



TARTU ÜLIKOO
RAKE



SEI SÄÄSTVA EESTI INSTITUUT
STOCKHOLMI KESKKONNAINSTITUUDI
TALLINNA KESKUS



E L F

Eesti võimalused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas aastaks 2050

Lõppraport

juuni 2013



KESKKONNAINVESTEERINGUTE
KESKUS



KESKKONNAMINISTEERIUM

Uuring on valminud Keskkonnaministeeriumi tellimusel ning Keskkonnainvesteeringute Keskuse kaasrahastamisel. Uuringu viis läbi Tartu Ülikooli sotsiaalteaduslike rakendusuringute keskus RAKE koostöös SA-ga Säästva Eesti Instituut (Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus, SEI Tallinn) ja SA-ga Eestimaa Looduse Fond.

Uuringu autorid: Siim Espenberg, Tartu Ülikool
Reeli Kuhi-Thalfeldt, SA SEI Tallinn
Valdur Lahtvee, SA SEI Tallinn
Mari Jüssi, SA SEI Tallinn
Harri Moora, SA SEI Tallinn
Janika Laht, Tartu Ülikool
Ülo Mander, Tartu Ülikool
Jüri-Ott Salm, SA Eestimaa Looduse Fond
Kaarin Parts, SA Eestimaa Looduse Fond

Uuringu autorid tänavad Keskkonnaministeeriumi esindajaid Karin Radikot, Birgit Aru, Getlyn Denksi ja Meelis Münti, kes olid suureks abiks uuringu läbiviimisel. Samuti oleme tänulikud Tiit Kallastele SEI Tallinnast, Marek Sammuli Tartu Ülikoolist, Enn Pärtile, Veiko Adermannile ja Kaie Kriiskale Keskkonnateabe Keskusest ning kõikidele kaasatud valdkondlikele ekspertidele, kes toetasid uuringuraporti valmimist asjakohaste märkuste ja soovitustega.

SISUKORD

SISUKORD	3
LÜHENDID JA MÕISTED	6
SISSEJUHATUS	8
KOKKUVÕTE	9
EXECUTIVE SUMMARY	35
1. METOODIKA	37
2. KLIIMAMUUTUS JA KASVUHOONEGAASIDE EMISSIOON EESTIS	42
3. ENERGIAMAJANDUS	44
3.1. HETKEOLUKORD	44
3.2. ARENGUT MÕJUTAVAD EESTI JA EL-I ALGATUSED	47
3.3. STSENAARIUMID JA NENDE EELDUSED	49
3.3.1. <i>Energiatööstus</i>	59
3.3.2. <i>Töötlev tööstus</i>	70
3.3.3. <i>Muud sektorid</i>	70
3.4. STSENAARIUMIDE RAKENDUMISEGA KAASNEVAD RISKID JA MÕJUD	73
3.5. MODELLEERIMISE TULEMUSED	80
3.5.1. <i>Energiamajandus</i>	81
3.5.2. <i>Energiatööstus</i>	86
3.5.3. <i>Töötlev tööstus</i>	89
3.5.4. <i>Muud sektorid</i>	89
3.6. MEETMED JA INVESTEERINGUD	91
4. TRANSPORT	98
4.1. HETKEOLUKORD	98
4.2. ARENGUT MÕJUTAVAD EESTI JA EL-I ALGATUSED	101
4.3. STSENAARIUMID JA NENDE EELDUSED	104
4.4. STSENAARIUMIDE RAKENDUMISEGA KAASNEVAD RISKID JA MÕJUD	110
4.5. MODELLEERIMISE TULEMUSED	112
4.5.1. <i>Energia lõpptarbimine ja kütuseliigid</i>	112
4.5.2. <i>Kasvuhoonegaaside heitkogused</i>	116
4.6. MEETMED JA INVESTEERINGUD	119
5. TÖÖSTUSLIKUD PROTSESSID NING LAHUSTITE JA TEISTE TOODETE KASUTAMINE	131
5.1. HETKEOLUKORD	131
5.2. ARENGUT MÕJUTAVAD EESTI JA EL-I ALGATUSED	135
5.3. STSENAARIUMID JA NENDE EELDUSED	136
5.4. STSENAARIUMIDE RAKENDUMISEGA KAASNEVAD RISKID JA MÕJUD	139
5.5. MODELLEERIMISE TULEMUSED	140
5.6. MEETMED JA INVESTEERINGUD	142
6. JÄÄTMEMAJANDUS	148
6.1. HETKEOLUKORD	148

6.2.	ARENGUT MÕJUTAVAD EESTI JA EL-I ALGATUSED.....	154
6.3.	STSENAARIUMID JA NENDE EELDUSED	157
6.4.	STSENAARIUMIDE RAKENDUMISEGA KAASNEVAD RISKID JA MÕJUD	163
6.5.	MODELLEERIMISE TULEMUSED	164
6.6.	MEETMED JA INVESTEERINGUD	167
7.	PÕLLUMAJANDUS	173
7.1.	HETKEOLUKORD	173
7.2.	ARENGUT MÕJUTAVAD EESTI JA EL-I ALGATUSED.....	180
7.3.	STSENAARIUMID JA NENDE EELDUSED	182
7.4.	STSENAARIUMIDE RAKENDUMISEGA KAASNEVAD RISKID JA MÕJUD	187
7.5.	MODELLEERIMISE TULEMUSED	190
7.6.	MEETMED JA INVESTEERINGUD	192
8.	MAAKASUTUS, MAAKASUTUSE MUUTUS JA METSANDUS.....	198
8.1.	STSENAARIUMID.....	199
8.2.	METSAMAA.....	200
8.2.1.	<i>Hetkeolukord.....</i>	<i>200</i>
8.2.2.	<i>Metsatööstuse ülevaade.....</i>	<i>204</i>
8.2.3.	<i>Puidu kasutamine ehituses ja süsiniku ladustamine</i>	<i>213</i>
8.2.4.	<i>Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused</i>	<i>216</i>
8.2.5.	<i>Stsenariumid ja nende eeldused</i>	<i>219</i>
8.2.6.	<i>Stsenariumide rakendamisega kaasnevad riskid ja mõjud</i>	<i>227</i>
8.2.7.	<i>Majandusprognoos erinevate stsenaariumide korral</i>	<i>231</i>
8.2.8.	<i>Modelleerimise tulemused.....</i>	<i>235</i>
8.2.9.	<i>Meetmed ja investeeringud</i>	<i>247</i>
8.3.	MÄRGALAD.....	255
8.3.1.	<i>Hetkeolukord.....</i>	<i>255</i>
8.3.2.	<i>Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused</i>	<i>256</i>
8.3.3.	<i>Stsenariumid ja nende eeldused</i>	<i>257</i>
8.3.4.	<i>Stsenariumide rakendamisega kaasnevad riskid ja mõjud</i>	<i>258</i>
8.3.5.	<i>Modelleerimise tulemused.....</i>	<i>260</i>
8.3.6.	<i>Meetmed ja investeeringud</i>	<i>261</i>
8.4.	PÕLLUMAA JA ROHUMAA.....	266
8.4.1.	<i>Hetkeolukord.....</i>	<i>266</i>
8.4.2.	<i>Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused</i>	<i>270</i>
8.4.3.	<i>Stsenariumid ja nende eeldused</i>	<i>271</i>
8.4.4.	<i>Stsenariumide rakendamisega kaasnevad riskid ja mõjud</i>	<i>275</i>
8.4.5.	<i>Modelleerimise tulemused.....</i>	<i>277</i>
8.4.6.	<i>Meetmed ja investeeringud</i>	<i>282</i>
8.5.	ASUSTUSALAD	291
8.5.1.	<i>Hetkeolukord.....</i>	<i>291</i>
8.5.2.	<i>Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused</i>	<i>291</i>
8.5.3.	<i>Stsenariumid ja nende eeldused</i>	<i>291</i>
8.5.4.	<i>Stsenariumide rakendamisega kaasnevad riskid ja mõjud</i>	<i>292</i>
8.5.5.	<i>Modelleerimise tulemused.....</i>	<i>294</i>
8.5.6.	<i>Meetmed ja investeeringud</i>	<i>294</i>
8.6.	MAAKASUTUSE, MAAKASUTUSE MUUTUSE JA METSANDUSE SEKTORI PEAMISED JÄRELDUSED	297

9. SEKTORIÜLESED STSENAARIUMID	301
9.1. STSENAARIUMID	301
9.2. STSENAARIUMIDE RAKENDUMISEGA KAASNEVAD RISKID JA MÕJUD	305
9.1.1. <i>Kasvuhoonegaaside heitkogused</i>	305
9.1.2. <i>Ressursisäästlikkus</i>	315
9.1.3. <i>Sotsiaalmajanduslikud mõjud</i>	318
9.1.4. <i>Maksumus ja kulutõhusus</i>	322
10. ETTEPANEKUD TÄIENDAVATEKS UURINGUTEKS	336
VIIDATUD ALLIKAD	337
LISA 1. ENERGIAALTERNATIIVIDE HINDAMISE MUDEL LEAP	350
LEAP MUDELI SISENDANDMED	352
<i>Välised muutujad</i>	352
<i>Energia lõpptarbimine</i>	354
<i>Energia muundamine</i>	370
<i>Emissioonifaktorid</i>	386
LISA 2. KASVAVA METSA TAGAVARA PROGNOOS AASTAKS 2050	387
LISA 3. OLMEJÄÄTMETE KÄITLUSALTERNATIIVIDE OLELUSRINGI HINDAMISE MUDEL WAMPS	394
LISA 4. HUVIRÜHMADE TAGASISIDE JA KOMMENTAARID	396

LÜHENDID JA MÕISTED

BAU – baasstsenaarium (*business as usual*)

biogaas – anaeroobse kääritamise teel saadud gaasiline kütus, mis koosneb 50–70% metaanist (CH₄), 30–40% süsinikdioksiidist (CO₂) ja teistest komponentidest nagu N₂, O₂, NH₄, H₂S

biometaan – biogaasist maagaasi kvaliteedini puhastatud gaas, mille metaanisaldus on 95–98%, kasutatakse mootorikütuseks

CFBC – tsirkuleerivas keevkihis põletamise tehnoloogia (*Circulating Fluidized Bed Combustion*)

CH₄ – metaan

CO₂ – süsinikdioksiid, süsihappegaas

CNG – surugaas, komprimeeritud maagaas, mida kasutatakse mootorikütusena (*Compressed Natural Gas*)

deSOx tolm – väevlipüüdeseadmetega varustatud põlevkivi tolmipõletuskatlad või energiaplokid

EFISCEN – Euroopa Metsainstituudi koostatud Euroopa metsainfo stsenaariumimudel (*The European Forest Information Scenario Model*)

EFROS II – Euroopa metsandussektori väljavaadete hindamise mudel (*The European Forest Sector Outlook Study II*)

EL – Euroopa Liit

ENMAK – energiamajanduse riiklik arengukava

Gg – gigagramm, 1 miljon kilogrammi (1000 tonni)

IPCC – ÜRO valitsustevaheline kliimamuutuse nõukogu (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)

KHG – kasvuhoonegaas, mille puhul on võrdluse aluseks nn süsihappegaasi ekvivalent ehk üks tonn süsihappegaasi (CO₂)

KOV – kohalik omavalitsus

LEAP – stsenaariumidel põhinev energia ja keskkonna vaheliste suhete modelleerimise tarkvara, mis sobib energia tarbimise, tootmise ja emissioonide analüüsimiseks erinevates majandussektorites (*Long-range Energy Alternatives Planning System*)

LNG – veeldatud maagaas (*liquefied natural gas*, metaan, säilitatakse – 162°C juures)

LPG – vedelgaas (*liquefied petrol gas*, propan, butaan ja teiste gaaside segu)

LULUCF – maakasutus, maakasutuse muutus ja metsandus (*Land Use, Land Use Change, Forestry*)

maagaas – gaasimaardlate toorgaasi töötlemisel saadav kõrge metaanisisaldusega kütus

MAK – Eesti maaelu arengukava

metaankütused – maagaas ja biometaan (CH₄ 96–99%)

mld – miljard

mln – miljon

MW – megavatt, 10³ kW, võimsuse ühik

MWh – megavatt-tund, 10³ kWh, energiaühik

N₂O – diämmastikoksiid

NGV – metaankütuseid kasutatav sõiduk (*Natural & bioGas Vehicle*)

NIR – Eesti riiklik KHG inventuur (*National Inventory Report*)

RMK – Riigimetsa majandamise keskus

SKP – sisemajanduse koguprodukt

TJ – teradžaul, 10¹² J, energiaühik

UNFCCC – ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioon (*United Nations Framework Convention on Climate Change*)

VKE – väikese ja keskmise suurusega ettevõtted

WAMPS – olmejäätmete käitlusalternatiivide olulusringi hindamise mudel (*Waste Management Planning System*)

ÜRO – Ühinenud Rahvaste Organisatsioon

SISSEJUHATUS

Euroopa Liidu tasandil on võetud selge suund üleminekule vähese CO₂-heitega majandusele. Eesmärgiks on seatud, et aastaks 2050 väheneksid kasvuhoonegaaside (edaspidi KHG) heitkogused võrreldes 1990. aastaga 80–95%. Eesti toetab selle eesmärgi suunas liikumist ja kuigi riigi praegused KHG emissioonid on oluliselt madalamad kui 1990. aastal, esitavad seatud eesmärgid ka Eestile suuri väljakutseid. Uuringu „Eesti võimalused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas aastaks 2050“ eesmärk on **koostada Eesti kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamise potentsiaalset lähtuv analüüs, mille tulemusena on võimalik hinnata Eesti võimalusi ning riske madala süsinikuga majanduse suunas liikumiseks**. Uuringu läbiviimisel on olulisteks taustadokumentideks Euroopa Liidu (EL) kliima- ja energiapakett, EL-i konkurentsivõimelise vähese CO₂-heitega majanduse edenemiskava aastaks 2050, Energia teekaart 2050 ning Vabariigi Valitsuse tegevusprogramm.

Kuna KHG heitkogused ei lange üldjuhul iseenesest ning teisalt on oluline arvestada emissioonide vähendamisele suunatud meetmetega kaasnevaid mõjusid (nt sotsiaalmajanduslik mõju, võimalikud muutused ettevõtete konkurentsivõimes jms), siis on majanduslikult jätkusuutlikuks KHG emissioonide vähendamiseks tarvis põhjalikult läbimõeldud üldist strateegiat ja sellest lähtuvat tegevuste komplekti. See eeldab nii sektoripõhist kui ka kogu majanduse kui terviku analüüsi, et välja selgitada KHG heitkoguseid vähendavad meetmed ning hinnata nende mõju nii KHG emissioonidele kui ka majanduskeskkonnale.

Käesolev analüüs keskendub KHG heitkoguste vähendamise võimaluste ja poliitikasuundade väljatöötamisele ja hindamisele kliimapolitikat enim mõjutavates sektorites, milleks on Eestis **energiamaajandus**, **transport**, **tööstuslikud protsessid**, **jäätmekäitlus**, **põllumajandus** ning **maakasutus** ja **metsandus**. Eestis on kogu majanduse emissioonide vähendamise kontekstis võtmetähtsusega energiamajandus (sh transport), kust pärineb ligi 89% KHG heitkogustest (National Inventory Report 2012). Seega mõjutavad Eesti koguemissioone eriti tugevalt taastuvenergia osakaal energiamajanduses ning energiaefektiivsuse määr. Heitkoguste mahu järgi on energiamajanduse järel teisel kohal põllumajandus (6,5%), jäätmesektori ja tööstuslike protsesside osakaal on alla 5%.

Koostatud ülevaade aitab kaasa Eesti vähese CO₂-heitega majanduse visiooni kujundamisele. Ühelt poolt on see vajalik kõikidele arenenud riikidele ÜRO ja EL-i poliitika kontekstis ning teisalt toetab uuring põhjendatud valdkondlike otsuste tegemist. Uuringus koondatakse olemasolev sektoripõhine teadmine ühtsesse analüüsidokumenti, mis lihtsustab sektoriüleste üldistusteni jõudmist ja poliitikasoovituste koostamist.

KOKKUVÕTE

EL-i konkurentsivõimelise vähese CO₂-heitega majanduse edenemiskava aastaks 2050 määratleb EL-i eesmärgid kasvuhoonegaaside (KHG) emissioonide vähendamiseks 40 aasta perspektiivis. Kava kohaselt peaks EL-is KHG heitkogused võrreldes 1990. aastaga langema 2050. aastaks 80–95%. Kõikidel liikmesriikidel on soovitatud koostada riiklik teekaart, mis toetaks sobivas suunas liikumist ning arvestaks nii KHG heitkoguste vähendamise võimalusi kui ka sellega (potentsiaalselt) kaasnevaid sotsiaalmajanduslikke mõjusid.

Käesolev uuring analüüsib **Eesti võimalusi liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas aastaks 2050** ning on aluseks Eesti teekaardi kujundamisel. Antud töö käigus **koostati analüüs Eesti kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamise võimalustest**, hindamaks Eesti võimalusi ja riske liikumisel eesmärgi saavutamise suunas. Uuringu käigus töötati välja ja võrreldi erinevaid **stsenariume** kliimapoliitikaga seotud sektorite edasiste arengusuundade kohta. Eeskätt oli uuringu fookuses **KHG heitkoguste prognoosimine aastaks 2050** ja **emissioonide vähendamisele suunatud erinevate võimaluste kasutatavuse ja teostatavuse hindamine**.

Uuring aitab kaasa Eesti madala CO₂-heitega majanduse visiooni kujundamisele. See on vajalik ÜRO ja EL-i poolt eesmärgiks seatud eesmärkide saavutamiseks, toetades analüüsil tuginevate otsuste tegemist. Uuringu raames koondatakse olemasolev sektoripõhine teadmine esmakordselt ühtsesse analüüsidokumenti, mis lihtsustab sektoriüleste üldistusteni jõudmist ja poliitikasoovituste koostamist. Analüüsi läbiviimisel lähtuti ÜRO valitsustevahelise kliimamuutuse nõukogu (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) metoodikast ning uuringus käsitletakse põhjalikumalt järgnevaid sektoreid:

- energiamajandus;
- transport;
- tööstuslikud protsessid ning lahustite ja teiste toodete kasutamine;
- jäätmemajandus;
- põllumajandus;
- maakasutus, maakasutuse muutus ja metsandus (edaspidi LULUCF).

Perioodil 1990–2010 kahanesid Eesti KHG heitkogused ligikaudu poole võrra ning peamiseks vähenemise põhjuseks oli Nõukogude Liidule iseloomuliku suurtootmise lõppemine Eestis. Eesti riikliku KHG inventuuri 1990–2010 aruande (National Inventory Report 2012, edaspidi NIR 2012) andmetel oli 2010. aastal KHG heitkoguste maht Eestis ligi 16,8 miljonit tonni süsinikdioksiidi ekvivalentides (CO₂-ekv). Ilma LULUCF sektori mõju arvestamiseta paisati õhku u 20,5 mln t CO₂-ekv.

Eestis emiteeritavatest KHG heitkogustest annab suurima osa (88,8%) **süsinikdioksiid** (CO₂). Teiste KHG-de roll on märgatavalt väiksem – dilämmastikoksiid (N₂O) moodustab 5,3%, metaan (CH₄) 5,1% ja fluoreeritud gaasid ehk F-gaasid 0,8% koguemissioonidest. Sektoritest on selgelt **kõige KHG-mahukam energiamajandus (sh transport)**, kust pärineb 88,6% Eesti KHG heitkogustest, sh enamik

CO₂ heitest. Põllumajanduse (6,6%), tööstuslike protsesside (2,4%), jäätmekäitluse (2,3%) ja muude sektorite osatähtsus on palju väiksem (NIR 2012).

Uuringu tulemusena selgub, et kõige optimaalsem on **Eestil vähendada KHG emissiooni aastaks 2050 ligi 75% võrreldes baasaastaga 1990**. Sellise tulemuse saavutamine on võimalik, kui rakendub analüüsi käigus välja töötatud sektoriülene stsenaarium Optimaalne. Antud stsenaariumi kohaselt väheneks KHG emissioon praeguselt ehk 2010. aastal öhku paisatud 20,5 mln tonnilt (16,8 mln t LULUCF-iga) 2050. aastaks 10,3 mln tonni CO₂ ekvivalendini (10,0 mln tonnile koos LULUCF-iga). Seega saavutatakse stsenaariumis Optimaalne KHG heitkoguste vähenemine LULUCF-i arvesse võtmata aastateks 2020, 2030 ja 2040 vastavalt 60%, 71% ja 73% (võrreldes baasaastaga 1990). Koos LULUCF-i sektori arvestamisega väheneksid emissioonid 2050. aastaks 68% ning modelleerimise tulemusel seatud vahe-eesmärgid aastateks 2020, 2030 ja 2040 on vastavalt 52%, 63% ja 65%. Stsenaariumis Optimaalne saavutatakse heitkoguste suurim vähenemine 2030. aastaks ning seejärel kahanevad emissioonid vähemal määral. Stsenaariumi Optimaalne puhul on KHG heitkoguste vähendamisele suunatud meetmetel pigem positiivsed sotsiaalmajanduslikud mõjud, kuna paraneb keskkonna olukord ning majandus muutub efektiivsemaks ja tootlikumaks. Potentsiaalseks negatiivseks mõjuks on energia tõenäoline kallinemine, mis mõjutab nii kodumajapidamisi kui ka majandust tervikuna.

Heitkoguste jõulisele vähendamisele suunatud sektoriülese stsenaariumi Madalsüsinik kohaselt väheneks Eesti KHG emissioon teiste stsenaariumidega võrreldes kõige enam – ligi 87% ehk 5,4 mln tonni CO₂-ekvivalendini (LULUCF-iga 5,1 mln tonnini) 2050. aastaks (võrreldes baasaastaga 1990) ning KHG heite summaarne aastane kogus on kaks korda väiksem kui stsenaariumi Optimaalne puhul. Kõige ulatuslikum KHG vähenemine toimub aastaks 2020 (73%). Aastateks 2030 ja 2040 saavutatakse emissioonide alanemine vastavalt 78% ja 81%. Koos LULUCF-i sektoriga on emissioonide vähenemine aastateks 2020, 2030, 2040 ja 2050 vastavalt 68%, 73%, 76% ning 84%. Kui rakendada põlevkiviõlitööstuses süsiniku sidumis- ja salvestustehnoloogiat (*Carbon Capture and Storage, CCS*), on võimalik teoreetiliselt saavutada 2050. aastaks kuni 91%-line emissioonide kokkuhoid. Suurim on emissioonide mahu muutus stsenaariumi Madalsüsinik puhul LULUCF sektoris (97%), mis avaldub eelkõige metsade tagavara stabiliseerumises ja emissioonide vähenemises põllumaaadel ja asustusaladel ning süsiniku sidumise suurenemise tõttu rohumaadel. Suurim heitkoguste alanemine on prognoositav energeetikas (v.a transport, 92%), vähem kahanevad emissioonid põllumajanduses (58%) ja transpordisektoris (63%). Kuigi stsenaariumi Madalsüsinik puhul on KHG heitkoguste vähendamisele suunatud kulutuste maht suurem kui teiste stsenaariumide korral, on kulud ühe tonni kokku hoitud KHG kohta kõige väiksemad. Seega, kui hakata tõsiselt panustama KHG heitkoguste vähendamisele, on alguses kulud suuremad, kuid pikemas perspektiivis saavutatakse kokkuhoid.

Baasstsenaariumi (*Business As Usual, BAU*) realiseerumisel ehk senise trendi jätkumisel kasvab Eesti KHG emissioon 2020. aastaks 23,1 miljoni tonnini (26,8 mln t koos LULUCF-iga) ning seejärel väheneb 2050. aastaks 20,7 miljoni tonnini (19,7 mln t koos LULUCF-iga). See tähendab, et võrreldes 1990. aasta tasemega saavutatakse küll 49%-ne KHG heitkoguste vähenemine (LULUCF-iga 37%), kuid 2050. aastal on KHG emissioonid siiski suuremad kui 2010. aastal. Olulist rolli mängib siinkohal LULUCF, mis 2010. aastal oli summaarsete heitkoguste vähendaja, kuid aastatel 2015–2045 on emiteerija.

Energeetikas saavutatakse vaadeldud stsenaariumide kohaselt 2050. aastaks 59–92%-line KHG heitkoguste alanemine. Kõigi käsitletud stsenaariumide järgi väheneb põlevkivi kasutamine elektri jaamades ning elektri tootmisest tulenevad KHG heitkogused. Põlevkivist elektri tootmise KHG emissioone on võimalik vähendada 11,5 miljonilt tonnilt 0,3–2 miljoni tonnini, kasutades kas CCS tehnoloogiat või suures mahus puidu koospõletust põlevkiviga. CCS tehnoloogia turuletuleku, efektiivsuse ja maksumuse osas valitseb hetkel veel suur määramatus ja arvestades Eesti geoloogilisi tingimusi, ei pea analüüsi autorid seda tehnoloogiat Eesti jaoks kuigi perspektiivseks.

Puidu koospõletus põlevkiviga kahandaks olulisel määral energiamajanduse emissioone, kuid tooks ühtlasi kaasa puidu tarbimismahu järsu kasvu energietikas. Sektoriüleses stsenaariumis Optimaalne kahekordistub summaarne puidu vajadus võrreldes praegusega ehk ulatub käsitletava perioodi jooksul u 8–9 mln tm-ni aastas (vt täpsemalt ptk 3.4 ja ptk 9). Samas on Optimaalse stsenaariumi eeldatav keskmine raiemaht u 8–8,4 mln tm aastas (vt täpsemalt ptk 8.2.8), mistõttu tuleb kütusena kasutada ka energiavõsa ja muud biomassi¹ ning täiendava puidu vajaduse rahuldamiseks on vaja põhjalikult kaaluda võimalust suurendada impordi (hinnanguline impordimaht oleks sõltuvalt energiamajanduse nõudluse ja raiemahu dünaamikast u 2,4–3,6 mln tm võrra aastas suurem kui seni). Puidu sisseveo abil saab vähendada raiemahtude tõusuga kaasnevaid negatiivseid mõjusid Eesti loodusele. Lisaks muudele mõjudele põhjustaks raiemahu suurendamine märkimisväärsed KHG emissioone metsandussektoris (nt kui vaadeldava perioodi alguses tõsta raiemaht 12 mln tm-ni, ulatub CO₂ heide perioodil 2020–2040 1,2 kuni 3,8 mln tonnini ning veel suurema raiemahu ehk 15 mln tm puhul 0,5 kuni 9,8 mln tonnini). Kui puidukütuse import ei ole majanduslikult mõttekas, siis on energiasektori KHG heitkoguste vähendamise potentsiaali arvestades vaja energiatootmisel kasutada kodumaist hakkepuitu suuremas koguses, kui võimaldaks aastane raiemaht, mis on seni taganud metsa rolli CO₂ sidujana. See tähendaks metsanduse KHG heite tuntavat kasvu, kuid tõenäoliselt jääks see kogu prognoosiperioodi arvestades summaarselt madalamaks võrreldes puidu koospõletuse tulemusel põlevkivienergeetikas ärahoitavate heitkogustega (vt täpsemalt ptk 3.4 ja ptk 8.2.8).

Elektrienergiat on vähese CO₂-heitega majanduses täita keskne osa. Tagatud peavad olema nii varustuskindlus kui ka konkurentsivõime. Kõigi analüüsitud stsenaariumide kohaselt kasvab elektri tarbimine praegusest tasemest kõrgemale ja soojuse tarbimise vähenemise tõttu langeb koostootmise potentsiaalne toodang, mistõttu tõuseb vajadus vaid elektrit tootvate tootmiseseadmete järele. Tootmiseseadmete võimsuse vajadus sõltub lisaks tarbimise kasvule ka kasutatava tehnoloogia eripärast – milline on selle maksimaalne kasutatavustegur ning kui hästi vastab tootmine tarbimisprofiilile. Seetõttu erineb stsenaariumide tootmisvõimsus 2050. aastal ligi kaks korda. Erinevad analüüsid (Nordic Energy Technology ... 2013; EL-i tasandi kavad ja teekaardid) on näidanud, et vähese CO₂-heitega toodetud elektri (nt taastuvad energiaallikad) kasutamisega on aastaks 2050 võimalik CO₂-heitest elektritootmisel peaaegu täielikult vabaneda ning transpordi- ja küttesektoris kasutatavaid fossiilkütuseid saab osaliselt asendada CO₂-neutraalse elektriga. Kuigi

¹ Siinkohal on oluline märkida, et kasutamata põllu- ja rohumaade biomassi tootmisvõimsuse hindamiseks on vaja läbi viia vastavad rakendusuuritud ja väliinventuurid, mille alusel saaks anda täpsema hinnangu, mil määral saaks neil aladel kasvatada biomassi energiamajanduse tarbeks.

nimetatud kahes sektoris kasutatakse elektrit üha rohkem, jääb tänu tõhususe pidevale paranemisele üldine elektri tarbimise kasv tavapärastesse raamidesse.

Põlevkivist elektri tootmine on oluline KHG heitkoguste õhku paiskaja, mis sõltub ka põlevkivielektri ekspordimahust. Juhul, kui põlevkivist elektri tootmist ja eksportimist jätkatakse praeguses mahus (10 000–11 000 GWh; BAU stsenaarium), siis jäävad põlevkivist elektri tootmise KHG emissioonid kuni 2023. aastani vahemikku 11–12 mln tonni aastas. Kui elektrit toodetakse vaid kodumaise tarbimise katmiseks, väheneb põlevkivil elektri jaamade tootmismahut 7000–7500 GWh-le ning heitkogused kuni 4 mln tonni võrra (emissioonid 7,5–8 mln t). Põlevkivist elektri tootmisega kaasnevaid heitkoguseid mõjutavad olulisel määral ka põlevkiviõlitööstuse tootmismahut ning põlevkivi kaevandamismahut. Planeeritavate ja ehitamisel olevate õlitööstuste käivitumisel kasvab põlevkivi vajadus õli tootmiseks 13,2 mln tonnini aastas.

Kõigis stsenaariumides kasvab põlevkiviõli ja mootorikütuste tootmine ning 2020. aastaks võib põlevkivi tarbimismahut õli tootmiseks kasvada koguseni, mida hetkel kasutatakse elektri ja soojuse tootmiseks (13,2 mln t). Põlevkiviõli tootmise summaarsete heitkoguste mahud sõltuvad põlevkiviõli tootmismahu kõrval ka põlevkiviõli ja nende baasil autokütuste tootmise olelusringi eriheite väärtustest (Euroopa Komisjoni teatis KOM/2011/169), mille osas pole veel ametlike vaikeväärtuste osas kokku lepitud. Madalaimate emissioonidega stsenaariumis võeti arvesse vaid kindla investeerimisotsusega põlevkiviõlitööstuste rajamine ning eriheite teguriks kasutati koefitsienti, mis on Euroopa Komisjoni direktiivi tööversioonis välja pakutud tegurist kaks korda madalam ning õlitööstuste KHG heiteks saadi 1,9 milj t aastas. Samas, kui teostuvad kõik õlitööstuste rajamise plaanid, siis oleks heide 3,1 milj t. Kasutades EL-i poolt pakutud eriheite tegurit, kujuneb põlevkiviõlitööstuste heiteks 6,1 milj t. See tähendaks madalaimate heitkogustega stsenaariumi puhul, et Eestis saavutatakse vaid 76%-line KHG emissioonide vähenemine 1990. aastaga võrreldes.

Energiamajanduses on KHG heite vähendamine tehniliselt ja majanduslikult teostatav. Kõik emissioonide vähendamise võimalused vastavad seatud eesmärgile ning võivad olla pikemas perspektiivis praegusest poliitikast odavamad. Madala süsinikuga energeetikasektori arenguks on vaja soodustada elektri ja soojuse koostootmise kasutamist nii väiksemates linnades kui ka tööstustevõtetes ning fossiilsetelt kütustelt taastuvatele energiaallikatele üleminekut nii elektri ja soojuse tootmises kui ka lõpptarbijate poolt. Samuti tuleb rajada biogaasijaamasid, uusi tuuleparke ja paigaldada hoonetele päikesepaneelid. Kiiremaid tulemusi toob energiatõhususe suurendamine, kus oluline roll on ehitiste remondil ja renoveerimisel, tööstusseadmete nõuetel, energiaauditidel, elektri ja sooja tootmise efektiivsuse suurenemisel ning tarkadel elektrivõrkudel.

Vaadeldavate stsenaariumide teostumine sõltub paljuski riigi sekkumise ulatusest ja tõhususest: kas riik rakendab piisavalt tõhusaid meetmeid energia- ja ressursside efektiivsemaks kasutamiseks ning suudab regulatsioonide (kohustuslikud energiatõhususe sihtarvud) või fiskaalmeetmetega (nii maksude ja tasudega kui ka investeeringutoetuste ja subsiidiumidega) motiveerida nii tarbijaid oma tarbimisharjumusi muutma kui ka tootjaid efektiivsemaid ja süsinikuväheseid tehnoloogiaid valima.

Süsinikuvaba energeetika sõltub lisaks taastuvenergia toetustele ja heitepiirangutele olulisel määral CO₂ hinnast Euroopa heitmekaubanduse turul. Mida kallim on CO₂ kvoodi hind, seda konkurentsivõimelisem on CO₂-vähese energia tootmine ning seeläbi võivad kasumlikuks muutuda ka

hetkel kallid elektri tootmiseseadmed ja süsiniku püüdmise tehnoloogiad. Selleks tuleb vältida subsideerimisi fossiilkütustele, kütuste aktsiisierisusi ja lähtuda kütuste maksustamisest nende KHG emissioonidest.

Nii energiasäästu suurendamise kui KHG heite vähendamise (eelkõige kasvu pidurdamise) potentsiaal on Eesti **transpordisektoris** väga suur. Eesti transpordisektori ja inimeste liikuvuse senised suundumused ei ole säästlikud eelkõige sõiduautode kasutuse kasvu, sõidukipargi energiatõhususe aeglase paranemise, maanteevedude kiire kasvu, valglinnastumise ning ühistranspordi ja kergliikluse osakaalu vähenemise tõttu. Transpordisektorist pärineva KHG heite ja SKP suhe on Eestis üks Euroopa kõrgemaid. Transpordisektori CO₂ vähenemine saavutatakse vastavalt EL-i eesmärgile vastava sektoripõhise LOW CO₂ stsenaariumi järgi juhul, kui kombineeritakse nii transpordi nõudlust ohjavaid ja sõidukite ökonoomsust puudutavaid kui ka säästlike biokütuste osakaalu suurendavaid meetmeid. Põlevkivist toodetud diislikütuse kasutamine Eesti transpordisektoris suurendaks oluliselt transpordisektori süsiniku jalajälge.

Transpordisektoris modelleeritud LOW CO₂ SHIFT ja LOW CO₂ TECH stsenaariumis langeb sektori energiatarve 2050. aastaks tagasi 2000. aasta tasemele ja on sarnaselt Euroopa vähese süsinikuga majanduse teekaardile ca 30% väiksem kui transpordi energiatarbimine tipuaastatel. LOW stsenaariumide puhul tuleneb nii energiatarbe kui ka CO₂ heite vähenemine (-60%) transpordi energiatõhususe kasvust, mis omakorda saavutatakse kahes stsenaariumis erinevate poliitikameetmete kaudu – TECH stsenaariumis energiasäästlike sõidukitehnoloogiate kiire kasutuselevõtu kaudu ja SHIFT stsenaariumis väiksema elektrifitseerimise, kuid suurema modaalse nihke ning konventsionaalsete mootoritehnoloogiate säästlikumaks muutumise kaudu. Erinevate meetmete mõjusust ja kuluefektiivsust arvestades võivad LOW CO₂ TECH stsenaariumi meetmed osutada ligikaudu kümme korda kallimaks kui LOW CO₂ SHIFT meetmed. Ainult tehnoloogilistele uuendustele või taastuvenergiatele panustades oleks eesmärkide saavutamine väga kulukas ja raskesti teostatav.

Linnaliikluses tuleb saavutada suurem jalgsi ja jalgrattaga liiklemise osakaal ning reisirongiliikluse arenemise tulemusel kasvaks ühistranspordi osatähtsus linnade vahelises liikumises. Siinjuures on oluline roll asustuse ja liikuvuse integreeritud planeerimisel nii, et sõltuvus isiklikust autost väheneks ning asustus areneks eelkõige heade ühistranspordi ja kergliikluse juurdepääsueeldustega piirkondades. Vajalik on säästvate linnaliikuvuse kavade loomine ja vastavate auditite läbiviimine, ummikumaksu kehtestamine linnades ja „saastaja-maksab“ printsiipide rakendamine. Sõidukite kütuseefektiivsus paraneb energiamärgise rakendamise, ebaökonomsete sõidukite ning süsinikumahukate kütuste maksustamise ning diferentseeritud teekasutustasude rakendamisega. Oluline roll on ka biokütuste arendamisel ja riigi poolt taastuvenergia osakaalu kasvatamiseks võetud kohustuste täitmisel.

Biokütuste arendamisel ja sellega seotud eesmärkide seadmisel on oluline arvestada biokütuste säästlikkuse kriteeriumitega. Ühistranspordile kui sõiduautodest energia- ja keskkonnasäästlikumale liikumisviisile ei tohiks panna sõiduautodest või veoautodest kõrgemaid taastuvenergia kasutamise kohustusi, sest ilma vastavate toetusteta võib see ühistranspordi hinda tarbijale tõsta või vähendada investeringuid ühistranspordi teenuse kvaliteedi tõstmisesse. Biokütuste kõrge osakaalu

saavutamise hind on palju kõrgem juhul, kui transpordi energiatõhusust tervikuna ei tõsteta. Samuti võib tekkida oht, et kulutõhusamaid meetmed, nagu sõiduautode kütusetarbimise vähendamine ning ühistranspordi- ja kergliikluse arendamine, jäävad tagaplaanile.

Tööstussektori arengut ning seeläbi **tööstuslikke protsesse ning lahustite ja muude toodete kasutamist** mõjutavad paljuski samad poliitikad ja initsiatiivid nagu energeetikat ja transporti. Nii EL-i kui ka Eesti tasandil nähakse suure potentsiaaliga arenguvõimalusi uute keskkonnasõbralike tehnoloogiate ja lahenduste (*cleantech*) kasutuselevõttus ning energiasäästus, mis tähendab ühelt poolt tööstuse ja laiemalt terve majanduse süsinikujalajälje vähenemist ning teisalt uusi ettevõtlusvõimalusi ja kõrge lisandväärtusega töökohti.

Modelleerimise tulemusena ilmneb, et sektoripõhise LOW CO₂ stsenaariumi tingimustel on Eestis võimalik tööstuslike protsesside ning lahustite ja muude toodete kasutamise sektoris KHG emissioone vaadeldava perioodi lõpuks (2050) võrreldes baasaastaga (1990) vähendada 70%. Samas BAU stsenaariumi realiseerumisel kasvaksid heitkogused 15%. HIGH CO₂ stsenaariumi puhul oleks vähenemine 23%.

Tööstussektoris on KHG heite vähendamiseks oluline reguleerida emissioone lubatud saastekoguste normeerimise kaudu, toetada ettevõtete üleminekut vähem saastavatele energiaallikatele ja investeringuid säästlikumatesse tehnoloogiatesse. Uutesse ja säästlikumatesse tehnoloogiatesse investeerimise toetamisel on kasutegur kõige suurem, kuna samaaegselt saaste vähenemisega saavutatakse ka ressursside kokkuhoid. Seega sobib selline skeem ka laiemasse rohemajanduse ja majanduse konkurentsivõime tõstmise ideoloogiasse. Näiteks KHG püüdurseadmete paigaldamine ja CCS tehnoloogia rakendamine võimaldab koguda tööstusprotsessides tekkivaid emissioone. Sama efekti võib ettevõtte saavutada ka suurendades looduslike ökosüsteemide süsiniku neelamise võimet või sidudes kasvuhooonegaase (eelkõige CO₂) keemiliselt inertsetesse tahketesse ühenditesse ja neid ladestades. Sarnase positiivse mõjuga on ka elektrienergia salvestustehnoloogiate arendamine, mis aitaksid kaasa energiatõhususe meetmete rakendamisele ja taastuvenergia osakaalu kasvatamisele ning neis sektoreis uute töökohtade loomisele. Täiendavalt tuleb kaaluda vastava suunaga teadus- ja arendustegevuse senisest suuremahulisemat rahastamist. Kuigi viimase meetme puhul ei pruugi tulemused kiiresti ilmuda, oleks sellel laiem positiivne mõju teaduspõhise majanduse arendamisele Eestis.

Jäätmemajanduses saavutatakse KHG emissiooni kiire vähenemine eelkõige EL-i ja Eesti jäätmepoliitika rakendamisel ning taaskasutuseesmärkide saavutamisel. EL-i jäätmepoliitika peaesmärk on vältida jäätmeteket ning edendada jäätmete korduskasutamist, ringlussevõttu ja jäätmete muul viisil taaskasutamist, et ladestada prügilasse võimalikult vähe jäätmeid (st rakendada nõ jäätmehierarhia põhimõtet). Kuna biolagunevate jäätmete ladestamine prügilatesse on üks suuremaid jäätmesektori KHG (eelkõige metaani) tekkeallikaid, siis on jäätmepoliitika põhirõhk suunatud jäätmete prügilasse ladestamise vältimise ja vähendamise edendamisse aastaks 2020.

Alates 2020. aastast tuleb vähemalt 50% ulatuses jäätmete kogumassist kalendriaastas taaskasutada korduskasutamiseks ettevalmistatuna ja ringlusse võetuna kodumajapidamisest pärinevaid paberi-, metalli-, plasti- ja klaasijäätmed, muid liigiti kogutud kodumajapidamisest pärinevaid jäätmeid ning muudest allikatest pärinevad samalaadseid jäätmeid, välja arvatud tootmisjäätmed ja

põllumajanduslikust tootmisest või metsandusest pärinevad jäätmed. Samaks ajaks tuleb vähemalt 70% ulatuses jäätmete kogumassist kalendriaastas taaskasutada korduskasutamiseks ettevalmistatuna, ringlusse võetuna ja muul viisil taaskasutatuna, sealhulgas kaeveõõnte täitmiseks muude ainete asemel kasutatud ehitus- ja lammutusjäätmeid, v.a kivid ja pinnas. Kirjeldatud areng viib prügilasse ladestamise ulatusliku vähenemiseni kõikides modelleeritud stsenaariumides juba aastaks 2020, mistõttu vähenevad KHG emissioonid üle kahe korra (ligikaudu 60%) võrreldes baasaastaga 1990. Kui sellele lisada veel biolagunevate jäätmete biogaasi potentsiaali ära kasutamine ja kääritusjäägi (digestaadi) suuremahuline tarvitamine põllumajanduses (sektoripõhine LOW CO2 stsenaarium), siis peaksid jäätmesektori KHG emissioonid vähenema aastaks 2050 võrreldes baasaastaga 1990 üle viie korra (ligikaudu 82%).

KHG tekke vähendamisel jäätmemajanduses on lisaks positiivsele keskkonnamõjule üldjuhul ka soodne sotsiaalmajanduslik mõju. Jäätmed on nii energiamajanduses kui tööstuses muutumas üha olulisemaks ressursiks. Jäätmete suurenev taaskasutus aitab vähendada vajadust fossiilsete kütuste järele, mõjutades seeläbi positiivselt ka energiahindasid. Jäätmete liigiti kogumise ja ringlussevõtu süsteemi arendamise vajadus eeldab siiski üldiste jäätmekäitluskulude mõningast tõusu (eelkõige elanikkonnale), seda eriti praeguste madalate jäätmekäitluskulude kontekstis.

Põllumajandussektori KHG heitkoguste vähendamine on muutuvates kliimatingimustes ja kasvava turunõudluse tõttu komplitseeritud. Koos teiste Balti riikide ning Soome, Rootsi ja Norraga muutuvad Eestis suved soojemaks ja kohati (eeldatavasti Eesti kaguosas) ka kuivemaks, pikeneb vegetatsiooniperiood. Ehkki suureneb ka kahjurite mõju, tormisus ja üleujutuste oht (eriti rannikutel seoses meretaseme tõusuga), on tõenäoline, et põllumajandusliku tootmise intensiivsus kasvab, eriti kui maailmaturul teraviljade jt põllumajandustoodete hinnad tõusevad.

Kuigi võrreldes aastaga 1990 on Eesti põllumajandussektoris toimunud ulatuslik KHG heite vähenemine ning eeldatavasti jätkub stabiilne langustrend, siis alates 2030. aastast võib põllumajandussektori heite vähenemine maailma rahvastiku kasvust tingitud põllumajandustootmise intensiivistumise tõttu aeglustuda. Aastaks 2050 prognoositakse EL-i koguheitest kolmandiku langemist põllumajanduse arvele, mis tähendab põllumajandusest pärineva heite osakaalu kolmekordistumist tänasega võrreldes ja põllumajandussektori mõju kasvamist kliimapoliitikale.

Aastal 2011 avaldatud Euroopa Komisjoni teatises „Konkurentsivõimeline vähese CO₂-heittega majandus aastaks 2050 – edenemiskava“ nähakse ette Euroopa Liidu põllumajandussektori KHG koguemissiooni vähenemist 42–49% aastaks 2050 võrreldes baasaastaga 1990. Käesoleva uuringu käigus modelleeritud sektoripõhises LOW CO2 stsenaariumis on vastav näitaja 58%, samas kui BAU ja HIGH CO2 stsenaariumides on kahanemine 46% ja 25%. Enam kui 50%-lise KHG-de heitkoguse kahanemise saavutamiseks on vaja keskenduda teemadele, mida on ka komisjoni analüüsis juba varasemalt esile tõstetud: edasine jätkusuutlik tõhususe kasv, tõhus väetiste kasutamine, orgaanilise sõnniku biogaasistamine, parem sõnnikukäitlus, parem sööt, kohaliku tootmise mitmekesistamine ja tulemuslikum turustamine ning kariloomade suurem produktiivsus, samuti vähemintensiivse põllumajanduse eeliste suurendamine. Põhjendatum põllumajandusalane tegevus võiks suurendada ka LULUCF sektori suutlikkust siduda ja säilitada süsinikdioksiidi mullas.

Rohumaade suur ja jätkuvalt kasvav osatähtsus loob eelise loomakasvatuse, sh ekstensiivse tootmisviisi arendamiseks. Loomakasvatuse kasv ning selle kontsentreerumine suurtootjate kätte toob kaasa keskkonnakoormuse suurenemise teatud piirkondades. Eriti suur on põhja- ja pinnavee reostumise risk. Vajakajäämised loomade heaolus põhjustavad loomade tervise halvenemist, toodangu vähenemist, ravikulude kasvu ja loomade kiiremat praakimist. Need negatiivsed mõjud tingivad omakorda tootmise efektiivsuse languse ja tootmiskulude kasvu, millega võivad kaasneda ka ebasoodsad sotsiaalmajanduslikud mõjud. Seevastu kasvava mahepõllumajanduse tingimustes paranevad nii inimeste kui loomade elukeskkond ja -kvaliteet.

Taimakasvatuse arendamiseks vajalik maaressurss on Eestis olemas ning põllumaade kogupindala kasvab lähtuvalt suurenevast nõudlusest toidu järele. Poliitikate kujundamisel tuleb luua tingimused, et põllumaade laiendamisel ei võetaks kasutusele turvas- ja erodeeritud muldadel paiknevaid maid, mida on vaja KHG emissiooni piiramiseks, süsiniku sidumiseks ja maaressursi säilitamiseks hoopis kaitse alla võtta. Ka biogaasi tootmise potentsiaali kasutamisel on oht muldade väljakurnamisele. Eriti oluline on mullaviljakuse tagamine mahepõllumajanduses.

Põllumajanduse arenguks on vaja investeerida ka maa taristusse, sest korras maaparandussüsteemid loovad eelduse põllumajandusmaa kasutamiseks ja leevendavad põllumajandustootmisele kahjulikult mõjuvaid ilmastikunähtusi – liigseid sademeid ja põuda. Kuivenduse negatiivsete tagajärgede, eeskätt lämmastiku väljakande ning sellest põhjustatud veekogude eutrofeerumise ja põhjavee saastumise leevendamiseks tuleb rakendada ökotehnoloogilisi abinõusid (nt tehismärgalad, kaitseribad). Õiges mahus investeringud aitavad kaasa ka konkurentsivõime kasvule tootmistõrgete vähenemise ja tootmiskindluse tõstmise kaudu. Ebapiisava toetusmeetmete rakendamise korral kannatab kogu põllumajandussektor – suureneb keskkonna reostuskoormus (muldade liigne kurnamine, leostumine, vee reostumine) ja väheneb tootlikkus ning see toob omakorda kaasa negatiivsed sotsiaalmajanduslikud mõjud.

LULUCF sektor on seni ja ka tulevikus ainus sektor, kus on võimalik süsiniku sidumine ja seeläbi teistest sektoritest pärinevate emissioonide kompenseerimine. Analüüsid eeloleva 40 aasta (2010 kuni 2050) keskmist eeldatavat süsinikuvoogu erinevate stsenaariumide rakendumisel, realiseeruks süsiniku sidumine sektoris vaid LOW CO₂ stsenaariumi puhul (-1,2 mln t CO₂ a). Selle peamised mõjutajad on metsade raiemahu hoidmine 8–8,4 mln tm aastas, biomassi jätkuv suurenemine rohumaadel (ca -0,7 mln t aastas) ning erinevate maakasutuskategooriate turvas- ja mineraalmuldade süsinikubilanss. BAU stsenaariumi korral toimub kogu sektoris heide suurusega 0,7 mln tonni CO₂ aastas, kuid HIGH CO₂ puhul kasvab heide 1,9 mln tonni CO₂-ni aastas. Selle peamiseks põhjuseks oleks intensiivne metsaraie, mis 2020. aastal põhjustaks kuni 9,8 mln t CO₂ emissiooni. 2050. aastal toimub modelleerimise põhjal küll metsamaadel CO₂ sidumine, mis on suurim HIGH CO₂ stsenaariumi puhul, kuid selle tingib intensiivse raie tipnemisest (kuni 15 mln tm 2020. aastal) tulenev hilisem raiemahtude vähenemine ligikaudu 8 mln tm-ni. Teatud määral aitaks süsiniku sidumist suurendada ja seniste metsade raie intensiivsust vähendada täiendavate alade (nt kasutamata põllumaa) metsastamine, eelkõige puudutab see puidu kasvatamist taastuenergeetika vajaduste katteks.

Lisaks raiemahtude hoidmisele vahemikus 8–8,4 mln tm aastas on metsamaade süsiniku sidumist võimalik tõsta eelkõige turvasmuldade süsinikuvaru säilitavate ja suurendavate tegevustega ehk täiendava kuivendamise keelamise ja võimalusel kuivendatud alade niiskusrežiimi taastamisega. Oluline on mineraalmuldade süsinikuvaru suurenemine, mida on võimalik saavutada põllumajanduspraktikate parandamisega. Rohu- ja põllumaade mineraalmuldade süsinikuvaru ja viljakuse suurenemiseks on oluline viljavahelduse järgimine ja võimalusel püüdekultuuride kasvatamine. Põllumajandusliku kasutuse osas on oluline turvasmuldade hoidmine pideva taimkatte all. Kasutamata põllu- ja rohumaad on võimalikuks ressursiallikaks biomassi kasvatamiseks taastuenergeetika arendamisel, kuid nimetatud potentsiaali rakendamine vajab nii täiendavaid toetusmeetmeid (sh pindalatoetuste süsteemi sidumine biomassi kasutusega) kui ka vastavaid rakendusüraeringuid.

Turvasmuldade osas on oluliseks riskiks kuivendatud märgaladelt lähtuvad emissioonid, mistõttu on vajalik rikutud alade taastamine, et taaskäivitada nende võime süsinikku siduda ja akumuleerida. Takistamiseks emissioonide suurenemist seoses turba kaevandamisega, tuleb peatada turbakaevandusalade edasine laienemine ja taastada kasutusest kõrvalejätetud alad (võimalusel need eelnevalt lõpuni kaevandada). Ühtlasi tuleb välistada kaevandustegevuse laienemine veel kuivendusest rikkumata aladele. Samalaadne on olukord asustusosalade laienemisel, mis toob seniste trendide jätkumisel kaasa CO₂ heite kasvu. Asustusosalade rohevõrgustikud ja kõrghaljastus võimaldavad pöörata need alad süsiniku sidujaks, samuti on oluline planeerimise abil vähendada asustusosalade laienemist teiste maakasutuskategooriate arvelt.

LULUCF-i sektori KHG emissiooni hinnangut on järjepidevalt täiendatud, näiteks turvasmuldade emissioonide hindamisel planeeritakse alates 2013. aastast võtta kasutusele Rootsisis kasutatavad emissioonifaktorid, samuti on kavas ümber hinnata turbakaevandamisalade eriheite väärtused vastavate rakendusüraeringute käigus kogutud Eesti-põhiste andmete alusel. Nimetatud näited kinnitavad, et KHG bilansi hindamine pidevalt täieneb ja selle kvaliteedile saavad olulise sisendi anda Eesti-põhised üraeringud, alates muldade KHG bilansi täpsustamisest ning lõpetades puidu kasutuse ja erinevate toodete süsinikujalajälje hindamisega.

Käsitletud stsenaariumide realiseerumisele on käesolevas töös antud hinnangulised maksumused ning ootuspäraselt kasvavad stsenaariumide rakendamise kulud kooskõlas KHG heitkoguste vähendamise mõju suurenemisega. Üraeringu käigus modelleeritud 87%-line KHG emissiooni vähenemine aastaks 2050 on võimalik vaid sektoriüleses stsenaariumis Madalsüsinik ning selle stsenaariumi realiseerumise maksumus on üraeringus kasutatud meetodika järgi ligikaudu 811 mln eurot aastas. Seega on kulud 1,3 korda suuremad kui stsenaariumi Optimaalne puhul ning ligi 1,6 korda kõrgemad BAU stsenaariumi realiseerumise hinnangulistest kuludest. Seetõttu on sektoriülestest stsenaariumidest kõige odavam BAU stsenaariumi rakendamine, kus riigi poolt võetavate KHG vähendamise erimeetmete kulu aastani 2050 on prognooside kohaselt ligikaudselt 515 mln eurot aastas. Meetmete kogumaksumuselt järgneb stsenaarium Optimaalne kogukuluga umbes 615 mln eurot.

Stsenaariumide kulutõhususe võrdluses on kõige väiksema tõhususega BAU stsenaarium, kus ühe tonni CO₂-ekv vähendamise kuluks kujunes 1183 eurot. Optimaalne (ühe tonni CO₂-ekv vähendamise hind 60,6 €) ja Madalsüsiniku stsenaarium (ühe tonni CO₂-ekv vähendamise hind 55,4 €) on

kulutõhususelt sarnased. Tähelepanuväärne on, et kuigi kahe viimase stsenaariumiulutõhusused on üsna võrdsed, vähendatakse stsenaariumi Madalsüsiniku elluviimisel rakendatavate meetmete tulemusel võrreldes 2010. aastaga KHG heitkoguseid perioodi lõpuks 14,6 mln tonni CO₂-ekv ulatuses, mida on oluliselt enam kui stsenaariumis Optimaalne, mille puhul on vähenemine 10,1 mln tonni CO₂-ekv. BAU stsenaariumis on summaarne KHG heidete vähenemine aastaks 2050 vaid 435 000 tonni CO₂-ekv.

Uuringu tulemuste kohaselt on Eestis olulisemateks sektoriteks riigi KHG koguemissiooni vähendamisel energeetika (k.a transport), tööstuslikud protsessid ja LULUCF. Põllumajanduses ja jäätmekäitluses tuleb keskenduda konkurentsivõime suurendamisele olemasolevate meetmete jätkuva senises mahus rakendamise kaudu ning veidi enam suunata vahendeid energeetikasektoriga põimuvatesse meetmetesse (jäätmete põletamine energia saamiseks, biogaasi tootmine jm). Tähtis roll konkurentsivõime suurendamisel ja samaaegsel KHG emissiooni vähendamisel on nii riiklikul kui ka EL-i rahastusel erinevate meetmete ja programmide kaudu, sh innovatsiooni- ning teadus- ja arendustegevusel.

On oluline rõhutada, et nii Optimaalse kui ka Madalsüsiniku stsenaariumis rakendatakse kõiki sektoreid hõlmavaid poliitikaid ja strateegiaid, mille ühiseks eesmärgiks on Eesti KHG koguemissiooni vähendamine ilma sotsiaalmajanduslikku keskkonda kahjustamata. Samas on nende stsenaariumide kogumaksumus jaulutõhusus veidi erinev ning stsenaarium Madalsüsiniku üldkokkuvõttes riigile kulukam. Sellele vaatamata on mõlemas stsenaariumis võimalik samaaegselt ja ressursisäästlikult vähendada KHG emissiooni, arendada taastuvaid energiaallikaid elektri ja koostootmiseks, luua uusi töökohti ning toetada riigi regionaalarengut ja ettevõtete konkurentsivõime kasvu. Väga oluline on ümbritseva majanduskeskkonnaga arvestamine. Seetõttu on vaja eelisarendada neid sektoreid ja meetmeid, kusulutõhusus on kõige parem ning saavutatakse kiired tulemused koos konkurentsivõime suurendamisega (nt taastuvate energiaallikate ja koostootmise potentsiaali suurendamine, jäätmekogumise ja sortimise arendamine taaskasutamise ja/või energeetilise kasutamise eesmärgiga, biogaasijaamade rajamine ning ühistranspordi ja kergliikluse arendamine). Tulevikus väljatöötatavad ning rakendatavad poliitikad, strateegiad ja visioonidokumendid sõltuvad paljuski ka teiste riikide poolt seatud eesmärkidest ja arengutest ning seetõttu on oluline jälgida maailmajanduse, eelkõige EL-i arenguid ning ajakohastada seatud riiklikke vahe-eesmärke ja meetmeid.

Selleks, et saavutada sektorite üleselt KHG emissiooni vähenemine, tuleb erinevates sektorites esiletõstetud meetmeid rakendada samaaegselt, võttes ühtlasi arvesse ka erinevate sektorisiseste meetmete toimimise koosmõjusid ning sektorites seni saavutatud KHG vähendamise eesmärkide tasemete erinevust.

Sektorite vaheline koosmõju on vahetu ja suur metsanduse-põllumajanduse ja energiatööstuse vahel, kuna LULUCF ja põllumajandus peavad andma suure osa taastuvkütustest ehk biomassist energiatööstusele. Nõrgem on koosmõju põllumajandussektori ja transpordisektori vahel, mis sõltub peamiselt sellest, kas ja kui suures ulatuses minnakse meetmete rakendamisel üle biogaasi kogumisele ja surugaasi müümisele autokütusena. Kõikide teiste sektorite vahel on koosmõju väiksem. Teataval määral on oluline ka tööstuse ja energiatööstuse vaheline koosmõju, kus taastuenergialahendused ja energiasäästumeetmed toovad kaasa nõudluse kasvu vastavate

toodete-teenuste järele, mh keskendub tööstus eeldatavalt senisest suuremas mahus taastuveni tootmiseks ja energiasäästu jaoks vajalike seadmete tootmisele. Samuti on selged seosed transpordi ja energiatööstuse vahel, seda eelkõige stsenaariumis Madalsüsinik.

Stsenaariumide realiseerimiseks rakendatakse kõikides sektorites erinevaid meetmeid, mis avaldavad nii sektorisiselt kui ka eri sektorite koostoimel mõju majanduse kasvutempole, lisandväärtuse tekkele, konkurentsivõimele, töökohtade loomisele ja hindadele. Sektorites, kuhu suunatakse ressursse riiklike meetmete kaudu ehk energiasektoris, tööstuses ja põllumajanduses on kõigi stsenaariumide realiseerumisel positiivne sotsiaalmajanduslik mõju (majandustegevus saab tõuke kasvuks), BAU stsenaariumis väiksem ja Madalsüsiniku stsenaariumis kõrgem. Ulatuslik panustamine transpordisektorisse mõjutab seejuures rohkem inimeste harjumusi, rahvatervist, transpordi hindasid, linnaplaneerimist ning linnaruumis avalduvate keskkonnamõjude suurust ja ulatust.

Kõrge CO₂ kvoodi hind EL-i heitmekaubanduse turul motiveerib ettevõtteid KHG vähendamiseks vajalikke investeeringuid tegema ja see annab tõuke arenguks. Energiasektoris, kus on ette näha kõige suuremaid muutusi, ilmneb enamike stsenaariumide (v.a BAU stsenaariumis) rakendumisel pikaajalises perspektiivis positiivne mõju energiahindadele – elektri ja sooja hind langeb ning energiasäästumeetmete rakendamise tulemusel kahanevad nii ettevõtete, avaliku sektori kui ka kodutarbijate energiakulud. Selle tingib muuhulgas asjaolu, et avatud turu elektribörsil pääsevad esimesena elektrit müüma kõige väiksema muutuvkuluga tootjad ehk need, kes kasutavad hüdro- ja tuuleenergiat, millel puudub kütusekulu ning vajadus maksta saastetasu ja osta CO₂ kvooti.

Et ükski kavandatav stsenaarium üheski sektoris radikaalseid struktuurimuudatusi esile ei kutsu, on väljapakutud arenguvõimaluste hinnanguline kogumõju tööhõivele vähene. Eeldatavalt suureneb meetmete rakendamise mõjul ja/või nõudluse kasvu tõttu tööhõive LULUCF-i ja põllumajandussektoris ning tööstuses, teistes sektorites jääb tööhõive tõenäoliselt praegusega võrreldavale tasemele (samas on eeldatavad teatud sektorisiselised muudatused, nt energiamajanduses väheneb tööhõive fossiilsete kütuste valdkonnas ja kasvab taastuveni tootmises). Muutused tööhõives on hinnanguliselt positiivsed kõigi kolme sektoriülese stsenaariumi puhul, kuna nende rakendamiseks on vaja riigipoolset finantseeringut, mis mõjub majandust elavdavalt. Soodne areng on väiksem BAU stsenaariumis, tugevam stsenaariumi Optimaalne puhul ja kõige märgatavamad on positiivsed muutused tööhõives Madalsüsiniku stsenaariumi rakendamisel. Samas on siinkohal väga oluline märkida, et selline areng on võimalik vaid siis, kui riigi tasandil seatakse KHG heitkoguste süsteemne vähendamine pikaajaliseks prioriteediks.

Sektoritepõhisel analüüsil esile kerkinud olulisemad soovitusel ja meetmed on koondatud alljärgnevasse tabelisse (vt tabel 1), kus on hinnatud iga meetme rakendamise mõju (positiivne/kergesti saavutatav – rohelised lahtrid; negatiivne/raskesti saavutatav – punased lahtrid; neutraalne – kollased lahtrid) KHG heitkoguste vähendamisele, sotsiaalmajanduslikele aspektidele, konkurentsivõimele, energiasäästule, energia varustuskindlusele ning teostamise keerukusele. Sektorispetsiifilisi meetmeid on detailsemalt käsitletud iga sektori vastavas alapeatükis, kuhu on lisatud ka meetme rakendamise eesmärgid, peamised tegevused, prognoositav maksumus ja stsenaariumide kulutõhusus. Nii stsenaariumi Optimaalne kui ka kõige kulutõhusama stsenaariumi

Madalsüsinik realiseerumiseks on vaja järgida ja rakendada mitmeid sektoritepõhiseid ja -üleseid meetmeid ja soovitusi (vt ka tabel 1).

- **Energieetikas** tuleb elektrienergia tootmise CO₂ heite vähendamiseks suurendada taastuvenergia kasutust ning kasutada elektri ja soojuse koostootmise potentsiaali, mille saavutamine on võimalik põhjalikult läbimõeldud, stabiilse toetuskeemi abil.
- Jätkata biomassi kütusena kasutatavate elektri ja soojuse koostootmis- ja biogaasijaamade rajamise investeeringute ning teostatavus- ja tasuvusuuringute teostamise toetamist.
- Luua võimalused ja rakendada puidu koospõletamist olemasolevates ja rajatavates keevkihtkateldes maksimaalses mahus. Kuna sellega kaasneks puidu tarbimismahu järsk kasv energieetikas, tuleb kütusena kasutada ka energiavõsa ja muud biomassi ning suurendada importi. Kui puidukütuse import ei ole majanduslikult mõttekas, siis on vaja energiatootmisel kasutada kodumaist hakkepuitu suuremas koguses, kui võimaldaks aastane raiemaht, mis on seni taganud metsa rolli CO₂ sidujana. Kuigi selline tegevus suurendaks metsanduse KHG emissioone, jääksid need kogu prognoosiperioodi arvestades summaarselt tõenäoliselt madalamaks võrreldes puidu koospõletuse tulemusel põlevkivienergieetikas ärahoitavate heitkogustega.
- Toetada investeeringuid soojuse tootmisel fossiilselt kütuselt taastuvatele energiaallikatele üleminekuks nii kodumajapidamistes kui ettevõtetes.
- Jätkata kaugküttetrasside renoveerimise ja uute trasside rajamise toetamist.
- Jätkata seniseid investeeringutoetusi hoonete energiatõhususe suurendamiseks.
- **Transpordi** energiasäästu potentsiaali ning transpordi CO₂ heite vähendamiseks on kõige tõhusamad maksustamise ning transpordinõudluse vähendamisega ehk integreeritud planeerimisega seotud meetmed, üksnes biokütuste osakaalu tõstmisele või uutele mootoritehnoloogiatele panustamine on kuni kümme korda kulukam lahendus.
- Võtta kasutusele sõidukite energiamärgise süsteem koos sõidukite energiamärgisest sõltuva maksu- ja soodustussüsteemi rakendamisega.
- Säästlike biokütuste osakaalu tõstmiseks ning fossiilsete transpordikütuste CO₂ jalajälje vähendamiseks muuta kütuste maksustamise põhimõtteid nii, et arvestataks nii kütuse energiamahukuse kui ka CO₂ jalajäljega.
- Sundliikluse ja isiklikust sõiduautost sõltuvuse vähendamiseks tuleb asustuse arengut suunata eelkõige heade ühistranspordi ja kergliikluse juurdepääsueeldustega piirkondadesse, välja töötada suuremate linnapiirkondade ja asutuste liikuvuskavad ning viia läbi kergliikluse auditid.
- Energiasäästlike transpordiliikide nagu rongi- ja merevedude osakaalu tõstmiseks tuleb eelisarendada multimodaalset transiiti ja rakendada diferentseeritud teekasutustasusid.

- Erinevate transpordiliikide koostoime ja eeliste paremaks ärakasutamiseks tuleb arendada sujuvaid üleminekuid ühistranspordi, kergliikluse ja autokasutuse (sh autode jagamise ja kiirrendi, pandijalgrataste, pargi ja sõida lahendused) vahel ning välja töötada ühtne piletisüsteem.
- **Tööstuslike protsesside ning lahustite ja teiste toodete kasutamise sektoris** on vaja toetada ettevõtteid üleminekul vähemsaastavatele energiaallikatele ning investeringute tegemisel uutesse ja säästlikumatesse tehnoloogiatesse.
- Saastelubade jagamine tuleb siduda kohustusega luua samas mahus kasvuhoonegaase koguvaid ja akumulierivaid ökosüsteeme.
- Tuleb koostada **jäätmetekke** vältimise kava ja seda aktiivselt rakendada (sh teadlikkuse tõstmise, korduskasutussüsteemide edendamise, ressursiefektiivsusele ja jäätmetekke vältimisele suunatud investeringute toetamine jt vastavate meetmete rakendamise kaudu).
- Jäätmete liigiti kogumiseks ja taaskasutamiseks rõhuga biolagunevate jäätmete käitlemise edendamisele (sh anaeroobse kääritamise/biogaasitootmise investeringute toetamine) tuleb jätkata investeringute toetamist vähemalt senises mahus.
- Tuleb luua õiguslik baas biolagunevate jäätmete bioloogiliseks ringlussevõtuks (kompostimise ja anaeroobse kääritamise jäägi/digestaadi kasutuskriteeriumite sätestamine) ning välja töötada toetus- ja kontrollimehhanismid nende kasutamiseks põllumajanduses.
- Keskkonnateadlikkuse suurendamiseks, elurikkuse ja maastikulise mitmekesisuse säilitamiseks ning keskkonnasõbralike majandamisviiside kasutamiseks tuleb jätkata **põllumajandusliku** keskkonnatoetuse rakendamist senises mahus.
- Investeerida tuleb põllumajandustootmise arendamisse ja loomakasvatusehitistesse, sh biogaasi tootmise võimaluste arendamisse, tehnoloogia taseme tõstmisse ning keskkonnasõbralike maaviljelusmeetodite kasutamisse.
- **Metsade tagavara ja süsinikuvaru säilitamiseks ning raiest tulenevate emissioonide minimeerimiseks** tuleb hoida keskmist raiemahtu u 8 mln tm aastas ning pöörata tähelepanu metsade elurikkuse säilimisele. Kuna Eesti KHG emissioone aitab olulisel määral vähendada puidu koospõletus põlevkiviga, mille suuremahulise rakendamisega kaasneks puidu tarbimismahu märgatav kasv energeetikas, tuleb puudujäägi katmiseks kasutada kütusena ka energiavõsa ja muud biomassi ning suurendada importi. Kui puidukütuse import ei ole majanduslikult mõttekas, siis on vaja energiatootmisel kasutada kodumaist hakkepuitu suuremas koguses, kui võimaldaks aastane raiemaht, mis on seni taganud metsa rolli CO₂ sidujana. Selle tagajärjel metsanduse KHG emissioonid kasvaksid, kuid tõenäoliselt jääksid need kogu prognoosiperioodi arvestades summaarselt madalamaks võrreldes puidu koospõletuse tulemusel põlevkivienergeetikas ärahoitavate heitkogustega.
- Metsade tagavara ja puidu kasutamise suurendamiseks tuleb astuda samme põllumajanduslikus kasutuses turvasmuldade ja endiste kaevandusalade metsastamiseks,

samuti biomassi kasutuseks mittekasutatavatel põllu- ja rohumaadel ning jääsoode korrastamiseks/taastamiseks.

- Tuleb lõpetada täiendava kuivendamise toetamine ja suunata ressursid biomassi energiaks kasutamise ning turvasmuldade rohumaaks/metsaks muutmise toetamiseks, et säilitada ja võimalusel suurendada muldade süsinikuvaru.
- Niitmistoetused tuleb siduda biomassi kasutamisega energeetikas, loobuda otsetoetustest ja suunata ressursid biomassi energiaks kasutamise toetamisele.
- Asustusaladel tuleb rakendada ökoloogilist kompensatsiooni.

Tabel 1. Soovitused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas.

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
Energiamajandus						
Puidu koospõletamine põlevkiviga	Suur mõju	Kergelt positiivne mõju – kasvab raiemaht ja metsandussektori käive ja tööhõive.	Suuremahulisel puidu tarbimisel elektri ja soojuse tootmiseks on mõju puidu hinnale ning seeläbi mõjutab teiste puidu tarbijate (nt kodutarbijad) kulutusi energiale, samas kõrgem hind toetab ressursi efektiivsemat kasutamist ning sektori kasumlikkust.	Negatiivne, kuna Narva Elektri jaamades on koostootmist võimalik vaid osaliselt rakendada (Balti EJ ühes plokis) ning seetõttu kulub puitu võrreldes efektiivse (95%) koostootmisega rohkem, sest primaarenergia kasutamiseefektiivsus EEJ on ca 40%.	Neutraalne mõju, eeldusel, et puitu ei pea Eestisse importima.	Lihtne
Koostootmisjaamade rajamine katlamajade asemel (väiksemad linnad, tööstused)	Suur mõju	Positiivne mõju regionaalarengule. Katlamajade uuendamisel minnakse üle odavamale kütusele, nt gaasi asemel biomassi kasutamisele ja selle tulemusel lisandub töökohti biokütuste tootmise mahu kasvu tõttu.	Neutraalne mõju elektri hinnale juhul, kui saadakse investeeringu ja/või taastuvenergia toetust. Positiivne mõju soojuse hinnale, kui asendatakse kallimal kütusel (kütteõli, põlevkiviõli, maagaas) katel biomassil koostootmisjaamaga.	Positiivne, kuna koostootmise summaarne kasutegur on kõrgem võrreldes elektri ja soojuse eraldi tootmisega.	Neutraalne või nõrgalt positiivne mõju, sest vähendab nõudlust imporditava gaasi järele.	Keskmine – eeldab uute tootmisvõimsuste rajamist.
Biogaasijaamade rajamine	Suur mõju, fossiilkütuste asendamisest tulenevat mõju vähendab KHG	Positiivne mõju regionaalarengule, luuakse juurde töökohti	Neutraalne mõju elektri hinnale, kui saadakse investeeringu ja/või	Neutraalne mõju, oleneb kasutegurist.	Neutraalne või nõrgalt positiivne mõju, sest vähendab nõudlust	Keskmine – eeldab uute tootmisvõimsuste rajamist.

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
	heitkoguste vähenemine põllumajanduses.	biomassi kogumisel ja biokütuste tootmisel.	taastuenergia toetust. Positiivne mõju soojuse hinnale, kui kallim kütus (kütteõli, põlevkiviõli, maagaas) asendatakse biogaasiga.		importitava gaasi järele.	
Elektrituulikute võimsuse suurendamine	Suur mõju. Iga Kwh tuuleturbiinidega toodetud elektrit (põlevkivielektri asemel) vähendab CO ₂ heidet 1,18 kg võrra (Neugrundi madala avamere ... 2012).	Kergelt positiivne mõju tööhõivele, nii tuulikute komponentide tootmise kui ka ehitamise ja hooldamisega seotud kõrgema lisandväärtusega töökohtade arv kasvab: iga rajatud MW tuulevõimsuse kohta luuakse hinnanguliselt 10 uut töökohta (Neugrundi madala avamere ... 2012; Green Jobs ... 2008).	Neutraalne mõju elektri hinnale, juhul kui saadakse investeeringu ja/või taastuenergia toetust. Kuna kütusekulu puudub, siis pääseb alati elektriturule.	Positiivne mõju, tootmise hajutamise tõttu vähenevad elektrikaod ülekandel.	Vajab tasakaalustavat tootmisvõimsust, salvestust või elektri ekspordi-importi (st võrguühendusi).	Lihtne
Päikesepaneelide võimsuse suurendamine	Suur mõju	Kergelt positiivne mõju tööhõivele komponentide koostamisel, projekteerimisel ja ehitusel (Green Jobs ... 2008).	Neutraalne mõju elektri hinnale, kui saadakse investeeringu ja/või taastuenergia toetust. Kuna kütusekulu puudub, siis pääseb alati elektriturule.	Positiivne mõju	Vajab tasakaalustavat tootmisvõimsust, salvestust või elektri ekspordi-importi (st võrguühendusi).	Lihtne
Hoonete energiatõhususe parandamine	Keskmine mõju	Positiivne mõju tööhõivele. Hoolimata	Vähenevad elanike ja ettevõtete kulutused	Positiivne mõju, kuid hoonete soojustamise	Positiivne mõju	Keskmine

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
		energiatõhususe paranemisest jätkub tõenäoliselt energiatarbimise suurenemine (energiatõhususe paranemise abil on võimalik kasvu vähendada). Sellele lisanduvad lühiajalised ja keskpikad efektid, et viia olemasolevad hooned vastavusse soovitud standarditega (nt ehituses ja ehitusmaterjalitööstuses). Mõju pikaajalisus sõltub riigipoolse renoveerimistoetuse kestvusest, sest praegune tempo elamufondi uuendamisel on madal ja finantsressursside olemasolul jätkub renoveerimistöid aastakümneteks.	küttele.	tõttu väheneb soojuse tarbimine ja seetõttu ka koostootmise potentsiaal.		
Fossiilselt kütuselt taastuvatele energiaallikale	Suur mõju	Positiivne mõju tööhõivele eelkõige	Vähenevad elanike ja ettevõtete kulutused	Neutraalne või positiivne mõju, oleneb	Positiivne mõju – vähendab sõltuvust	Keskmine

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
tele üleminek (õlikatlad, maagaasikatlad jms)		biomassikutuste tootmisel.	küttele.	kasutegurist.	imporditavatest kütustest, hajutatum tootmine tõstab varustuskindlust.	
Transport						
Transpordikütustes kohalike säästlike bio-kütuste osakaalu suurendamine	Suur mõju	Positiivne mõju, metsa- ja põllumajanduses lisandväärtuse loomine, töökohad.	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Positiivne mõju – väheneb vajadus importida kütuseid.	Keskmine
Ökonoomsemate sõiduautode eelistamine	Suur mõju	Positiivne mõju, vähenevad ettevõtete ja perede kulutused kütusele, väheneb õhusaaste, paraneb säästlike transpordiliikide rahastamine.	Positiivne mõju	Positiivne mõju	Positiivne mõju – väheneb vajadus importida kütuseid.	Keskmine
Kütuste maksustamis- põhimõtete muutmine energiatarbest ja CO ₂ heitest sõltuvaks	Suur mõju	Positiivne mõju, vähenevad ettevõtete ja perede kulutused kütusele, väheneb õhusaaste, paraneb säästlike transpordiliikide rahastamine.	Neutraalne mõju	Positiivne mõju	Positiivne mõju – väheneb vajadus importida kütuseid.	Lihtne
Nutikate kilomeetri- põhiste teekasutus- tasude rakendamine	Suur mõju	Positiivne mõju, vähenevad ettevõtete ja perede kulutused kütusele, väheneb õhusaaste, ummikud,	Neutraalne mõju	Positiivne mõju	Positiivne mõju – väheneb vajadus importida kütuseid.	Keskmine

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
		paraneb säästlike transpordiliikide rahastamine, vähenevad kulutused infrastruktuurile, linnade elukeskkond muutub atraktiivsemaks.				
Säästlike transpordiliikide – raudtee, ühistransport ja kergliiklus eelisarendamine	Suur mõju	Positiivne mõju, väiksemad infrastruktuuri kulud, parem rahvatervis, vähem ummikuid.	Positiivne mõju, linnad on atraktiivsema elukeskkonnaga ja töäjõud on mobiilsem.	Positiivne mõju	Positiivne mõju	Keskmine, mõju avaldub pikema aja jooksul
Säästvat asustusstruktuuri ja sundliiklust vähendav ruumiline planeerimine	Suur mõju	Positiivne mõju, väiksemad infrastruktuuri kulud, parem rahvatervis, vähem ummikuid.	Positiivne mõju, linnad on atraktiivsema elukeskkonnaga ja töäjõud on mobiilsem.	Positiivne mõju	Positiivne mõju	Keeruline, mõju avaldumine pikema aja jooksul. Eeldab valdkondade ja haldustasandite ülestihedat koostööd.
Linnapiirkondade, suuremate asutuste ja tööandjate liikuvuskavade koostamine	Suur mõju	Positiivne mõju, väiksemad kulud transpordile.	Positiivne mõju, linnad on atraktiivsema elukeskkonnaga ja töäjõud on mobiilsem.	Positiivne mõju	Positiivne mõju	Keskmine
IKT lahenduste väljatöötamine paindliku autode, jalgrataste rendi- ja ühiskasutus-süsteemide ja nõudeühistranspordi arendamiseks.	Suur mõju	Positiivne mõju, väiksemad infrastruktuuri ja ühistranspordi korraldamise kulud, parem rahvatervis, vähem ummikuid.	Positiivne mõju, suurem tööjõu mobiilsus.	Positiivne mõju	Positiivne mõju	Keskmine

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
Tööstuslikud protsessid						
Saastekoguste normeerimine	Suur mõju	Positiivne mõju, parandab ettevõtte kuvandit ja keskkonna kvaliteeti.	Positiivne mõju, tootmise ressursimahukus väheneb.	Võib kasvatada energiatarvet heite püüdurseadmete käitamisel.	Positiivne mõju	Keskmine
Toetused üleminekul vähemsaastavatele energiaallikatele	Suur mõju	Positiivne mõju, parandab ettevõtte kuvandit ja mõjutatava keskkonna kvaliteeti.	Positiivne, tootmise ressursimahukus ja energiamahukus väheneb.	Positiivne mõju, energiatootmise ja tarnimise ümberkorraldamine tähendab ka säästu.	Positiivne mõju	Keskmine, sõltub eelarvevahendite piisavusest.
Toetused investeerin-gute tegemisel uutesse ja säästlikumatesse tehnoloogiatesse	Suur mõju	Positiivne mõju, parandab ettevõtte kuvandit ja mõjutatava keskkonna kvaliteeti, vähendab keskkonnakasutust.	Positiivne mõju, tootmise ressursimahukus ja energiamahukus väheneb.	Positiivne mõju	Neutraalne mõju	Lihtne, toetuskeemid ja rakendusasutused toimivad juba praegu.
Toetused investeerin-gute tegemisel heitgaaside filtritesse, emis-sioonide kogujatesse jmt heitgaase puhastavatesse tehnoloogia-tesse	Suur mõju	Positiivne mõju, parandab ettevõtte kuvandit ja mõjutatava keskkonna kvaliteeti.	Positiivne mõju, tootmise ressursimahukus väheneb.	Võib kasvatada energiatarvet heidete püüdmiseadmete käitamisel.	Neutraalne mõju	Lihtne, toetuskeemid ja rakendusasutused toimivad juba praegu.
Saastelubade jagamise sidumine kohustusega luua samas mahus kasvuhoonegaase koguvaid ja akumuleerivaid ökosüsteeme	Suur mõju	Positiivne mõju, parandab ettevõtte kuvandit ja mõjutatava keskkonna kvaliteeti.	Positiivne mõju	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Keeruline, mõju avaldu-mine pikema aja jooksul; eeldab ettevõttesiseset kompetentsi või teenusepakujate olemasolu.

Jäätmemajandus						
Jäätmetekke vältimise kava koostamine ja selle aktiivne rakendamine (teadlikkuse tõstmise, korduskasutussüsteemide edendamine, ressursiefektiivsusele ja jäätmetekke vältimisele suunatud investeerin-gute toetamine jt vasta-vate meetmete rakendamine)	Suur mõju, jäätmetekke vältimine panustab otseselt jäätme-käitlusest tulenevate otseste KHG heidete tekke vähendamisse.	Positiivne mõju, suurem keskkonnateadlikkus ja jäätmeteket vältivate majandamisviiside kasutamine parandab keskkonna ja elu-tingimusi.	Positiivne mõju, ressursisäästlike ja jäätmeteket vältivate majandamisviiside kasutamine suurendab otseselt konkurentsivõimet.	Positiivne mõju, ressursisäästlik ja jäätmeteket vähendav ning taaskasutusel põhinev majandamine aitab kaasa energiasäästule (nt materjalide taas-kasutamine on valdavalt väiksema energia-mahukusega kui esmase toorme kasutamine).	Neutraalne mõju	Eeldab vastava pika-ajalise kava koostamist ja rakendamist. Võimalus toetuda juba olemasolevatele meet-metele ja teiste riikide näidetele. Samas on Eesti arengutaset (sh majandusarengut) ja globaalse kaubanduse/ majandussüsteemi mõjutamise võimalusi silmas pidades väga raske jäätmeteket oluliselt vähendada.
Investeeringute toeta-mine jäätmete liigiti kogumiseks ja taaskasu-tamiseks rõhuga bio-lagunevate jäätmete käitlemise edendamisele (seos energiavaldkonna toetustega biogaasi tootmiseks)	Suur mõju, põllumajandustootmise arendamine ja biogaasi kogumise süsteemide kasutuselevõtt vähendab KHG emissiooni.	Positiivne mõju, jäätmete liigiti kogu-mine ja taaskasutamine panustab otseselt elu-keskkonna tingimuste parandamisse ja töö-hõive suurenemisse.	Positiivne mõju, taaskasutussektori arendamine, sh biogaasi tootmise võimaluste loomine suurendab konkurentsivõimet.	Positiivne mõju, jäätmete taaskasuta-mine aitab otseselt kaasa energiasäästule.	Positiivne mõju, biogaasi tootmisvõimaluste loomine ja arendamine suurendab energiavarustuskindlust.	Lihne, olemasolevate meetmete jätkuv rakendamine ja edasi-arendamine
Õigusliku baasi loomine biolagunevate jäätmete bioloogiliseks ringlusse-võtuks (kompostimise ja anaeroobse kääritamise jäägi/digestaadi kasutus-kriteeriumite sätesta-	Suur mõju, loob eeldused bioloogilise taaskasutamise (kompostimise ja anaeroobse kääritamise) laie-male rakendamisele ja investeerin-gutele, mis	Positiivne mõju	Positiivne mõju, paraneb ressursside kättesaadavus ja alaneb maksumus.	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Keeruline, jäätmetest (eelkõige reoveesetest) toodetud komposti/digestaadi kasutamist piirab võimalik kahjulike ainete sisaldus ja

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
mine). Teha koostöös keskkonnaministeeriumi ja põllumajandusministeeriumiga.	omakorda aitavad vähendada jäätekäitlussektori KHG heitkoguseid.					potentsiaalsete lõppkasutajate väike huvi.
Põllumajandus						
Põllumajandusliku keskkonnatoetuse rakendamine keskkonnateadlikkuse suurendamiseks, elurikkuse ja maastikulisel mitmekesisusel säilitamiseks ning keskkonnasõbralike majandamisviiside kasutamiseks	Suur mõju, keskkonnateadlikkuse suurendamine ja keskkonnasõbralike majandamisviiside kasutamine vähendab KHG emissioone põllumaadelt.	Positiivne mõju, suurem keskkonnateadlikkus ja keskkonnasõbralike majandamisviiside kasutamine parandab keskkonnatingimusi (puhtam vesi, õhk, toit).	Positiivne mõju, keskkonnasõbralike majandamisviiside kasutamine suurendab konkurentsivõimet.	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Lihtne, olemasoleva meetme jätkuv rakendamine ja edasiarendamine.
Investeeringud põllumajandustootmise arendamiseks ja loomakasvatusehitistesse, sh biogaasi tootmise võimaluste arendamine, tehnoloogia taseme tõstmine, keskkonnasõbralike maaviljelusmeetodite kasutamine	Suur mõju, põllumajandustootmise arendamine ja biogaasi kogumise süsteemide kasutuselevõtt vähendab KHG emissiooni.	Positiivne mõju, maaelanikkonna ja loomade keskkonnatingimuste paranemine.	Positiivne mõju, põllumajandustootmise arendamine ja biogaasi tootmise võimaluste loomine suurendab konkurentsivõimet.	Positiivne mõju, põllumajandustootmise efektiivsemaks muutmise ja tehnoloogia taseme tõstmine aitab kaasa energiasäästule.	Positiivne mõju, biogaasi tootmisvõimaluste loomine ja arendamine suurendab energia-varustuskindlust.	Lihtne, olemasoleva meetme jätkuv rakendamine ja edasiarendamine.
Regulatsioonide välja	Keskmine mõju,	Positiivne mõju, kohalik	Positiivne mõju,	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Keeruline,

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
töötamine biolagunevate jäätmete ² põllumajanduses kasutuselevõtmiseks	biolagunevate jäätmete kasutamine põllumajandusmuldadel vähendab küll mineraalväetiste kasutamist, kuid mitte otsest ja kaudset N ₂ O emissiooni põllumaadelt.	ja mineraalväetistest soodsam ressurss on otsese positiivse mõjuga maaelanikkonnale.	paraneb ressursside kättesaadavus ja alaneb maksumus. Samas tuleb jätkuvalt kasutada mineraalväetisi – digestaadist on vajalik süsinik välja ammutatud.			biolagunevate jäätmete kasutamine ja sellest tulenevad keskkonnamõjud vajavad täiendavaid uuringuid.
Maakasutus, maakasutuse muutus ja metsandus						
Metsade tagavara ja süsinikuvaru säilitamiseks ning raiest tulenevate emissioonide minimeerimiseks keskmiselt 8 mln tm a ⁻¹ raiemahu hoidmine. Ühtlasi toetab meede metsade elurikkuse säilimist	Suur mõju	Neutraalne kuni positiivne mõju. Oluline on puidu suurem väärindamine ja kasutuselevõtt teiste energia- ning CO ₂ mahukate materjalide asendamisel, näiteks ehitussektoris, mis tõstab vastava sektori osakaalu majanduses ja hõivatute arvus.	Neutraalne mõju – kuigi eestimaise puidu kasutus on väiksem kui suuremate raiemahtude puhul, siis pikas perspektiivis säilitatakse stabiilne raiemaht ja seeläbi metsatööstuses ja energeetikas stabiilne ressursi kättesaadavus.	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju – stabiilne puiduressursi kättesaadavus, kuid sellise raiemahuga ei suudeta taastuvenergeetika maksimaalset prognoositavat vajadust rahuldada ning puudujääv puit tuleks importida.	Lihtne – 2003. a järgselt on raiemahud väiksemad olnud. Eeldab täiendavat planeerimist ja suunamist metsaraiete teostamisel, vältimaks üleraie tekkimise ohtu.
Kõigil maade täiendava kuivendamise keelamine	Suur mõju	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Lihtne – eeldab vastavate regulatsioonide kehtestamist ja maaomanike nõustamist ning teavitamist tegevuste vajalikkusest.

² Biolagunevate jäätmete all on antud kontekstis mõeldud nii köögi-, aiapäätmete komposti kui ka reoveesette ja biogaasi tootmise kääritusjääki (digestaat).

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
Olemasolevate turvasmuldade hoidmine pideva taimkatte all	Suur mõju	Kergelt negatiivne mõju – võib raskendada turvasmuldade põldu või kultuurrohumaad pidavate majapidamiste majandustegevust. Mõju saab pehendada vastavatele aladele rajatavate rohumaade, metsa või pikaealiste energiakultuuride biomassi müües ja kasutamata maid kasutusele võttes ja vastava toetusmeetme rakendamisega.	Neutraalne mõju – taastuvenergeetika arenedes võib saadava biomassi müük tulusaks osutuda.	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Keskmine – tegevuse elluviimist soodustaks toimiv taastuvenergia taristu.
Metsade tagavara ja puidu kasutuse suurendamiseks põllumajanduslikus kasutuses turvasmuldade ja endiste kaevandusalade metsastamine, samuti kasutusest väljas olevatel põllu- ja rohumaadel biomassi kasutus	Suur mõju	Neutraalne kuni negatiivne mõju – üheaastaste põllukultuuride müügist saadava tulu asendab puidu müügist saadav tulu. Mõjusid kompenseerib planeeritav toetusmeede.	Positiivne mõju	Neutraalne mõju	Positiivne mõju	Lihne
KHG arvestus kuivendatud märgaladel ja turba-kaevandusaladel; jääksoode taastamine	Suur mõju	Neutraalne kuni negatiivne mõju – täiendav maksukoormus ja taastamistegevustega seonduvad kulud maa-	Neutraalne mõju – kui süsinikuheited kuivendatud aladelt Euroopa-ülelalt maksustatakse, mõjutab see ühtlaselt	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Keeruline – vajalikud vastavad regulatiivsed muudatused EL-üleises seadusandluses ressursimaksude kehtestamisel.

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
		omanikele. Mõjusid kompenseerib planeeritav toetusmeede.	kõiki maaomanikke kui ka turbakaevandusettevõtteid, samas on võimalik taastamiseks rahastust leida.			
Täiendava kuivendamise toetamise lõpetamine ja vastavate ressursside suunamine biomassi energiaks kasutamise, turvasmuldade rohu- maaks/metsaks muutmise toetamiseks eesmärgiga säilitada ja võimalusel suurendada muldade süsinikuvaru (nn avalikke hüvesid)	Suur mõju	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Keeruline – vajalikud vastavad regulatiivsed muudatused EL-üleises seadusandluses ja ressursimaksude kehtestamisel.
Niitmistoetuste sidumine biomassi kasutamisega energeetikas, otsetoetustest loobumine ja vastava ressursi suunamine biomassi energiaks kasutamise toetamise	Suur mõju	Positiivne mõju – aladel, mida nagunii niidetakse, võetakse ka biomass kasutusse.	Positiivne mõju	Neutraalne mõju	Positiivne mõju – soodustab püsivat kodumaise bioressursi kättesaadavust.	Keeruline – vajalikud vastavad regulatiivsed täiendused EL-i põllumajandustoetuste tingimustes. Eelduseks on toimiva taastuvenergia taristu olemasolu.
Asustusala puhul ökoloogilise kompensatsiooni rakendamine	Suur mõju	Positiivne mõju – linnakeskkonnas rohealade säilitamine ja laiendamine mõjub positiivselt rahvatervisele.	Neutraalne mõju	Neutraalne mõju	Neutraalne kuni positiivne mõju – täiendav biomassi ressurss energeetikaks.	Keskmine – vajalikud vastavad regulatiivsed muudatused seadusandluses, nõustamisteenus, teavitus ja

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaalmajanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energiasäästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
						toetusmehhanismid.

* Roheline – suur mõju, kollane – keskmine mõju, punane – tagasihoidlik mõju KHG heitkoguste vähendamisele

** Roheline – positiivne mõju, kollane – ebaselge (neutraalne) mõju, punane – negatiivne mõju

*** Roheline – suhteliselt lihtsalt teostatav, kollane – keskmise keerukusega, punane – väga keeruline

EXECUTIVE SUMMARY

The aim of the study is **to explore the possibilities for Estonia to reach a competitive low carbon economy by 2050**. The implemented scenario analysis is herein instrumental for assessing the impact of future developments on the volume of greenhouse gases (GHG) and on the socioeconomic aspects. The focus of the study lies on forecasting the GHG emissions until the year 2050 according to certain assumptions and evaluating different opportunities aimed at mitigating the emissions.

The overview contributes to creating the vision of low carbon economy for Estonia. Additionally the study summarizes the sector-specific knowledge and simplifies the drafting process required for economy-wide policy measures. The analysis is in accordance with the methodology of the UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and therefore the following sectors are addressed:

- Energy;
- Transport;
- Industrial Processes and Solvent and Other Product Use;
- Waste;
- Agriculture;
- Land Use, Land Use Change, Forestry (LULUCF).

Total emissions of the greenhouse gases in Estonia (excluding net emissions from the LULUCF sector) diminished steadily from 40 856.89 thousand metric tons of CO₂ equivalent in 1990 to 20 516.76 thousand metric tons of CO₂ equivalent in 2010 (National Inventory Report of Estonia 2012). From 1990 to 2010 the GHG emissions decreased by 49.78%. This decline was mainly caused by the end of large-scale industry in Estonia enforced by the Soviet Union and by the successful implementation of the necessary transitional reforms.

The largest share regarding the volume of GHG comes from the Energy sector, which in 2010 contributed 88.64% of total greenhouse gas emissions (excluding LULUCF). The second largest sector is Agriculture, which accounted for 6.55% of the total emissions in 2010. Emissions from Industrial Processes, Waste and Solvent and Other Product Use sectors accounted for 2.43%, 2.30% and 0.09%, respectively of total emissions in 2010 (National Inventory Report of Estonia 2012).

The study covers **the comparison of three cross-sector scenarios – BAU, Optimum and Lowcarbon**. When taking into consideration the costs of mitigation **the most optimal way for reducing Estonia's GHG emissions is described in the scenario called Optimum** and according to this path **it is feasible to achieve a decrease of 75%**. Without taking into account LULUCF sector the possible reduction by intermediate target years 2020, 2030 and 2040 will be 60%, 71% and 73% respectively. With the impact of LULUCF the emissions can be mitigated by 52%, 63%, 65% and 84% by the years 2020, 2030, 2040 and 2050.

Certainly it is also possible to achieve more by applying very radical measures but this might have a negative impact on the socioeconomic aspects, at least in short-term perspective. To address these opportunities the analysis has also taken into account **reasonable maximum efforts for GHG abatement (as described in the scenario called Lowcarbon)** and based on appropriate assumptions there are opportunities **to achieve a decrease of 87% in GHG emissions by 2050 compared to the base year 1990**. However, this path involves substantial costs for the state and the society.

The realization of Lowcarbon scenario results in 73%, 78%, 81% and 87% GHG emission reduction by 2020, 2030, 2040 and 2050. It is possible to decrease GHG emissions up to 91% by 2050, if the oil shale industry starts exerting the carbon capture and storage (CCS) technology. Largest reductions of GHG emissions are evident in the LULUCF (97%) and Energy sectors (without transport, 92%). Emissions can also be moderately decreased in Agriculture (58%) and in Transport (63%).

On the other hand, if present trends continue (Business As Usual, BAU scenario), the GHG emissions of Estonia will increase up to 23,0 million tonnes (26.8 million tonnes with LULUCF) by 2020 and then decline again to 20,7 million tonnes (19.7 million tonnes with LULUCF) by 2050. Although GHG emissions will have fallen by 47% compared to the base year (1990), they will exceed the emissions of 2010.

In comparison of the costs of the public sector measures in different scenarios the implementation of Lowcarbon scenario turns out to be the most costly with approximately 811 million € of spendings from state budget for specific mitigation measures per year. The cost of the implementation of Lowcarbon scenario would be 1,3 times higher than the implementation of Optimum scenario and approximately 1,6 times higher than BAU scenario. Among the cross-sectoral scenarios the cheapest path according to the expenses is the implementation of the BAU scenario. In that case the public sector spending on GHG mitigation measures would be approximately 515 million € per year until 2050. The cost of implementation of Optimum scenario is forecasted to be 615 million € per year.

When comparing the cost efficiency of different scenarios the lowest benefits are to be gained with the implementation of BAU scenario where the cost of reduction of one tonne of GHG will be 1183 €. The costs of implementation of both Optimum (the cost of mitigation for one tonne of GHG is 60.6 €) and Lowcarbon scenario (the cost of mitigation for one tonne of GHG is 55.4 €) are rather similar.

1. METOODIKA

Uuringus on lähtutud ÜRO valitsustevaheline kliimamuutuse nõukogu (IPCC) metoodilistest soovitustest nii olulisemate sektorite KHG heidete kaardistamisel erinevates valdkondades kui alamsektorite jaotuse koostamisel. Vaatluse all on kõik olulised kasvuhoonegaasid (KHG-d), sh süsinikku mittesisaldavad KHG-d (mõju analüüsitakse CO₂ ekvivalendina). Uuringu käigus kaardistatakse olukord alljärgnevate valdkondade lõikes (sulgudes IPCC kategooriate tähistus NIR 2012 alusel):

- energiamajandus (1. *Energy*, väljaarvatud 1.A.3 *Transport*);
- transport (1.A.3 *Transport*);
- tööstuslikud protsessid ning lahustite ja teiste toodete kasutamine (2. *Industrial Processes* ja 3. *Solvent and Other Product Use*);
- jäätmesektor (6. *Waste*);
- põllumajandus (4. *Agriculture*);
- maakasutus, maakasutuse muutus ja metsandus (5. *LULUCF*; edaspidi *LULUCF – Land Use, Land Use Change, Forestry*).

Kuivõrd sektorite olukorra kaardistamisel lähtutakse IPCC rahvusvaheliselt kinnitatud metoodikast, on analüüsi aluseks IPCC koostatud juhendmaterjalid. Uuringu käigus kaardistatakse sektorite arengu dünaamika perioodil 1990–2010 ja koostatakse prognoosid tulevikuarengute kohta. Eeskätt on vaatluse all KHG heitkoguste maht erinevates sektorites ja alamsektorites.

Analüüsis on tuleviku arengustsenaariumide koostamisel võetud arvesse sektoriüleseid ja sektoripõhiseid strateegilisi dokumente (näiteks üleriigiline planeering „Eesti 2030+“, Säästev Eesti 21, „Energiamajanduse riiklik arengukava aastani 2020“, „Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020“, „Eesti elektrimajanduse arengukava aastani 2018“, „Eesti metsanduse arengukava aastani 2020“, „Taastuvenergia 100% – üleminek puhtale energiale“ jne) ja erinevaid investeringukavasid majandusarengut toetava taristu rajamiseks (sh Eesti Energia investeringud, planeeritav Rail Baltica ja veeldatud maagaasi ehk LNG terminal jms). Samuti on oluliseks sisendiks KHG heitkoguste valdkonda reguleerivad meetmed erinevates sektorites.

Sisendmaterjalideks on alljärgnevad poliitikadokumendid, andmebaasid ja aruanded:

- Keskkonnaministeeriumi aruanded KHG heitkoguste kohta erinevates valdkondades (KHG inventuur);
- sektoripõhised raportid ja analüüsid;
- riiklikud arengukavad;
- ülevaated rohemajanduse arenguvõimaluste kohta Eestis;
- andmed planeeritavate investeringute kohta;

- IPCC raportid;
- Euroopa Liidu tasandi dokumendid (sh Konkurentsivõimeline vähese CO₂-heitega majandus aastaks 2050 – edenemiskava, EL-i kliima- ja energiapakett jne);
- Eesti Statistikaameti andmebaas;
- jm olulised materjalid.

Uuringu elluviimisel konsulteeriti valdkondlike ekspertide ja huvigruppidega. Lisaks tutvustati tervikanalüüsi huvigruppidele 11. märtsil ja 24. aprillil 2013. Huvigruppide esindajate ja teiste ekspertide esitatud parandusettepanekud (eelkõige andmete osas) on töö koostamisel arvesse võetud. Huvirühmade parandusettepanekud ja soovitused koos projektimeeskonna vastustega on esitatud lisa 4.

Tulevikuarengute modelleerimiseks ning sektoripõhiste ja -üleste stsenaariumide analüüsimiseks kasutatakse **LEAP mudelit** (*Long-range Energy Alternatives Planning System*), mis on spetsiaalne tarkvara, millega saab teostada KHG muutuste analüüsi (vt lisa 1). LEAP mudel käsitleb eeskätt energiakasutust (**energeetikas, transpordis, tööstuses, ettevõtetes ja kodumajapidamistes**) ning arvesse on võimalik võtta kõiki olulisi kasvuhoonegaase (CO₂, N₂O, CH₄, HFC, PFC, SF₆ ja NF₃; Doha Amendment ... 2012). LEAP mudeli abil võrreldakse väljatöötatud stsenaariumeid, arvestades prognoose erinevate kütuste kasutamise osas ning koostades nende ja muude sisendandmete alusel ülevaateid stsenaariumidega kaasnevate KHG heitkoguste kohta. Tulemused saadakse, võttes arvesse kasutatud kütuste hulka erinevatel ajahetkedel ja korrutades need kogused vastavate eriheidetega.

Jäätmemajanduse puhul arvutatakse jäätmeliikide ja nende jäätmete käitluslahendustest tulenevad otsesed KHG heitkogused IPCC poolt koostatud kasvuhoonegaaside inventuuriaruande juhendis toodud metodoloogia põhjal (IPCC Guidelines ...). Nimetatud juhendi põhjal tuleb jäätmekäitlussektori KHG heitkoguse hulka arvestada ka reoveekäitluse protsessis käideldavate orgaaniliste ainete lagunemisel tekkivad kasvuhoonegaasid (eelkõige CH₄) ja reoveesüsteemi suunatavatest inimväljaheidetest tekkivad heitkogused (N₂O), mistõttu lisatakse otsestele heitkogustele ka nendest allikatest tekkivad KHG emissioonid. Kuna jäätmete materjalina ringlussevõtt, põletamine energiatootmise eesmärgil ning jäätmete anaeroobne käitlemine (biogaasi tootmine) ei panusta ainult KHG-de tekke vähendamisse, vaid asendavad ka materjale ja fossiilseid kütuseid, siis on neil taaskasutustegevustel kaudne positiivne mõju KHG heitkoguste tekkele (kuna välditakse KHG teket, siis koguheitde on negatiivne). Illustreerimaks nimetatud taaskasutuslahenduste potentsiaalset panust KHG koguheitmesse, arvutati olelusringi hindamise mudeli WAMPS abil nende käitluslahenduste kaudsed ehk välditud KHG heitkogused (kajastuvad alljärgnevalt toodud joonistel negatiivse väärtusena).

Põllumajandussektori KHG heitkoguste leidmisel lähtutakse põllumajandustoodete prognoositavast nõudlusest, põllumajandusloomade ja -lindude arvust, rahvaarvust, põllumajandusmaa suuruselt jm näitajatest. Samuti arvestatakse kliima soojenemisega, mis toob endaga kaasa eeldatavasti kuivemad suved, pikendab vegetatsiooni perioodi ja loob soodsamad tingimused erinevate põllukultuuride kasvatamiseks. Samas suureneb kahjurite mõju ning pestitsiidide ja väetiste kasutamine.

Metsanduse puhul lähtutakse analüüsis kolmest raiestsenaariumist: 8, 12 ja 15 mln tm aastas. Neist esimene (raiemahut 8 mln tm aastas) stsenaarium lähtub viimase kümne aasta keskmisele ligilähedasele raiemahust ning ülejäänud põhinevad Eesti metsanduse arengukaval aastani 2020, mille kohaselt on pikaajaliseks jätkusuutlikuks eesmärgiks kasutada 12–15 mln m³ metsamaterjali aastas. Täiendavalt käsitletakse analüüsis võrdlusena kahte äärmuslikku stsenaariumit: potentsiaalset raiemahtu 22 mln tm aastas ja 0 tm aastas. **Maakasutuse ja maakasutuse muutuse** osas käsitletakse eraldi märgalade, põllu- ja rohumaa ning asustusalaadega seotud KHG emissioone. Kõikide sektorite puhul on KHG heitkoguste leidmise meetodikat põhjalikumalt kirjeldatud vastava sektori arengut analüüsisvas peatükis.

Stsenaariumide maksumuse ja kulutõhususe määramisel leiti esmalt rakendamist (jätkamist) vajavate riigipoolsete meetmete maksumus 2012. aasta hindades ning lähtuvalt meetmete rakendamise ulatusest (0–100%) ja kestusest (ühekordne, iga-aastane, rakendatakse vaid teatud perioodil) arvutati vastava meetme kogumaksumus vaadeldaval perioodil, meetmete maksumuse kogusumma ja aastane keskmine rakendamise maksumus stsenaariumi kohta vaadeldaval perioodil (2013–2050). Meetmete maksumuse määramisel lähtuti ekspertide hinnangust, mis tugines teadaolevatele viimastel aastate jooksul riigi poolt rakendatud meetmete maksumustele ja kirjandusallikatele. Stsenaariumide kulutõhususe näitaja – kulu ühe tonni CO₂-ekv vähendamisel – leiti meetmete summeeritud aastase keskmise kulunumbri (mln €) jagamisel meetmete rakendamise tulemusena 2010. aasta tasemega võrreldes perioodi lõpuaastal vähendatud KHG kogusega. Arvutustes on kasutatud KHG vähendamise koguseid võrreldes aastaga 2010, mitte 1990 (UN FCCC ja Kyoto protokollis raames riikide võetud KHG vähendamiseesmärgi võrdlusaasta), sest siis on rakendamisele tulevate meetmete mõju selgemini arvestatud ja 1990. aastatel toimunud majanduse restruktureerimise mõju elimineeritud.

Uuringu peamiseks eesmärgiks on tuua välja võimalused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas. See tähendab, et lisaks erinevate stsenaariumidega kaasnevale KHG emissioonide mahule analüüsiti ka **kaasnevaid kulusid** ja **riske**. Lisaks kuludele võetakse arvesse ka tehnoloogiate, kütuste kättesaadavuse ja käitamise seotud riske ning analüüsitakse võimalusi nende maandamiseks. Samuti käsitletakse analüüsis (sh riskide puhul) **energiasäästu**, **energia varustuskindluse** ja **energiajulgeolekuga** seotud aspekte. Analoogselt vaadeldakse ka teisi sektoreid (näiteks investeringukulud jäätmekäitlusesse, hinnang elektrirongide kasutamisele transpordis jne). Inimtekkeliste KHG heitkoguste vähendamise kõrval on oluline jälgida, et tulevikuarengud ei pärsiks Eesti ettevõtete konkurentsivõimet ega tooks kaasa negatiivseid sotsiaalmajanduslikke mõjusid. Selleks käsitletakse analüüsis nii **konkurentsivõimet** kui ka **sotsiaalmajanduslikke aspekte**.

Uuringus antakse hinnang erinevate stsenaariumide kulukusele, riskidele, sotsiaalmajanduslikele mõjudele ja konkurentsivõimega seotud teguritele, sisendina on kasutatud nii modelleerimisel tulemusi kui ka arutelusid valdkondlike ekspertidega.

Erinevate sektorite analüüsimisel arvestatakse valdkondadega seotud poliitika eesmärgi ja meetmeid. Võimalike meetmete kohta on koostatud ülevaatlik tabel, mis kajastab informatsiooni meetme tüübi, hinnangulise maksumuse, eeldatavate tulemuste ja elluviimiseks vajalike tegevuste kohta (vt tabel 2).

Tabel 2. Meetmed ja nende rakendamise hinnangulised kulud.

Meede	Tüüp	Olemasolev või kavandata	Vajadus	Maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
Meede 1	Fiskaalne	Olemasolev		€		
Meede 2	Regulatsioon	Kavandata		€		
Meede 3	Investeering	Kavandata		€		

Autorid juhivad tähelepanu, et meetmete kujundamine ja nende maksumuse hindamine aastaks 2050 on suurte veapiiridega, kuna nii pikaajalise prognoosi tegemisel on määramatus tehnoloogilise arengu ja inimeste tarbimisharjumuste tõttu väga suur. Määramatuse tõttu võib tekkida petlik kuvand mõne meetme odavusest ja teise kallidusest. Seetõttu on vaja KHG heitkoguste vähendamisele suunatud meetmeid kohandada vastavalt tegelikele arengutele.

Täiendavalt komplitseerib KHG heitkoguste vähendamist see, et mõjuvate tulemuste jaoks on vajalik laiapõhjaline (globaalne) konsensus ja tihe rahvusvaheline koostöö (sh EL-i ühistegevused). Sellest sõltub, kui kulukas (või mittekulukas) on KHG-de emiteerimine, mis omakorda määrab, milliseid meetmeid on tegelikult võimalik rakendada.

Kuna vaadeldavasse ajavahemikku jääb väga palju määramatust, on lisaks meetmete maksumusele antud käesolevas töös **hinnang stsenaariumide väliskuludele**. See võimaldab illustreerida ühiskondlikku kokkuhoidu ehk sisuliselt tulu, mis saavutatakse KHG heitkoguste kärpimisega. Hinnanguliste väliskulude arvutamisel tuginetakse erinevate stsenaariumide lõikes leitud KHG heitkoguste prognoosidele ning rahvusvaheliselt tunnustatud hinnangutele CO₂ ekvivalenttonni väliskulu hinna määramisel (Stern, ExternE jt). Alljärgnevalt on toodud väliskulude väärtuste vahemikud analüüsiperioodi jooksul eurodes ühe CO₂ ekvivalenttonni kohta (Handbook on estimation ... 2008), millest lähtutakse stsenaariumide väliskulude hindamisel. Kuna erinevate uuringute puhul on hinnangud väliskulu määradele väga erinevad, siis on käesolevas hinnangus arvestatud tagasihoidliku CO₂ väliskulu määraga, mis vastab määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskmistele väärtustele vastaval aastal (vt tabel 3). Viidatud andmed kehtivad kõikide antud uuringus käsitletavate sektorite puhul.

Tabel 3. KHG väliskulu määrad, €/tonni CO₂-ekv. Allikas: Handbook on estimation ... 2008.

Aasta	2010	2020	2030	2040	2050
Madal	7	17	22	22	20
Keskmine	25	40	55	70	85
Kõrge	45	70	100	135	180
Määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskväärts	16	28	38	46	52

Pärast sektoripõhist stsenaariumide analüüsi koondatakse loodud teadmine sektoriülesteks stsenaariumideks, mis võtavad arvesse kõikide harude võimalikke tulevikuaenguid. Selle alusel koostatakse soovitusel, milliseid samme astuda, et tulemuslikult liikuda vähese süsinikuga majanduse suunas. Soovitused esitatakse kokkuvõtlikus tabelis (vt tabel 4).

Tabel 4. Soovitused ning hinnangud nende mõjule ja teostamise keerukusele.

Soovitus	Mõju KHG vähendamisele*	Sotsiaal-majanduslik mõju**	Mõju konkurentsivõimele**	Mõju energia-säästule**	Mõju energia varustuskindlusele**	Teostamise keerukus***
Soovitus 1						
Soovitus 2						

* Roheline – suur mõju, kollane – keskmine mõju, punane – tagasihoidlik mõju KHG heitkoguste vähendamisele

** Roheline – positiivne mõju, kollane – ebaselge (neutraalne) mõju, punane – negatiivne mõju

*** Roheline – suhteliselt lihtsalt teostatav, kollane – keskmise keerukusega, punane – väga keeruline

Sektorülestes stsenaariumides käsitletakse ka vaadeldava perioodi vahe-eesmärke, et selgitada, millised eesmärgid on realistlikud ja Eesti jaoks potentsiaalselt täidetavad.

2. KLIIMAMUUTUS JA KASVUHOONEGAASIDE EMISSION EESTIS

KHG emissioonide vähendamise peamiseks eesmärgiks on pidurdada inimtegevusest põhjustatud kliimamuutusi. Erinevates maailma piirkondade osas on kliimamuutusega kaasnevaid mõjusid looduskeskkonnale, majandusele ja ühiskonnale uuritud erineva põhjalikkuse ja ulatusega. Prognooside kohaselt avaldavad kliimamuutused märkimisväärset mõju looduslikule mitmekesisusele, rahvatervisele ja majandusele. Kuigi mõju suurus varieerub sõltuvalt piirkonnast, hinnatakse üldiselt kliimamuutustega kaasnevaid mõjusid pigem negatiivseks ja eeldatakse, et nendega kaasnevad väga suured kulud kogu maailma majandusele. Samuti näitavad erinevad prognoosid, et mida kauem otsustavaid samme edasi lükatakse, seda suuremate kuludega tuleb tulevikus arvestada.

Probleemide vältimiseks või leevendamiseks on rahvusvahelisel tasandil astunud mitmeid samme, et vähendada inimtegevusest tulenevaid KHG heitkoguseid. Võrreldes teiste suurte tööstusjõududega (nt USA, Hiina) on EL olnud peamiseks suunanäitajaks ja võimaluste otsijaks küsimuses, kuidas pärssida kliimamuutusi ilma majanduse üldist konkurentsivõimet kahjustamata. Sellise arengu üheks oluliseks põhjuseks on ka EL-i soov tugevdada oma positsiooni teadmispõhise majanduse edendajana. Arusaadavalt esitab vähese süsinikuga majanduse suunas liikumine väga palju tehnoloogilisi väljakutseid, mille lahendamine tõstaks märgatavalt EL-i rahvusvahelist konkurentsivõimet ning looks juurde kõrge lisandväärtusega töökohti.

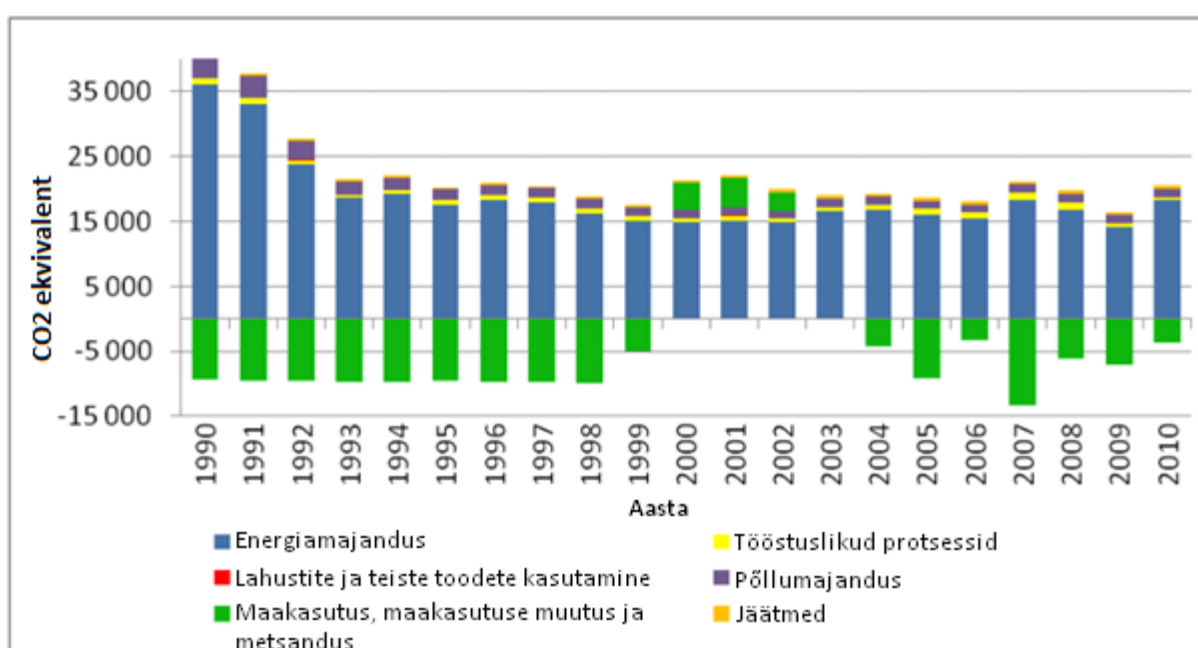
Senised analüüsid ei anna selget vastust, milline on prognoositava kliimamuutuse mõju Eesti looduslikule mitmekesisusele ja rahvatervisele. Mõnede allikate alusel see Eestile väga märkimisväärset mõju ei avalda ning majanduslik kogumõju võib olla pigem isegi positiivne (NIR 2012). Teisalt võivad kliimamuutusel olla ka ebasoovitavad tagajärjed, nt

- keskmise õhutemperatuuri tõusuga võivad kaasned suvised kuumaperioodid, muutused taimikasvus, võõrliikide tulek, metsaraiepiirangud (maa ei ole külmunud) jne;
- sademehulga kasv võib suurendada (talviste) teehooldetööde mahtusid, üleujutusi, jõgede kaldaerosiooni, kaevandusvete pumpamismahtusid jne;
- merepinna tõus võib põhjustada rannaalade kadumist ja kaldaerosiooni, ohtu kaldarajatistele ning survet elamute ja rajatiste ümberpaigutamiseks;
- tormisuse kasv toob kaasa suuremad nõuded ehitiste, rajatiste, elektriliinide vastupidavusele ja tormide tagajärgede likvideerimise suutlikkusele.

Kuna Eesti ei kuulu tulenevalt oma geograafilisest asukohast kliimamuutuse kontekstis kõige haavatavamate riikide sekka, ei ole kliimamuutuse mõjule Eestis palju tähelepanu pööratud ning kompleksseid analüüse napib. Samas on Eesti kinnitanud valmisolekut panustada ülemaailmsesse initsiatiivi KHG heitkoguste vähendamiseks, allkirjastades 1992. aastal Rio de Janeiro konventsiooni ja 2002. aastal Kyoto protokoll. Pärast EL-iga ühinemist on Eesti võtnud endale mitmeid KHG emissioonide vähendamisele suunatud kohustusi.

Eesti riikliku KHG inventuuri 1990–2010 aruande (NIR 2012) alusel paisati Eestis 2010. aasta seisuga õhku ligi 16,8 mln tonni KHG CO₂ ekvivalentina (ilma LULUCF sektori koguefekti arvestamiseta oli KHG heitkoguste suurus ca 20,5 mln t). KHG inventuuri 1990–2011 aruande kavandi (NIR 2013) järgi on Eesti summaarsed KHG emissioonid 2011. aastal veidi kasvanud (ilma LULUCF sektorit arvestamata oli emissioonide maht 21,2 mln t).

Perioodil 1990–2010 kahanesid KHG heitkogused ligikaudu poole võrra (vt joonis 1). Peamiseks vähenemise põhjuseks oli Eesti iseseisvumisele järgnenud üleminek plaanimajanduselt turumajandusele, mis tõi kaasa KHG emissioonide kiire languse (eriti aastatel 1990–1993) nii energeetikas, põllumajanduses (oluliselt vähenes kariloomade arv ja põlluväetiste kasutamine) kui ka tööstuses.



Joonis 1. KHG heitkogused aastatel 1990–2010, tuhat tonni CO₂-ekv.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

Eestis annab KHG-de mahust suurima osa süsinikdioksiid (CO₂), mis moodustab 88,8% Eesti KHG-dest CO₂ ekvivalentina. Dilämmastikoksiid (N₂O) moodustab 5,3%, metaan (CH₄) 5,1% ja fluoreeritud gaasid ehk F-gaasid 0,8% KHG emissioonidest (NIR 2012).

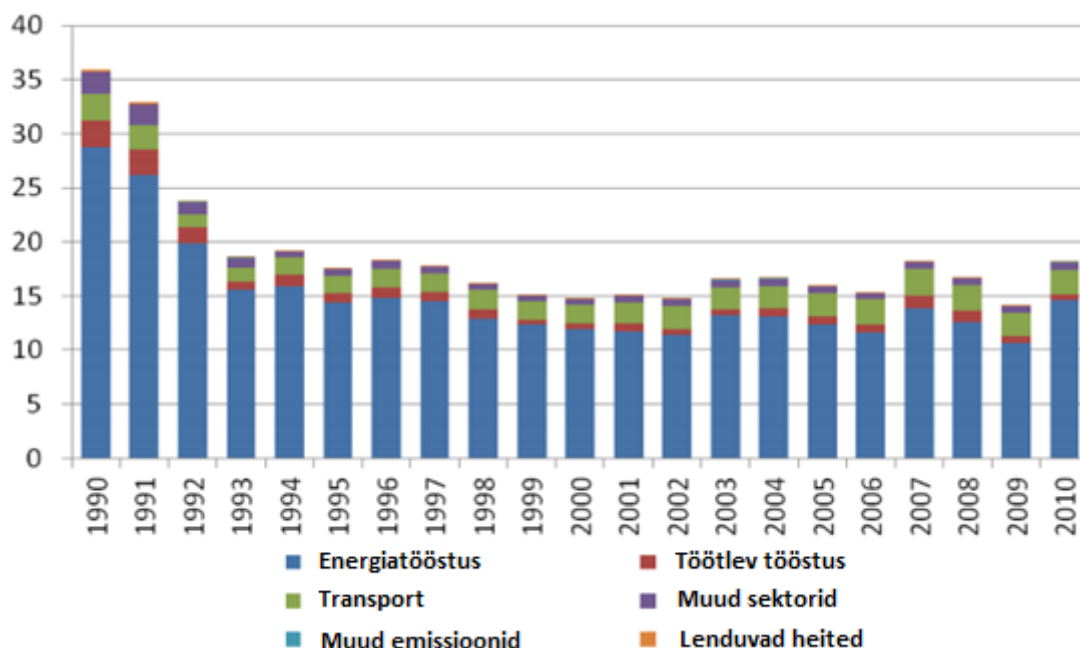
Sektoritest on selgelt kõige KHG-mahukam energeetika, kust pärineb 88,6% Eesti KHG emissioonidest. Põllumajanduse (6,6%), tööstuslike protsesside (2,4%), jäätmemajanduse (2,3%) ja muude sektorite osatähtsus on märgatavalt väiksem (NIR 2012).

3. ENERGIAMAJANDUS

3.1. Hetkeolukord

Energiamaanduse KHG heitkogustena käsitletakse IPCC 1. alajaotuses (1. Energy) väljatoodud emissioone. Lähtuvalt KHG inventuuriaruande struktuurist jaotuvad energiamaanduse emissioonid kütuste põletamisel tekkivateks (1.A Fuel Combustion) ning lenduvateks heideteks (1.B Fugitive emissions). Kütuste põletamisel tekkivad heitkogused jagunevad omakorda energiatööstuses (1.A.1 Energy industries), töötlevas tööstuses ja ehituses (1.A.2 Manufacturing industries and construction), transpordis (1.A.3 Transport) ja muudes sektorites (1.A.4 Other sectors) tekkivateks ning muudeks emissioonideks (1.A.5 Other). Kuigi transpordi KHG emissioonid on osa energiamaanduse valdkonna heitkogustest, analüüsitakse neid käesolevas uuringus eraldi 4. peatükis „Transport“. Antud peatükis analüüsitakse **energiatööstuses, töötlevas tööstuses ning muudes sektorites** (kaubandus, kodumajapidamised ja põllumajandus) **kütuste põletamisel** tekkivaid KHG emissioone ja nende vähendamise võimalusi.

Võrreldes 1990. aastaga vähenesid energiamaanduse KHG heitkogused 2010. aastaks 35,9 miljonilt tonnilt 18,2 miljonile tonnile, kuid viimastel aastatel (erandiks 2009. aasta) on emissioonid olnud kõrgemad kui aastatel 1999–2002 (vt joonis 2).

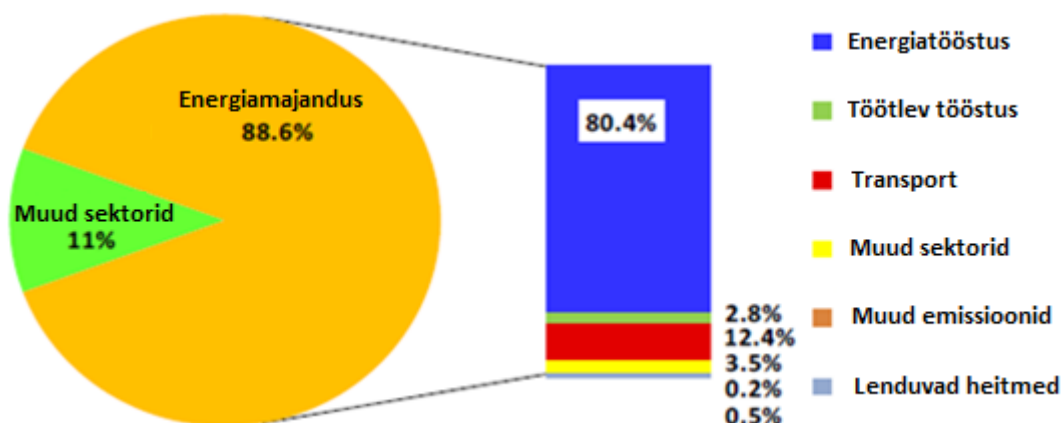


Joonis 2. Energiamaanduse sektori KHG heide välisõhku aastatel 1990–2010, mln t CO₂-ekv.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

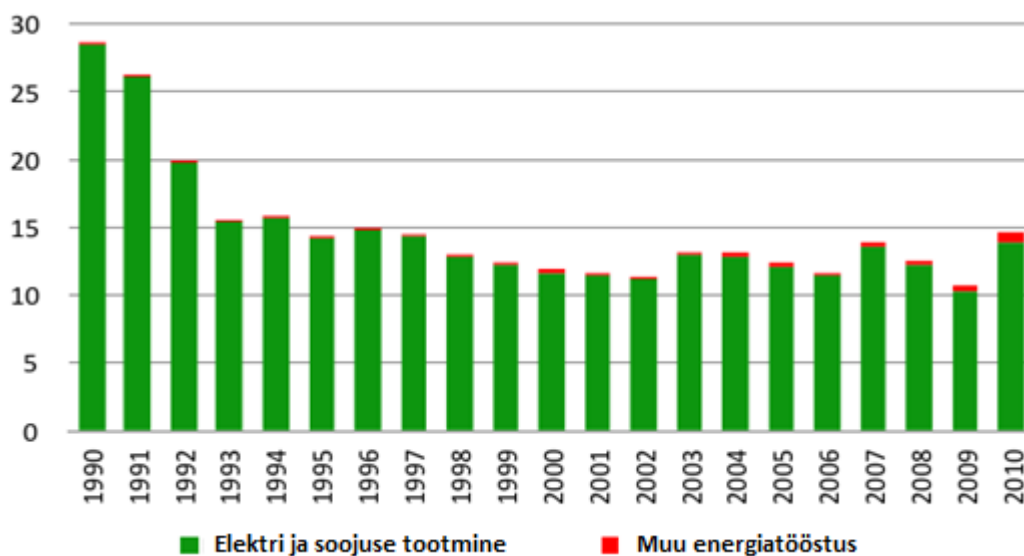
Energiamaanduse sektoris tekkis 2010. aastal 88,6% kogu Eesti KHG heitkogustest (vt joonis 3). Kütuste põletamisel paisati õhku 18,1 miljonit CO₂ ekvivalenttonni (sh CO₂ heide 17,9 mln t, CH₄ heide 0,1 mln t ja N₂O heide 0,1 mln t), millest 14,6 miljonit tonni moodustas energiamaanduses

kütuste põletamisel tekkiv KHG heide (71,4% summaarsetest ja 80,4% energiamajanduse sektori emissioonidest).



Joonis 3. Energiamajanduse sektori ja alamsektorite CO₂ heite osakaalud 2010. aasta koguheitest, %.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

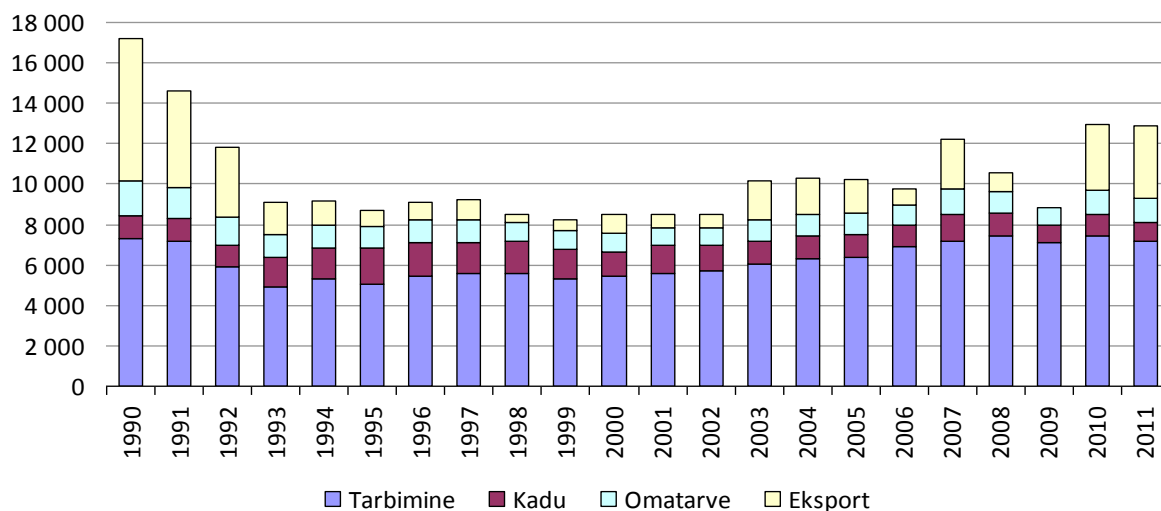


Joonis 4. Energiatööstuse KHG emissioonid aastatel 1990–2010, mln t CO₂-ekv.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

Energiatööstus jaguneb kaheks alamsektoriks: elektrienergia ja soojuse tootmine ning muu energiatööstus (vt joonis 4). Energiatööstuse CO₂ heitkogustest pärines 2010. aastal elektri ja soojuse tootmisest 13,9 mln t, sh tahkekütustest 12,5 mln t, gaasilistest kütustest 1 mln t ja vedelkütustest 0,4 mln t. Muu energiatööstuse CO₂ heide oli 0,7 mln t. Lisaks CO₂ emissioonidele oli energiatööstuses CH₄ heide 13 000 t CO₂-ekv ja N₂O heide 32 000 t CO₂-ekv. Eelneva aastaga võrreldes kasvasid 2010. aastal emissioonid ligikaudu poole võrra, mis oli tingitud elektrienergia ekspordi kasvust ja põlevkiviõli tootmiskahtude suurenemisest (NIR 2012). Võrreldes 1990. aastaga on

energiatööstuse KHG heitkogused 2010. aastaks alanenud 49%, mille on põhjustanud elektri- ja soojusenergia tootmismahude langus.



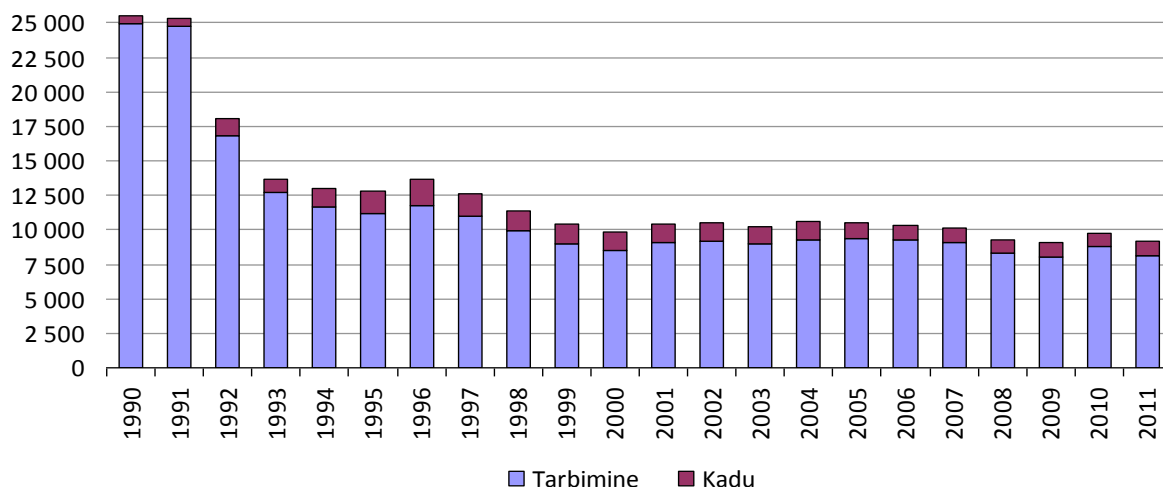
Joonis 5. Elektrienergia tarbimine, kadu, omatarve ja netoeksport³ perioodil 1990–2011, GWh.

Allikas: Eesti Statistikaamet

Elektrienergia tootmine on vähenenud 17 181 GWh-lt 1990. aastal 12 893 GWh-ni 2011. aastal (vt joonis 5). Tootmismahu alanemine on olnud tingitud peamiselt elektrienergia ekspordi vähenemisest kuni 2002. aastani, misjärel on see ekspordi kasvades taas suurenenud. Vaadeldava perioodi kaks viimast aastat on olnud ekspordi hooga kasvu aastad.

Elektrienergia tarbimine alanes aastail 1991–1993 märkimisväärselt, seejärel stabiliseerus perioodil 1996–2002 ning pärast seda on kasvanud peaaegu 1990. aasta tasemele (1990. aastal oli tarbimine 7299 GWh ja 2011. aastal 7155 GWh). Samuti on kasvanud elektrienergia eksport, mis moodustas 2010. ja 2011. aastal ligikaudu kolmandiku elektrienergia tootangust.

³ Netoeksport – elektrienergia ekspordi kogusest on lahutatud import.



Joonis 6. Soojusenergia tarbimine ja kadu aastatel 1990–2011, GWh.

Allikas: Eesti Statistikaamet

Soojusenergia tootmine on vähenenud 25 534 GWh-lt 1990. aastal 9134 GWh-ni 2011. aastal. Suurim langus toimus seoses tööstuse restruktureerimisega 1992. ja 1993. aastal, kui suleti paljud tööstusettevõtted. Edasine tarbimise langus on tulenenud soojuse efektiivsemast kasutamisest, soojustrasside väljavahetamisest ja tehnoloogilistest uuendustest (vt joonis 6).

3.2. Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused

EL-i energia- ja kliimapoliitikal on Eesti energiamajanduse arengule suur mõju. EL-i liikmena on Eesti võtnud mitmeid kohustusi, millest olulisemad on

- taastuvenergia osakaal peab Eestis 2020. aastaks moodustama vähemalt 25% energia lõpptarbimisest;
- taastuvenergia osakaal peab Eestis moodustama vähemalt 15% elektri brutotarbimisest;
- elektri ja soojuse koostootmise osakaal peab 2020. aastaks moodustama vähemalt 20% elektri brutotarbimisest.

EL-i energiapoliitika eesmärkideks on kasvuhoonegaaside vähendamine, energiatõhususe tõstmine ja taastuvate energiaallikate osakaalu tõstmine. Seejuures on eesmärgiks saavutada majanduse konkurentsivõime tõus, energia siseturu tugevnemine ja energiajulgeoleku tagamine. EL-i kliima- ja energiapakett Energia 2020 ehk nn **kolmikpakett „20-20-20”** sisaldab endas eesmärke vähendada 2020. aastaks KHG emissioone 20%, tõsta energiatõhusust 20% ja tagada, et 20% energiavajadusest kaetakse taastuvate energiaallikatega.

2011. aastal avaldas Euroopa Komisjon teatise „**Konkurentsivõimeline vähese CO₂-heitega majandus aastaks 2050 – edenemiskava**“ (KOM(2011) 112), mille eesmärgiks on vaadata pärast 2020. aastat kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamise võimalusi sektorite põhiselt. Kava eesmärgiks on vähendada KHG emissioone 2050. aastaks 80–95% võrreldes 1990. aasta tasemega, kusjuures energiamajanduses 93–99% võrra, tööstuses 83–87% võrra ja elumajanduses 88–91%. Teatises **Energia tegevuskava aastani 2050** (KOM(2011) 885) selgitatakse, et 2050. aastaks CO₂-heite vähendamine on nii tehniliselt kui ka majanduslik võimalik ning lisaks antakse suunised, kuidas liikuda edasi pärast 2020. aasta tegevuskava elluviimist.

Arengut mõjutavateks **olulisemateks EL-i õigusaktideks** on

- direktiiv 2009/29/EÜ, millega muudetakse EL-i heitkogustega kauplemise süsteemi ja mis hõlmab ligikaudu 40% EL-i kasvuhoonegaaside emissioonidest (puudutab EL-i emissioonikaubanduse süsteemi ETS, sh põlevkivikasutajatele lubatud CO₂ heitkoguste eraldamist ja kasutamist);
- otsus nr 406/2009/EÜ, millega seatakse siduvad riiklikud eesmärgid seoses heitkogustega kauplemise süsteemiga hõlmamata sektorite emissioonidega (seab piirangud ETS-i mittekaasatud ettevõtete ja sektorite, sh transpordisektori CO₂-heitele, põlevkiviõli kasutamisele kütusena ja põlevkividiisli kasutamisele autokütusena);
- direktiiv 2009/28/EÜ taastuvatest energiaallikatest energia tootmise edendamiseks, millega seatakse siduvad riiklikud eesmärgid seoses taastuvate energiaallikate osakaalu suurendamisega energeetikas;
- direktiiv 2004/8/EÜ, mille eesmärgiks on elektri ja soojuse koostootmise edendamine, millega kehtestatakse suure tõhususega koostootmise põhimõtted;
- direktiiv 2009/31/EÜ, millega kehtestatakse õigusraamistik süsinikdioksiidi kogumise ja säilitamise tehnoloogia turvaliseks ning keskkonnahoidlikuks kasutamiseks (sisaldab nõudeid võimalikele põlevkivi kasutamisel tekkivate ja õhku paisatavate CO₂-heitkoguste püüdmis- tehnoloogiatele);
- määrus nr 443/2009, millega nõutakse uute autode CO₂-heite vähendamist keskmiselt 130 grammini kilomeetri kohta ajavahemikul 2012–2015 ja 95 grammini kilomeetri kohta aastaks 2020;
- direktiiv 2009/30/EÜ, millega kohustatakse kütusetarnijaid vähendama kasvuhoonegaaside heidet kütuse tooteahelas 6% võrra aastaks 2020 (sisaldab nõudeid võimaliku põlevkividiisli kvaliteedile ja kasutatavusele EL-i siseturul, sh määratakse põlevkiviõli ja -diisli olelusringi CO₂ intensiivsuse vaikeväärtus ja sätestatakse biomassi säästuskriteeriumid koospõletamisel ja/või biokütuste tootmisel);
- direktiiv 2010/31/EL hoonete energiatõhususe kohta, milles kehtestatakse miinimumnõuded energiatõhususe saavutamiseks hoonete soojuslikele omadustele, küttele ja ventilatsioonile ning valgustusele, samuti selgitatakse liginullenergiahoonete ja energiamärgiste süsteemi rakendamisega seonduvat – direktiivist tulenevalt tuleb alates aastast 2019 projekteerida avaliku sektori hooned ja aastast 2021 kõik uued hooned liginullenergiahoonetena;

- direktiiv 2010/75/EL tööstusheite kohta, millega sätestatakse nõuded suurte põletusseadmete, jäätmepõletus- ja -koospõletustehaste jaoks ning kus antakse erandina luba väavliheite nõuetele mittevastavatele energiablokkidele töötamiseks piiratud summaarse tööajaga 17 500 töötundi vahemikus 2016–2023;
- teatis KOM/2011/169 lõplik, 2011/0092 (CNS) direktiivi 2003/96/EÜ muutmiseks, millega korraldatakse ümber energiatoodete ja elektrienergia maksustamise ühenduse raamistik ning mille eesmärgiks on maksustamisega aidata kaasa CO₂-heite vähendamisele sektorites, mis ei ole hõlmatud direktiivi 2003/87/EÜ kohase EL-i heitkogustega kauplemise süsteemiga.

3.3. Stsenaariumid ja nende eeldused

Energiamajanduse emissioonide suuruse määravad järgmised faktorid: **energiatarve** (mis sõltub majanduskasvust, rahvaarvust, elektri- ja soojusenergia nõudlusest, energiakasutuse efektiivsusest), **kütuste valik** (kodumaiste ressursside olemasolu ja kättesaadavus, tarneallikate olemasolu ja tarnekindlus, kütuste hind, CO₂-kvoodi hind, piirangud kütuste kasutamisele (eriheidetele, summaarsetele heitkogustele)) ja kasutatavad **energiatootmistehnoloogiad** (tehnoloogiate kättesaadavus, energia-muundamise efektiivsus, investeringu maksumus, käidukulud, piirangud tehnoloogiatele). Seejuures esimene sõltub enam välisteguritest (globaalne majanduskasv) ning kaks viimast siseriiklikest otsustest ja rakendatavatest poliitikameetmetest energiatootmise korraldamisel.

EL-i Energia tegevuskavas aastani 2050 põhineb analüüs näitlikel stsenaariumidel, mille puhul on ühendatud neli põhilist CO₂-heite vähendamise viisi (energiatõhusus, taastuvenergiaallikad, tuumaenergia ning süsiniku püüdmine ja salvestamine). Käesolevas töös on Eesti energiamajanduse stsenaariumide analüüsi aluseks samasugused heitkoguste vähendamise võimalused. Energiamajanduse KHG emissioonide prognoosimiseks 2050. aastani koostati ja modelleeriti LEAP mudeliga tarbimise ja tootmise stsenaariumid. Tarbimise osas käsitletakse energiasäästu ja taastuvenergiaallikatele ülemineku võimalusi tööstuses, põllumajanduses, teenindussektoris ja kodumajapidamistes. Tootmise stsenaariumides analüüsitakse elektri, soojuse ja põlevkiviõli tootmise KHG emissioonide vähendamise võimalusena energiatõhusust läbi koostootmise kasutamise, taastuvenergiale üleminekut nii elektrituulikute ja päikesepaneelide rajamise kui ka puidu ja põlevkivi koospõletamisega. Samuti arvestatakse põlevkivielektrijaamade energiablokkidele CO₂ püüdurseadmete paigaldamise võimalusega.

Elektri ja soojuse koostootmise eeliseks on tootmise kõrgem summaarne kasutegur võrreldes elektri ja soojuse eraldi tootmisega ning seeläbi saavutatakse primaarenergia sääst. Eestis on viimastel aastatel toodetud ligi 10% elektrienergiast koostootmisprotsessis. Võrreldes naaberriikidega on see näitaja madal: aastal 2010 toodeti Lätis 45%, Soomes 36% ja Leedus 34% elektrienergiast koostootmisjaamades (Eurostat 2012). Kõige suurema koostootmise osakaaluga riik on Taani, kus 60% elektrist ja üle 80% soojusest on toodetud koostootmisjaamades.

Eesti koostootmise potentsiaali on hinnatud Tallinna Tehnikaülikooli (TTÜ) teostatud uuringus, mille põhjal oleks koostootmisjaamade elektrilist võimsust kokku 397 MW ning elektritoodangu maht oleks vastavalt 2095 GWh (Tõhusa elektri ja ... 2007). TTÜ analüüsi aluseks oli eeldus, et vaid 45% soojusest toodetakse koostootmisjaamade poolt. Samuti sõltub koostootmisjaamade elektriline võimsus valitud koostootmise tehnoloogiast, mis omakorda määrab elektri ja soojuse tootmise suhte. Auruturbiiniga koostootmisjaama (nagu näiteks puiduhakke koostootmisjaamad Tallinnas, Tartus ja Pärnus) elektri ja soojuse suhe on 0,5 ehk ühe ühiku elektri kohta toodetakse kaks ühikut soojust, kuid väiksematel auruturbiiniga koostootmisjaamadatel võib soojuse toodang olla kuni viis ühikut soojust ühe ühiku elektri kohta. Samas on gaasimootoriga koostootmisjaamades tüüpiliseks suhtarvuks üks ühik elektrit ühe ühiku soojuse kohta, mis tähendab, et seda tüüpi tehnoloogia puhul on potentsiaalne elektri tootmisvõimsus suurem. Seega sõltub koostootmise potentsiaal eeldustest tehnoloogiale ja soojuskoormuse katmise osale.

Eesti Taastuvenergia Koja ja Eesti keskkonnaorganisatsioonide ühenduse EKO 100% taastuvenergiale aastaks 2030 ülemineku kava TE100 hinnangu kohaselt võiks koostootmisjaamade elektriline võimsus 2050. aastaks olla 506 MW, millest 137 MW annaksid biogaasil gaasimootorid (vt tabel 5). Puidu gaasistamise kasutamisel võiks koostootmisjaamade võimsus teoreetiliselt ulatuda isegi kuni 630 MW-ni (Kuhi-Thalfeldt 2012). Siinjuures on arvestatud, et koostootmisjaamad rajatakse ja töötavad maksimaalselt vajaliku soojuse tarbimise rahuldamiseks vajaliku võimsusega.

Tabel 5. TE100 kava elektri tootmisvõimsused 2050. aastal, MW.

	Tootmisvõimsus
Hüdroenergia	6
Biomassil koostootmine	369
Biogaasil koostootmine	137
Tuul maismaa	500
Väikesed tuulikud	30,5
Tuul avamere	1550
Päikesepaneelid	502
Kokku	3095

Taastuvenergiale üleminekul on oluline roll kohalike kütuste olemasolul. ENMAK 2030+ ressursside töörühma aruande kohaselt on 2050. aastaks Eestis energiamajanduse vajadusteks võimalik kasutada 448 000 TJ primaarenergiat, millest taastuvad energiaallikad moodustavad 269 000 TJ, ilma päikeseenergia potentsiaali arvestamata aga ainult 106 000 TJ (vt tabel 6). Elektri ja soojuse tootmiseks on Eesti Statistikaameti andmete alusel viimastel aastatel tarbitud 121 000–164 000 TJ primaarenergiat. Seega on taastuvenergiaallikatele üleminekul vajalik ka energiatõhususe kasv.

Tabel 6. Primaarenergia potentsiaal, tuhat TJ. Allikas: Energy resources of Estonia, ENMAK 2030+.

	2011	2020	2030	2040	2050
Puit	32	49	49	49	49
Jäätmed	0,53	3	3	3	3
Energia taimsest biomassist	0,27	1	1	2	3

	2011	2020	2030	2040	2050
Biogaas	0,12	5	9	12	13
Päike	0,04	54	91	127	163
Tuul maismaa	1,66	4	5	12	16
Tuul avamere	0,00	3	21	21	21
Hüdro	0,12	0	0	0	0
Turvas	5	5	4	8	11
Põlevkivi	168	168	168	168	168
Taastuvenergia kokku	34	119	179	225	269
Kokku	207	292	351	401	448

Lisaks taastuvenergiale peetakse EL-is ja ka mujal maailmas üheks oluliseks KHG heitkoguste vähendamise võimaluseks süsiniku püüdmise ja salvestamise tehnoloogiat (*Carbon Capture and Storage, CCS*). CCS tehnoloogia hõlmab endas suurtest kohtallikatest (nt fossiilkütustel töötavad elektrijaamad) süsinikdioksiidi kinnipüüdmist ning selle transportimist ladustamiskohta, milleks on tüüpiliselt maa-alused tühikud. Väljatöötatud ja arendamisel CCS tehnoloogiate CO₂ heite sidumise efektiivsus on vahemikus 85–90%. Samas on see protsess üsna energiamahukas – CCS rakendamisel lisanduv energiavajadus võib olla 15–40%. Olenevalt tehnoloogiast väheneb elektri tootmise kasutegur 40%-lt 31–33%-le (Rubin jt 2012). Oktoobris 2012 valminud ülevaate järgi on üle maailma käivitunud 75 CCS projekti, millest 21 on Euroopas (Global CCS 2013). CCS tehnoloogia kasutuselevõtu peamiseks takistusteks on praegusel hetkel kõrge maksumus ja energiavajadus ning seetõttu vajab tehnoloogia täiendavat teadus- ja arendustegevust. Hetkel on CCS varajases näidisjaama faasis olev lahendus, kuid eesmärgiks on jõuda 2030. aastaks majanduslikult tasuvate lahendusteni (IEA CCS 2009).

Eestis puuduvad looduslikud maa-alused tühikud ja süvameri, mida saaks kasutada CO₂ ladustamiseks. Lähimad võimalikud ladustamiskohad on Läti, Läänemere lõunaosa ja Norra Põhjameri. Seega eeldaks Narva elektrijaamades CCS kasutamine lisaks kohapealsetele CO₂ püüdurseadmetele vähemalt 400–600 km pikkuse torujuhtme rajamist. Samuti oleks CO₂ üheks võimalikuks kasutuskohaks Venemaa lääneosa ning Norra nafta- ja gaasiväljadel nafta ja gaasi täiendavaks tootmiseks (Šogenova jt 2012). CO₂ transportimise maksumuseks 100 km kohta torujuhtmes on hinnatud 2–4 €/t (sh torustiku rajamise kulud) ning laevatranspordil alates 250 km-st 1–4 €/t (kui vahemaa on alla 250 km, siis on maksumus kuni 12 €/t). CO₂ ladustamise maksumuseks maapõues on hinnatud 1–7 €/t ning mere all asuvatesse põhjaveekihtidesse 6–20 €/t (European Zero Emissions Platform 2011). Kuna EL-i kava näeb CCS-i kui ühte võimalikku lahendust KHG heidete vähendamiseks, siis on antud töös CCS-i vaadeldud elektri tootmise juures alamstsenaariumidena, et näidata selle tehnoloogia teoreetilise kasutamise potentsiaali Eestis.

Energiamajanduse arengu kavandamisel aastani 2050 koostati **kolm põhilist arengustsenaariumit** lähtuvalt erinevatest tarbimise ja tootmise energiatõhususe ning kütuste ja tootmistehnoloogia valikust. Lisaks on igal elektri tootmise stsenaariumil üks alamstsenaarium. Stsenaariumide lähteparameetrites lepiti kokku uuringu tellijaga ja tellija soovil lähtuti niipalju, kui võimalik Energiamaajanduse arengukava (ENMAK) uuendamise protsessis ettevalmistatavate

arengustsenaariumide lähteparameetrist. BAU stsenaariumi eeldused lähtuvad kehtivas Elektrimajanduse arengukavas aastani 2018 toodud eelisstsenaariumist ja tootmisportfelligist.

Lõpptarbimine

Lõpptarbimise emissioonidena modelleeritakse LEAP mudeliga kütuste põletamisel tekkivaid heitkoguseid tööstuses, põllumajanduses, ettevõtetes, transpordis ja kodumajapidamistes. Lõpptarbimisest tuleneva heite vähendamiseks on arvestatud kolme võimalust – energiasääst, fossiilsete kütuste asendamine taastuvate energiaallikatega või elektrifitseerimine (soojuspumpade kasutamine soojuste tootmiseks ning elektriautode kasutamine). Tellija soovil lähtuti lõpptarbimise modelleerimisel ENMAK-i tarbimise tööühma aruandes toodud eeldustest.

Lõpptarbimise juures moodustati **kolm tarbimise stsenaariumit**.

- BAU, kus eeldatakse, et lõpptarbimine kasvab vastavalt SKP ja rahvaarvu prognoosile, energiamahukus veidi väheneb ning elektri- ja soojusenergia osakaalud sektoris järgivad perioodi 2000–2011 trendi. Selle tulemuseks on teistest stsenaariumidest kõrgem elektrienergia tarbimise kasv ning soojusenergia tarbimine jääb praegusele tasemele. See võiks iseloomustada arengut, kus energiamahukus olulisel määral ei vähene ning jätkub praegune trend, kus elektrienergia tarbimise osakaal summaarses lõpptarbimises kasvab ja soojuste osakaal väheneb.
- HIGH CO₂, kus on kasutatud ENMAK-i tarbimise tööühmi aruande BAAS-stsenaariumi andmeid, mille tulemusena elektrienergia tarbimine on BAU stsenaariumist madalam ning soojusenergia tarbimine veidi madalam. Seda stsenaariumit iseloomustab mõõdukas energiamahukuse vähenemine ning tagasihoidlik üleminek elektriküttele ja -transpordile.
- LOW CO₂, kus on kasutatud ENMAK-i tööühmi aruande EE-stsenaariumi andmeid, mille tulemusena on nii elektri- kui ka soojusenergia tarbimine teistest stsenaariumidest madalam. See stsenaarium iseloomustab arenguteed, kus toimub märgatav energiamahukuse alanemine (st suur energiatõhususe kasv), üleminek osaliselt elektriküttele soojuspumpade kasutamise kaudu ning märkimisväärne elektertranspordi areng.

Elektri ja soojuste tootmine

Elektri tootmise puhul koostati stsenaariumid, mis iseloomustavad võimalikke erinevaid teekondi süsinikuvähese majanduse suunas liikumiseks. Samuti on stsenaariumide koostamisel arvesse võetud seoseid jäätmemajanduse, põllumajanduse ja metsandusega (puidu, biogaasi ja olmejäätmete energiamajanduses suurema kasutamise tulemusel ärahoitavad emissioonid nendes sektorites).

Elektri- ja soojuste tootmisega kaasnevate heitkoguste vähendamiseks võeti arvesse nelja peamist võimalust – fossiilse kütuse tarbimise vähendamine läbi tootmise summaarse kasuteguri tõstmise elektri ja soojuste koostootmisega, tuumaenergia kasutamine, üleminek taastuenergiatele või süsiniku püüdumise ja salvestamise tehnoloogia kasutuselevõtt.

Stsenaariumid põhinevad eeldusel, et Eestis peab olema piisavalt tootmisvõimsusi sisemaise elektri tarbimise katmiseks. See nõue on sätestatud nii kehtivas Elektrimajanduse arengukavas aastani 2018

(ELMAK) kui ka Võrgueeskirjas (§13,2 lõige 1). Elektri vabaturu tingimustes ei ole elektri päritolul enam nii suurt tähendust ning määravaks saab tootmisvõimsuste konkurentsivõime kogu turupiirkonnas ning ülekandevõimsuste olemasolu. Samas on tootmisseedme konkurentsivõime juures oluliseks teguriks ka Elektriturseadusega määratud taastuenergia, koostootmise ja netovõimsuse kasutatavuse toetused. Seega eeldatakse, et olemasolevad ja rajatavad elektri tootmisvõimsused on elektriturul konkurentsivõimelised ning riik toetab arengut vastavate toetuskeemidega. Suuremahulist elektri importi ja eksporti ette ei nähta ning aasta lõikes on eksport ja import tasakaalus. Samas kuude lõikes on olukord teistsugune – soodsa elektrituruhinna korral elektrit imporditakse ja talvel, kõrgema turuhinna juures, toodavad Eesti jaamad maksimaalse võimsusega.

Kõigi elektritootmise stsenaariumide eeldusteks on põlevkivist elektritootmise võimsuste vähenemine. 2013. aastal on põlevkivist tootmisvõimsustena olemas tolmpõletustehnoloogial energiaplokkid netovõimsusega 661 MW, väävlifiltritega tolmpõletusplokkid 674 MW ning keevkihtplokkid 386 MW. Arvesse on võetud perioodil 2016–2023 ilma väävlipuhastusseadmeteta tolmpõletusplokkide töötamist piiratud töötundidega (kogutööaeg 17 500 töötundi), mille järel need plokkid suletakse. Samuti suletakse 2030. aastaks filtritega tolmpõletusplokkid. Samas lisandub kõigis stsenaariumides 2016. aastal uus keevkihtplokk võimsusega 270 MW.

Elektri ja soojuse tootmise juures moodustati **kuus tootmise stsenaariumit**.

- BAU stsenaariumis on elektri tootmisvõimsuste prognoos tehtud vastavalt olemasolevatele ja Eleringile teadaolevatele tootmisvõimsuste muutustele ning lisaks on arvestatud ELMAK 2018 tootmisvõimsuste prognoosi aastani 2023 (erinevusega, et kui ELMAK-is nähti ette, et tuumajaam valmib 2023. aastaks, siis käesolevas stsenaariumis alles 2030. aastaks, kuna aastaks 2013 pole ELMAK-is ettenähtud ettevalmistavaid tegevusi riigi poolt tehtud). BAU stsenaariumis on eeldatud, et lisaks olemasolevatele võimsustele valmib 2018. aastal ka teine 270 MW võimsusega põlevkivil põhinev energiaplokk. Lisaks kasvab elektrituulikute võimsus 900 MW-ni, nende muutliku toodangu tasakaalustamiseks rajatakse 900 MW maagaasil ja põlevkiviõlil gaasiturbiine ning 2030. aastaks valmib 600 MW võimsusega tuumajaam. Soojuse tootmisel eeldatakse, et katlamajades soojuse tootmisel jäävad kütuste osakaalud 2011. aasta tasemele.
- BAU CCS on BAU alamstsenaarium, kus elektri tootmisvõimsused on samasugused nagu BAU stsenaariumis. Ainsaks erinevuseks on, et 2030. aastaks varustatakse keevkihttehnoloogial energiaplokkid KHG püüdurseadmetega.
- HIGH CO₂ stsenaariumis on arvesse võetud olemasolevate tootmisvõimsuste kasutuselejäämist ning ühe põlevkivienergiaploki lisandumist. Seejuures on eeldatud, et keevkihttehnoloogiat kasutatavates energiaplokkides saab kasutada 50% ulatuses puiduhaket. Lisaks rajatakse biomassil ja biogaasil töötavaid koostootmisjaamasid, elektrituulikuid ja päikesepaneele. Taastuenergiat tootmisvõimsuse rajamisel on osaliselt aluseks võetud TE100 kava, kuid arvestatud on vaid kodumaise tarbimise katmiseks vajalike jaamade rajamisega. Koostootmisjaamade võimsuse hindamisel on lähtutud printsiibist, et nende

soojuse toodang ei ületaks 80% soojuse tarbimisest. Soojuse tootmisel eeldatakse, et katlamajades soojuse tootmisel kasvab taastuvate energiaallikate osakaal 80%-ni.

- HIGH CCS on HIGH CO2 alamstsenarium, kus elektri tootmisvõimsused on samasugused nagu HIGH CO2 stsenaariumis. Ainsaks erinevuseks on, et 2030. aastaks varustatakse keevkihttehnoloogial energiaplokid KHG püüdurseadmetega.
- LOW CO2 stsenaariumis lisandub olemasolevatele elektri tootmisvõimsustele sarnaselt HIGH CO2 stsenaariumile biomassil ja biogaasil töötavaid koostootmisjaamasid, elektrituulikuid ja päikesepaneeele, puidu koospõletus koos põlevkiviga on 50% mahust. Lisaks kasutatakse alates 2030. aastast põlevkivil energiaplokke piiratud töötundidega (kuni 4400 tundi aastas). Erinevuseks on selles stsenaariumis tunduvalt madalam soojuse tarbimine, mille tõttu on koostootmisjaamade võimsus HIGH CO2 stsenaariumist madalam. Kuna koostootmise potentsiaal LOW CO2 stsenaariumis on madalam, kasvab elektrituulikute ja päikesepaneelide võimsus HIGH CO2 stsenaariumist kõrgemaks. Samuti eeldatakse selles stsenaariumis alates 2045. aastast täielikult taastuvatele energiaallikatele üleminekut, mistõttu põlevkiviplokid ja maagaasil koostootmisjaamad suletakse. Soojuse tootmisel katlamajades minnakse 2050. aastaks täielikult üle taastuenergiale.
- LOW W on LOW CO2 alamstsenarium, mille erisuseks on võrreldes LOW CO2 stsenaariumiga see, et põlevkivil energiaplokkides hakatakse 2030. aastast alates kasutama 75% ulatuses puitu, nad töötavad täiskoormusel ning jäävad tööle ka pärast 2045. aastat. Seetõttu on aga muude tootmisvõimsuste vajadus LOW CO2 stsenaariumist madalam.

Võrgukaod, omatarve, import ja eksport

Elektri- ja soojusenergia tootmise modelleerimiseks määrati ka võrgukaod elektrivõrkudes ja soojustrassides ning elektrijaamade omatarve. Samuti sõltub elektrijaamade poolt toodetava elektrienergia vajadus sellest, kas Eesti on 2050. aasta perspektiivis peamiselt elektrit importiv või eksportiv riik või toodetakse aasta lõikes vajaminev elektrienergia ise.

- BAU stsenaariumis eeldatakse, et kaod elektrivõrkudes ja soojustrassides jäävad protsentuaalselt 2011. aasta tasemele. Elektrienergia ekspordi eesmärk on mudelis kuni 2024. aastani seatud 2011. aasta tasemele (5252 GWh) ning seejärel langeb 1690 GWh-ni, kuna selleks hetkeks on tekkinud Eestis tootmisvõimsuste puudujääk. Elektrienergia import jääb 2011. aasta tasemele (1690 GWh). Elektrijaamade omatarve GWh elektri tootmise kohta ei muutu, kuid erinevate stsenaariumide puhul sõltub omatarbe kogus toodetud elektrienergia kogusest.
- HIGH CO2 ja LOW CO2 stsenaariumis vähenevad kaod elektrivõrkudes 2025. aastaks 7%-ni, elektrienergia ekspordi eesmärk mudelis on kuni 1690 GWh aastas ja import 1690 GWh (st eeldatakse, et aasta lõikes on netoeksport null). Elektrijaamade omatarve GWh elektri tootmise kohta ei muutu, kuid erinevate stsenaariumide puhul sõltub omatarbe kogus toodetud elektrienergia kogusest. Kaod soojustrassides vähenevad 2025. aastaks 8%-ni.

Põlevkiviõli tootmine

Põlevkiviõli tootmisel on ainsa KHG heitkoguste vähendamise meetmena muudetud põlevkiviõlitööstuses tarbitava põlevkivi kogust.

- Stsenaariumides BAU ja HIGH CO2 on eeldatud, et realiseerub maksimaalne õlitööstuste rajamise plaan. See tähendab, et perioodil 2011–2013 on põlevkiviõlitööstuste põlevkivi tarbimismaht praeguses mahus ehk 4,5 mln t aastas, aastatel 2014–2015 7,7 mln t aastas, 2016–2020 12,8 mln t aastas ja 2021–2030 on võimsusi, kasutamaks maksimaalselt 13,2 mln t põlevkivi aastas. Lisaks eeldatakse BAU stsenaariumi puhul, et alates 2016. aastast töödeldakse pool toodetud põlevkiviõlist ümber autokütuseks.
- LOW CO2 stsenaariumi puhul võetakse arvesse vaid kindlate investeerimisotsustega põlevkiviõlitööstuse areng, mille puhul jääb põlevkivi vajadus 2014. aasta tasemele (7,7 mln t põlevkivi aastas) ning edasi ei kasva.

Tabel 7. Energiamajanduse stsenaariumide eeldused.

Stsenaariumide eeldused	STSENAARIUMID			Eelduse lähtealus
	BAU ja BAU CCS ⁴	HIGH CO2 ja HIGH CCS ⁵	LOW CO2 ja LOW W	
Stsenaariumi lühikirjeldus	Majanduse areng jätkub tänaste otsuste järgi ja tänaseid trende järgides	Majanduse areng, kus riik võtab mõjusaid samme energiatootmise mitmekesistamiseks	Majanduse areng, kus riik võtab mõjusaid samme rohemajanduse edendamiseks, energiakasutuse efektiivsuse tõstmiseks ja KHG heitkoguste piiramiseks	Kokkulepe tellijaga
MAKROMAJANDUSNÄITAJAD				
Rahvaarvu trend	Elanike arv langeb 2050. aastaks 1,23 miljoni inimeseni	Sama	Sama	Eesti Statistikaamet rahvastikutrend (ENMAK-i tarbimise töögrupi aruanne)
SKP trend	Aastane kasv: 2012–2019 +3,48%	Sama	Sama	ENMAK tarbimise töögrupi aruanne

⁴ BAU CCS ainsaks erinevuseks BAU stsenaariumist on see, et kasutatakse süsiniku püüdmise ja salvestamise seadmeid.

⁵ HIGH CCS ainsaks erinevuseks HIGH CO2 stsenaariumist on see, et kasutatakse süsiniku püüdmise ja salvestamise seadmeid.

Stsenaariumide eeldused	STSENAARIUMID			Eelduse lähtealus
	BAU ja BAU CCS ⁴	HIGH CO ₂ ja HIGH CCS ⁵	LOW CO ₂ ja LOW W	
	2020–2029 +2,51% 2030–2039 +1,89% 2040–2050 +1,15%			
Energeetika				
Elektrienergia tarbimise trend	Aastane kasv: 2012–2019 +2,6% 2020–2029 +2,0% 2030–2039 +1,6% 2040–2050 +1,1%	Aastane kasv väheneb 2020. aastaks +2,2% 2030. aastaks +1,5% 2040. aastaks +0,8% 2050. aastaks +0,1%	Aastane kasv väheneb 2020. aastaks +1,6% 2030. aastaks +1,0% 2040. aastaks -0,6% 2050. aastaks -1,4%	BAU – ajalooliste andmete trend HIGH CO ₂ – ENMAK tarbimise BAAS stsenaarium LOW CO ₂ – ENMAK tarbimise EE stsenaarium
Soojusenergia tarbimise trend	Aastane kasv 2020. aastaks +0,7% 2030. aastaks +0,2% 2040. aastaks -0,1% 2050. aastaks -0,7%	Aastane kasv väheneb 2020. aastaks +0,9% 2030. aastaks +0,1% 2040. aastaks -0,4% 2050. aastaks -1,1%	Aastane kasv väheneb 2020. aastaks +0,6% 2030. aastaks -0,9% 2040. aastaks -1,3% 2050. aastaks -2,6%	BAU – ajalooliste andmete trend HIGH CO ₂ – ENMAK tarbimise BAAS stsenaarium LOW CO ₂ – ENMAK tarbimise EE stsenaarium
Elektri ekspordi ja impordi trend	Eksport kuni 2024. aastani 2011. aasta tasemel (5252 GWh) ning seejärel langeb 1690 GWh-ni; import 2011. aasta tasemel 1 690 GWh	Eksport kuni 1 690 GWh ja import kuni 1 690 GWh aastas	Sama nagu HIGH CO ₂	Kokkuleppeline
Kaod elektrivõrkudes	Jäävad 2011. aasta tasemele	Vähenevad 2025. aastaks 7%-ni	Sama nagu HIGH CO ₂	Kokkuleppeline Eesti elektritarbimine aastatel ... 2004
Kaod soojustrassides	Jäävad 2011. aasta tasemele	Vähenevad 2025. aastaks 8%-ni	Sama nagu HIGH CO ₂	Kokkuleppeline Hlebnikov 2010
Põlevkivil elektritootmis- võimsuste rajamise/ kasutatavuse trend ⁶	Perioodil 2012–2015 mahus 1720 MW (661 MW tolm, 674 MW deSOx tolm ja 386 MW CFB) 2016–2017 võimsusi mahus 1991 MW (661	Sama nagu BAU muutusega, et CFB energiablokkides kasutatakse 50% mahus puitu ning teist uut CFB energiablokki ei rajata; CFB	Teist uut CFB energiablokki ei rajata, CFB energiablokkides 50% puitu; CFB energiablokkide võimsus jääb 656	Kokkuleppeline Elering

⁶ Toodud on kasutatavad võimsused, mitte installeeritud nagu ELMAK-is.

Stsenaariumide eeldused	STSENAARIUMID			Eelduse lähtealus
	BAU ja BAU CCS ⁴	HIGH CO ₂ ja HIGH CCS ⁵	LOW CO ₂ ja LOW W	
	<p>MW tolmu (piiratud kogutööajaga 17 500 töötundi), 674 MW deSO_x ja 656 MW CFB)</p> <p>2018–2023 võimsusi mahus 2261 MW (661 MW tolmu (piiratud kogutööajaga 17 500 töötundi), 674 MW deSO_x ja 926 MW CFB)</p> <p>2024–2029 põlevkivivõimsusi mahus 1330 MW (674 MW deSO_x ja 926 MW CFB)</p> <p>2030–2050 võimsusi mahus 926 MW (kõik CFB)</p>	energiaplokkide võimsus jääb 656 MW	MW, nad töötavad vähendatud töötundidega, kattes talvist tipukoormust ning suletakse 2045. aastaks; LOW W stsenaariumis alates 2030. aastast CFB plokkides 75% puitu ning töötavad täiskoormusel	
Maagaasil elektritootmisvõimsuste rajamise trend	Olemasolevale Iru CHP-le (93 MW) lisaks gaasiturbiinid 2018. aasta 900 MW, millest 500 MW põlevkiviõlil	Gaasiturbiine juurde ei rajata	Sama nagu HIGH CO ₂	ELMAK
Tuumakütusel elektritootmisvõimsuste rajamise trend	Alates 2030. aastast kuni perioodi lõpuni 600 MW	0	0	ELMAK
Biomassil elektritootmisvõimsuste rajamise trend	Kasvab 2016. aastaks summaarse elektrilise võimsuseni 110 MW	Kasvab 2050. aastaks elektrilise võimsuseni 300 MW	Kasvab 2050. aastaks elektrilise võimsuseni 250 MW, LOW W stsenaariumis 200 MW	Kokkuleppeline BAU – ELMAK
Tuuleenergia baasil elektritootmisvõimsuste rajamise trend	Kasvab 2018. aastaks 900 MW	Kasvab 2050. aastaks 1700 MW-ni	Kasvab 2050. aastaks 2200 MW-ni, LOW W stsenaariumis 1000 MW-ni	Kokkuleppeline BAU – ELMAK
Päikeseenergia baasil elektritootmisvõimsuste trend	0	Kasvab 2050. aastaks 100 MW-ni	Kasvab 2050. aastaks 500 MW-ni, LOW W stsenaariumis 100 MW-ni	Kokkuleppeline
Biogaasist elektritootmis-	Saavutab 2013. aastal võimsuse 11 MW	Kasvab 2050. aastaks 140 MW-ni	Sama nagu HIGH CO ₂	TE100

Stsenaariumide eeldused	STSENAARIUMID			Eelduse lähtealus
	BAU ja BAU CCS ⁴	HIGH CO ₂ ja HIGH CCS ⁵	LOW CO ₂ ja LOW W	
võimsuste rajamise trend				
Muude elektritootmisvõimsuste rajamise trend	Hüdro 5 MW ja ei muutu, 2013. aastal alustab tööd prügipõletusjaam 17 MW, turvas 10 MW	Sama nagu BAU, ainsa erinevusega, et turba koospõletust puiduga ei toimu	Prügipõletusjaamade võimsus alates 2020. aastast 28 MW	Elering Kokkuleppeline
Katlamajades soojuse tootmise kütuse osakaalude muutused	Jäävad 2011. aasta tasemele	Puidu osakaal tõuseb 2050. aastaks 80%-ni	Puidu osakaal tõuseb 2050. aastaks 100%-ni	Kokkuleppeline
Põlevkiviõli tootmisvõimsuste rajamise trend	2011–2013 võimsusi 4,5 mln t 2014–2015 7,7 mln t 2016–2020 12,8 mln t 2021–2030 13,2 mln t põlevkivi aastas; alates 2016. aastast diislikütuse tootmine	Sama nagu BAU, kuid ilma diislikütuse tootmiseta	2011–2013 võimsusi tänases mahus 4,5 mln t põlevkivi aastas, 2014. aastast alates 7,7 mln t põlevkivi aastas	Õlitootjate andmed

Stsenaariumide modelleerimiseks ja võrdlemiseks koostati LEAP tarkvara abil [Eesti energiasüsteemi mudel](#). Selleks koondati statistilised andmed energia tootmise, ülekande ja tarbimise kohta Eestis. Peamiseks sisendandmete allikaks oli Eesti Statistikaameti andmebaas, kuid kasutati ka Eleringi tootmispiisavuse aruande ja teistest infoallikatest pärinevaid andmeid.

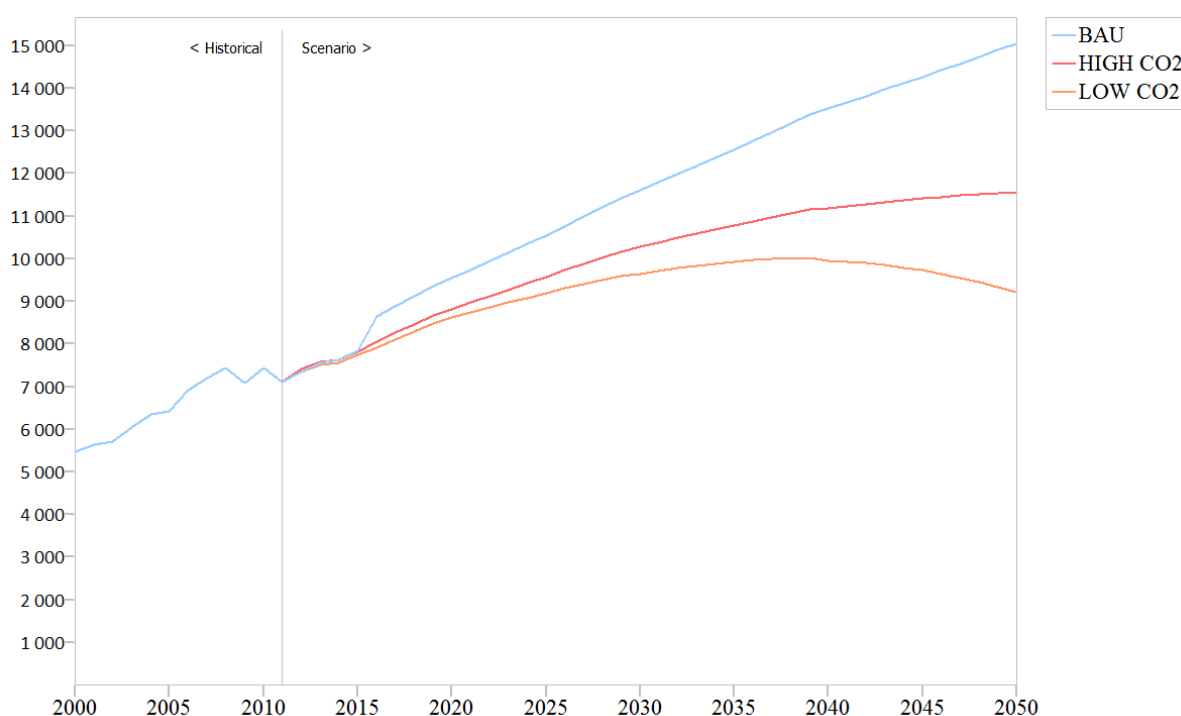
Modelleerimise eesmärgiks on vaadelda primaarenergia tarbimist, elektri tootmist ning CO₂ ja muid KHG emissioone erinevate stsenaariumide puhul perioodil 2000–2050. Emissioonide modelleerimiseks on LEAP-is määratletud kütuste emissioonitegurid. Energiasüsteemi modelleerimiseks sisestati andmed kütuste lõpptarbimise kohta sektorite lõikes, elektri- ja soojusenergia tarbimise, kadude, omatarbe, ekspordi ja impordi kohta. Tarbimise modelleerimiseks kasutati tarbimise sõltuvust välistest muutujatest nagu rahvastiku arv ja SKP, mille statistilised andmed ja prognoosid sisestati samuti mudelisse. Andmete põhjal loodi elektri, soojuse ja põlevkiviõli tootmisüksused LEAP-is ning optimeeriti nende käitu nii, et see vastaks reaalsele olukorrale. Statistilised andmed sisestati aastate 2000–2011 kohta ning alates aastast 2012 on tegemist prognoosandmetega.

Alljärgnevalt on esitatud ülevaade energiatööstuse, töötleva tööstuse ja muude sektorite (põllumajandus, teenindussektor ja kodumajapidamised) energia tarbimisest erinevate stsenaariumide korral. LEAP mudeli sisendandmed on detailsemalt kirjeldatud lisa 1. Samuti on lisa esitatud täiendavaid jooniseid ja graafikuid tarbimise ning tootmise kohta.

3.3.1. Energiatööstus

Elektri tootmine

Perioodil 2000–2011 on elektrienergia tarbimine kasvanud 5422 GWh-lt 7155 GWh-ni, keskmiselt 2,5% aastas. Vastavalt lisas 1 toodud lõpptarbimise modelleerimise eeldustele kasvab BAU stsenaariumi elektri tarbimine 2050. aastaks 15 050 GWh-ni, HIGH CO2 stsenaariumis 11 550 GWh-ni ja LOW CO2 stsenaariumis 9215 GWh-ni (vt joonis 7). Stsenaariumide lõikes on näha, et BAU ja HIGH CO2 stsenaariumides kasvab elektri tarbimine kõigis sektorites ühtlaselt, LOW CO2 stsenaariumis aga väheneb energiasäästu tõttu kodutarbimiste elektrienergia tarbimine tunduvalt ning kasvab elektri tarbimine transpordis (vt joonis 122, joonis 123 ja joonis 124).

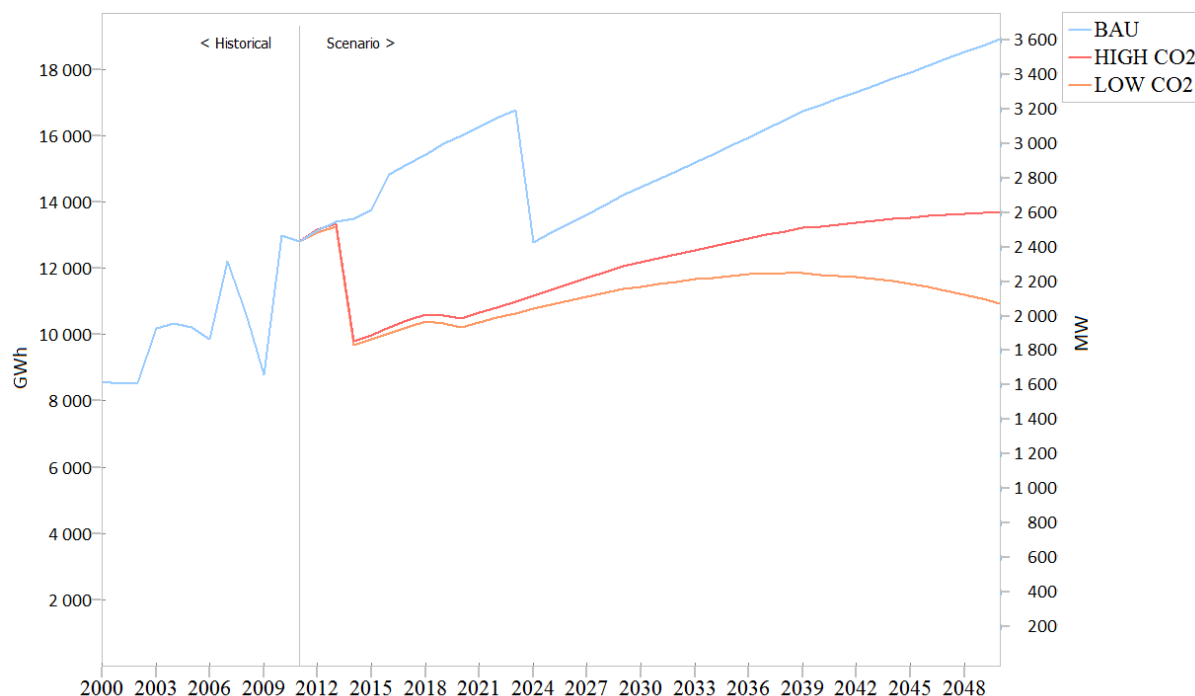


Joonis 7. Elektri tarbimise prognoos, GWh.

Allikas: LEAP

Tarbimise, võrgukadude, omatarbe, elektri ekspordi ja impordi eelduste põhjal koostab LEAP mudel summaarse elektrijaamade nõudluse ja tipukoormuse vajaduse prognoosi (vt joonis 8). Jooniselt on näha, et kodumaise tarbimisnõudluse tagamiseks oleks aastatel 2013–2020 vaja toota 9700–10 500 GWh elektrit (stsenaariumid HIGH CO2 ja LOW CO2). Samas, kui eksportida elektrit 2011. aasta tasemel (BAU stsenaarium), peaks elektrijaamade toodang olema kuni 16 000 GWh. BAU stsenaariumi elektritootmise nõudlus on elektri ekspordi tõttu kuni 2023. aastani teistest stsenaariumidest kõrgem ning samuti on jooniselt näha, et tarbimist tõstab ka alates 2016. aastast põlevkiviõli rafineerimistehaste käivitumine, mille omatarbe tõttu kasvab kogutarbimine 560 GWh võrra. HIGH CO2 ja LOW CO2 stsenaariumides toimub 2014. aastal oluline elektrinõudluse langus

võrreldes eelneva aastaga, kuna nendes stsenaariumides eeldatakse, et sellest aastast suuremahulist elektri ekspordit ei toimu ning aasta lõikes võrdub elektri import ekspordiga.



Joonis 8. Elektrinõudluse (GWh) ja tipukoormuse (MW) prognoos.

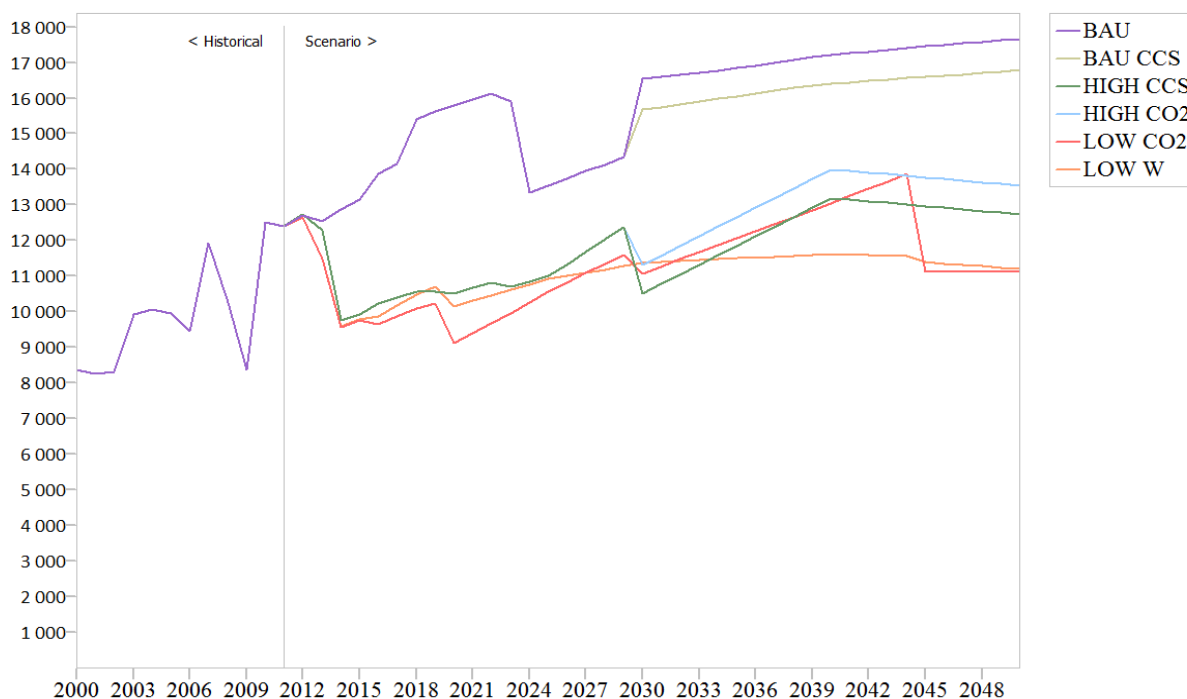
Allikas: LEAP

Stsenaariumide elektri tootmisvõimsused on üsna erinevad, mis tuleneb nii erinevast elektri tarimisest kui ka erinevast tootmise struktuurist. Kui BAU stsenaariumis on 2050. aastal elektri-jaamade võimsus 3605 MW, siis LOW CO2 stsenaariumis 3126 MW, HIGH CO2 stsenaariumis 2854 MW ja LOW W stsenaariumis 2132 MW.

Biomassil koostootmisjaamade võimsused kasvavad kõigis stsenaariumides – BAU stsenaariumis 110 MW-ni, LOW W stsenaariumis 200 MW-ni, LOW CO2 stsenaariumis 250 MW-ni ja HIGH CO2 stsenaariumis 300 MW-ni. Lisaks lisandub ka biogaasil koostootmisjaamasid, mille võimsus kasvab HIGH CO2, LOW CO2 ja LOW W stsenaariumis 140 MW-ni. Samuti alustab 2013. aastal tööd 17 MW võimsusega prügi põletusjaam, millele LOW CO2 stsenaariumis lisandub veel 11 MW. Täiendavalt on koostootmisjaamade hulgas maagaasil koostootmisjaamad, mille võimsuse kasvu ette ei nähta.

Elektrituulikute võimsus saavutab BAU stsenaariumis taseme 900 MW, LOW W stsenaariumis 1000 MW, HIGH CO2 stsenaariumis 1500 MW ning LOW CO2 stsenaariumis 2200 MW. Päikesepaneelide võimsus kasvab HIGH CO2 ja LOW W stsenaariumis 100 MW-ni ning LOW CO2 stsenaariumis 500 MW-ni, BAU stsenaariumis päikesepaneelide suuremahulisemat kasutuselevõttu elektri tootmiseks ei planeerita. Hüdroelektrijaamade võimsus on 5 MW ning nende võimsuses muutusi ei prognoosita.

Perioodil 2000–2011 on elektriyaamade elektritoodang olnud vahemikus 8513–12 964 GWh. BAU stsenaariumis on 2050. aastal elektriyaamade toodang 17 664 GWh, HIGH CO2 stsenaariumis 13 539 GWh, LOW CO2 stsenaariumis 11 114 GWh ja LOW W stsenaariumis 13 976 GWh (vt joonis 9).



Joonis 9. Stsenaariumide elektri tootmise võrdlus, GWh.

Allikas: LEAP

BAU stsenaariumis kasvab taastuvenergia osakaal kogutarbimises 12,7%-lt 2011. aastal 31%-ni 2020. aastal, kuid langeb seejärel 2050. aastaks 20%-ni, sest elektri tarbimine kasvab, kuid taastuvenergiatootmisvõimsuste kasvu pärast 2030. aastat selles stsenaariumis ette ei nähta (vt joonis 10 ja tabel 135). Koostootmisprotsessis toodetava elektrienergia osatähtsus jääb praegusele tasemele, mis on ligikaudu 10% kogu elektriyaamade toodangust.

BAU CCS stsenaariumi elektrienergia toodang on sarnane BAU stsenaariumiga, ainsaks erinevuseks on KHG püüdurseadmete paigaldamine, mis vähendab 15% põlevkivielektriyaamade toodangut (omatarve kasvab). Seetõttu ei ole BAU CCS stsenaariumi elektri tootmise joonist ja tabelit alljärgnevalt esitatud.

HIGH CO2 stsenaariumis kasvab taastuvenergia osakaal kogutarbimises 2020. aastaks 46%-ni ja 2040. aastaks 83%-ni, kuid seejärel langeb 2050. aastaks 77%-ni, sest taastuvenergiat kasutavate koostootmisjaamade toodang väheneb soojuste tarbimise vähenemise tõttu. Koostootmisprotsessis toodetava elektrienergia osatähtsus kasvab 10,4%-lt 2030. aastaks 33%-ni, kuid seejärel väheneb 26%-ni väheneva soojuste tarbimise tõttu (vt joonis 11 ja tabel 136).

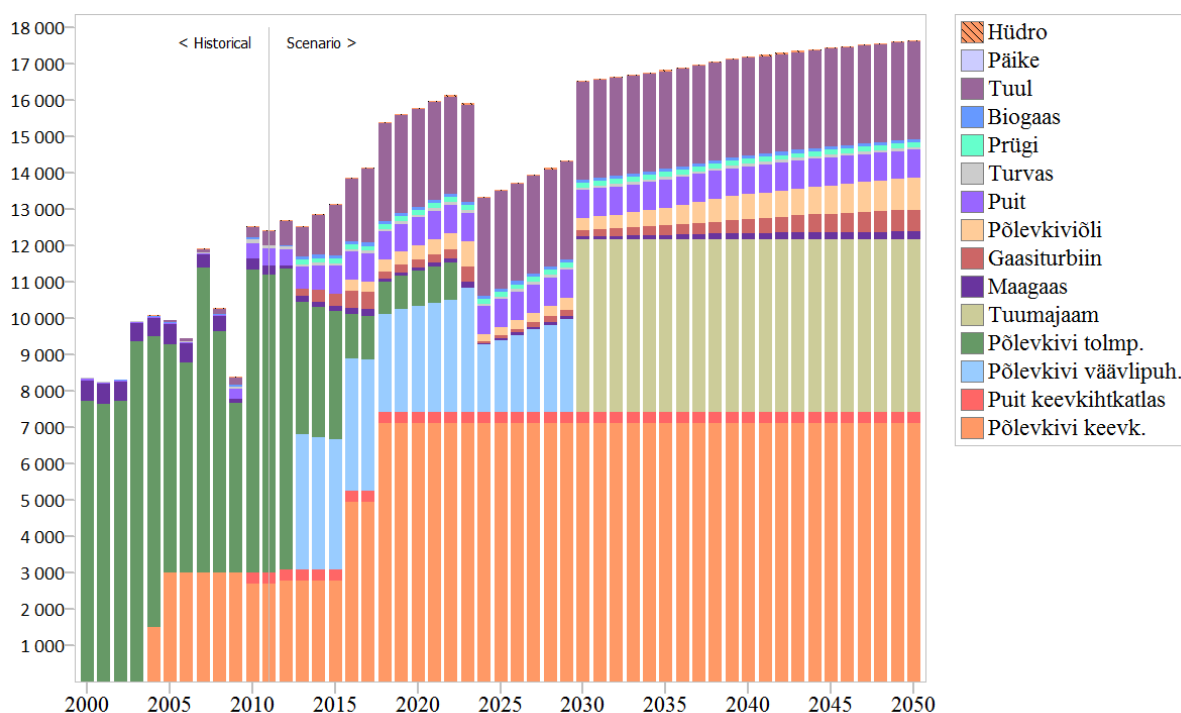
HIGH CCS stsenaariumi elektrienergia toodang on sarnane HIGH CO2 stsenaariumiga, kuna ainsaks erinevuseks on KHG püüdurseadmete paigaldamine, mis vähendab 15% põlevkivielektriyaamade

toodangut. Kuna muus osas on tootmine sarnane HIGH CO2 stsenaariumiga, siis pole alljärgnevalt HIGH CCS stsenaariumi elektri tootmise joonist ja tabelit esitatud.

LOW CO2 stsenaariumis kasvab taastuvenergia osakaal kogutarbimises 2020. aastaks 59%-ni ja 2040. aastaks 96%-ni ning 2045. aastast alates põhineb elektri tootmine 98%-liselt taastuvatel energiaallikatel (v.a prügipõletus). Koostootmisprotsessis toodetava elektrienergia osatähtsus kasvab 10,4%-lt 2030. aastaks 26%-ni ja 2050. aastaks 32%-ni (vt joonis 12 ja tabel 137).

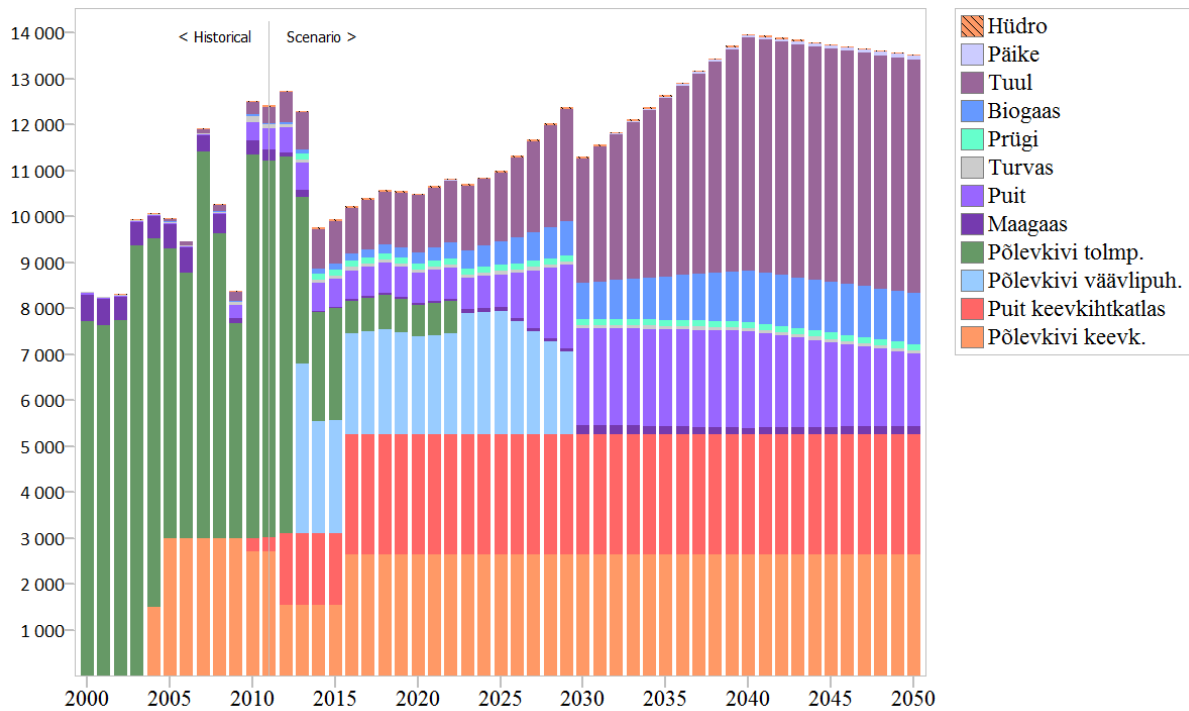
LOW W stsenaariumis kasvab taastuvenergia osakaal kogutarbimises 2020. aastaks 57%-ni ja 2050. aastaks 89%. Elektri tootmises on vaid vähesel määral kasutusel põlevkivi ja olmejäätmeid. Koostootmisprotsessis toodetud elektrienergia osatähtsus kasvab 2030. aastaks 31%-ni ja väheneb seejärel 2050. aastaks 26%-ni soojuse tarbimise vähenemise tõttu (vt joonis 13 ja tabel 138).

Elektri tootmise joonistel ja tabelites kajastuvad generaator- ja poolkoksigaasi andmed põlevkivi real, kuna ei ole eraldi tootmisüksust, mis vaid põlevkivigaasi kütusena kasutaks. Põlevkiviõli tootmisprotsessi käigus tekkinud koks ja uttegaas kasutatakse põlevkivikütel elektrijaamades ära muude kütuste lisana.



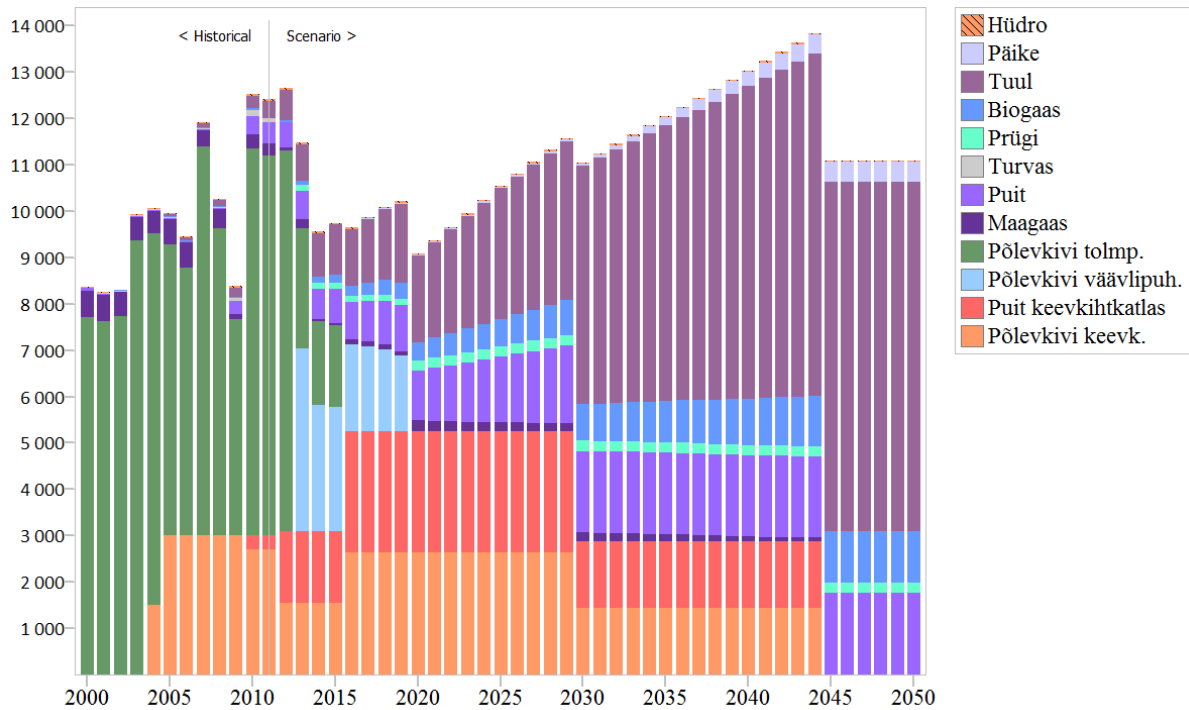
Joonis 10. Elektri tootmine BAU stsenaariumi järgi, GWh.

Allikas: LEAP



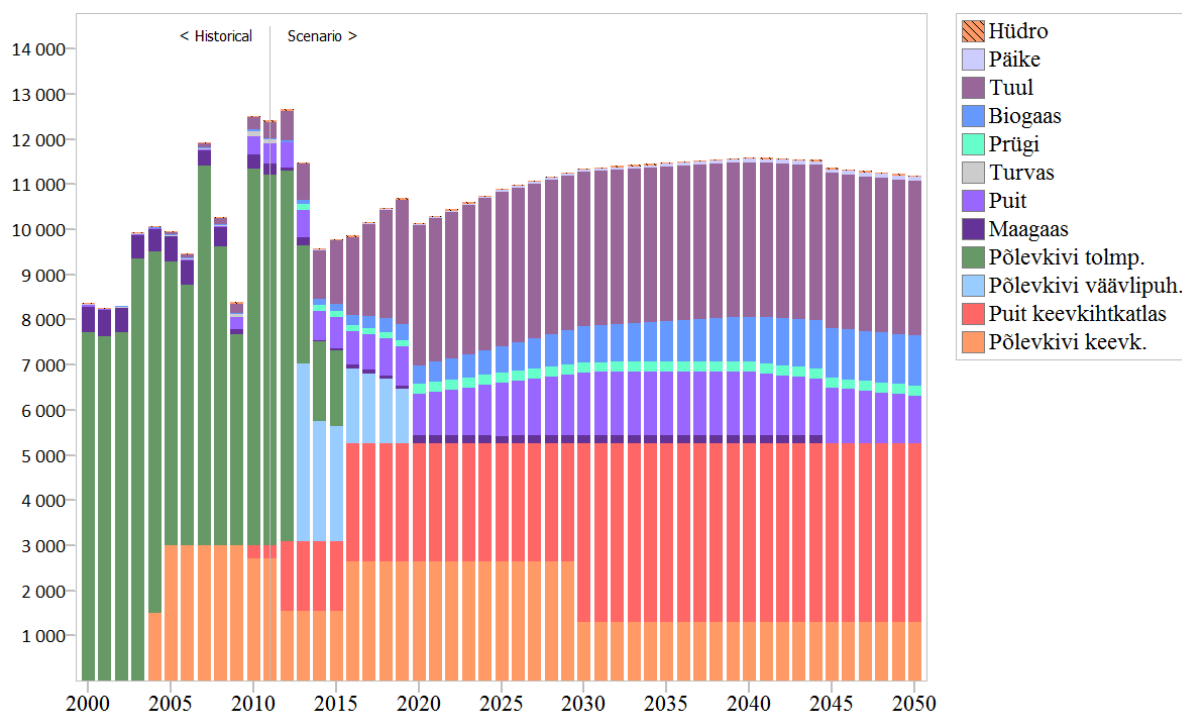
Joonis 11. Elektri tootmine HIGH CO2 stsenaariumi järgi, GWh.

Allikas: LEAP



Joonis 12. Elektri tootmine LOW CO2 stsenaariumi järgi, GWh.

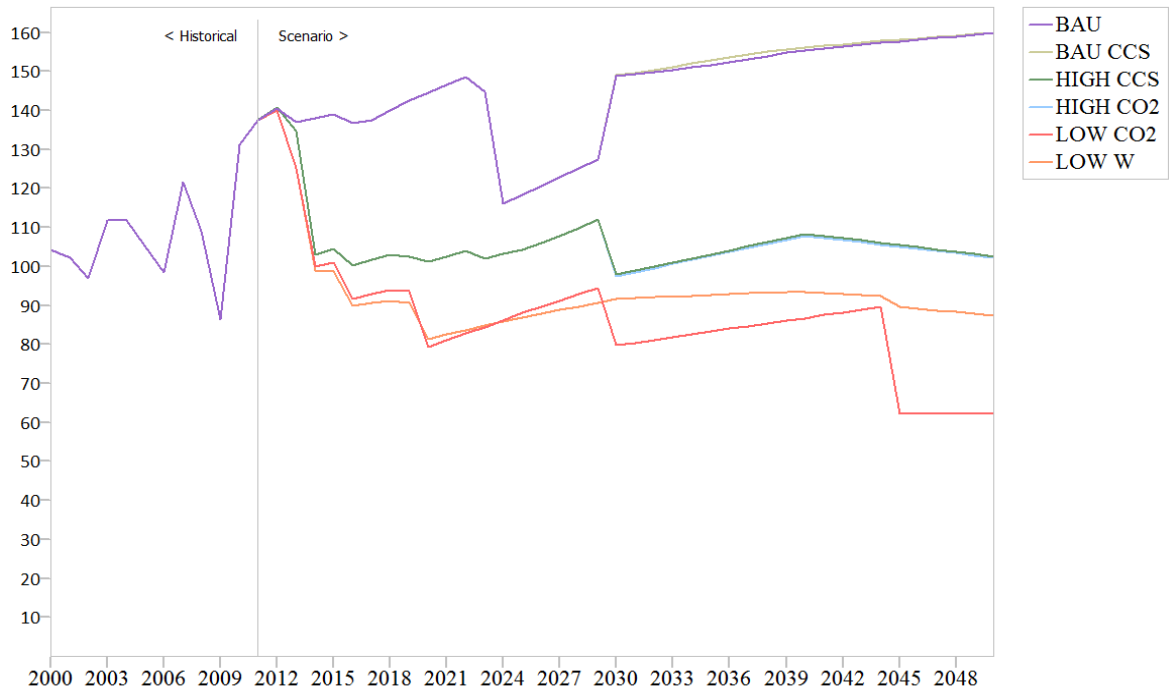
Allikas: LEAP



Joonis 13. LOW W stsenaariumi elektri tootmine, GWh.

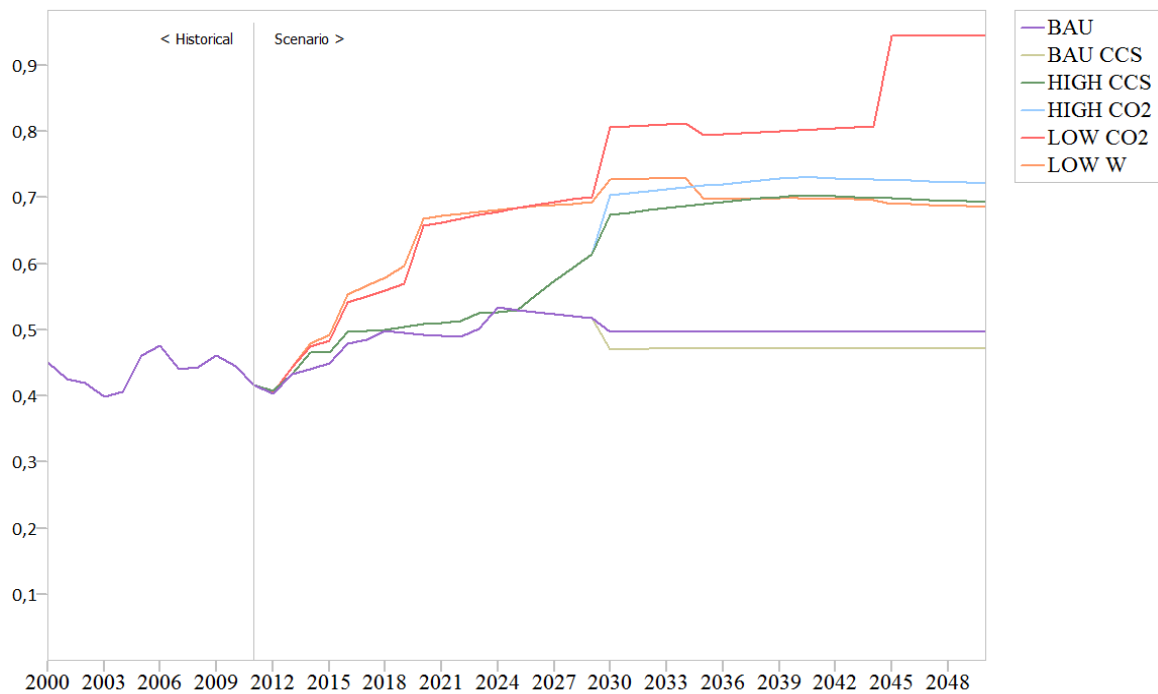
Allikas: LEAP

Kuna KHG emissioonide arvutamisel on aluseks kütuse tarbimine, siis on võrreldud ka erinevate stsenaariumide kütuse tarbimise koguseid (vt joonis 14). Elektri jaamade kütuse tarbimine on viimasel 11 aastal kasvanud 104 000 TJ-lt 137 000 TJ-ni. Kui BAU stsenaariumis kasvab elektri jaamade kütuse tarbimine 2050. aastaks 160 000 TJ-ni, siis LOW CO2 stsenaariumis on see vaid 62 000 TJ. Samas ei ole need kaks tulemust omavahel võrreldavad, kuna BAU stsenaariumis on elektrienergia tarbimine tunduvalt suurem LOW CO2 stsenaariumi tarbimisest. Seetõttu on võrdlemiseks kasutatud elektri tootmise summaarset kasutegurit (vt joonis 15). See näitaja saadakse, kui jagada elektri jaamade summaarne elektri ja soojuse toodang elektri jaamades tarbitud kütuse kogusega. Jooniselt lähtub, et perioodil 2000–2011 on elektri jaamade keskmine efektiivsus olnud vahemikus 41–45%. Erinevate stsenaariumide puhul on 2050. aastal elektri tootmise efektiivsus vahemikus 47–94%, millest madalaim efektiivsus on BAU CCS ja BAU stsenaariumil ning kõrgeim LOW CO2 stsenaariumil. Kuna statistilises arvestuses võetakse hüdro-, päikese- ja tuuleenergiast elektri tootmise kasuteguriks 100%, siis tõstab nendest energiaallikatest elektri tootmine tunduvalt summaarset elektri tootmise efektiivsust.



Joonis 14. Elektri jaamade kütuse tarbimine, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

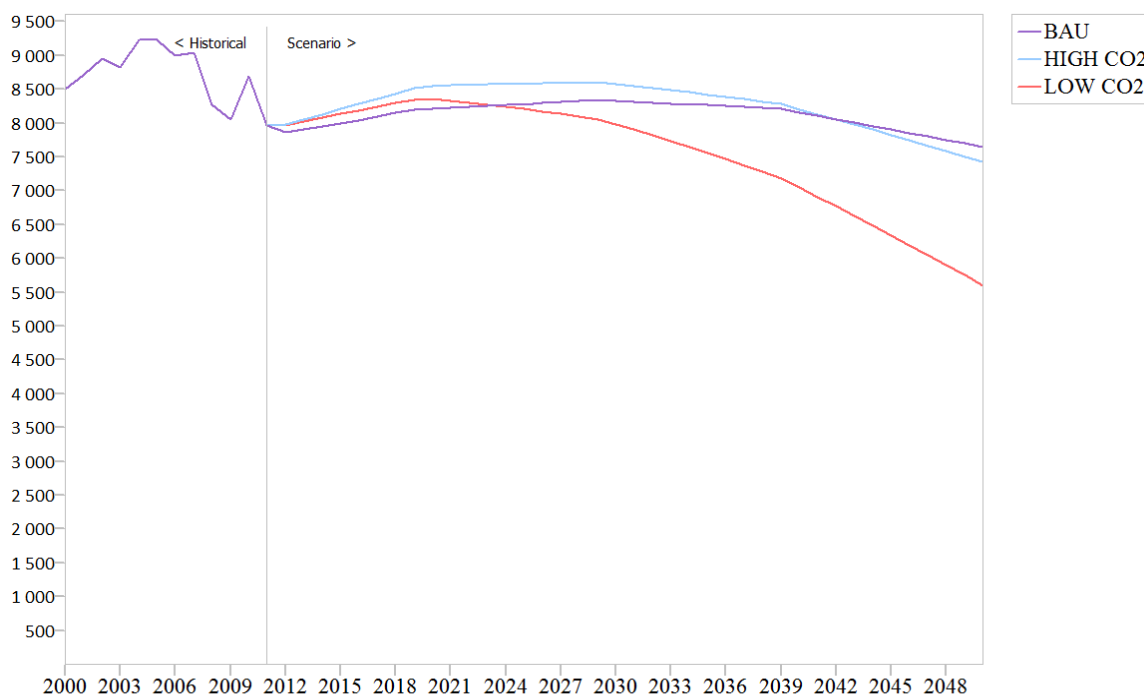


Joonis 15. Elektri jaamade elektri ja soojustootmise keskmine kasutegur.

Allikas: LEAP

Soojuse tootmine

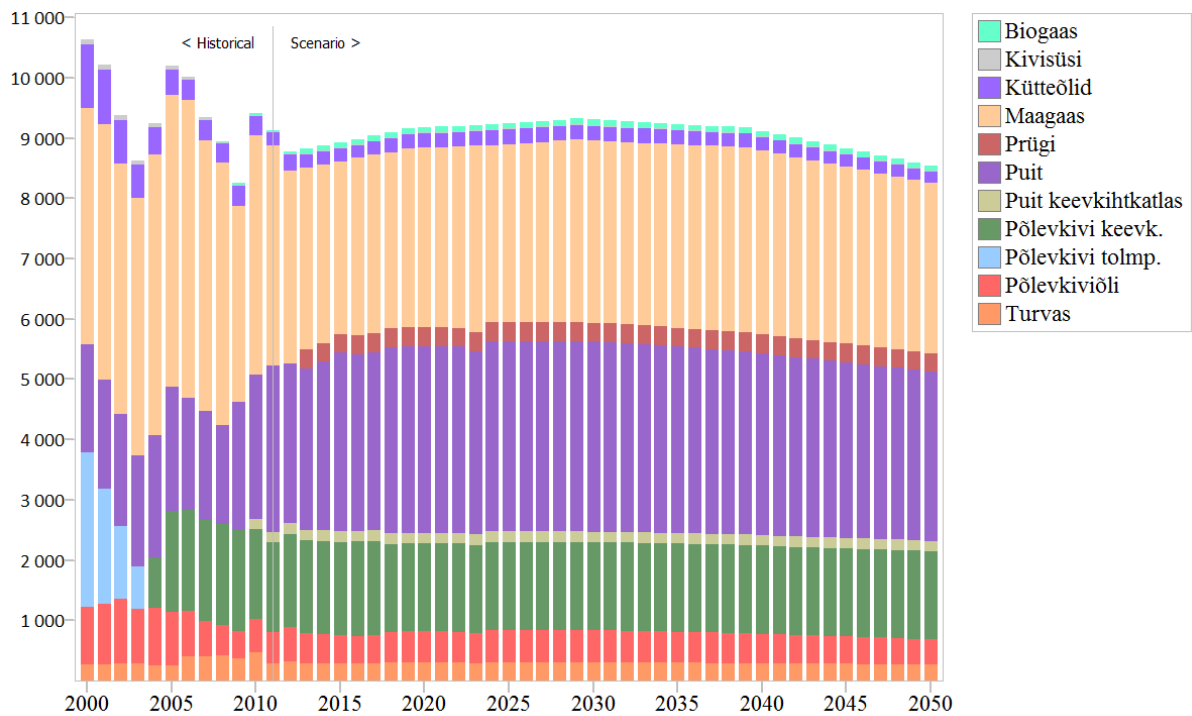
Perioodil 2000–2011 on soojusenergia tarbimine kasvanud 8527 GWh-lt 9351 GWh-ni ja langenud siis taas 8168 GWh-ni 2011. aastal. Vastavalt lisas 1 toodud lõpptarbimise modelleerimise eeldustele väheneb BAU stsenaariumis soojuse tarbimine 2050. aastaks 7644 GWh-ni, HIGH CO2 stsenaariumis 7420 GWh-ni ja LOW CO2 stsenaariumis 5598 GWh-ni (vt joonis 16).



Joonis 16. Soojuse tarbimise prognoos, GWh.

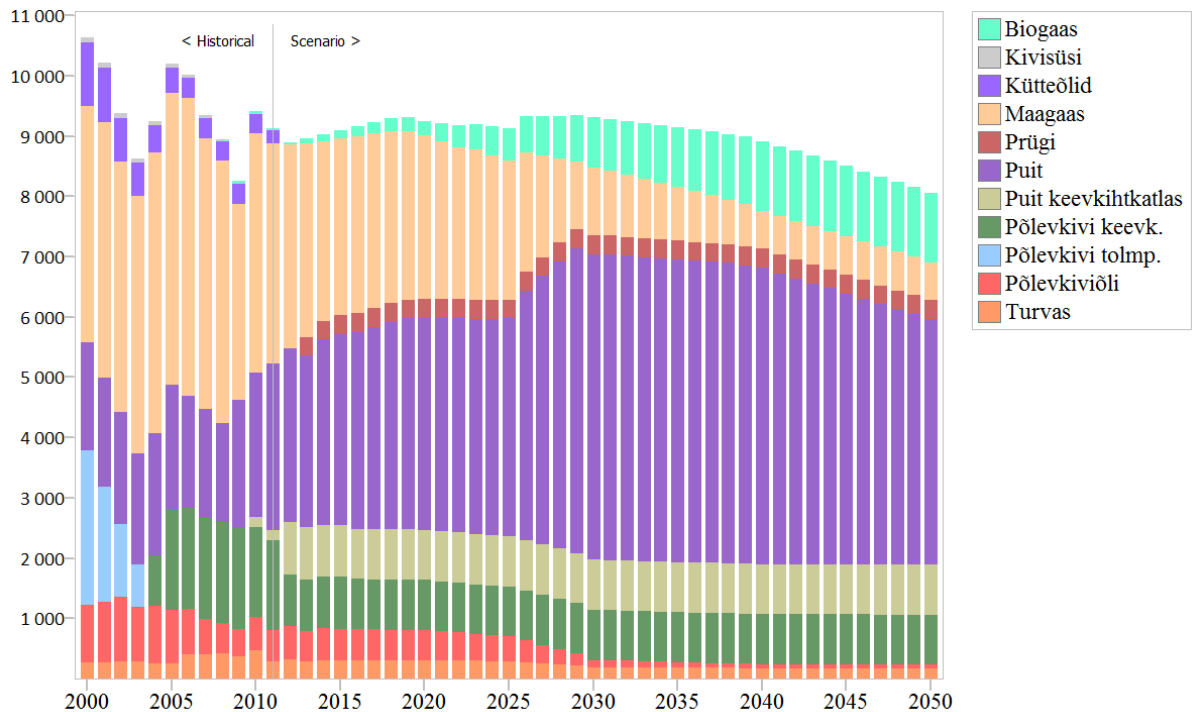
Allikas: LEAP

Perioodil 2000–2011 on elektri ja katlamajade soojuse tootmine olnud vahemikus 9062–10 617 GWh. 59–65% soojusest on toodetud katlamajades ning 35–41% koostootmisjaamades. BAU ja BAU CCS stsenaariumis on 2050. aastal soojuse tootmine 8551 GWh, HIGH CO2 ja HIGH CCS stsenaariumis 8065 GWh ning LOW CO2 ja LOW W stsenaariumis 6085 GWh. BAU ja BAU CCS stsenaariumides kasvab koostootmise osakaal soojuse tootmisel 45%-ni ning ülejäänud stsenaariumides tõuseb koostootmise laialdase kasutamise tõttu koostootmise osakaal 2030. aastaks 75–80%-ni ning püsib samal tasemel kuni 2050. aastani. BAU stsenaariumis kasvab soojuse tootmisel taastuvenergia osakaal 37%-ni, HIGH CO2 stsenaariumis 75%-ni, LOW W stsenaariumis 85%-ni ja LOW CO2 stsenaariumis 92%-ni.



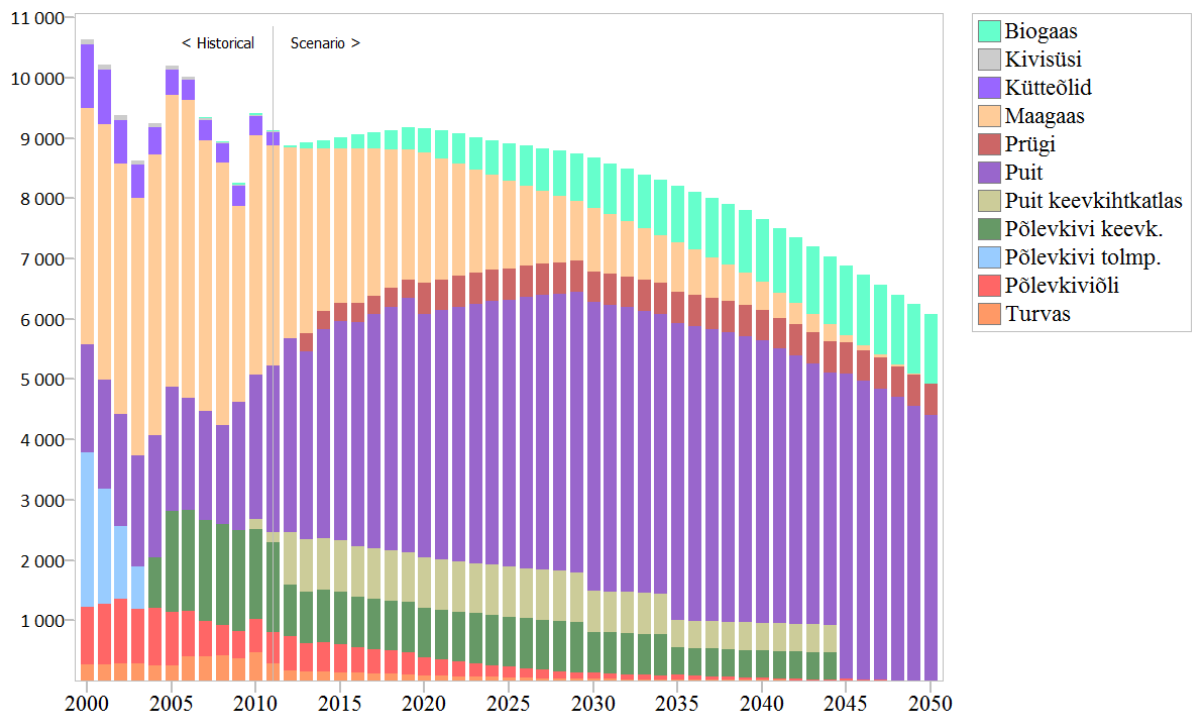
Joonis 17. Soojusenergia tootmine BAU stsenaariumi järgi, GWh.

Allikas: LEAP



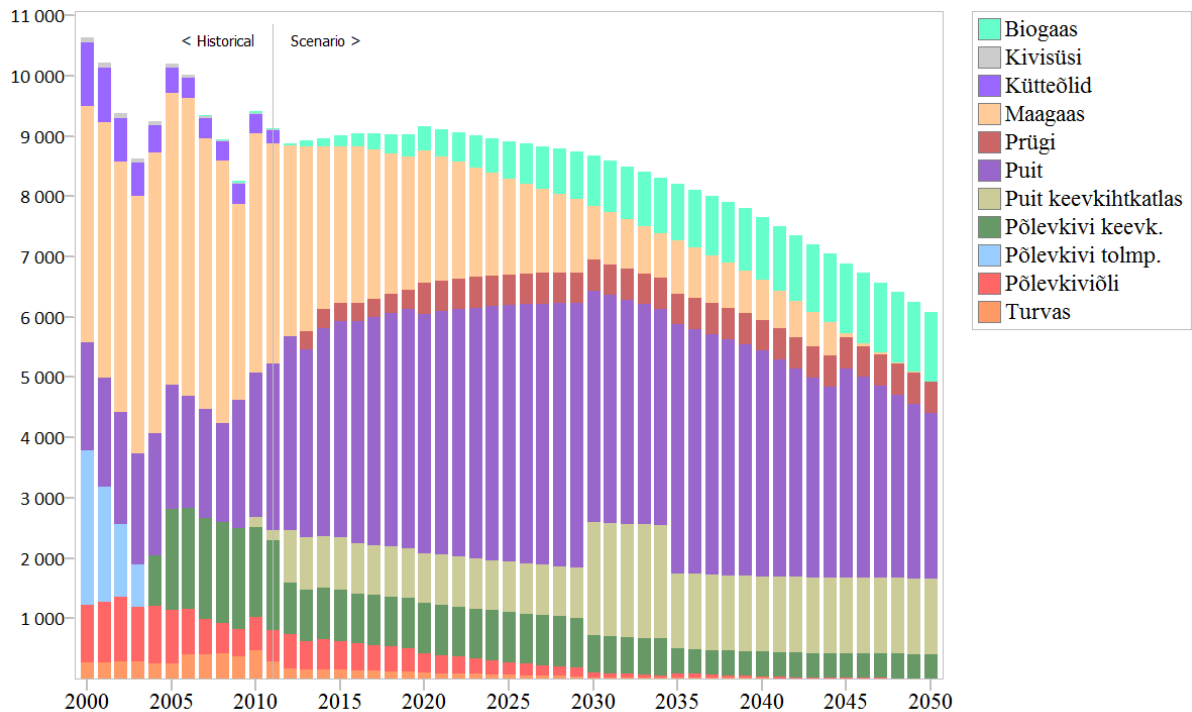
Joonis 18. Soojusenergia tootmine HIGH CO2 stsenaariumi järgi, GWh.

Allikas: LEAP



Joonis 19. Soojusenergia tootmine LOW CO2 stsenaariumi järgi, GWh.

Allikas: LEAP

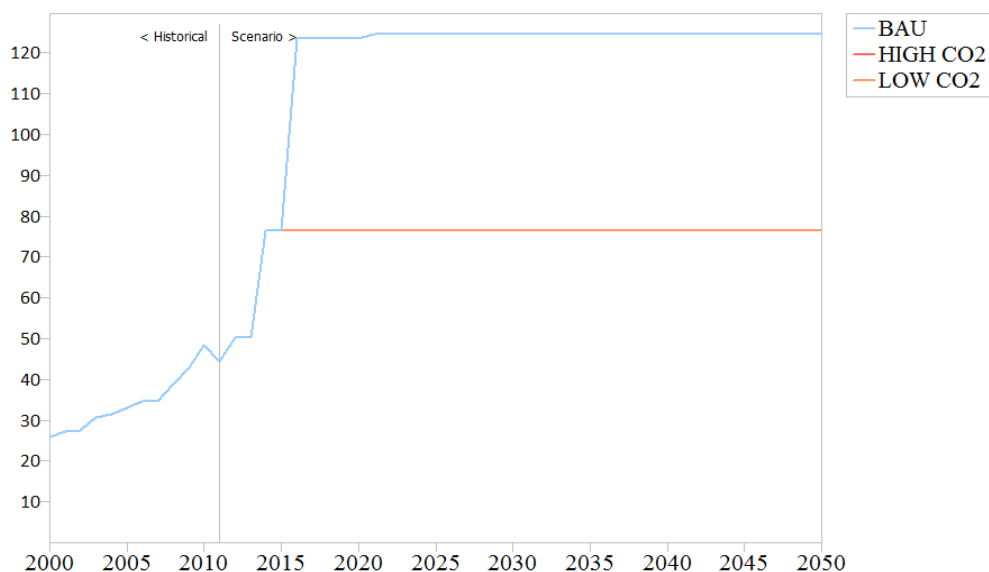


Joonis 20. Soojusenergia tootmine LOW W stsenaariumi järgi, GWh.

Allikas: LEAP

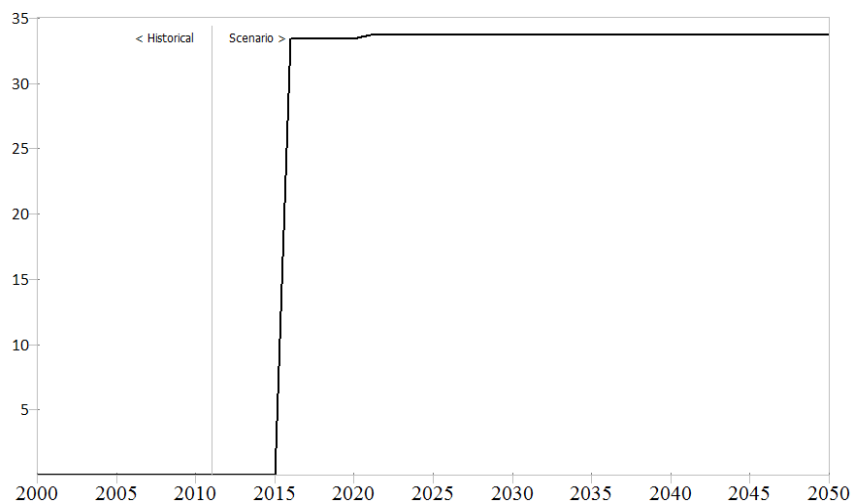
Põlevkiviõli tootmine

Perioodil 2000–2011 on põlevkiviõli tootmiseks tarbitava põlevkivi maht kasvanud 24 400 TJ-lt 42 800 TJ-ni. Vastavalt lisas 1 toodud põlevkivi tootmise modelleerimise eeldustele kasvab BAU ja HIGH CO2 stsenaariumis põlevkivi tarbimismaht 2050. aastaks 124 600 TJ-ni ning LOW CO2 stsenaariumis 76 600 TJ-ni (vt joonis 21). Põlevkiviõli rafineerimine diislikütuseks on kasutusel vaid BAU stsenaariumis ning rafineerimistehaste põlevkiviõli tarbimine on alates 2016. aastast 35 400 TJ ja alates 2021. aastast 35 700 TJ aastas (vt joonis 22).



Joonis 21. Põlevkivi tarbimine põlevkiviõli tootmiseks, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

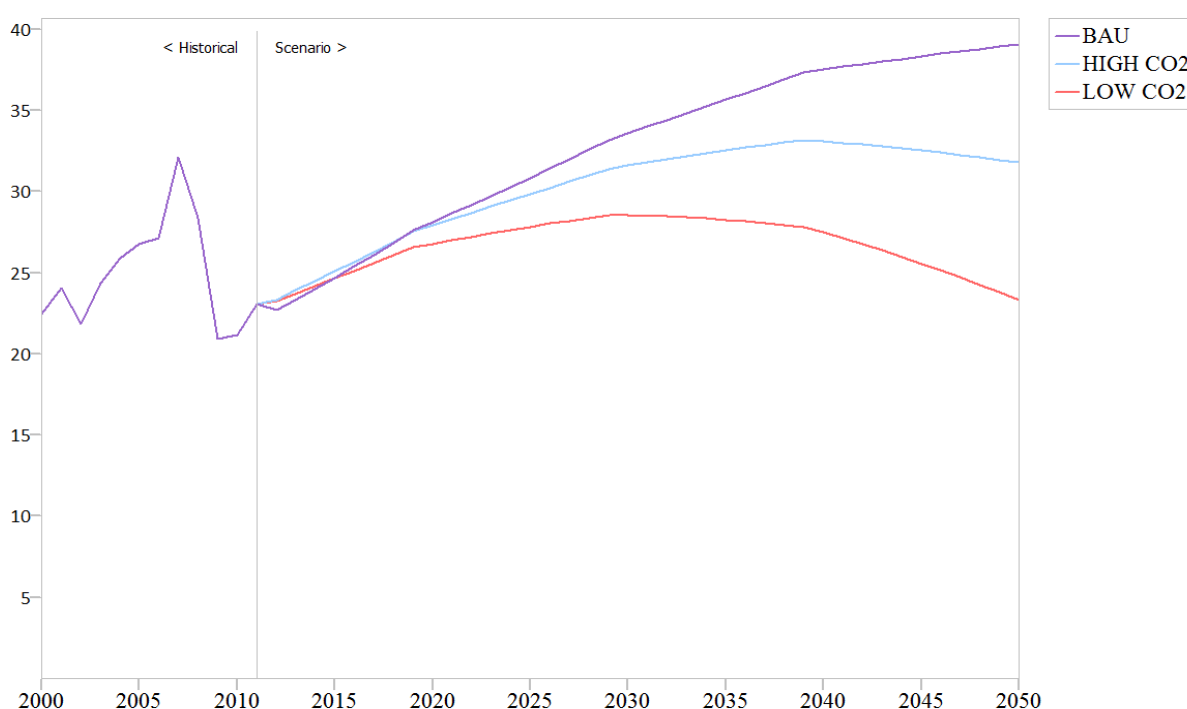


Joonis 22. Põlevkiviõli tarbimine mootorikütuste tootmiseks BAU stsenaariumi järgi, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

3.3.2. Tötlev tööstus

Perioodil 2000–2011 on energia lõpptarbimine tööstuses kasvanud 22 500 TJ-lt 23 100 TJ-ni, kuid 2007. aastal ulatus näitaja 32 100 TJ-ni. Vastavalt lisas 1 toodud eeldustele kasvab BAU stsenaariumis tööstussektori energia lõpptarbimine 2050. aastaks 39 000 tuhande TJ-ni, HIGH CO2 stsenaariumis on energiatarve 31 800 TJ ning LOW CO2 stsenaariumis vaid 23 300 TJ (vt joonis 23). See tähendab, et HIGH CO2 stsenaariumi energiatarve on 2050. aastal 18% ja LOW CO2 stsenaariumil 40% madalam BAU stsenaariumist. HIGH CO2 stsenaariumi kohaselt peaks 2050. aastaks energiatarve tööstuses olema 2007. aasta tasemel ning LOW CO2 stsenaariumis 2011. aasta tasemel. Energia lõpptarbimine stsenaariumide ja kütuste lõikes on toodud lisas 1 (vt joonis 103, joonis 104 ja joonis 105).



Joonis 23. Energia lõpptarbimise prognoos tötlevas tööstuses, tuhat TJ.

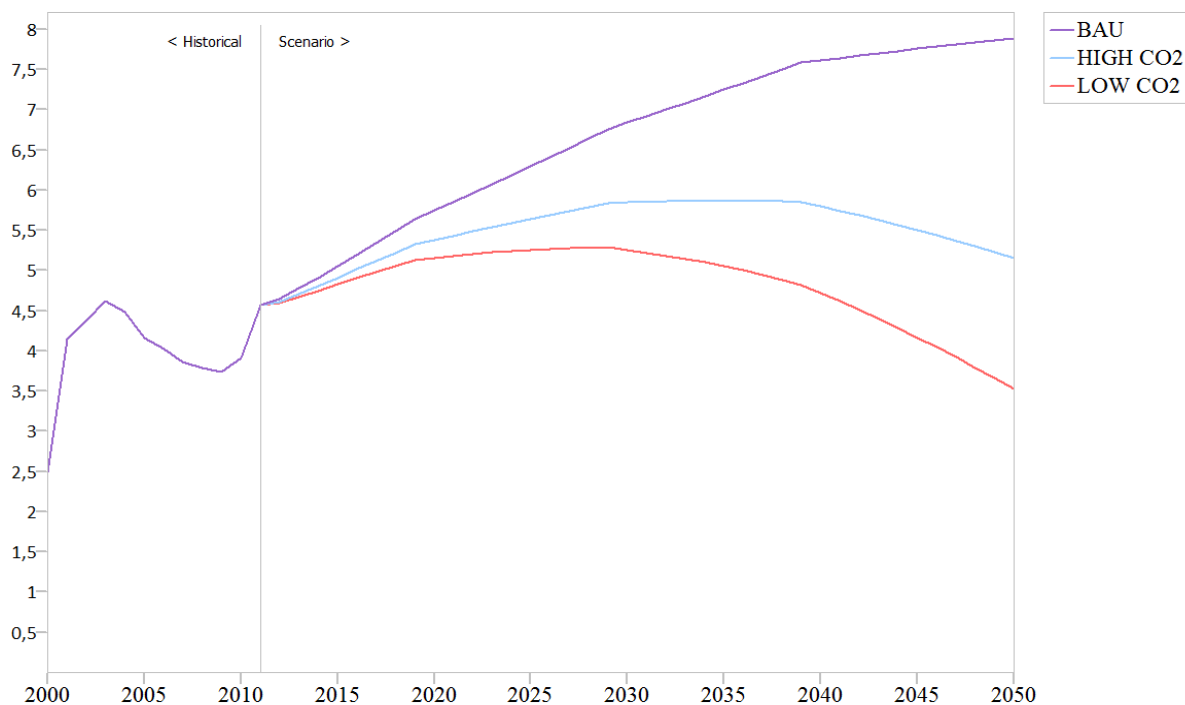
Allikas: LEAP

3.3.3. Muud sektorid

Põllumajandus

Perioodil 2000–2011 on energia lõpptarbimine põllumajanduses kasvanud 2500 TJ-lt 4600 TJ-ni. Lisas 1 toodud eelduste kohaselt kasvab põllumajanduse energia lõpptarbimine BAU stsenaariumis 2050. aastaks 7900 TJ-ni. HIGH CO2 ja LOW CO2 stsenaariumis saavutab energia lõpptarbimine perioodil 2030–2040 taseme vastavalt 5900 ja 5300 TJ ning seejärel hakkab langema. 2050. aastaks on HIGH CO2 stsenaariumis põllumajanduse energia lõpptarbimine 5200 TJ ja LOW CO2 stsenaariumis 3500 TJ (vt joonis 24). See tähendab, et HIGH CO2 stsenaariumi energiatarve on 2050.

aastal 34% ja LOW CO2 stsenaariumil 55% BAU stsenaariumist madalam. HIGH CO2 stsenaariumis on 2050. aastaks energiatarve põllumajanduses veidi kõrgem praegusest energiatarbest ning LOW CO2 stsenaariumis väheneb tagasi 2009. aasta tasemele. Energia lõpptarbimine stsenaariumide ja kütuste lõikes on toodud lisas 1 (vt joonis 108, joonis 109 ja joonis 110).

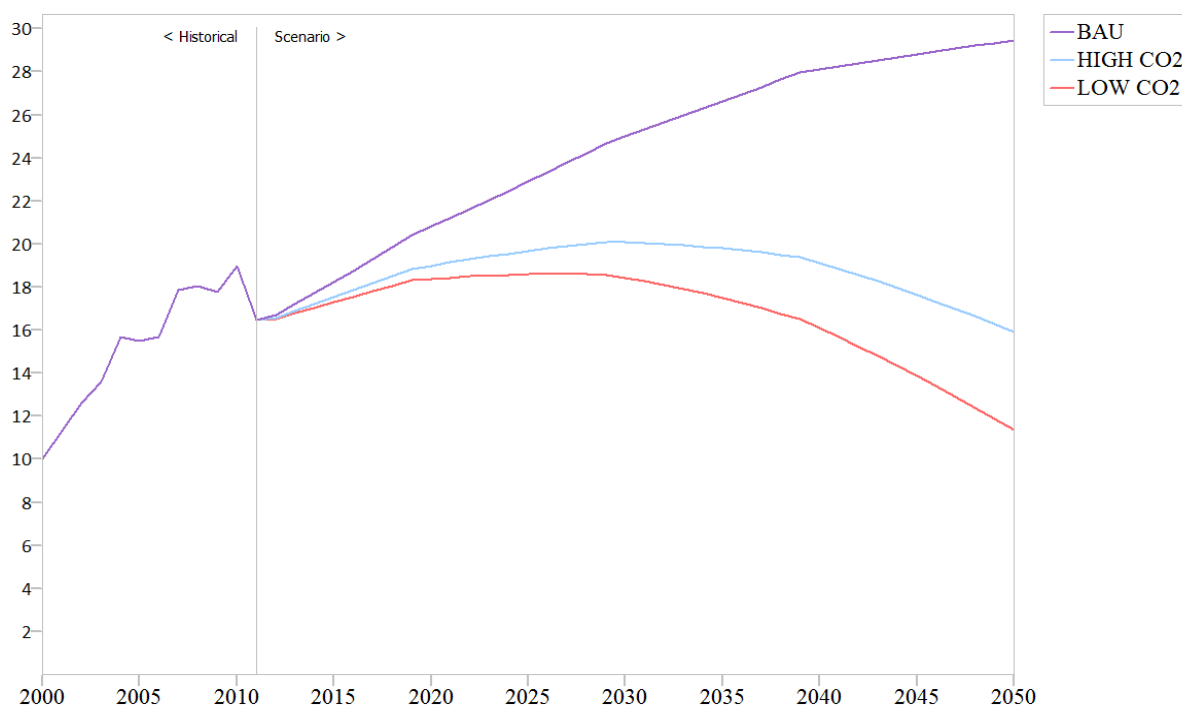


Joonis 24. Energia lõpptarbimise prognoos põllumajanduses, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

Teenindus ja avalik sektor

Perioodil 2000–2011 on teenindussektori energia lõpptarbimine kasvanud 10 000 TJ-lt 16 500 TJ-ni, olles 2010. aastal 19 000 TJ. Lisas 1 toodud eelduste kohaselt kasvab BAU stsenaariumis teenindussektori energia lõpptarbimine 2050. aastaks 29 500 TJ-ni. HIGH CO2 ja LOW CO2 stsenaariumides saavutab energia lõpptarbimine 2030. aastaks vastavalt taseme 20 100 ja 18 600 TJ ning hakkab seejärel langema. 2050. aastaks on HIGH CO2 stsenaariumis teenindussektori energia lõpptarbimine 15 900 TJ ja LOW CO2 stsenaariumis 11 300 TJ (vt joonis 25). See tähendab, et HIGH CO2 stsenaariumi energiatarve on 2050. aastal 46% ja LOW CO2 stsenaariumil 62% madalam BAU stsenaariumist. HIGH CO2 stsenaariumis peaks 2050. aastaks teenindussektori energiatarve langema tagasi 2002.–2003. aasta tasemele ning LOW CO2 stsenaariumis 2001. aasta tasemele. Energia lõpptarbimine stsenaariumide ja kütuste lõikes on toodud lisas 1 (vt joonis 113, joonis 114 ja joonis 115).

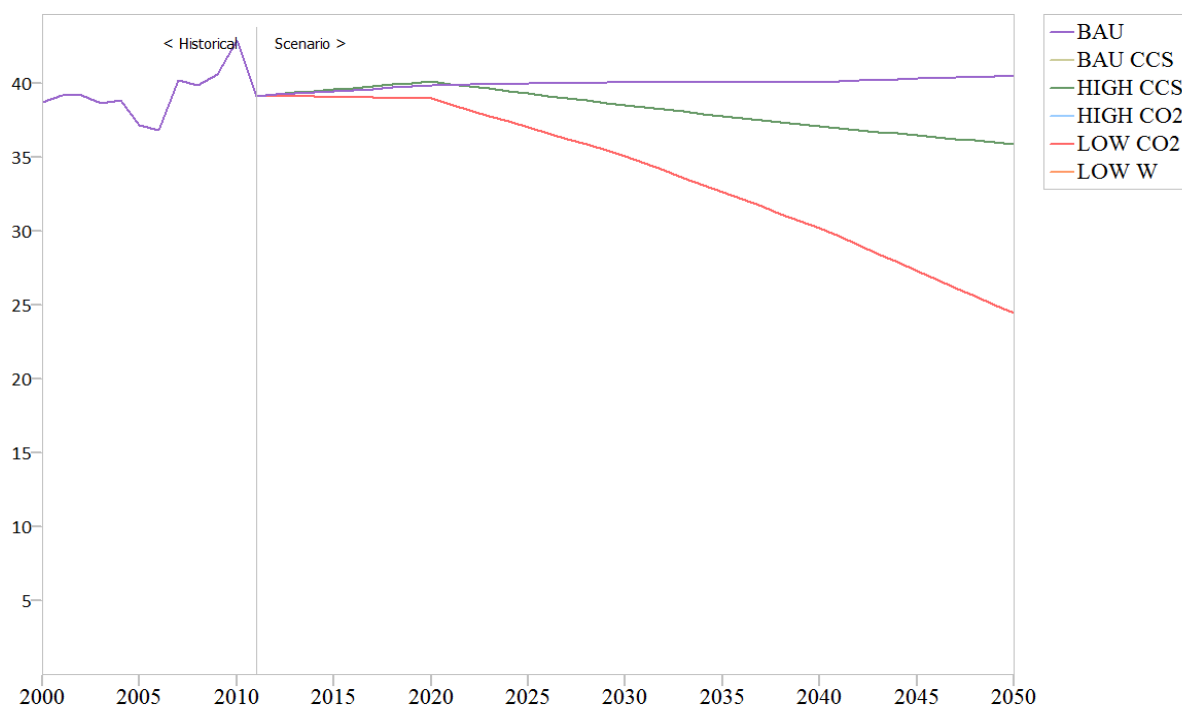


Joonis 25. Energia lõpptarbimise prognoos teenindussektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

Kodumajapidamised

Perioodil 2000–2011 on kodumajapidamiste energia lõpptarbimine kasvanud 38 700 TJ-lt 39 100 TJ-
ni, olles 2010. aastal 43 000 TJ. Vastavalt lisas 1 toodud eeldustele kasvab BAU stsenaariumi energia
lõpptarbimine 2050. aastaks 40 500 TJ-ni. HIGH CO2 ja LOW CO2 stsenaariumis saavutab energia
lõpptarbimine 2020. aastaks vastavalt taseme 40 100 ja 39 000 TJ ning hakkab seejärel langema.
2050. aastaks on HIGH CO2 stsenaariumis kodumajapidamiste energia lõpptarbimine 35 900 TJ ja
LOW CO2 stsenaariumis 24 500 TJ (vt joonis 26). See tähendab, et HIGH CO2 stsenaariumi
energiatarve on 2050. aastal 11% ja LOW CO2 stsenaariumil 40% madalam kui BAU stsenaariumil. Nii
HIGH CO2 kui ka LOW CO2 stsenaariumis peaks 2050. aastaks kodumajapidamiste energiatarve
olema madalam kui praegune energiatarbimise tase. Energia lõpptarbimine stsenaariumide ja
kütuste lõikes on toodud lisas 1 (vt joonis 117, joonis 118, joonis 119 ja joonis 120).



Joonis 26. Energia lõpptarbimise prognoos kodumajapidamistes, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

3.4. Stsenaariumide rakendumisega kaasnevad riskid ja mõjud

Iga sektori arengustsenaariumid sõltuvad mitmetest tingimustest ja mõjuteguritest, millest avatud majandusega ja välisurgudele orienteeritud majandusstruktuuriga riikides on põhilisemaks riigi arengutase, olemasolev majanduse struktuur, üleilmne majandusseis, turunõudluse kõikumised, konkurents eri majanduspiirkondade vahel ja majanduspiirkondade sees, turupiirkonnas kehtivad majandusreeglid ning nende trendid. Kõrge keskkonnakasutuse mahuga ja keskkonda koormavates tootmisharudes nagu energiatootmine ja kütuste kasutus on arengut mõjutavateks ka riigi ja EL-i ühisest energia- ja keskkonnapoliitikast, sh eriti kliimapoliitikast tulenevad arengud ja piirangud.

Üheks stsenaariumide rakendumisega kaasnevaks riskiks on kasutatud mudeli täpsus ning sisendandmete prognoosimise paikapidavus. Mudeli täpsuse hindamiseks võrreldi LEAP mudeli poolt statistiliste andmete põhjal arvatud KHG heitkoguseid NIR väärtustega, võrdlus teostati 2000. ja 2010. aasta kohta (vt tabel 8). Võrdlusest selgub, et 2000. aasta KHG heitkoguste LEAP mudeli arvutus vastab üsna täpselt NIR väärtustele, kuid erinevus on 2010. aasta tulemustes. Tutvudes NIR 2013 veel ametlikult kinnitamata aruandega, selgub, et NIR 2012 aruande väärtused 2010. aasta kohta on uues aruandes muutunud. NIR 2013 aruande kohaselt olid 2010. aasta energiamajanduse

KHG emissioonid 17,87 mln t ja sellest kütuste põletamisel tekkivad heitkogused 17,78 mln t. See näitab, et LEAP mudeli arvutused on ka 2010. aasta kohta täpsed. NIR aruande alajaotuste 1.A.4 Muud emissioonid ja 1.A.5 Lenduvad heited emissioone ei ole eraldi LEAP-is modelleeritud, eeldatakse, et need sisalduvad teistes alajaotustes.

Tabel 8. NIR ja LEAP mudeli tulemuste võrdlus, mln t. Allikas: NIR 2012 ja LEAP.

	2000*	2000	2010*	2010
1. Energiamaajandus	14,78	14,57	18,19	17,61
1.A Kütuste põletamine	14,68	14,57	18,10	17,61
1.A.1 Energiatööstus	11,91	11,85	14,64	14,19
1.A.2 Töötlev tööstus	0,58	0,58	0,51	0,47
1.A.3 Transport	1,69	1,68	2,26	2,27
1.A.4 Muud sektorid	0,50	0,47	0,65	0,68
1.A.5 Muud emissioonid	0,02		0,04	
1.B Lenduvad heited	0,10		0,08	

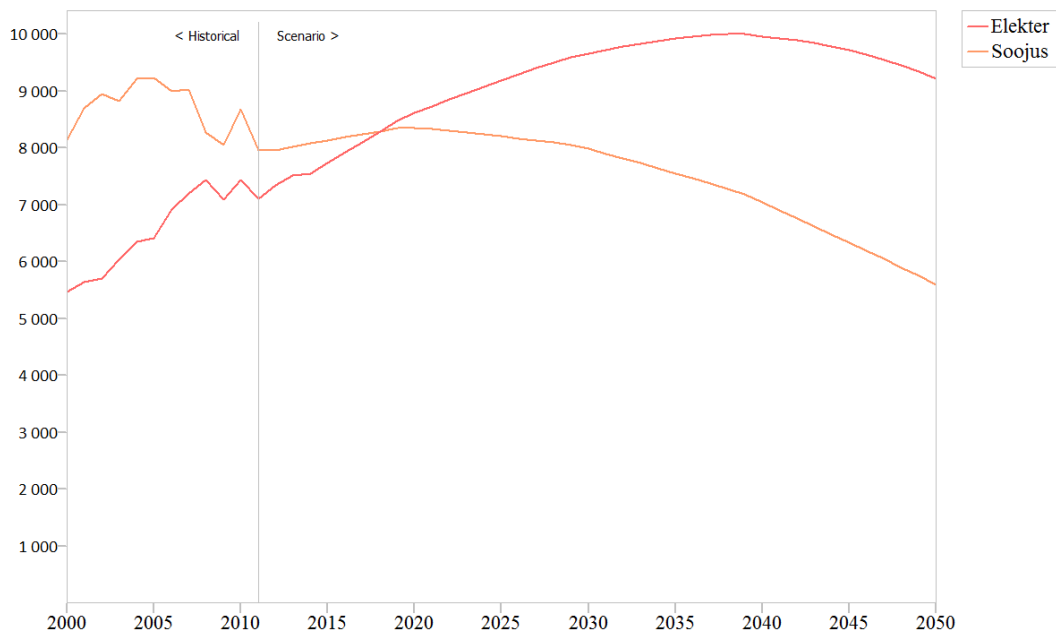
* NIR väärtused

Eesti majanduskasv on viimasel aastakümnel olnud tänu liitumisele Euroopa Liiduga, valitsuste poolt rakendatud liberaalsele majanduspoliitikale ning järjepidevalt rakendatud konservatiivsele eelarve- ja rahanduspoliitikale suhteliselt kõrge. Võrdlemisi kiirele väljumisele 2009. aasta majandus- ja rahanduskriisist on kaasa aidanud ekspordile suunatud ettevõtete ja energiasäästumeetmete toetamine riigieelarvevahenditest ja EL-i struktuurifondidest. Kuna SKP prognoos on aluseks ka tarbimise stsenaariumide koostamisel, siis on prognoosist madalamal või kõrgemal majanduskasvul mõju nii energia tarbimisele, tootmisele kui ka KHG heitkogustele. Lähtuvalt tänasest majandusprognoosidest võib suure tõenäosusega eeldada, et Eesti majanduse SKP kasv jätkub mõõduka kasvu tasemel. Samas ei saa välistada, et mõnel aastal kasvab majandus ning seetõttu ka tarbimine ja KHG heitkogused prognoositust tunduvalt kiiremini või aeglasemalt.

Rahvastiku arengu trendiks Eestis on olnud elanike arvu pidev kahanemine keskmiselt 0,2% aastas. Modelleerimise eelduseks on rahvaarvu languse jätkumine kuni 2050. aastani. Ükski teadaolev prognoos Eesti rahvastikunäitajate osas kasvu ei ennusta. Juhul, kui Eesti rahvaarv vaadeldava perioodi kestel kasvab või langeb prognoositust märkimisväärsel suuremal määral, on sellel kahtlemata tugev mõju kodumajapidamiste energiatarbele.

Elektri ja soojuse tarbimine prognoosi täpsus mõjutab KHG emissioone, kuna see määrab, kui palju on vaja rajada uusi tootmisvõimsusi ning milline on koostootmise potentsiaal. Madalaimate KHG heitkogustega LOW CO2 stsenaariumi elektri ja soojuse lõpptarbimise prognoosist (vt joonis 27) on näha, et kui siiani on soojuse tarbimine olnud kõrgem elektri tarbimisest, siis 2050. aastaks on olukord vastupidine – elektri tarbimine kasvab 5500 GWh-lt 9200 GWh-ni ning soojuse tarbimine väheneb 8500 GWh-lt 5600 GWh-ni. See tähendab, et kui teoreetiliselt võiks koostootmisjaamade soojuse toodang võrgukadusid arvesse võttes olla 2011. aastal 9000 GWh, siis 2050. aastaks väheneb see kolmandiku võrra ehk on vaid 6000 GWh. BAU ja HIGH CO2 stsenaariumides, kus olulist hoonete energiakasutuse efektiivsuse kasvu ette ei nähtud (st riik ei näe ette täiendavaid toetusmeetmeid,

kuid energiakasutuse efektiivsus siiski teatud määral kasvab), oleks soojuste toodang 2050. aastal vastavalt 8500 GWh ja 8000 GWh.

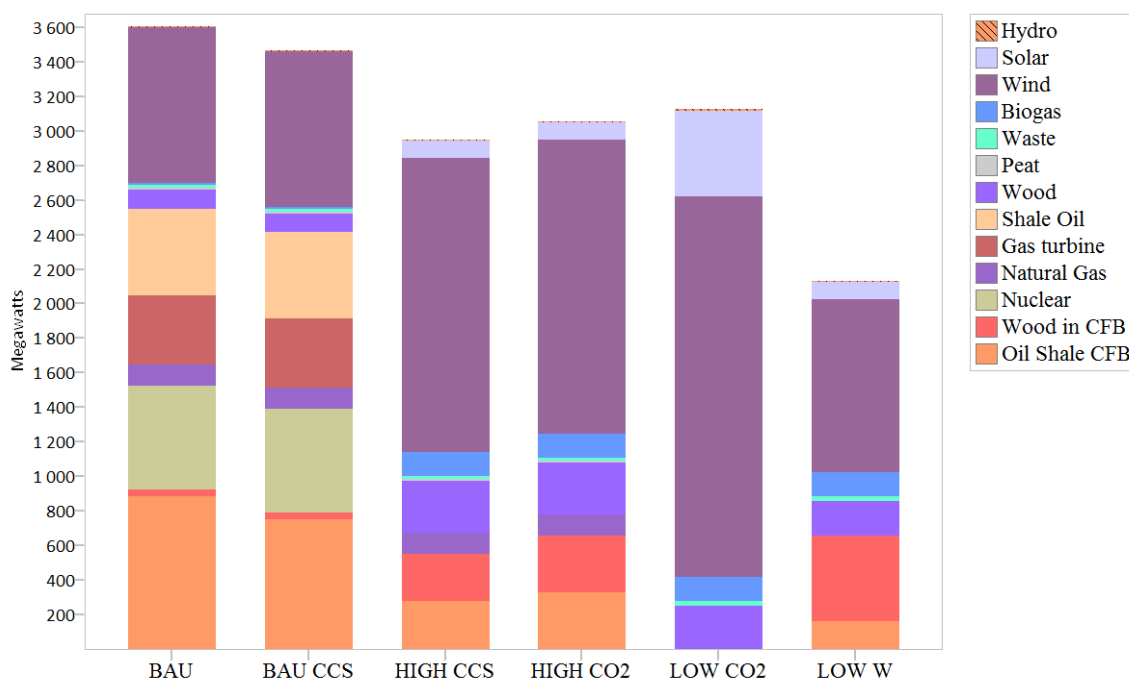


Joonis 27. LOW CO2 stsenaariumi elektri ja soojuste lõpptarbimine, GWh.

Allikas: LEAP

Kõigis stsenaariumides kasvab elektri tarbimine praegusest tasemest kõrgemale ja soojuste tarbimise vähenemise tõttu langeb koostootmise potentsiaalne toodang, mistõttu kasvab vaid elektrit tootvate tootmiseseadmete vajadus. Tootmiseseadmete võimsuse vajadus sõltub lisaks tarbimise kasvule ka kasutatava tehnoloogia eripärast – milline on selle maksimaalne kasutatavustegur ning kui hästi vastab tootmine tarbimisprofiilile. Seetõttu vajab koostootmise pikaajalise potentsiaali hinnang Eestis täiendavat detailset analüüsi, et selgitada välja koostootmise potentsiaal igas kaugküttepiirkonnas ning ka lokaalküttes suuremates tööstus- ja kaubandusettevõtetes, lähtuvalt erinevatest elektri ja soojuste koostootmistehnoloogiate kasutusvõimalustest ning soojuskoormuse katmise osast.

Näitena erinevast tootmiseseadmete võimsuse vajadusest on toodud LOW CO2 ja LOW W stsenaariumide tootmisvõimsuste võrdlus 2050. aastal (vt joonis 28), mõlema puhul on elektri ja soojuste tarbimine sama suur. LOW CO2 stsenaariumis on eeldatud, et põlevkivi- ja maagaasil töötavad elektrijaamad suletakse 2045. aastal ning selle asemele on rajatud 2200 MW elektrituulikuid, 500 MW päikesepaneelide, 250 MW puudul koostootmist, 140 MW biogaasil koostootmist, 28 MW olmeprügil koostootmist ja 5 MW hüdroelektrijaamasid, kokku 3123 MW. LOW W stsenaariumis eeldatakse, et keevkihtplokkid on endiselt 656 MW ulatuses kasutuses ning need kasutavad 75% ulatuses kütusena puitu. Seetõttu väheneb aga elektrituulikute vajadus 1000 MW-ni, puudul koostootmisjaamade võimsus 200 MW-ni ja päikesepaneelide võimsus 100 MW-le ning tootmisvõimsusi on kokku 2129 MW ehk kolmandiku võrra vähem LOW CO2 stsenaariumis.



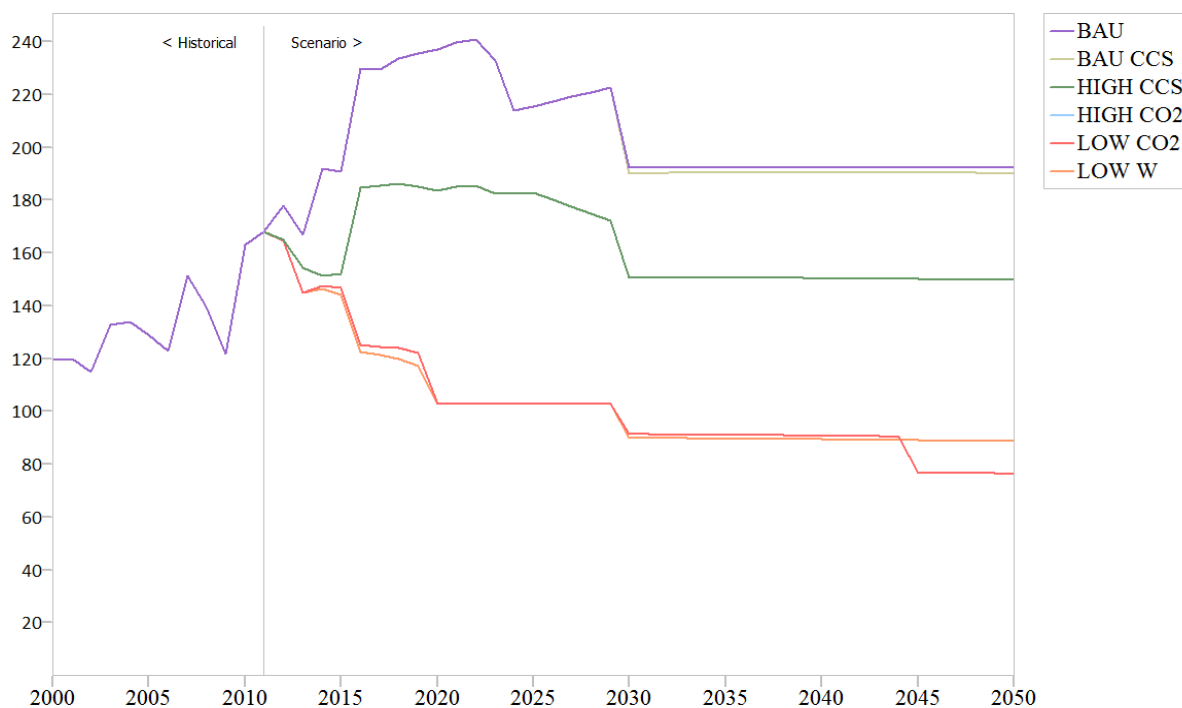
Joonis 28. Elektri tootmisvõimsuste võrdlus 2050. aastal, MW.

Allikas: LEAP

Põlevkivist elektri tootmine on vaadeldud tootmisviisidest CO₂ mahukaim ja KHG heitkoguste vähenemisel on põlevkivikütuse kasutamise osakaalu kahandamisel oluline roll. Eestis summaarselt emiteeritavad KHG kogused sõltuvad ka elektri ekspordimahust. Juhul, kui jätkatakse praeguses mahus (10 000–11 000 GWh) põlevkivist elektri tootmist ja elektri ekspordimist (BAU stsenaarium), jäävad põlevkivist elektri tootmise KHG emissioonid kuni 2023. aastani vahemikku 11–12 mln t aastas. Kui elektrit toodetakse vaid kodumaise tarbimise katmiseks, väheneb põlevkivil elektri jaamade tootmiskaht 7000–7500 GWh-le ning heitkogused kuni 4 mln t võrra ning on 7,5–8 mln t. Pärast kõigi tolm põletusplokkide sulgemist jääb BAU stsenaariumis põlevkivil elektri jaamade KHG heitkoguste tasemeks 6,4 mln t, sest tööle jääb kaks olemasolevat keevkihtkatelt ning rajatakse kaks uut. Juhul, kui rajatakse juurde vaid üks keevkihtplokk, kahanevad emissioonid 4,6 mln tonnini aastas. HIGH CO₂ stsenaariumis eeldatakse, et keevkihtkateldes põletatakse 50% mahust puitu ning sellisel juhul on alates 2030. aastast põlevkivil elektri jaamade KHG heitkogused 2,4 mln t aastas. LOW CO₂ stsenaariumis eeldatakse, et põlevkivil elektri jaamad kasutavad küll 50% mahust kütusena puitu ja lisaks töötavad ka vähendatud töötundidega. Sellisel juhul on alates 2030. aastast põlevkivist elektri tootmise emissioonid 1,3 mln t. LOW W stsenaariumis tõstetakse puidu osakaalu 75%-ni ning sellisel juhul alanevad heitkogused täiskoormusel töötades 1,2 mln tonnini.

Põlevkivist elektri tootmise emissioone mõjutab olulisel määral ka põlevkiviõlitööstuse tootmiskaht ning põlevkivi kaevandamiskaht. Planeeritavate õlitööstuste käivitumisel kasvab nende põlevkivi vajadus 13,2 mln tonnini aastas. BAU ja BAU CCS stsenaariumis, kus on töös nii kõik põlevkiviõliteshad ja neli keevkiht-energiaplokki, on põlevkivi tarbimiskaht alates 2030. aastast 190 000 TJ ehk ligikaudu 21 mln t aastas (sh põlevkiviõli tootmise vajadus 122 000 TJ). Maksimaalne põlevkivi tarbimiskaht on 2022. aastal, kus põlevkivi vajadus on 240 000 TJ ehk 27 mln t. Samas HIGH

CO2 ja HIGH CCS stsenaariumis on põlevkivi tarbimismaht enne 2030. aastat kuni 186 000 TJ ehk 21 mln t ja pärast seda 150 000 TJ ehk 17 mln t. LOW CO2 stsenaariumis langeb põlevkivi tarbimismaht 2050. aastaks 76 000 TJ-ni (9 mln t), millest 75 000 TJ tarbib õlitööstus ja 1000 TJ tsemendi tootmine (vt joonis 29).



Joonis 29. Põlevkivi tarbimismahtude prognoos, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

Siinkohal on oluline märkida, et prognoositud kõrged põlevkivi kasutamise mahud 2022. aastal pole vastuolus praegu kehtiva põlevkivi kaevandamise aastase piirmääraga (20 mln tonni), sest stsenaariumides on arvestatud kaubapõlevkivi mahtudega (kaubapõlevkivi kogused on kaevandamisel maapõuest välja toodud põlevkivi kogustest koefitsiendi 1,2 võrra suuremad) ja põlevkivi võidakse suuremale tarbimisele eelneval perioodil koguda lattu või ka importida Venemaalt.

Põlevkiviõli tootmisega seotud KHG heitkoguste prognoosimisel on oluliseks riskiks selle tootmisel õhku paisatava CO₂ koguse arvutamisel kasutatava süsiniku eriheite teguri usaldusväärsus ja tase, mida arvutustes kasutada. Modelleerimisel kasutati koefitsiendina 25 t CO₂/TJ tarbitud kütuse kohta, kuid EL komisjoni direktiivi 98/79/EC tööversioonis pakutakse põlevkiviõli tootmise KHG heite koefitsiendiks 49 t CO₂/TJ kohta, mis tähendab, et BAU, BAU CCS, HIGH CO2 ja HIGH CCS stsenaariumides võivad põlevkiviõli tootmise KHG heitkogused olla 3 mln t asemel 6 mln t ning LOW CO2 ja LOW W stsenaariumis 1,9 mln t asemel 3,8 mln t.

Teoreetiliselt peaks tulevikus olema võimalik ka põlevkiviõli tootmises rakendada CCS tehnoloogiat ning seetõttu väheneksid KHG heitkogused LOW CO2 stsenaariumis 1,9 mln tonnilt 0,2 mln tonnile. Põlevkiviõli rafineerimisega seotud riskiks on täpsete andmete puudumine tehnoloogia kütuse- ja energiavajaduse kohta. Viru Keemia Grupi andmetel hakkaks nende rafineerimistehas tarbima 10%

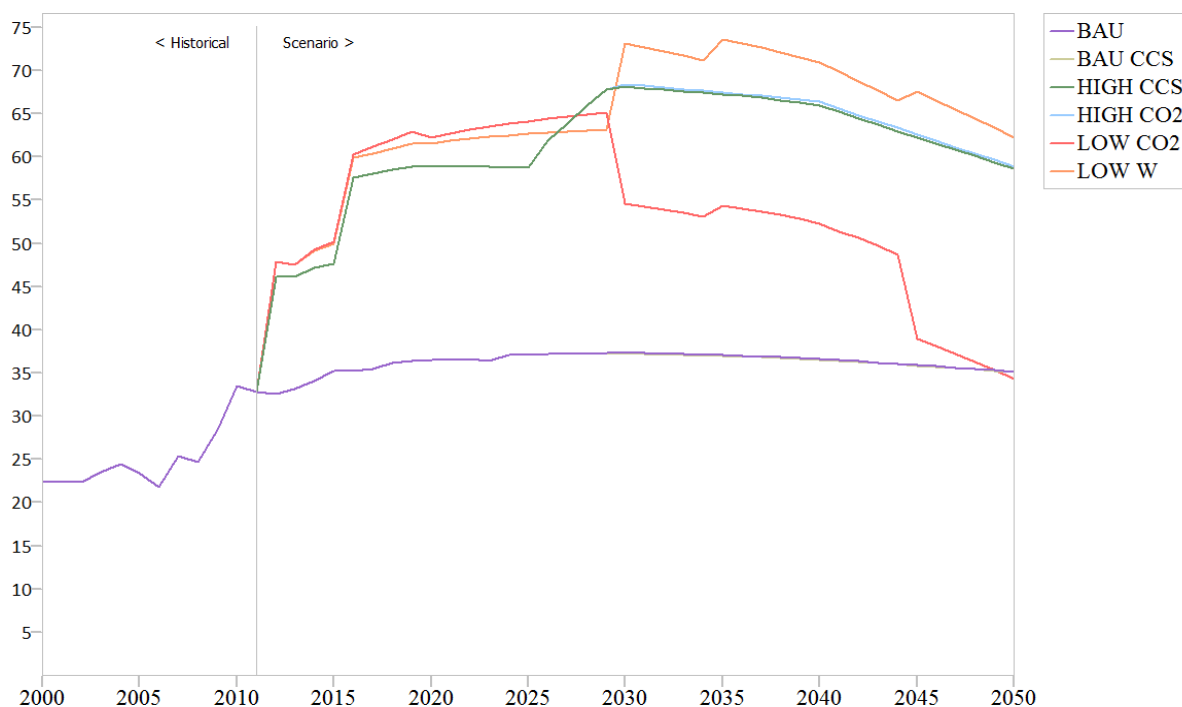
Eestisse tulevast maagaasist, kuid seda eeldust ei ole detailsemate andmete puudumise tõttu mudelisse lisatud.

Kuna mitmes elektri tootmise stsenaariumis oli ette nähtud puidu koospõletamine põlevkiviga, siis on üheks riskiks ka piisava puiduressurssi olemasolu. Perioodil 2000–2011 on puidu tarbimine energiamajanduses kasvanud 32 000 TJ-ni (4,4 mln tm), millest 2011. aastal tarbiti 17 000 TJ (2,2 mln tm) elektri ja soojuste tootmiseks (vt joonis 30). BAU ja BAU CCS stsenaariumis jääb puidu tarbimine kogu energiamajanduses praegusele tasemele, kuid teistes stsenaariumides kasvab kuni kahekordseks. HIGH CO₂ ja HIGH CCS stsenaariumis kasvab energiamajanduse summaarne puidu vajadus 2016. aastaks 58 000 TJ-ni (7,9 mln tm) ja 2030. aastaks 68 000 TJ-ni (9,3 mln tm), kuid langeb 2050. aastaks 60 000 TJ-ni (8,2 mln tm). HIGH CO₂ stsenaariumis vajavad perioodil 2030–2040 koostootmisjaamad 25 000 TJ, keevkihtkatlad 26 000 TJ (kuna 50% kütusest puit), katlamajad 4000 TJ ning kodumajapidamised 13 000 TJ puitu. LOW CO₂ stsenaariumis kasvab puidu vajadus 2025. aastaks 64 000 TJ-ni (8,8 mln tm), kuid väheneb 2050. aastaks 34 000 TJ-ni (4,6 mln tm). Puidu tarbimine kasvab nendest stsenaariumides suuremahulisema puidu kasutamise tõttu elektrijaamades koospõletuseks põlevkiviga ning ka uute koostootmisjaamade rajamise tõttu.

Erinevate tarbimise stsenaariumide puiduvajadus lõpptarbimises (peamiselt kodumajapidamistes) on vahemikus 10 000–17 000 TJ (1,4–2,3 mln tm). Kõrgeim energiamajanduse puidu tarbimismaht (74 000 TJ ehk 10,1 mln tm) on LOW W stsenaariumis, mille KHG heitkogused on ühed madalaimatest. Seejuures tarbivad keevkihtkatlad kuni 38 000 TJ ehk 5,2 mln tm (kuna eeldatakse, et 75% kütusest on puit) ja koostootmisjaamad 16 000 TJ ehk 2,2 mln tm puitu aastas. Kuna tegemist on alamstsenaariumiga, siis LOW W stsenaariumit sektoriülestes stsenaariumides ei sisaldu. Täpsemad andmed energiamajanduse puiduvajaduse kohta on esitatud lisas 1 (vt tabel 144, tabel 145, tabel 146, tabel 147).

ENMAK-i ressursside töörühma aruande põhjal on puiduressurssi potentsiaal 49 000 TJ ehk 6,7 mln tm, mis on madalam enamiku stsenaariumide (v.a BAU ja BAU CCS) puiduvajadusest. HIGH CO₂ ja HIGH CCS stsenaariumis ületab energiamajanduse puiduvajadus seda kogust 1,3–2,7 mln tm võrra ja LOW W stsenaariumis 1,7–3,3 mln tm võrra. LOW CO₂ stsenaariumis ületab kuni aastani 2040 puiduvajadus potentsiaali 0,3–2,1 mln t võrra, misjärel on puiduvajadus alla 6,7 mln t. Puudujääva puiduvajaduse katmise üheks võimaluseks on energiavõsa kasvatamine rohumaadel, mille aastane puiduressurss oleks olenevalt raietsükli pikkusest 0,4–1,9 mln tm, lisaks on vajalik kaaluda võimalusi impordimahtude suurendamiseks (vt ptk 8).

Piiratud puiduressurssi korral tuleks eelistada puidu kasutamist koostootmisjaamades, mitte puidu suuremahulist koospõletust kondensatsioonirežiimil töötavates põlevkivikateldes. Primaarenergia kasutuse efektiivsus elektri toomisel kondensatsioonirežiimil põlevkivi energiablokkides on enam kui kaks korda madalam kui summaarne kasutegur elektri ja soojuste koostootmisel. Koostootmise puhul kasutatakse elektri tootmisel tekkiv soojust ära kaugkütteks, kondensatsioonirežiimis aga jahutatakse turbiine läbinud aur maha ja soojusenergia läheb kaduma. Seetõttu väheneb koostootmise suuremahulisemal kasutamisel primaarenergia tarbimine katlamajades ning kondensatsioonirežiimil töötavate elektrijaamade osakaal tootmises.



Joonis 30. Energiamajanduse puidu tarbimismahtude prognoos, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

KHG püüdurseadmete paigaldamine põlevkivi keevkiht-põletustehnoloogial energiablokkidele vähendaks nelja energiabloki olemasolul KHG emissioone 6,4 mln tonnilt (BAU stsenaarium) 0,6 mln tonnini (BAU CCS) ning kolme energiabloki olemasolul 4,6 mln tonnilt 0,3 mln tonnile (HIGH CCS). Samas on uuringu valmimise ajal CCS tehnoloogia turuletulek ja maksumus ebaselge. Energy Roadmap 2050 tehnilise aruande põhjal on oodata, et CCS tehnoloogia laialdasemal kasutuselevõtul kujuneb ärahoitava CO₂ emissiooni maksumuseks 30–45 eurot ühe tonni CO₂ kohta ning sellele lisanduvad transpordi ja salvestuse kulud 10 eurot ühe tonni CO₂ kohta. Samuti on riskiks CO₂ sidumise protsent, modelleerimisel oli aluseks, et püütakse kinni 90% süsinikust, kuid juhul, kui protsessi efektiivsus on vaid 85%, oleksid KHG emissioonid modelleeritust kõrgemad. Samamoodi mõjutab tulemust süsiniku püüdmise protsessiks vajamineva energia kogus. Modelleerimise eelduseks oli, et energiavajadus on 15%, samas on mõnedel CCS tehnoloogiatel kütusekulu kuni 40% suurem, mis vähendaks märkimisväärselt võrku antava elektri kogust.

CO₂ hind Euroopa emissioonikaubanduse turul on stsenaariumide realiseerumise tõenäosuse olulisim mõjutegur. Nii põlevkivist elektri tootmise kui ka CCS tehnoloogia kasutuselevõtt sõltub muuhulgas olulisel määral CO₂ hinnast. Mida kallim on CO₂ kvoodi hind, seda konkurentsivõimelisem on KHG-vähese energia tootmine ja müük ning seda vähem toodetakse põlevkivist toodetud elektrit, kuna võrreldes teiste tehnoloogiatega elektri tootmisega on põlevkivielektri CO₂ heitkoguste tase üks kõrgematest. Thomson Reuters PointCarboni hinnangul kujuneb perioodil 2013–2020 Euroopa heitkogustega kauplemise turul CO₂ kvoodi hinnaks 14–20 eurot tonni CO₂-ekv kohta (keskmine hind 16 eurot tonni kohta). Arvestades, et 2012. aasta lõpus oli hind 7–8 eurot, prognoositakse võrdlemisi

suurt hinnatõusu. Eeldatakse, et kasvab jätkub ka edaspidi ja kauplemisperioodil pärast 2020. aastat kujuneb ühe tonni CO₂ hinnaks 27–47 eurot (Barclays 2012).

Lähtuvalt Euroopa Komisjoni initsiatiividest ja eeldatavatest poliitikameetmete mõjust, on kõige tõenäolisem, et vaadeldaval perioodil rakenduvad CO₂ hinnatasemed samm-sammult ja ajavahemikuks 2018–2020 võib eeldada hinnataseme 20 eurot tonni kohta saavutamist EL-i heitkogustega kauplemise turul. Perioodil 2021–2030 on eeldatav hind 30 eurot ja ajavahemikus 2030–2050 45 eurot tonni kohta. Seoses hiljuti käivitatud Euroopa Komisjoni initsiatiiviga lubatud heitkoguste ajutiseks eemaldamiseks (*backloading*) Euroopa emissioonikaubanduse turult, on Reuters PointCarbon oma hinnaprognoose korrigeerinud ja aastani 2020 prognoositakse uueks keskmiseks ühe tonni CO₂ kvoodi hinnaks 11 eurot (Arvanitakis 2013). Samas on siinkohal oluline arvestada, et mainitud prognoosid ja tegelikud hinnatasemed sõltuvad suurel määral poliitilistest otsustest EL-i tasandil.

Üheks stsenaariumide rakendumise riskiks on ka uute tehnoloogiate turuletulek. Elektri tootmise puhul on võimalik, et 2050. aasta perspektiivis võivad kommertskasutuses olla tehnoloogiad nagu kütuseelemendid, mikro-koostootmisjaamad, termotuumaenergia, geotermaalenergia ning erinevad salvestusvõimalused (vesinik, suruõhk, hoorattad, akud jne). Samuti ei käsitletud päikesekollektorite kasutust soojuse tootmiseks, mille mõju soojuse tarbimisele vajaks täiendavat analüüsi. Päikesekollektorite kasutus asendaks osaliselt märtsist kuni oktoobrini sooja tarbevee kasutamiseks vajaliku elektrienergia, maagaasi ja puidu koguseid. Eeldatud on, et vaadeldaval perioodil jääb päikeseenergia kasutamine soojuse tootmiseks suhteliselt kõrgete seadmete soetuskulude tõttu siiski marginaalseks ning tiheasumites on valdavaks hoonete kütmise viisiks endiselt kaugküte.

3.5. Modelleerimise tulemused

Modelleerimise tulemuste all on analüüsitud kõigepealt kogu energiamajanduse (IPCC alajaotus 1) ning seejärel alamsektorite 1.A.1 energiatööstus, 1.A.2 töötlev tööstus ja 1.A.4 muud sektorid heitkoguseid. See tähendab, et summaarsete energiamajanduse emissioonide all sisalduvad ka alamsektori 1.A.3 transport heitkogused. Stsenaariumide võrdlemiseks häälestati LEAP mudel selliselt, et nii stsenaariumide rakendamisega kaasnevate KHG heitkoguste summaarsed aastakogused kui ka muude parameetrite (kütuste kasutus, tarbimine jne) arvnäitajad esitatakse prognoosis aastakümnete kaupa, andmaks ülevaade stsenaariumide realiseerimisel saavutatavatest vahe-eesmärkidest aastatel 2020, 2030, 2040 ja vaadeldava perioodi lõpuks aastal 2050. Nimetatud vahe-eesmärkideni jõutakse, rakendades kõiki sektoripõhiseid meetmeid sellisel moel nagu on kirjeldatud vastavaid sektoreid puudutavates peatükkides. Vahe-etappideks saavutatavad numbrilised näitajad on eraldi välja toodud tabelitena, kus aastate 1990, 2000 ja 2010 näitajad kajastavad tegelikke statistilistes aruannetes toodud tulemusi ja 2020–2050 tulemused on tuletatud vastavalt stsenaariumidega etteantud muutustele tootmises ja tarbimises.

3.5.1. Energiamaajandus

Energiamaajanduse (sh transport) KHG emissioonid on alanenud 1990. aasta 35,76 mln tonni tasemelt 14,78 mln tonnini 2000. aastal, kuid seejärel taas tõusnud 18,19 mln tonnini 2010. aastal. Modelleerimise tulemustest selgub (vt tabel 9), et energiamaajanduse KHG heitkogused oleksid 2050. aastal BAU stsenaariumis 51%, BAU CCS stsenaariumis 67%, HIGH CO2 stsenaariumis 72%, HIGH CCS stsenaariumis 78%, LOW W stsenaariumis 87% ja LOW CO2 stsenaariumis 90% madalamad võrreldes 1990. aasta tasemega. 2020. aastaks oleks LOW CO2 stsenaariumis võimalik saavutada KHG heite vähenemine 76%, 2030. aastaks 81% ja 2040. aastaks 84%.

Seega selgub modelleerimise tulemuste analüüsimisel, et LOW CO2 stsenaariumis oleks võimalik saavutada 90% KHG heitkoguste kokkuhoid. Kui põlevkiviõli tootmises rakendada täiendavalt CCS-i, siis oleks võimalik LOW CO2 stsenaariumis heitkoguseid vähendada veel 1,68 mln t võrra ehk 2050. aastal oleksid energiamaajanduse emissioonid 1,81 mln t ja saavutatakse 95% kokkuhoid võrreldes 1990. aasta tasemega.

Tabel 9. Energiamaajanduse KHG emissioonide võrdlus. Allikas: NIR 2012 ja LEAP.

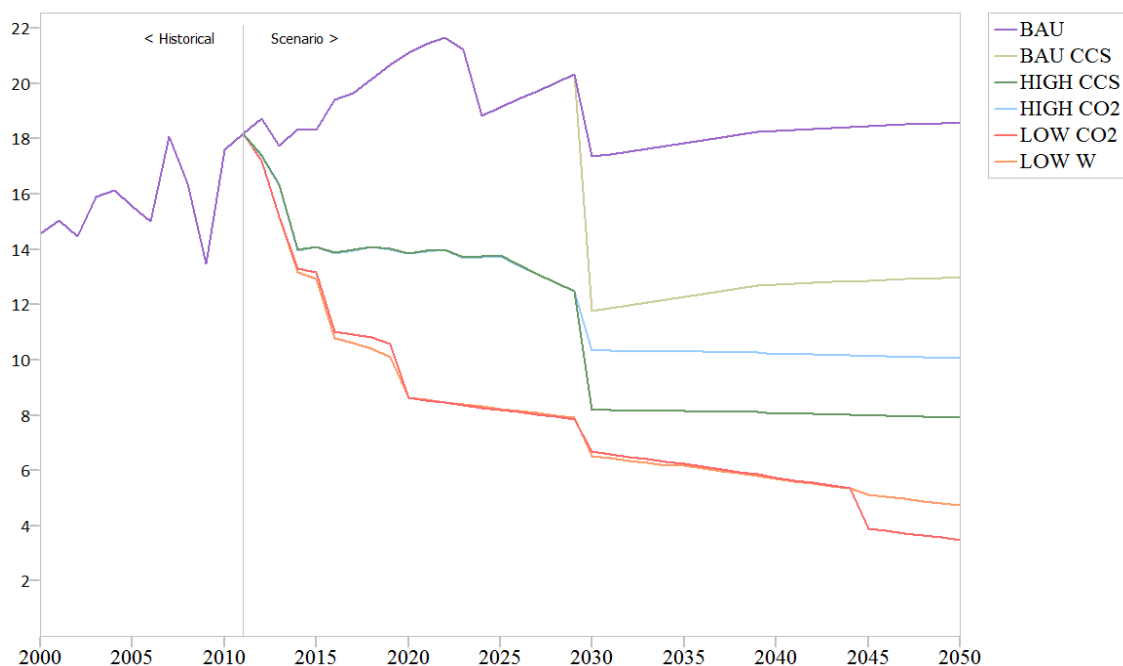
mln t	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
BAU	35,76	14,78	18,19	20,31	16,39	17,22	17,49
BAU CCS				20,31	10,80	11,65	11,89
HIGH CO2				13,85	10,33	10,21	10,06
HIGH CCS				13,87	8,18	8,07	7,91
LOW W				8,63	6,53	5,69	4,73
LOW CO2				8,62	6,68	5,73	3,49
KHG heitkoguste vähenemine 1990. aasta tasemega võrreldes							
BAU	0%	-59%	-49%	-43%	-54%	-52%	-51%
BAU CCS				-43%	-70%	-67%	-67%
HIGH CO2				-61%	-71%	-72%	-72%
HIGH CCS				-61%	-77%	-78%	-78%
LOW W				-76%	-82%	-84%	-87%
LOW CO2				-76%	-81%	-84%	-90%

* NIR väärtused

BAU stsenaariumis kasvaksid KHG heitkogused 2020. aastaks 20,31 mln tonnini, kuid 2050. aastaks väheneksid need 17,49 mln tonnini. Stsenaariumides HIGH CO2, HIGH CCS, LOW CO2 ja LOW W hakkaksid emissioonid juba alates 2012. aastast alanema ning madalaimate emissioonidega LOW CO2 stsenaariumi heitkogused väheneksid 2050. aastaks 3,49 mln tonnini (vt joonis 31). See tähendab, et LOW CO2 stsenaariumi KHG emissioonid oleksid 2050. aastal 80% madalamad kui BAU stsenaariumi puhul.

Energiamaajanduse emissioonidest moodustavad suurima osa energiatööstuse heitkogused, mis moodustasid nii 1990., 2000. kui ka 2010. aastal ligikaudu 80% energiamaajanduse KHG emissioonidest. Modelleerimise tulemustest selgub, et energiatööstuse osatähtsus energiamaajanduse heites väheneb, moodustades 2050. aastaks BAU stsenaariumis 67%, BAU CCS

stsenaariumis 51%, HIGH CO2 stsenaariumis 58%, HIGH CCS stsenaariumis 47%, LOW W stsenaariumis 67% ja LOW CO2 stsenaariumis 54% energiamajanduse emissioonidest. Kõigis stsenaariumides tõuseb transpordi heitkoguste osakaal, kasvades 12%-lt 2050. aastaks olenevalt stsenaariumist 20–39%-ni (vt tabel 10).



Joonis 31. Energiamajanduse KHG heitkoguste prognoos, mln t.

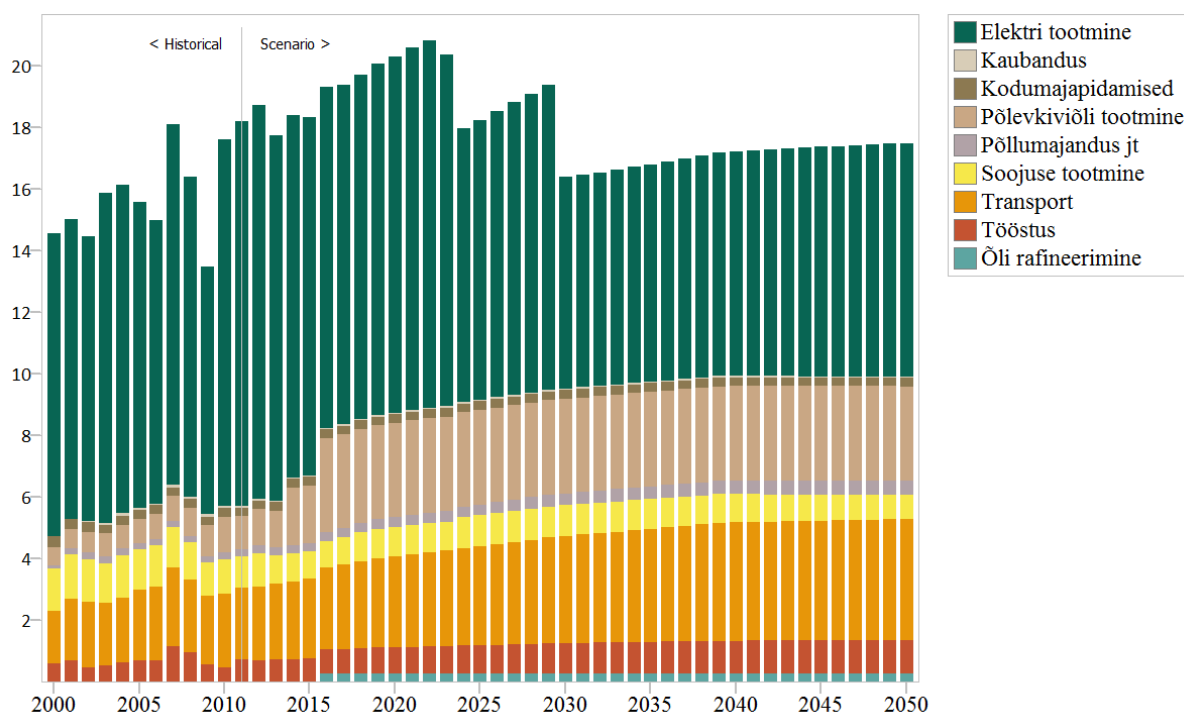
Allikas: LEAP

Tabel 10. Energiamajanduse KHG heitkogused sektorite lõikes, mln t. Allikas: NIR 2012 ja LEAP.

BAU	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
1.A Kütuste põletamine	35,76	14,68	18,10	20,31	16,39	17,22	17,49
1.A.1 Energiatööstus	28,73	11,91	14,64	15,88	11,22	11,57	11,72
1.A.2 Töötlev tööstus	2,49	0,58	0,51	0,84	0,97	1,05	1,06
1.A.3 Transport	2,49	1,69	2,26	2,94	3,48	3,84	3,94
1.A.4 Muud sektorid	2,00	0,50	0,65	0,66	0,72	0,77	0,77
BAU-CCS	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
1.A Kütuste põletamine	35,76	14,68	18,10	20,31	10,80	11,65	11,89
1.A.1 Energiatööstus	28,73	11,91	14,64	15,88	5,62	6,00	6,12
1.A.2 Töötlev tööstus	2,49	0,58	0,51	0,84	0,97	1,05	1,06
1.A.3 Transport	2,49	1,69	2,26	2,94	3,48	3,84	3,94
1.A.4 Muud sektorid	2,00	0,50	0,65	0,66	0,72	0,77	0,77
HIGH CO2	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
1.A Kütuste põletamine	35,76	14,68	18,10	13,85	10,33	10,21	10,06
1.A.1 Energiatööstus	28,73	11,91	14,64	9,89	6,05	5,89	5,89
1.A.2 Töötlev tööstus	2,49	0,58	0,51	0,79	0,82	0,77	0,66
1.A.3 Transport	2,49	1,69	2,26	2,58	2,90	3,04	3,08

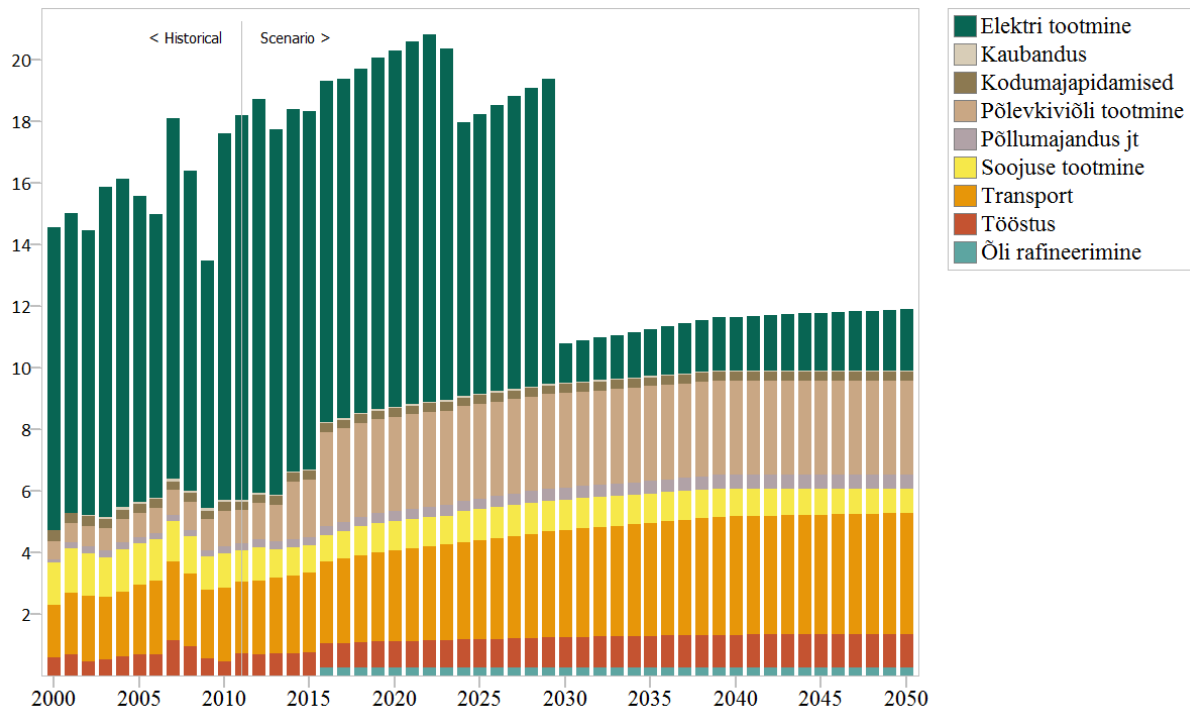
1.A.4 Muud sektorid	2,00	0,50	0,65	0,59	0,57	0,51	0,43
HIGH CCS	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
1.A Kütuste põletamine	35,76	14,68	18,10	13,87	8,18	8,07	7,91
1.A.1 Energiatööstus	28,73	11,91	14,64	9,91	3,90	3,75	3,74
1.A.2 Töötlev tööstus	2,49	0,58	0,51	0,79	0,82	0,77	0,66
1.A.3 Transport	2,49	1,69	2,26	2,58	2,90	3,04	3,08
1.A.4 Muud sektorid	2,00	0,50	0,65	0,59	0,57	0,51	0,43
LOW W	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
1.A Kütuste põletamine	35,76	14,68	18,10	8,63	6,53	5,69	4,73
1.A.1 Energiatööstus	28,73	11,91	14,64	5,07	3,45	3,38	3,16
1.A.2 Töötlev tööstus	2,49	0,58	0,51	0,74	0,70	0,59	0,43
1.A.3 Transport	2,49	1,69	2,26	2,30	1,97	1,42	0,93
1.A.4 Muud sektorid	2,00	0,50	0,65	0,51	0,40	0,30	0,21
LOW CO2	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
1.A Kütuste põletamine	35,76	14,68	18,10	8,62	6,68	5,73	3,49
1.A.1 Energiatööstus	28,73	11,91	14,64	5,06	3,60	3,42	1,92
1.A.2 Töötlev tööstus	2,49	0,58	0,51	0,74	0,70	0,59	0,43
1.A.3 Transport	2,49	1,69	2,26	2,30	1,97	1,42	0,93
1.A.4 Muud sektorid	2,00	0,50	0,65	0,51	0,40	0,30	0,21

* NIR väärtused



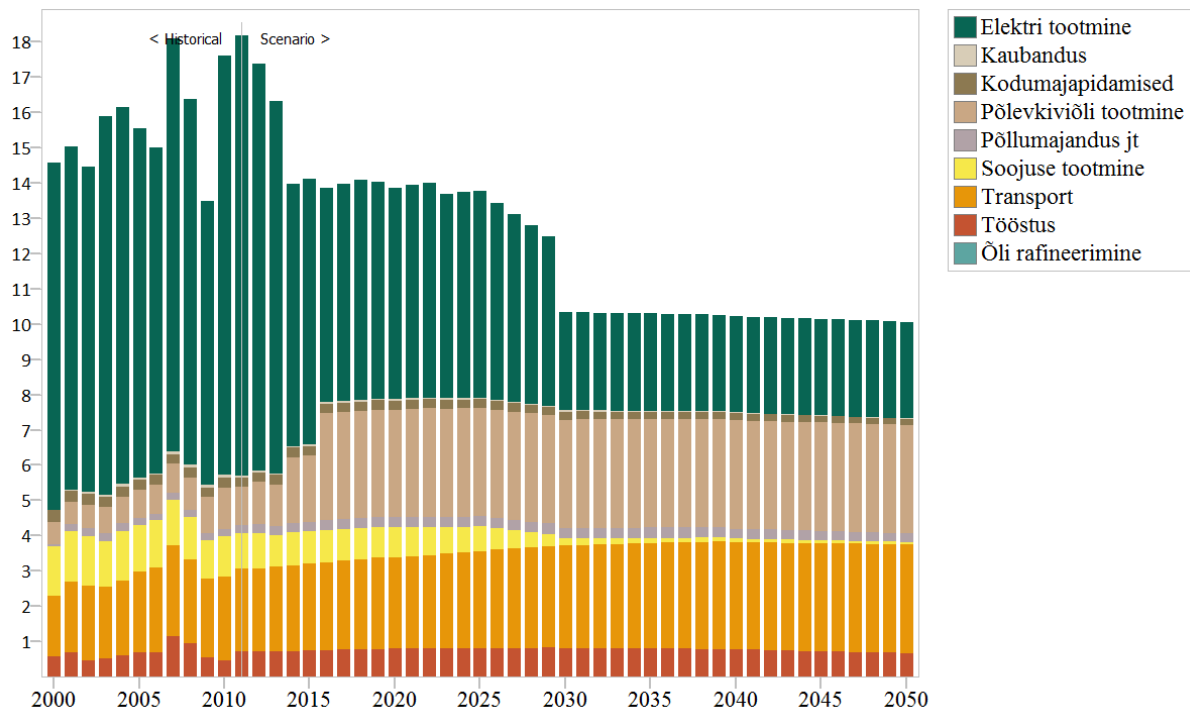
Joonis 32. KHG heitkoguste prognoos BAU stsenaariumi järgi, mln t.

Allikas: LEAP



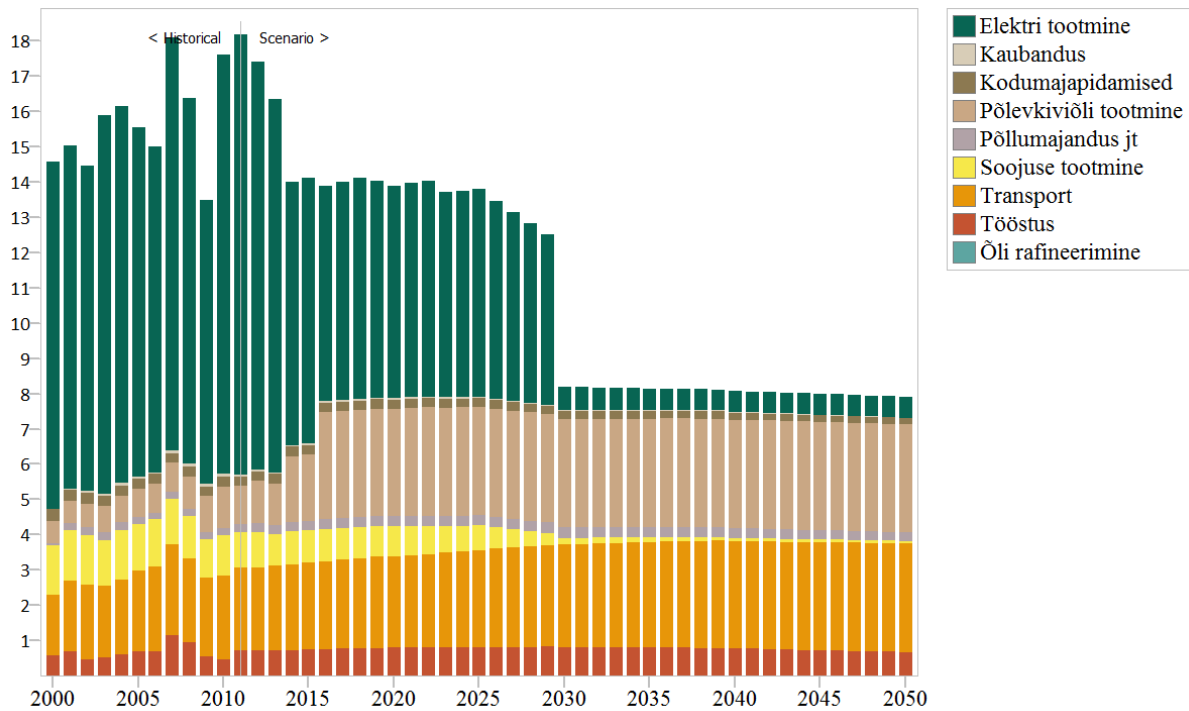
Joonis 33. KHG heitkoguste prognoos BAU CCS stsenaariumi järgi, mln t.

Allikas: LEAP



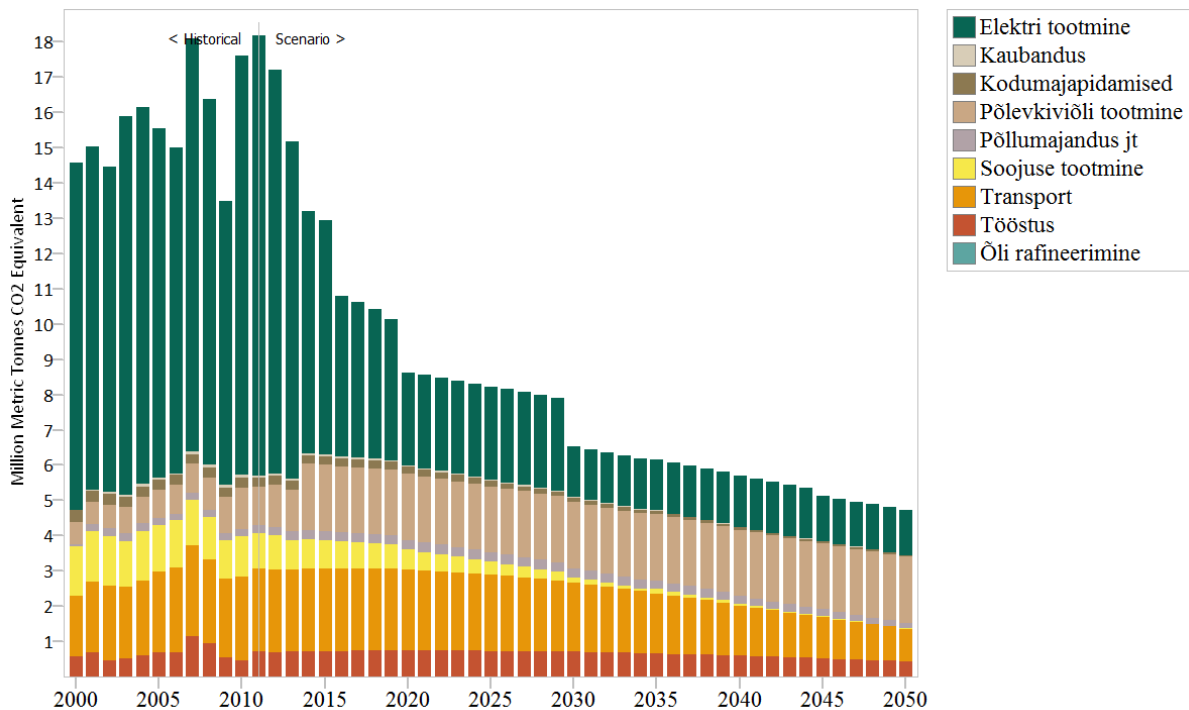
Joonis 34. KHG heitkoguste prognoos HIGH CO2 stsenaariumi järgi, mln t.

Allikas: LEAP



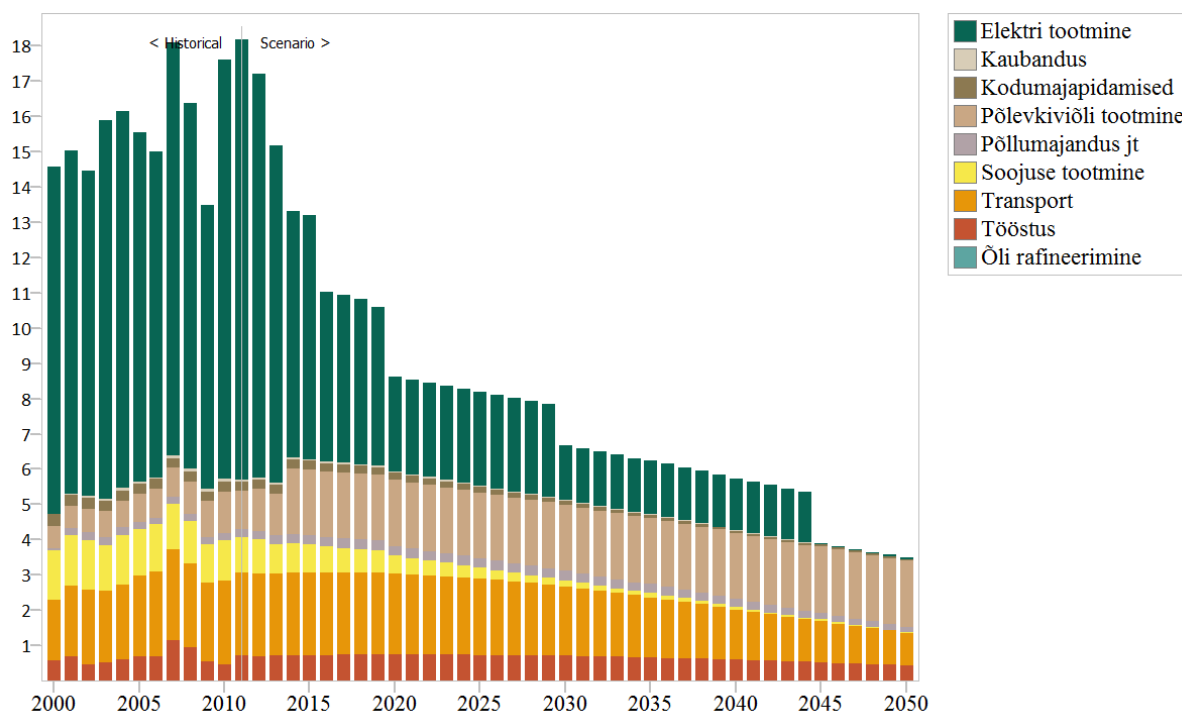
Joonis 35. KHG heitkoguste prognoos HIGH CCS stsenaariumi järgi, mln t.

Allikas: LEAP



Joonis 36. KHG heitkoguste prognoos LOW W stsenaariumi järgi, mln t.

Allikas: LEAP



Joonis 37. KHG heitkoguste prognoos LOW CO2 stsenaariumi järgi, mln t.

Allikas: LEAP

3.5.2. Energiatööstus

Energiatööstuse emissioonide modelleerimisel on prognoositud elektri, soojuse ja põlevkiviõli tootmise KHG heitkoguseid. Energiatööstuse KHG heide on alanenud 1990. aasta 28,7 mln tonnilt 11,9 mln tonnini 2000. aastal, kuid seejärel taas tõusnud 14,6 mln tonnini 2010. aastal. Modelleerimise tulemustest selgub (vt tabel 11), et energiatööstuse KHG heitkogused oleksid 2050. aastal BAU stsenaariumis 59%, BAU CCS stsenaariumis 79%, HIGH CO2 stsenaariumis 80%, HIGH CCS stsenaariumis 87%, LOW W stsenaariumis 89% ja LOW CO2 stsenaariumis 93% madalamad võrreldes 1990. aasta tasemega. Aastaks 2020 oleks LOW CO2 stsenaariumis võimalik saavutada energiatööstuse KHG emissioonide vähenemine 82%, 2030. aastaks 87% ja 2040. aastaks 93%.

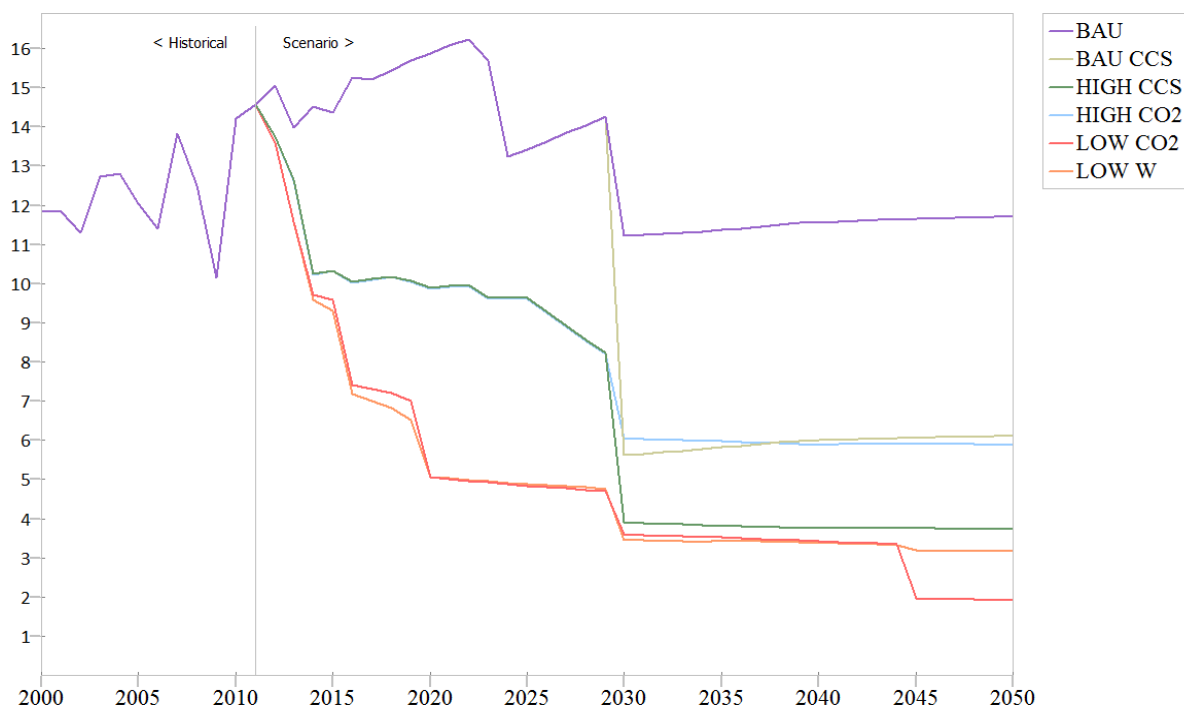
Tabel 11. Energiatööstuse KHG heitkogused ja nende vähenemine 1990. aastaga võrreldes. Allikas: NIR 2012 ja LEAP.

mln t	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
BAU	28,73	11,91	14,64	15,88	11,22	11,57	11,72
BAU CCS				15,88	5,62	6,00	6,12
HIGH CO2				9,89	6,05	5,89	5,89
HIGH CCS				9,91	3,90	3,75	3,74
LOW W				5,07	3,45	3,38	3,16
LOW CO2				5,06	3,60	3,42	1,92
KHG heitkoguste vähenemine 1990. aasta tasemega võrreldes							
BAU	0%	-59%	-49%	-45%	-61%	-60%	-59%
BAU CCS				-45%	-81%	-79%	-79%
HIGH CO2				-66%	-79%	-80%	-80%
HIGH CCS				-66%	-87%	-87%	-87%
LOW W				-82%	-88%	-88%	-89%
LOW CO2				-82%	-87%	-88%	-93%

* NIR väärtused

BAU stsenaariumis kasvaksid KHG emissioonid 2020. aastaks 15,9 mln tonnini, kuid 2050. aastaks jõuaksid 2010. aasta tasemele 11,7 mln t. HIGH CO2, HIGH CCS, LOW CO2 ja LOW W stsenaariumide emissioonid alaneksid juba alates 2012. aastast ning madalaimate emissioonidega LOW CO2 stsenaariumi heitkogused väheneksid 2050. aastaks 1,9 mln tonnini (vt joonis 38). See tähendab, et LOW CO2 stsenaariumi KHG emissioonid oleksid 2050. aastal BAU stsenaariumist 84% madalamad.

Energiatööstuse emissioonidest moodustavad suurima osa elektrijaamade heitkogused, mis moodustasid nii 2000. kui ka 2010. aastal ligikaudu 65% energiamajanduse KHG heitest. Modelleerimise tulemustest (vt tabel 12) selgub, et elektrijaamade KHG heitkoguseid on võimalik vähendada LOW CO2 stsenaariumis taastuvenergia põhineva elektri tootmise kaudu 40 000 tonnini. Samuti on võimalik koostootmise ja biomassi kasutamisega vähendada soojuse tootmise heitkoguseid 10 000 tonnini. Samas tõusevad põlevkiviõli tootmise KHG emissioonid BAU ja BAU CCS stsenaariumis 3,4 mln tonnini (suuremahuline põlevkiviõli tootmine ja mootorikütuste tootmine), HIGH CO2 ja HIGH CCS stsenaariumis 3,1 mln tonnini (suuremahuline põlevkiviõli tootmine) ning LOW CO2 ja LOW W stsenaariumis 1,9 mln tonnini (põlevkiviõli tootmine väiksemas mahus). Seetõttu suureneb märkimisväärselt põlevkiviõli tootmise emissioonide osakaal.



Joonis 38. Energiatööstuse (elektri, soojuse ja põlevkiviõli tootmise) KHG heitkoguste prognoos.

Allikas: LEAP

Tabel 12. Energiatööstuse KHG heitkogused sektorite lõikes, mln t. Allikas: LEAP.

BAU	2000	2010	2020	2030	2040	2050
1.A.1 Energiatööstus	11,84	14,20	15,88	11,22	11,57	11,72
Elektrijaamad	9,84	11,90	11,59	6,87	7,30	7,59
Katlamajad	1,40	1,13	0,97	1,00	0,92	0,78
Põlevkiviõlitööstus	0,61	1,17	3,33	3,35	3,35	3,35
BAU CCS	2000	2010	2020	2030	2040	2050
1.A.1 Energiatööstus	11,84	14,20	15,88	5,62	6,00	6,12
Elektrijaamad	9,84	11,90	11,59	1,28	1,74	1,99
Katlamajad	1,40	1,13	0,97	0,99	0,91	0,78
Põlevkiviõlitööstus	0,61	1,17	3,33	3,35	3,35	3,35
HIGH CO2	2000	2010	2020	2030	2040	2050
1.A.1 Energiatööstus	11,84	14,20	9,89	6,05	5,89	5,89
Elektrijaamad	9,84	11,90	5,98	2,78	2,72	2,74
Katlamajad	1,40	1,13	0,86	0,20	0,10	0,08
Põlevkiviõlitööstus	0,61	1,17	3,05	3,07	3,07	3,07
HIGH CCS	2000	2010	2020	2030	2040	2050
1.A.1 Energiatööstus	11,84	14,20	9,91	3,90	3,75	3,74
Elektrijaamad	9,84	11,90	6,00	0,65	0,58	0,60
Katlamajad	1,40	1,13	0,86	0,18	0,09	0,07
Põlevkiviõlitööstus	0,61	1,17	3,05	3,07	3,07	3,07

LOW W	2000	2010	2020	2030	2040	2050
1.A.1 Energiatööstus	11,84	14,20	5,07	3,45	3,38	3,16
Elektrijaamad	9,84	11,90	2,64	1,44	1,45	1,28
Katlamajad	1,40	1,13	0,56	0,14	0,06	0,01
Põlevkiviõlitööstus	0,61	1,17	1,87	1,87	1,87	1,87
LOW CO2	2000	2010	2020	2030	2040	2050
1.A.1 Energiatööstus	11,84	14,20	5,06	3,60	3,42	1,92
Elektrijaamad	9,84	11,90	2,69	1,56	1,47	0,04
Katlamajad	1,40	1,13	0,50	0,18	0,07	0,01
Põlevkiviõlitööstus	0,61	1,17	1,87	1,87	1,87	1,87

3.5.3. Töötlev tööstus

Töötleva tööstuse KHG emissioonid on alanenud 1990. aasta 2,5 mln t tasemelt 0,5 mln tonnini 2010. aastal. Modelleerimise tulemustest selgub (vt tabel 13), et energiamajanduse KHG heitkogused oleksid 2050. aastal BAU stsenaariumis 57%, HIGH CO2 stsenaariumis 73%, LOW CO2 stsenaariumis 83% madalamad võrreldes 1990. aasta tasemega. Samas on aga ainult LOW CO2 stsenaariumi emissioonid madalamad 2010. aasta tasemest.

Tabel 13. Töötleva tööstuse KHG heitkogused ja nende vähenemine 1990. aastaga võrreldes. Allikas: NIR 2012 ja LEAP.

mln t	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
BAU	2,49	0,58	0,51	0,84	0,97	1,05	1,06
HIGH CCS				0,79	0,82	0,77	0,66
LOW CO2				0,74	0,7	0,59	0,43
KHG heitkoguste vähenemine 1990. aasta tasemega võrreldes							
BAU	0%	-77%	-80%	-66%	-61%	-58%	-57%
HIGH CCS				-68%	-67%	-69%	-73%
LOW CO2				-70%	-72%	-76%	-83%

* NIR väärtused

3.5.4. Muud sektorid

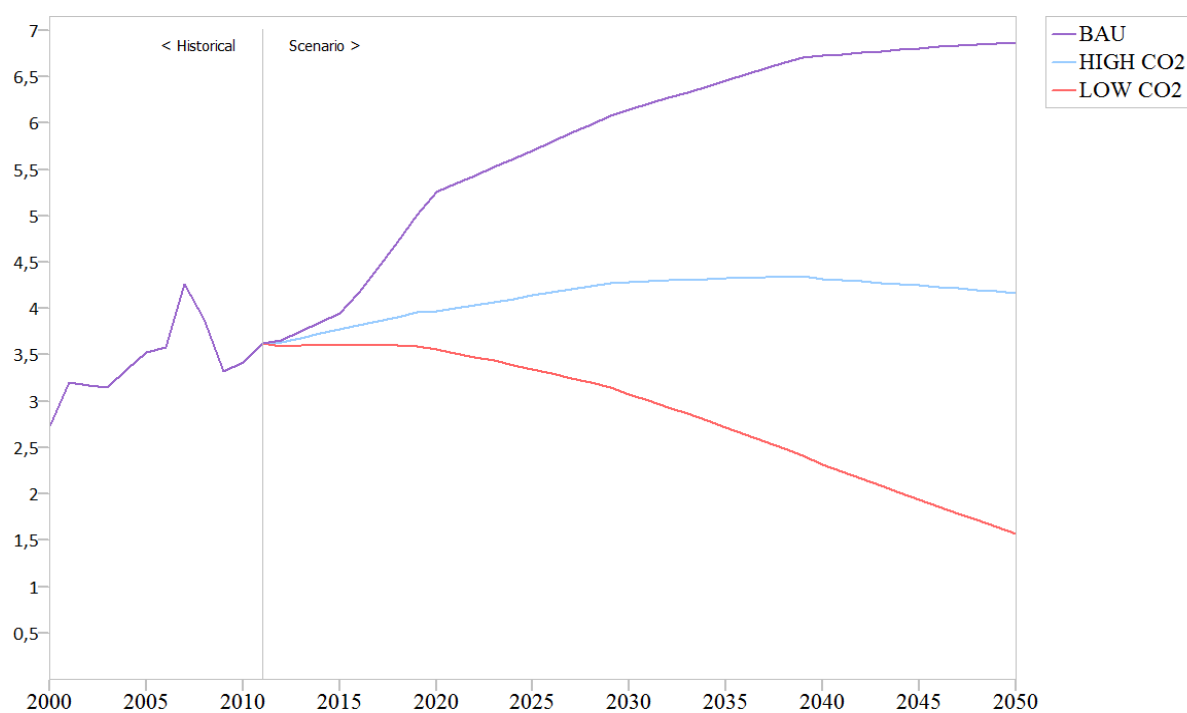
Muude sektorite heitkoguste modelleerimisel on prognoositud põllumajanduses, teenindussektoris ja kodumajapidamistes kütuste põletamisel tekkivaid KHG emissioone. Muude sektorite KHG emissioonid on alanenud 1990. aasta 2,0 mln t tasemelt 0,5 mln tonnini 2000. aastal, kuid seejärel taas tõusnud 0,7 mln tonnini 2010. aastaks. Modelleerimise tulemustest selgub (vt tabel 14), et energiamajanduse KHG emissioonid oleksid 2050. aastal BAU stsenaariumis 62%, HIGH CO2 stsenaariumis 79%, ja LOW CO2 stsenaariumis 89% madalamad võrreldes 1990. aasta tasemega.

2030. aastaks oleks LOW CO2 stsenaariumis võimalik saavutada KHG heite vähenemine 80% ja 2040. aastaks 85%.

Tabel 14. Muude sektorite KHG heitkogused ja nende vähenemine 1990. aastaga võrreldes. Allikas: NIR 2012 ja LEAP.

mIn t	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
BAU	2,00	0,50	0,65	0,66	0,72	0,77	0,77
HIGH CCS				0,59	0,57	0,51	0,43
LOW CO2				0,51	0,40	0,30	0,21
KHG heitkoguste vähenemine 1990. aasta tasemega võrreldes							
BAU	0%	-75%	-68%	-68%	-64%	-62%	-62%
HIGH CCS				-71%	-72%	-75%	-79%
LOW CO2				-75%	-80%	-85%	-89%

* NIR väärtused



Joonis 39. Tööstuse, transpordi ja muude sektorite (ehk lõpptarbimise) KHG heitkoguste prognoos, mIn t.

Allikas: LEAP

3.6. Meetmed ja investeeringud

Stsenaariumide realiseerumist mõjutab riigi soov ja suutlikkus majandusprotsesse ja -arengut poliitikameetmete rakendamisega ohjata. Kuna Kyoto protokolliga baasaastal ehk 1990. aastal varustas Eesti ka Venemaa loodepiirkonda elektriga, olid toonased KHG heitkogused kõrged ja nüüdseks toimunud emissioonide vähenemine peaaegu pooles mahus võrreldes baasaasta tasemega on eelkõige majanduse restruktureerimise tulemus pärast Eesti taasiseseisvumist. Seetõttu on vaja riigipoolset sekkumist KHG heitkoguste vähendamiseks 85–90% ulatuses 1990. aasta tasemest. Madala süsinikuga energeetikasektori arenguks on vaja soodustada elektri ja soojuse koostootmise kasutamist nii väiksemates linnades kui ka tööstusettevõtetes ning fossiilsetelt kütustelt taastuvatele energiaallikatele üleminekut nii elektri- ja soojuse tootmises kui ka lõpptarbivate puhul. Samuti on vaja rajada biogaasijaamasid, uusi tuuleparke ja paigaldada hoonetele päikesepaneelid. Oluline on vähendada energia lõpptarbimist hoonete energiatõhususe kasvu ja elektrienergia säästu kaudu.

Vaadeldavate stsenaariumide teostumine sõltub riigipoolse sekkumise ulatusest ja tõhususest ehk sellest, kas riik rakendab piisavalt tõhusaid meetmeid energia- ja ressursside efektiivsemaks kasutamiseks. Samuti on võtmetähtsusega see, kas riik suudab motiveerida nii tarbijaid oma tarbimisharjumusi muutma kui ka tootjaid efektiivsemaid ja süsinikuväheseid tehnoloogiaid valima kas regulatsioonide (kohustuslikud energiatõhususe sihtarvud) või fiskaalmeetmete (nii maksude ja koormiste kui ka investeeringutoetuste ja subsidiumidega) kaudu.

Põlevkivi tolm põletus-energiaplokkide sulgemise ning elektri tarbimise kasvu tõttu on kõigis stsenaariumides vajalikud suuremahulised investeeringud uute elektritootmisvõimsuste rajamiseks. Investeeringuvajaduse hindamiseks võeti aluseks erinevad tootmiskulude prognoosi aruanded ning Eestis rajatavate ja juba rajatud elektrijaamade investeeringute maksumused (vt tabel 15).

Tabel 15. Elektriijaamade investeeringu erimaksumused, €/kW. Allikas: Nordic Energy Research 2013, International Renewable Energy Agency 2013, European Climate Foundation 2010, Eesti elektritootjate andmed.

€/kW	2013	2020	2030	2040	2050
Biogaas	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500
CCS			1 200		
Gaasiturbiin	540	540	385	385	385
Prügipõletus	6 176	6 176	6 176	6 176	6 176
Puidul koostootmine	4 385	4 385	4 385	4 385	4 385
Põlevkivi keevkiht	2 407	2 407	2 407	1 900	1 900
Päikesepaneelid	1 813	1 593	1 227	1 066	904
Tuulikud avamerel	2 462	2 222	1 982	1 918	1 855
Tuulikud maismaal	1 500	1 294	1 088	1 051	1 014
Tuumajaam			3 077		

Investeeringute vajaduse hindamisel olid aluseks LEAP mudeli tulemused investeeringute kohta iga aasta kohta perioodil 2014–2050. Seejuures arvestati elektrijaamade plaanitavat eluiga: elektri- tuulikutel ja päikesepaneelidel 25 aastat, puitu, biogaasi või olmejäätmeid kasutatavatel koostootmis-

jaamadel ning gaasiturbiinidel 30 aastat, põlevkivi keevkiht-energiaplokkidel 40 aastat ja tuuma-
jaamal 50 aastat. See tähendab, et vaadeldava perioodi jooksul on vaja enamik olemasolevatest
tootmisvõimsustest uutega asendada (kaasaarvatud olemasolevad keevkiht-energiaplokkid). Antud
eeldustel tehtud arvutuste põhjal on perioodil 2014–2050 summaarsed investeeringud elektri
tootmisesse vahemikus 6930–8741 mln eurot (vt tabel 16).

Tabel 16. Summaarsed investeeringud elektrijaamadesse perioodil 2014–2050, mln €. Allikas: LEAP.

mln €	BAU	BAU CCS	HIGH CO2	HIGH CCS	LOW CO2	LOW W
Biogaas	39	39	655	655	655	655
CCS	0	1111	0	787	0	0
Elektrituulikud	2443	2443	3014	3014	4612	2775
Gaasiturbiin	725	725	963	963	963	963
Prügipõletus	105	105	105	105	173	173
Puitkoostootmine	440	440	1194	1194	1060	822
Põlevkivi	2033	2033	1383	1383	650	1383
Päikesepaneelid	0	0	138	138	604	159
Tuumajaam	1846	1846	0	0	0	0
Kokku	7630	8741	7451	8238	8717	6930

Siinkohal on oluline silmas pidada, et saadud tulemused põhinevad hinnangul investeeringu
maksumuse kohta, millele lisanduvad käidu- ja kütusekulud ning saastetasud, mis ei ole erinevatel
elektritootmistehnoloogiatel ühesugused. Eesti elektri tootmiseseadmete konkurentsivõime
elektrituru tingimustes vajab kindlasti täiendavat ja põhjalikku uurimist. Seetõttu on üheks oluliseks
meetmeks vaadeldud stsenaariumide rakendamisel elektri tootmisvõimsuste tasuvuse uuring 2050.
aasta perspektiivis. Elektrituru tingimustes elektri tootmise konkurentsivõime analüüsimiseks on vaja
kasutada elektrituru modelleerimist võimaldavat mudelit. See eeldab, et kirjeldatakse ära ka
naaberriikide tootmisvõimsused ning erinevate tehnoloogiate elektri tootmiskulud ning nende
prognoos 2050. aastani. Sellise mudeli koostamine on ajamahukas töö ning usaldusväärsete
tulemuste saamiseks on vaja adekvaatseid ja täpseid algandmeid. Elektri tootmiseseadmete
konkurentsivõime küsimuses annab vähemalt osaliselt vastuse koostatav uus energiamajanduse
arengukava (ENMAK 2030+), kus elektri tootmise stsenaariumide konkurentsivõime hindamiseks
kasutatakse Balmorel mudelit.

Meetmete ja energiasektori eri stsenaariumide rakendamisel riigi poolt tehtavate kulude mahu
leidmiseks ja võrdlemiseks ning kulutõhususe määramiseks leiti esmalt meetmete maksumused,
seejärel leiti meetmete rakendamise määr eri stsenaariumides (kas ja kui suures ulatuses meetmeid
rahastatakse, kas meede on ühekordne või rakendub iga-aastaselt kogu perioodi ulatuses). Seejärel
summeeriti meetmete maksumused ning arvutati välja perioodi keskmine aastane meetmete
rakendamise kulu. Meetmete rakendamise kulu-tõhususe leidmiseks jagati vastava stsenaariumi
aastase keskmise rakendamise kulu selle stsenaariumi realiseerimisel saavutatava KHG vähenemise
väärtusega. Eri stsenaariumide kulutõhususe näitajad (vt tabel 17), meetmete kirjeldused ja
maksumused (vt tabel 18) ning stsenaariumide maksumused (vt tabel 19) on toodud alljärgnevas
ülevaates. Esitatud maksumuste puhul tuleb arvestada, et muutused CO₂ hinnas, riikide

majandusarengus ja/või teadus- ja arendustegevuses lähema 40 aasta jooksul võivad neid hinnanguid märkimisväärselt muuta.

Kõige kulukam on riigil rakendada meetmeid LOW CO2 stsenaariumi realiseerimiseks, mille puhul on avaliku sektori hinnanguline kulu aastas 422 miljonit eurot. Samas saavutatakse selle stsenaariumi rakendamisel aastaks 2050 suurim KHG heitkoguste vähenemine – 90,2% võrreldes aastaga 1990. Riigieelarve koormus on kõige väiksem BAU CCS stsenaariumi puhul, sest siis lasuks põhiline kohustus KHG vähendamisel (süsinikdioksiidi püüdmise) ja vastavasse tehnoloogiasse investeerimisel ettevõtetel ning seega ei peaks neid kulusid katma riigieelarvest. Samas on teada, et nimetatud stsenaariumi rakendamiseks puuduvad Eestis võimalused, kuna pole sobivaid geoloogilisi tingimusi CO₂ ladustamiseks.

Kuluefektiivsuse poolest on võrdlemisi tulemuslik HIGH CO2 stsenaarium, kus kõrge CO₂ kvoodi hind EL-i heitkogustega kauplemise turul mõjutab olulisel määral kütuste ja energiaturgu ning sunnib ettevõtteid ja tarbijaid üle minema süsinikuvabade ja süsinikuheitevähete kütuste kasutamisele, mistõttu pole riigil vaja rakendada kulukaid meetmeid KHG heidete vähendamise õhutamiseks. Ka selle stsenaariumi rakendumine on suhteliselt ebatõenäoline, arvestades senist kogemust, kus Euroopa Komisjoni püüded EL heitkogustega kauplemise turul CO₂ hinda tõsta on sisuliselt läbi kukkunud – 2012. aasta lõpul ja 2013. aasta alul on arveldusühiku EUA⁷ hind olnud vahemikus 5-7 eurot CO₂ tonni kohta.

Tabel 17. Energiamaajanduse erinevate stsenaariumide rakendamise kulutõhusus.

Stsenaarium	KHG vähenemine võrreldes 2010. aastaga		Meetmepaketi maksumus	
	tuh t CO ₂ -ekv	%	mln €/a	Vähendamise kulu €/t CO ₂ -ekv
BAU	-2920	-19,9	239	81,72
BAU CCS	-8520	-58,2	239	28,00
HIGH CO2	-8750	-59,8	289	32,99
HIGH CCS	-10 900	-74,5	406	37,22
LOW W	-11 480	-78,4	408	35,52
LOW CO2	-12 720	-86,9	422	33,20

⁷ EU Allowance Unit (EUA)

Tabel 18. Meetmed ja investeeringud energiamajanduse LOW CO2 stsenaariumi rakendamiseks.

Meede	Tüüp	Olemasolev või ettepanek	Vajadus	Maksumus	Tulemus	Vajalikud tegevused
Meede 1: Elektri tootmisvõimsuste tasuvusuuring 2050. aasta perspektiivis	Teadus	Ettepanek	Kõrge	100 000–150 000 €	Põhjalikul uuringul (võttes arvesse investeeringu maksumuse, kütuse hinna, tööjõukulude jms aspektide muutust 2050.a perspektiivis) põhinev taastuenergia elektri tootmise toetuskeem ning investeerimistoetuste vajadus.	Struktuurivahendite planeerimine
Meede 2: toetus kuni 5 MW elektrilise võimsusega koostootmisjaama rajamise teostatavus- ja tasuvusuuringu projektide koostamiseks	Investeering	Ettepanek	Kõrge	Perioodil 2014–2019 0,3–0,5 mln €	Soojuskooormusele vastava konfiguratsiooniga ja detailsel analüüsil põhinevad koostootmisjaamade projektid	Struktuurivahendite planeerimine
Meede 3: investeerimistoetused kuni 5 MW elektrilise võimsusega taastuenergiaallikatel koostootmisjaamade rajamiseks	Investeering	Olemasolev	Kõrge	Perioodil 2014–2020 60–70 mln € aastas	Taastuenergia tootmisvõimsuste kasv, KHG heitkoguste vähenemine, soojuse hinna alanemine, uute töökohtade loomine	Struktuurivahendite planeerimine
Meede 4: Energiaühistute loomise toetamine	Haridus, teavitus	Ettepanek	Kõrge	50 000 € aastas (koolitus, teavitus) tavapärase seadusloome käigus	Taastuenergia tootmisvõimsuste kasv	Energiaühistute tegutsemiseks vajaliku regulatsiooni loomine, loodavate ühistute koolitamine, teavitus
Meede 5: Taastuenergia tootmisvõimsuste toetuskeemi muutmine nii, et toetusi ei maksa elektri tarbija, vaid maksed tehakse riigieelarvest ja toetatava taastuenergia koguse ülempiiri kaotamine	Fiskaalne	Ettepanek	Kõrge	Aastas ca 65 mln €; ei ole lisakulu, vaid olemasolevate vahendite ümberjagamise riigieelarves	Investeeringute jätkumine taastuenergia-tootmisvõimsuste rajamiseks; biomassi kasutamise jätkumine põlevkivi keevkihtplokkides.	Elektriturseaduse muutmine, Riigieelarve planeerimine

Meede	Tüüp	Olemasolev või ettepanek	Vajadus	Maksumus	Tulemus	Vajalikud tegevused
Meede 6: Stabiilne toetuskeem taastuvenergiast elektri tootmisel	Fiskaalne	Ettepanek	Kõrge	Kasvavalt 100–150 miljonit €/a	Garanteeritud toetused elektri tootmiseseadmele käivitamisest 12 aasta jooksul	Elektriturseaduse muutmine
Meede 7: Investeeringutoetus hoonete soojustamiseks	Investeering	Olemasolev	Keskmine	200 miljonit €/a	Hoonete vähenev energiatarve	Struktuurivahendite planeerimine
Meede 8: Toetus taastuvenergiale üleminekuks kodumajapidamistes	Investeering	Olemasolev	Keskmine	10 miljonit €/a	Lokaalküttes fossiilsete kütuste kasutamise vähenemine ja taastuvenergia kasutamise kasv.	Struktuurivahendite planeerimine
Meede 9: Üleriigilise taastuvenergia teemaplaneeringu koostamine	Planeering	Ettepanek	Kõrge	600 000 €	Taastuvenergia tootmisvõimsuste mahu kasv	Riigihanke korraldamine töö teostajaks
Meede 10: Kütusteaktsiisi erisuste kaotamine, taastuvkütuste aktsiisivabastus ja kütuste maksustamisel KHG heite arvestamine	Fiskaalne	Ettepanek	Kõrge	Tavapärase seadusloometöö	Fossiilkütuste turueelise kadumine ja tarbimise vähenemine	Vastavate seaduste muutmine, taastuvkütuste aktsiisivabastuse tarbeks EL Komisjonilt riigiabi loa saamine
Meede 11: Demonstratsioonprojektid mikro-koostootmise ja kütuseelementide kasutamiseks eramutes ja kontorihoonetes	Investeering	Ettepanek	Keskmine	50 000 €	Info mikro-koostootmise ja kütuseelementide kasutamise võimalikkusest Eestis.	Struktuurivahendite planeerimine
Meede 9: Energiateenindusettevõtete (ESCO – Energy Service Company) loomise toetamine	Fiskaalne	Ettepanek	Kõrge	1–2 mln €/aastas	Märkimisväärse energiasäästupotentsiaali järkjärguline ärakasutamine, energiaefektiivsuse tõstmine eri majandusharudes, koostootmise laialdasem kasutus.	Struktuurivahendite planeerimine

Tabel 19. Energiasektori stsenaariumide rakendamise riiklike meetmete kulu , mln €

Meede	BAU	BAU CCS	HIGH CO2	HIGH CCS	LOW W	LOW CO2
Meede 1: Elektri tootmisvõimsuste tasuvusuuring 2050.a perspektiivis	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Meede 2: toetus koostootmisjaama rajamise teostatavus- ja tasuvusuuringu projektide koostamiseks	0	0	2,5	0	0	5
Meede 3: investeerimistoetused taastuvatel energiaallikatel koostootmisjaamade rajamiseks	200	200	400	200	200	700
Meede 4: Energiaühistute loomise toetamine	0	0	1,75	0	1,75	1,75
Meede 5: Taastuvallikatest elektri toetusskeemi muutmine nii, et toetusi ei maksa elektri tarbija, vaid maksed tehakse riigieelarvest ja toetatava taastuvelektri koguse ülempiiri kaotamine	2275	2275	2275	2275	2275	2275
Meede 6: Stabiilne toetusskeem taastuvenergiast elektri tootmisel	2200	2200	0	4375	4375	4375
Meede 7: Investeeringutoetus hoonete soojustamiseks	3500	3500	7000	7000	7000	7000
Meede 8: Toetus taastuvenergiale üleminekuks kodumaja-pidamistes	175	175	350	350	350	350
Meede 9: Üleriigilise taastuvenergia teemaplaneeringu koostamine	0	0	0	0	0	0,6
Meede 10: Kütusteaktsiisi erisuste kaotamine, taastuvkütuste aktsiisivabastus ja kütuste maksustamisel KHG heite arvestamine	0	0	0	0	0	0
Meede 11: Demonstratsioonprojektid mikro-koostootmise ja kütuseelementide kasutamiseks eramutes ja kontorihoonetes	1,35	0	2,7	0	1,35	2,7
Meede 12: Energiateenindusettevõtete (<i>Energy Service Company, ESCO</i>) loomise toetamine	0	0	70	0	70	70
Kokku kuni 2050	8352	8350	10102	14200	14273	14780
Aastas keskmiselt	239	239	289	406	408	422

Kuna käesolevas uuringus vaadeldakse võrdlemisi pikka perioodi ehk kõiki KHG mõistes olulisi sektoreid analüüsitakse kuni 2050. aastani, jääb sellesse ajavahemikku väga palju määramatust, eriti ressursside hindade ning potentsiaalsete kulude ja tulude osas. Seetõttu on lisaks meetmete maksumusele antud alljärgnevalt ka hinnang stsenaariumide väliskuludele. See võimaldab selgelt illustreerida ühiskondlikku kokkuhoidu ehk sisuliselt tulu, mis saavutatakse KHG heitkoguste kärpimisega.

Hinnanguliste väliskulude arvutamisel tuginetakse käesolevas uuringus erinevate stsenaariumide lõikes leitud KHG heitkoguste prognoosidele ning rahvusvaheliselt tunnustatud hinnangutele CO₂ ekvivalenttonni väliskulu hinna määramisel (Stern, ExternE jt). Alljärgnevalt on toodud väliskulude väärtuste vahemikud analüüsiperioodi jooksul eurodes ühe CO₂ ekvivalenttonni kohta (Handbook on estimation ... 2008), millest lähtutakse stsenaariumide väliskulude hindamisel. Kuna erinevate uuringute puhul on hinnangud väliskulu määradele väga erinevad, siis on käesolevas hinnangus arvestatud tagasihoidliku CO₂ väliskulu määraga, mis vastab määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskmistele väärtustele vastaval aastal (vt tabel 20). Viidatud andmed kehtivad kõikide antud uuringus käsitletavate sektorite puhul.

Tabel 20. KHG väliskulu määrad, €/tonni CO₂-ekv. Allikas: Handbook on estimation ... 2008.

Aasta	2010	2020	2030	2040	2050
Madal	7	17	22	22	20
Keskmine	25	40	55	70	85
Kõrge	45	70	100	135	180
Määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskvärtus	16	28	38	46	52

Väliskulude mahu leidmiseks korrutati sektori KHG heitkogus väliskulu määraga. Alljärgnevalt on esitatud KHG heitkogustega kaasnevad hinnangulised väliskulud energiamajanduse stsenaariumide lõikes (vt tabel 21).

Tabel 21. Energiamajanduse KHG heitega seotud hinnanguline väliskulu, mln €/a.

Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	291	569	623	792	909
BAU CCS	291	569	410	536	618
HIGH CO2	291	388	393	470	523
HIGH CCS	291	388	311	371	411
LOW W	291	242	248	262	246
LOW CO2	291	241	254	264	181

Kuivõrd väliskulud on otseselt seotud emissioonide mahuga, ilmneb siinkohal eriti selgelt säästlikumate stsenaariumide eelis. Tuleb arvestada, et heitkoguste langus ei pruugi tähendada väliskulude vähenemist vaadeldaval perioodil. See on tingitud ühe tonni KHG väliskulu määra tõusust ajas, mis on omakorda põhjustatud akumulatuva KHG kahjuliku toime suurenemisest.

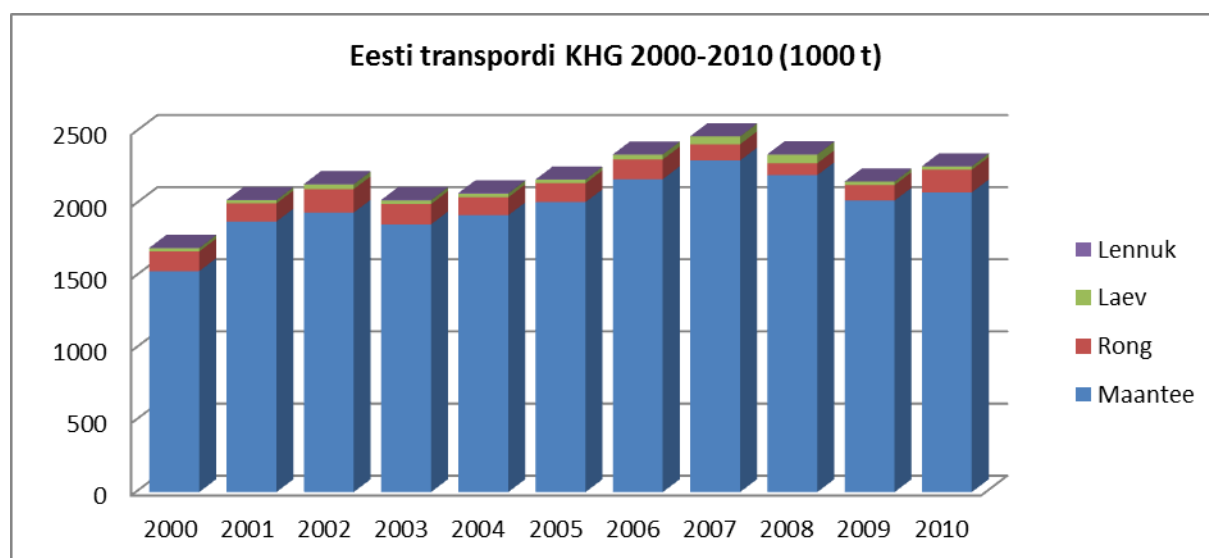
4. TRANSPORT

4.1. Hetkeolukord

Transpordisektori energiakulu on Eestis pidevalt kasvanud ning moodustab 2010. aasta ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioon (*United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC*) andmebaasi andmetel ca 24% energia lõpptarbimisest. Perioodil 2000–2010 on transpordisektori KHG heide suurenenud üle 33% (1990. aasta tasemega võrreldes olid aastal 2010 heitkogused 10% väiksemad), majanduslanguse tõttu KHG heide kasv mõnevõrra vähenes. Transpordisektori keskkonnamõjudest langeb omakorda suur osa maanteetranspordile: maanteetranspordi KHG heide moodustab ca 94% Eesti transpordisektori koguheitest (vt tabel 22, joonis 40), sh sõiduautodest pärinev KHG heide 67% (vt joonis 41). Sõiduautode energiakulu ja KHG heide on pidevalt kasvanud (Jüssi jt 2010). Eesti transpordi ning eelkõige sõiduautode KHG heitkoguseid on põhjalikult analüüsitud Riigikantselei 2010. aasta säästva transpordi raportis (Jüssi jt 2010).

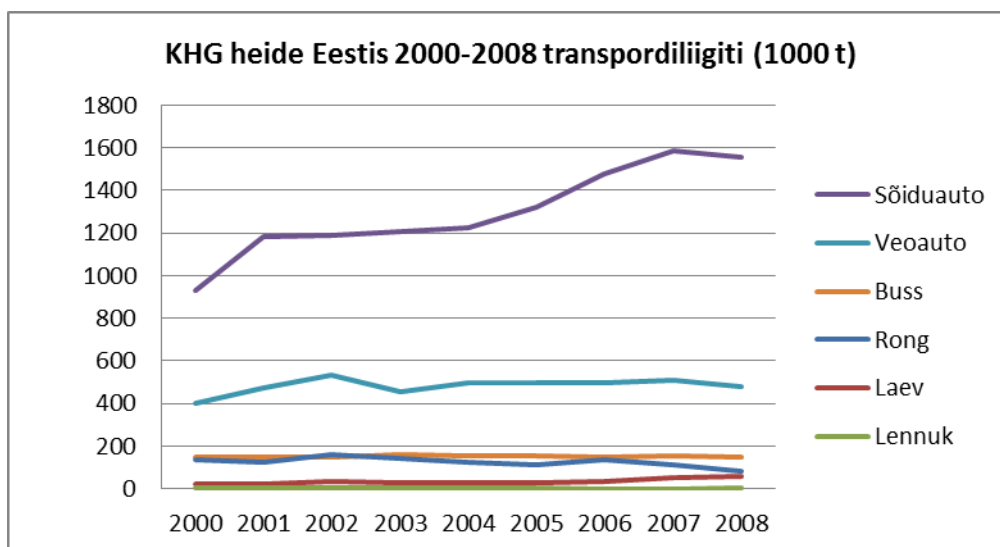
Tabel 22. Eesti transpordi KHG heide 2000–2010, tuhat t. Allikas: EEA andmebaas.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Maantee	1532,1	1876,1	1938,1	1856,3	1919,5	2011,0	2169,9	2298,8	2197,8	2021,1	2078,3
Rong	136,2	126,0	162,2	140,8	124,3	130,6	136,4	112,5	82,5	107,7	156,4
Laev	23,3	21,9	33,1	26,1	26,1	25,1	34,2	54,5	60,1	23,7	23,5
Lennuk	2,5	2,5	2,6	2,4	3,4	1,8	1,3	1,4	2,3	1,8	1,8
Kokku	1694,1	2026,5	2136,1	2025,6	2073,3	2168,4	2341,9	2467,2	2342,8	2154,3	2260,1



Joonis 40. Eesti transpordi kasvuhoonegaasid 2000–2010, tuhat t.

Allikas: EEA andmebaas



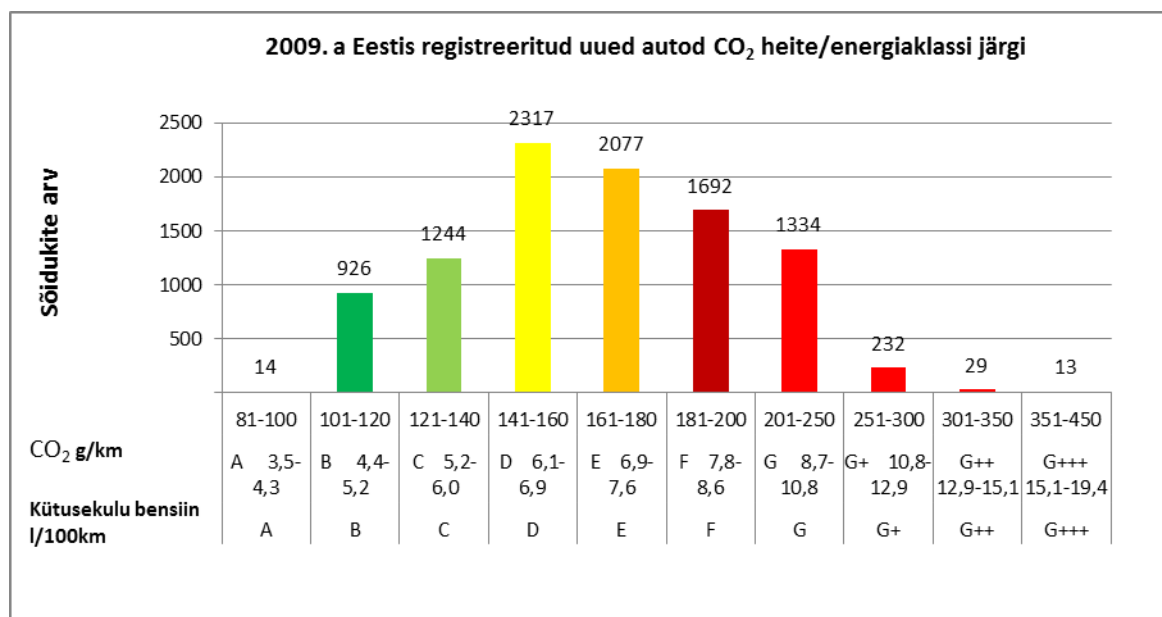
Joonis 41. KHG heide Eestis 2000–2008 transpordiliigiti, tuhat t.

Allikas: Jüssi jt 2010

Transpordi KHG heide oleneb peamiselt liikumisviisist ja kaubaveo liigist, transpordinõudlusest, sõidukite energiatarbest ning kasutatavatest energiaallikatest. Viimase 15 aasta jooksul on Eestis sõiduautode arv suurenenud ning ühistranspordi kasutajate hulk vähenenud. Pärast 1990. aastate suurt langust on ühistranspordi sõitjakäive jäänud üldjoontes stabiilseks, autokasutus on seejuures kasvanud üle kahe korra.

Kaubavedude suundumusi iseloomustab maanteevedude kiire kasv ja raudteevedude osakaalu langus (Jüssi jt 2010). Raudteevedude langus tuleneb eelkõige naftavedude vähenemisest ja siirdumisest Vene sadamatesse, mis keskkonnariskide vähenemise seisukohalt on positiivne trend. Maanteevedude kasvu ohjeldamine ja rahvusvaheliste vedude raudteele suunamine aitaks transpordi energiatarbimise kasvu pidurdada.

Eesti transporti iseloomustab kiirele autostumisele ja maanteevedude kasvule lisaks sõidukipargi ebaökonoomsus. Aastal 2011 oli keskmine uue sõiduauto CO₂ heide Eestis 157 g/km, mis on EL-i riikide ebaökonoomsem, olles EL-i keskmisest ca 20% suurema CO₂ heite ja fossiilkütuse kuluga (EEA 2012). Kui tavaliselt seostatakse sõidukipargi uuenemist ökonoomsemate autodega, siis Eesti sõidukipargi läbisõitu ja KHG heitkoguseid viimase 18 aasta jooksul analüüsid ilmneb, et paranemine on olnud tagasihoidlik – näiteks oli sõiduautode keskmine KHG heide 1990. aastal 206 g/km ja 2008. aastal 199 g/km. Ökonoomsemate (A-, B- ja C-energiaklass) autode osakaal pole Eestis enam marginaalne – ligikaudu viiendik uutest autodest (vt joonis 42), kuid enamiku EL-i riikidega võrreldes on see näitaja madal. Eestis on ebaökonoomsete autode osakaal väga suur – üle 51% uutest autodest jäävad E-G energiaklassidesse, mis oma kütusekulult ei erine 15 aastat tagasi enimmüüdud sõiduautomarkidest. EL-i uute autode CO₂ seireraport osutas, et juba 65% müüdüd autodest on A-C energiaklassis (European Commission 2010).

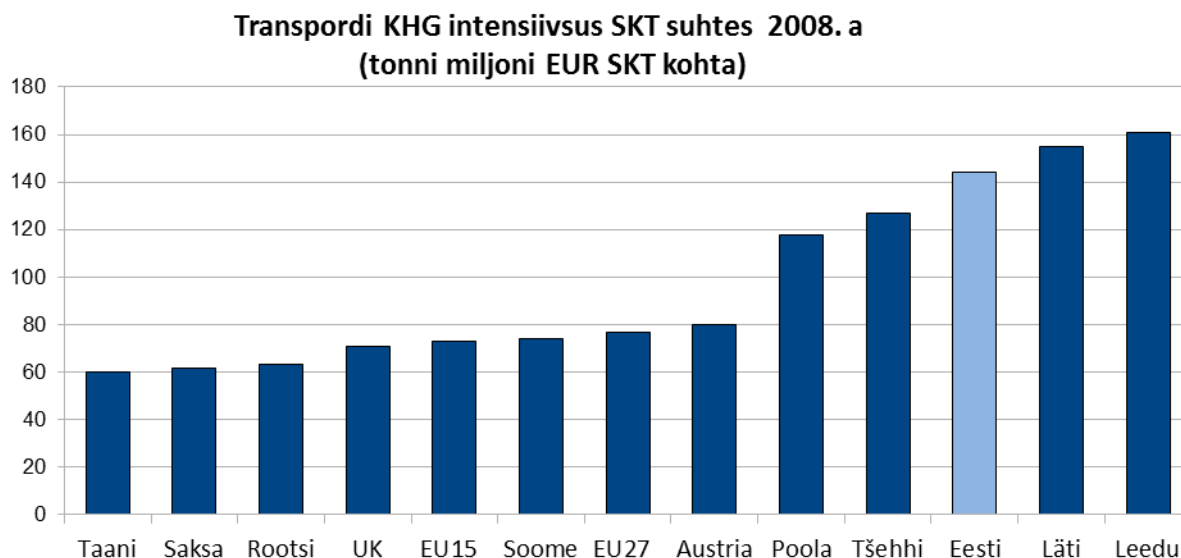


Joonis 42. Eestis 2009. aastal registreeritud uute sõiduautode jagunemine CO₂-heite (g/km) ja energiaklassi järgi.

Allikas: Jüssi jt 2010

Taastuenergia osakaal transpordikütustes ei ole suurenenud ja on jäänud alla 1% transpordi energia lõpptarbimisest (MKM 2011a), kuigi riiklikuks eesmärgiks on seatud, et 2020. aastaks peaks 10% transpordis tarbitavast energiast olema toodetud taastuenergiaallikatest (Eesti taastuenergia tegevuskava aastani 2020). Viimaste aastate uuringud on siiski osutanud, et paljud praegu toodetavad biokütused ei ole nende kogu elutsükli CO₂-heidet silmas pidades fossiilkütustest paremad. Kümned teadlased on Euroopa Komisjonil soovitanud sellisest eesmärgist üldse loobuda või siduda biokütuste tootmine rangete säästlikkuse kriteeriumitega (Transport and Environment 2009). Praegu biokütustele seatud säästlikkuse kriteeriumid eeldavad, et säästlikuks biokütuseks võib nimetada biokütust, mille CO₂ jalajalg on 35% väiksem kui fossiilkütuste oma. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi (MKM) taastuenergia kasutamise aruandes tõdeti paraku, et Eestis tarbitavate biokütuste säästlikkuse kohta puudub nii MKM-il kui ka Eesti Statistikaametil ülevaade (MKM 2011a). Biokütuste säästlikkuse kriteeriumite ja nende tõendamise kord kehtestati Eestis keskkonnaministri määrusega detsembris 2010.

Kokkuvõtteks võib öelda, et Eesti transpordi ja liikuvuse senised suundumused ei ole KHG-säästlikud eelkõige sõiduauto kasutuse, sõidukipargi energiatõhususe aeglase paranemise ja maanteevedude kiire kasvu, valglinnastumise ning ühistranspordi ja kergliikluse osakaalu vähenemise tõttu. Eesti transpordisektorist pärineva KHG heite ja SKP suhe on üks Euroopa kõrgemaid (vt joonis 43). Olukord on märgatavalt kehvem võrreldes nii Põhjamaadega kui ka EL-i keskmist arvestades. Seega on nii energiasäästu suurendamise kui KHG heite vähendamise (eelkõige kasvu pidurdamise) potentsiaal Eestis transpordis väga suur.



Joonis 43. Transpordi KHG heite intensiivsus SKP suhtes EL riikide võrdluses 2008. aastal.

Allikas: Eurostat

4.2. Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused

Transporti käsitlevates riiklikes arengudokumentides on eesmärgiks seatud eelkõige KHG heite ja energiatarbimise, aga ka õhusaaste heite ja müra vähendamine. Samuti peetakse oluliseks maanteedel toimuva kaubatranspordi vähendamist või asendamist säästvate transpordiliikidega, sõiduautode kasutuse ohjamist ning ühistranspordi ja kergliikluse eelisarendamist.

Lisaks eelpoolmainitud kliima- ja energiapakatile on transpordi arengukavas 2006–2013 toodud konkreetsed rohemajandusega seonduvad eesmärgid:

- alla 120 g/km CO₂ heitega uute sõiduautode osakaal Eesti registrisse kantavate autode hulgas on aastaks 2013 kasvanud 30%-ni;
- sõitude arvu keskmine kasv ühistranspordis keskmiselt 6% aastas, ühistranspordi kasutajate osakaal tööl käimisel ületab 30%, kergliikluse osakaalu suurenemine tööl käimiseks 2013. aastaks 10%;
- uuemate veokite osakaalu suurendamine registris vastavalt Euro 3 normidele aastaks 2013 50%-ni.

Euroopa Keskkonnaagentuur peab transpordist lähtuva heite ja energiakulu vähendamist võtme- küsimuseks, sest transport on ainus valdkond Euroopas, kus KHG heide on kiiresti kasvanud, samas kui teised sektorid on suutnud heitkoguseid vähendada. Märtsis 2011 võeti vastu uus Euroopa ühtse

transpordipiirkonna arengukava ehk valge raamat, millega seati eesmärgiks vähendada 2050. aastaks transpordist lähtuvat CO₂ heidet 60% võrreldes 1990. aastaga.

EL-i tasemel on nn kliimapaketist tulenevalt tehtud rida otsuseid ja välja antud regulatsioone, mis aitaksid 2020. aastaks 20% KHG vähendamise eesmärki saavutada. Transpordivaldkonda puudutavad eelkõige kolm regulatsiooni.

- **Euroopa Parlamendi ja nõukogu otsus nr 406/2009/EÜ**, milles käsitletakse liikmesriikide tegevusi, et täita ühenduse kohustust vähendada kasvuhooenergia heitkoguseid aastaks 2020. See otsus käsitleb EL heitkogustega kauplemise süsteemist väljajäävaid sektoreid (transport, põllumajandus, elamumajandus), mille CO₂ heitkogused peaksid aastaks 2020 Euroopas vähenema kokku 10% võrreldes aastaga 2005. Liikmesriikidele rakendub see eesmärk erinevalt ning Eestil on lubatud aastaks 2020 CO₂ heitkogustel kasvada maksimaalselt 11% võrra EL heitkogustega kauplemise süsteemi välistes sektorites võrreldes 2005. aastaga.
- **Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus nr 443/2009/EÜ**, millega kehtestatakse uute sõiduautode CO₂ heitenormid ja sätestatakse, et aastaks 2015 peab uute autode keskmine saavutama 130g/km ja aastaks 2020 95 g/km taseme.
- **Taastuenergia edendamist puudutav direktiiv 2009/28/EÜ**, mille kohaselt aastaks 2020 peab 10% transpordis tarbitavast energiast olema toodetud taastuenergiaallikatest.

Energiatõhususe direktiiv 2006/32/EÜ, mis käsitleb energia lõpptarbimise tõhusust ja energia-teenuseid, soovib kõigil liikmesriikidel kahandada energiatarbimist järgneva 9 aasta jooksul 9% võrreldes perioodi 2000–2005 keskmise energiatarbimisega sektorites, mis kuuluvad direktiivi rakendusalaselle. Transpordisektoris on ette nähtud energiasäästuvõimalused järgmistes kohtades:

- liiklusvahendid (nt energiatõhusate sõidukite soodustamine, sõidukite energiatõhus kasutamine, sh rehvirõhu reguleerimissüsteemi rakendamine, sõidukite energiatõhusust edendavad seadmed ja lisaseadmed, energiatõhusust parandavad kütuselisandid, kõrgendatud määrimisvõimega õlid, madala veeretakistusega rehvid);
- üleminek uutele liikumisviisidele (nt autovaba elamise ja töötamise korraldamine, ühisautod (*car sharing*), üleminek energiakulukatelt liikumisviisidelt energiasäästlikumatele, arvestades energiakulu ühe sõitja- või tonnkilomeetri kohta).

Lisaks liikmesriikidele seatud kohustustele on EL kohustanud ka autotootjaid uute autode keskkonnamõju vähendamiseks. CO₂ heite osas on nõuded esitatud keskmiste piirnormidena ainult sõiduautodele ja kaubikutele. Euroopa Komisjonis on kooskõlastusringil määruse eelnõu uute sihttasemete kehtestamiseks, millega vähendatakse uute sõiduautode ja väikeste tarbesõidukite (kaubikute) süsinikdioksiidi heidet 2020. aastaks. Eelnõu kohaselt muudetakse EL-i määruseid 443/2009 (sõiduautod) ja 510/2011 (kaubikud), milles on tootjatele kehtestatud siduvad sihttasemed, mille sõiduautod peavad saavutama 2015. aastaks ja kaubikud 2017. aastaks. Eelnõu näeb ette 2020. aastaks uute sõiduautode CO₂-heite keskmise koguse vähendamist 95 grammini kilomeetri kohta. CO₂-heite keskmine kogus oli 2011. aastal 135,7 grammi ning 2015. aasta kohustuslikuks sihttasemeks on kehtestatud 130 grammi. Kaubikute CO₂-heite keskmist kogust vähendatakse 2020.

aastaks 147 grammini kilomeetri kohta. 2010. aastal oli heite keskmine kogus 181,4 grammi ning 2017. aasta kohustuslikuks tasemeks on kehtestatud 175 grammi.

Kuna Euro-klasside heitenormid ja sõidukite CO₂ regulatsioon puudutab autotootjaid, siis see ei taga, et kõikides EL-i liikmesriikides eelistataks kõrgetele Euro-klassidele vähese CO₂ heitega sõidukeid.

Tabel 23. Kasvuhoonegaaside heite ja transpordiga seotud EL-i eesmärgid kuni aastani 2050.

Siht	Aasta	Dokument	Kommentaariid
Transpordi (sh rahvusvaheline lennundus; v.a rahvusvaheline merendus) KHG heide -20% (vrld 2008) -60% (vrld 1990)	2030 2050	Transpordi valge raamat (2011); CO2RM (2011)	Täpsemad meetmed on CO2RM mõjude hinnangu aruandes
-10% transpordi KHG (vrld 2005)	2020	EP otsus 406/2009/EÜ	Eesti võib suurendada KHG heitkoguseid EL heitkogustega kauplemise süsteemi välistes sektorites (sh transport) +11%
EL merenduses kasutatavate kütuste CO ₂ heite vähendamine -40% (vrld 2005)	2050	Transpordi valge raamat (2011)	
40% lennunduse kütustest on säästlikud vähese süsinikuga kütused	2050	Transpordi valge raamat (2011)	Seire toimub tõenäoliselt EL ETS aruandluse kaudu
Konventsionaalsete kütustega töötavate autode läbisõidu vähendamine linnaliikluses -50% -100%	2030 2050	Transpordi valge raamat (2011)	Möödetakse sõiduki-km
Enamus keskpika vahemaa reisijateveost tuleb katta rongiga	2050	Transpordi valge raamat (2011)	
Üle 300 km kaubaveod maanteel tuleb asendada rongi/laevaga 30% nihe 50% nihe	2030 2050	Transpordi valge raamat (2011)	
10% taastuenergia osakaal transpordi energia lõpptarbimises kõikides liikmesriikides	2020	Taastuenergia direktiiv 2009/28/EC (RED)	10% hulka arvestatakse ka taastuvelektrit kasutav transport
Kütusetarnijad peavad vähendama mootorkütuste elutsükli KHG heidet 6–10% (vrld 2010 fossiilkütused)	2020	Kütusekvaliteedi direktiiv 2009/30/EC (FQD)	
Uute sõiduautode keskmine CO ₂ heide 130 g/km 95 g/km	2015 2020	EC määrus 443/2009	Puudutab sõiduautode tootjaid
Uute kaubikute keskmine CO ₂ heide 175 g/km 147 g/km	2017 2020	EC määrus 510/2011	
Uute meresõidulaevade energiakulu vähenemine -10% -15–20%	2015	IMO MARPOL Annex VI EEDI (2011)	

Siht	Aasta	Dokument	Kommentaariid
-30%	2020 2025		
70% nafta tarbimise vähenemine transpordis vrdl 2009. a	2050	Transpordi valge raamat (2011)	

Arvestades eelpool toodud riiklikke ja EL-i eesmärke ning praeguseid transpordi KHG trende, ei täida Eesti 2020. aastaks seatud eemärke, kuna transpordisektori KHG heide on vähenenud vaid majanduskriisi tingimustes. Kui aga majanduskasv jätkub, siis praegu kasutuselolevate meetmetega, sh elektri- autode toetuskeemi ja kiirloomissüsteemi rajamisega, ei õnnestu transpordisektori energia- kasutust ja KHG emissiooni ohjata. Säästva transpordi raportis koostatud stsenaariumide järgi (Jüssi jt 2010) ületaksid Eesti transpordi KHG heitkogused praeguste suundumuste jätkudes aastaks 2020 võetud kohustusi ca 20%.

4.3. Stsenaariumid ja nende eeldused

Transpordi valdkonnas koostatakse kolm stsenaariumi, millele lisandub veel kolm analoogstsenaariumi, kus ainsaks muutuvaks teguriks on naftapõhise diislikütuse asemel põlevkiviõlidiisli kasutamine.

Energia lõpptarbimise, CO₂ heite ning transpordis tarbitavate kütuste koguste modelleerimiseks on LEAP mudelisse sisestatud sektori energia lõpptarbimine ning määratletud iga aasta kohta kütuste lõikes osakaalud vastavalt statistilistele andmetele (vt tabel 24). Võrreldes Eesti Statistikaameti energiabilansi andmetega on transpordi energiatarbimisest maha arvestatud soojuse ja raske kütteõli tarbimine, mida kajastatakse teenuste ja avaliku sektori tarbimise all. Samas on juurde liidetud kodu- majapidamistes ning teenindus- ja avaliku sektori bensiini ja diislikütuse tarbimine.

Tabel 24. Energia lõpptarbimine transpordi sektoris 2000–2011, TJ.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Autobensiin	12 041	14 372	13 214	12 655	12 185	12 410	13 492	14 154	14 084	12 875	12 099	11 473
Diislikütus	11 877	13 649	16 358	15 803	17 466	19 460	20 155	21 952	19 275	18 269	21 053	21 295
Elektrienergia	332	299	344	351	358	370	299	277	287	214	206	188
Maagaas	10	9	18	11	8	8	4	2	5	4	5	7
Kokku	24 260	28 329	29 934	28 820	30 017	32 248	33 950	36 385	33 651	31 362	33 363	32 963

BAU stsenaarium

BAU stsenaariumis on eeldatud, et transpordi energiatarbimise kasv jätkub vastavalt senistele trendidele ja diislikütuse osakaal kasvab vastavalt ajaloolise perioodi põhjal saadud trendile 2050. aastaks ca 70%-ni ning bensiini osakaal väheneb ca 30%-ni, elektri osakaal jääb alla 1%. Muude eelduste osas vastab BAU stsenaarium HIGH CO₂ stsenaariumile.

HIGH CO2 stsenaarium

HIGH CO2 stsenaariumi transpordi energia lõpptarbimise prognoos on tehtud sarnastel alustel ENMAK-i tarbimise töögrupi aruandega, mille 2050. aasta transpordi energiatarbe põhjal on välja arvutatud energiamahukused ning kütuste osakaalud (vt tabel 25).

Tabel 25. HIGH CO2 stsenaariumi kütuste osakaalud transpordi energiatarbes, %.

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Elekter/Vesinik	1	1	1	1	1	2
CNG	0	0	1	3	7	10
Bensiin	49	39	38	37	35	33
Diiseli	49	61	50	48	45	42
Biodiiseli/Etaanool	0	0	10	11	12	13

Eeldatakse autostumise jätkumist kuni keskmise küllastusastmeni 700 autot 1000 inimese kohta ja maanteevedude kasvu vastavalt praegustele suundumustele ning rahvastiku- ja majandusprognoosidele (Jüssi jt 2010). Ühistranspordi ja rongivedude maht jääb praegusele tasemele ning mere- ja lennutransport kasvab.

Vastavalt EL-i transpordi valge raamatu ja vähese süsinikumajanduse teekaardi jaoks koostatud BAU stsenaariumidele on eeldatud, et kütuse hinnad kasvavad oluliselt – 2030. aastal on nafta hind 106 USA dollarit barreli kohta ja 2050. aastal 127 dollarit barreli kohta (2008. aasta dollarites) (SEC 2011a).

Transpordis on taastuvenergia osakaal 13% (analoogselt EL teekaardi mõjude hindamise raporti BAU stsenaariumile). Sõidukite energiatõhususe kasv toimub vastavalt senistele trendidele – ehk 20% kütusekulukam kui EL-i keskmine (EL-i keskmine sõiduautode puhul: 130 gCO₂/km aastaks 2015, 95 aastaks gCO₂/km 2020, kaubikud (LGV): 175 gCO₂/km aastaks 2017, 147 gCO₂/km aastaks 2020; Regulation (EC) No 443/2009). Pärast 2020. aastat arvestatakse samas tempos sõiduautode ja kaubikute energiatõhususe kasvu, mõnevõrra kiirenevalt alates aastast 2030, sest kallinevad naftahinnad mõjutavad tarbijate valikuid. Aastal 2050 on keskmine sõiduauto energiatarve ca 28,9 toe/Mpkm (ehk ca 20% suurem kui EL-i BAU stsenaariumis).

LOW CO2 TECH stsenaarium

LOW CO2 TECH stsenaarium vastab EL-i Transpordi valge raamatu eesmärkidele ehk seab sihiks kuni 65% vähem heidet kui aastal 2005 (nagu EL CO2RM). Stsenaarium võtab arvesse valge raamatu 2011 kavandatud meetmeid sõidukite energiatõhususe osas. Valge raamatu eesmärkideks on KHG heite vähenemine 20% ja 70% vastavalt aastateks 2030 and 2050 võrreldes 2008. aastaga.

TECH stsenaarium on keskendunud eelkõige sõidukite energiakulu ja kütuste CO₂ vähendamisele. Eeldatakse, et

- kuni 2020 toimub maanteetranspordi kasv nagu BAU stsenaariumis, hiljem on kasv poole aeglasem:

- üle 300 km veod toimuvad eelistatult raudteel või veeteedel;
- „kasutaja-ja-saastaja-maksab“ printsiipide osaline rakendamine;
- energiatõhusamate sõidukite ja vähem CO₂ intensiivsete kütuste kasutamine (*back-casting* meetodikaga);
- linnaliikluses ainult elektri-, vesinik- ja hübriidsõidukite kasutamine (sellega kogu transpordi CO₂ heitkoguste vähenemine 30%);
- IT lahenduste kiire arendamine;
- 40% CO₂ heite vähendamine laevanduses;
- aastaks 2050 on kogu raudteeliiklus elektrifitseeritud;
- transpordis on kõrge elektrifitseerituse tase, vastavalt analoogsele EL-i stsenaariumile ca 39% elekter (tarbides taastuvelektrit), läbimurre toimub 2030. aastaks; akutehnoloogia areneb kiiresti, odavnedes ca 4 korda; aastal 2050 on keskmine sõiduauto energiatarve 16,3 toe/Mpkm, biokütuste osakaal ca 25%;
- enamik raskeveokitest, põllumajandussõidukitest ja bussidest tarbivad kodumaiseid säästlikult toodetud biokütuseid (biometaan, põllumajanduse, metsanduse, tööstuse ja muudest jäätmetest toodetud biodiiseli);
- fossiilkütuseid tarbivad ainult raskeveokid ja laevad (ca kolmandik raskeveokitest kasutab fossiilkütuseid).

Tabel 26. LOW CO₂ TECH stsenaariumi kütuste osakaalud transpordi energiatarbes, %.

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Elekter/Vesinik	1	1	2	10	25	40
CNG	0	0	1	5	7	10
Bensiin	49	39	36	30	20	20
Diiseli	49	61	51	45	38	25
Biodiiseli/Etanooli	0	0	5	5	5	0
Biogaas	0	0	5	5	5	5

LOW CO₂ SHIFT stsenaarium

CO₂ vähenemine saavutatakse vastavalt EL-i eesmärgile tagasihoidlikumate tehnoloogiliste lahenduste, kuid radikaalsemate transpordisüsteemi ümberkorraldustega ja transpordinõudluse ohjamisega. Linnaliikluses kasvab jalgsikäimise ja rattaga sõitmise osakaal. Autode läbisõit on kõrgeim aastal 2020, hiljem langeb 2010. aasta tasemele. Tehakse järgmised eeldused:

- säästvate linnaliikuvuse kavade ja vastavate auditite koostamine, EL-i rahastuse sidumine säästlike linnatranspordi kavadega;
- ummikumaksu kehtestamine linnades ja teiste „kasutaja-ja-saastaja-maksab“ printsiipide ulatuslik rakendamine;

- integreeritud transpordi ja asustuse planeerimine ning ühistranspordi piletisüsteem;
- üle 300 km veod toimuvad eelistatult raudteel või veeteedel;
- 40% CO₂ heite vähendamine laevanduses;
- aastaks 2050 on kogu raudteeliiklus elektrifitseeritud;
- sõidukite kütuseefektiivsuse kasv, kuid see on aeglasem kui TECH stsenaariumis, aastal 2050 on keskmine sõiduauto energiatarve 19,2 toe/Mpkm;
- asustuse suunamine rööbastranspordi-asumitesse ja vähese transpordinõudlusega väikeasulate arendamine (osaliselt Eesti 2030+ põhimõtted).

Nii TECH kui ka SHIFT stsenaariumides on naftahinnad väiksemad kui BAU-s eeldusel, et kogu EL ja suurriigid järgivad KHG vähendamise meetmeid ja nõudlus nafta järele tervikuna väheneb. Kütuste tarbimise langus vähendab jooksvaid kulusid, kuid suurendab investeerimiskulusid uutesse tehnoloogiatesse ja lahendustesse. Biokütuste hinda on raske ennustada – kuni ca 2030. aastani on biokütused vähemalt 10% kallimad kui konventsionaalsed transpordikütused. Taastuvenergia osakaal transpordis suureneb eelkõige taastuvelektri tarbimise, mitte mootorikütustega asendamise kaudu.

Tabel 27. LOW CO2 SHIFT stsenaariumi kütuste osakaalud transpordi energiatarbes, %.

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Elekter/Vesinik	1	1	1	3	10	20
CNG	0	0	1	7	10	10
Bensiin	49	39	37	30	20	20
Diisel	49	61	51	43	38	25
Biodiisel/Etanool	0	0	5	7	7	15
Biogaas	0	0	5	10	15	10

Tabel 28. Transpordisektori stsenaariumide eeldused.

Stsenaariumide eeldused	BAU	HIGH CO2	LOW CO2 TECH	LOW CO2 SHIFT	Eelduse lähtealus
MAKROMAJANDUSNÄITAJAD					
Rahvaarvu trend	Elanike arv 1,34 miljonit, langeb 2050. aastaks 1,23 miljoni inimeseni	Sama	Sama	Sama	Eesti Statistikaamet, rahvastikutrend (ENMAK tarbimise töögrupi aruanne)
SKP trend	Aastane kasv: 2012–2019 +3,48% 2020–2029 +2,51%	Sama	Sama	Sama	ENMAK tarbimise töögrupi aruanne

Stsenaariumide eeldused	BAU	HIGH CO2	LOW CO2 TECH	LOW CO2 SHIFT	Eelduse lähtealus
	2030–2039 +1,89% 2040–2050 +1,15%				
Transport					
Autostumise tase 2050	700 autot/1000	Sama, mis BAU	450 autot/1000	250 autot/1000	Eksperthinnang
Kaubaveod	Maanteevedude kasv Raudteeveod samal tasemel Merevedude kasv	Sama, mis BAU	Maanteevedude maht ei kasva Raudtee ja merevedude kasv üle 300 km vedudel	Maanteevedude maht väheneb kohalike toodete tarbimise osakaalu kasvu, raudtee- ja merevedude kasvu tulemusel	Eksperthinnang EL-i transpordi valge raamatu eesmärgid
Nafta/Kütuse-hinnad	2030 – 106 USD/barrel 2050 – 127 USD/barrel (2008. aasta hindades)	Sama, mis BAU	2030 – 80 USD/barrel 2050 – 70 USD/barrel eeldusel, et kõik suuriigid jälgivad CO2 vähendamise eesmäärke	2030 – 80 USD/barrel 2050 – 70 USD/barrel eeldusel, et kõik suuriigid jälgivad CO2 vähendamise eesmäärke	Low CO2 Roadmap Impact Assessment Report
Biokütuste osakaal transpordis	Marginaalne	13%	25%	25%	Low CO2 Roadmap Impact Assessment Report
Põlevkivist toodetud mootorikütused	Marginaalne	Marginaalne	Marginaalne	Marginaalne	Kütusekvaliteedi direktiivi eelnõu
Elektri osakaal transpordis	Kasvab marginaalselt (kuni 2%) seoses raudtee elektrifitseerimise ja elektriautode kasutusega	Sama, mis BAU	39% energiatarbest elektrist Raudtee elektrifitseeritud	13% transpordist elektril Raudtee elektrifitseeritud	Eksperthinnang, Low CO2 Roadmap Impact Assessment Report
Asustus-struktuur	Valglinnastuv	Valglinnastuv	Valglinnastuv	Linnad kompaktsed, uus asustus hästi sidustatud olemasolevaga, eelistatakse ühistranspordi ja kergliikluse suhtes tõhusaid	Eksperthinnang

Stsenaariumide eeldused	BAU	HIGH CO2	LOW CO2 TECH	LOW CO2 SHIFT	Eelduse lähtealus
				asukohti, energiatõhusad väikelinnad, asumid	
Sõidukite energiatõhusus	Praeguse trendi jätkumine	Uued sõidua autod ca 20% kütusekulukamad kui EL-i keskmine: 2015 – 150 g CO ₂ /km 2020 – 114 g CO ₂ /km Kaubikud: 2017 – 210 g CO ₂ /km 2020 – 176 g Pärast seda kuni 2030 samas tempos ja 2050-ni kiirenevas tempos energiatõhususe kasv kuni 28,9 toe/Mreisijakm	Ca 65% väiksem CO ₂ heide transpordist kui 2005. a/ 70% vähem kui 2009. a – sellest tulenevalt back-casting meetodikaga saadakse sõidukite energiatõhususe siht Konventsionaalse te kütustega töötavate autode läbisõidu vähendamine linnaliikluses -50% 2030 -100% 2050 – elekter, vesinik, plug-in hübriid 2050 sõiduauto keskmine energiatarve 16,3 toe/Mrkm	Mõnevõrra aeglasem areng kui TECH stsenaariumis Sõiduauto energiatarve 19,2 toe/Mrkm	Eksperthinnang vastavalt praegustele trendidele ja EL teekaardi analoogsetele stsenaariumidele Regulation EC/443/2009
Autokasutuse osakaal ja läbisõit	Kasvab – läbisõit kasvab samas tempos majandusproгноosiga	Sama, mis BAU	Kasvab, aga rohkem on autode kiirrenti, autode ühiskasutust – läbisõit sama, mis BAU	Auto osakaal väheneb, läbisõidu kasv pidurdub aastaks 2020 ja hakkab vähenema nõudluse vähenemise jt liikide osakaalu kasvu arvel	Eksperthinnang Säästva transpordi raport 2010 EL Transpordi valge raamat
Kergliikluse osakaal	Väheneb	Sama, mis BAU	Osakaal püsib praegusel tasemel – kuna kogu liikumisnõudlus kasvab, siis osakaal püsib	Kasvab jalgrattakasutuse osakaalu kasvu tulemusel, lühikesed linnasõidud enamuses jalgsi-	Eksperthinnang, stsenaariumi eeldus

Stsenaariumide eeldused	BAU	HIGH CO2	LOW CO2 TECH	LOW CO2 SHIFT	Eelduse lähtealus
			tänu rattaliikluse, sh elektrijalgrataste kasutusele	rattaga, hästi kombineeritud ühistranspordiga	
Ühistranspordi osakaal	Väheneb	Püsib praegusel tasemel eelkõige linnadevahelise rongiühenduse paranemise tulemusel Kütuste hinnatõusu tõttu ühistranspordinõudlus ei vähene	Püsib praegusel tasemel	Kasvav	Eksperthinnang, stsenaariumi eeldus

4.4. Stsenaariumide rakendumisega kaasnevad riskid ja mõjud

BAU ja HIGH CO2 stsenaariumid on võrdlemisi sarnased ning neil on ka sarnased riskid ja mõjud, millest olulisemad on transpordis ja inimeste liikumiseks kuluvate fossiilsete energiaallikate kasutamise kiire kasv, imporditavatest kütustest sõltumine, keskkonnamõjude, nt kogu transpordi nõudluse kasvust tingitud müra ning välisõhu saasteainete ja KHG emissioonide suurenemine. Energiamahuka transpordisüsteemi tõttu oleks Eesti majandus palju tundlikum ja haavatavam kütusehindade muutuste tõttu. Kuna stsenaariumide kohaselt jätkub senine autostumise ja maanteevedude kasvu trend, siis soodustab see valglinnastumist, autost sõltuvuse, teehoiukulude, kodumajapidamiste transpordikulutuste ning ummikutega seotud kulude tõusu. Istuv eluviis suurendab rahvatervisega seotud probleeme ja kulutusi. Laste ja alaealiste iseseisev liikumine on piiratud.

HIGH CO2 stsenaariumis on teiste stsenaariumidega võrreldes kõige kõrgem vedelate biokütuste biodiisli ja bioetanooli tarbimise absoluutkogused, mis omakorda võivad tõsta oluliselt transpordikütuste ja -teenuste hinda, sest transpordi ja sõiduautode energiaefektiivsus paraneb aeglaselt.

BAU stsenaariumi realiseerumine ehk seniste trendide jätkumine järgmise 35 aasta jooksul on pärast 2030. aastat ekspertide hinnangul väga ebatõenäoline, sest selle otsesed ja kaudsed kulud on väga kõrged ning autostunud riikide (USA, Kanada, Suurbritannia) kogemus näitab, et elanike ja kaupade transpordinõudlus riigi piires ei kasva lõputult. Seetõttu on Eesti linnade ja linnadevahelise infrastruktuuri planeerimisel vaja arvestada võimalusega, et autokasutuse kasv peatub perioodil 2025–2030.

LOW CO2 TECH ja SHIFT stsenaariumid eeldavad KHG heitkoguste märkimisväärset vähendamist. TECH stsenaariumi realiseerumise tõenäosus sõltub kõige rohkem elektri- ja vesinikutehnoloogiate arengutest, mille läbimurret eeldatakse alles pärast 2030. aastat. Seni on tegemist väga kapitalimahuka stsenaariumiga, mille eelisteks on imporditavast kütustest sõltuvuse vähenemine ning väiksem välisõhu saaste ja müra.

Väikese riigina on Eestil tehnoloogilise innovatsiooni juurutamine võrdlemisi lihtne, kuid uute tehnoloogiate läbimurdmiseks ning oluliselt ökonoomsema autopargi saavutamiseks on vaja kogu transpordi maksusüsteemi reformida, mis võib ajutiselt mõnda ühiskonnarühma valusalt puudutada ja stsenaariumi teostumist aeglustada. Meetmete ja investeeringute peatükis toodud võimaliku maksupoliitika reformiga seotud maksukoormuse- ja tulude prognoos näitab, et lõppkokkuvõttes saab LOW TECH ja SHIFT stsenaariumidega transpordi maksukoormust võrreldes BAU ja HIGH CO2 stsenaariumidega vähendada.

SHIFT stsenaarium eeldab transporti ja sundliiklust vähendavate meetmete rakendamist, ühistranspordi ja kergliikluse planeerimise ning linnaruumi ja liikluskultuuri „revolutsiooni“. Mitmed selle stsenaariumi meetmed mõjuvad võrdlemisi aeglaselt ning eeldavad järjepidavust. Autode ühiskasutus, uued ühistranspordi tehnoloogilised lahendused eeldavad sama palju tarbijate hoiakute ja teadlikkusele suunatud tegevuste rõhutamist kui kaasaegse jalgrattakultuuri ja kompaktsel linnalise asustumustri juurutamist. SHIFT stsenaarium väärtustab kõige rohkem autovabamat planeerimiskultuuri ja kogu avaliku ruumi kvaliteedi hüppelist paranemist, mille eeliseks on Eesti linnade atraktiivsuse ja konkurentsivõime kasv üle maailma kõrge haridustasemega noorte ja neid väärtustavate ettevõtete hulgas.

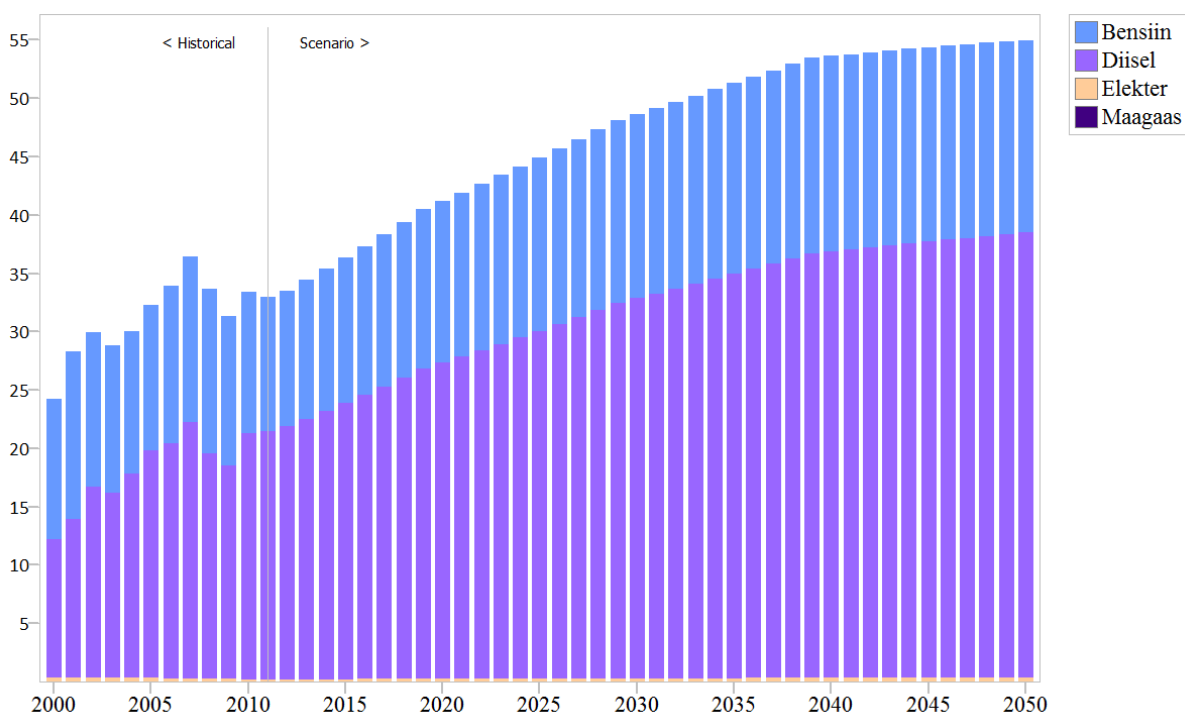
Nii HIGH CO2 kui ka LOW CO2 stsenaariumide puhul on biokütuste arendamise ja sellega seotud eesmärkide seadmisel oluline arvestada **biokütuste säästlikkuse kriteeriumitega** (Well-to-Wheel CO₂ heide peab olema vähemalt 35% väiksem kui konventsionaalsetel fossiilkütustel, alates 2018. aastast 60% väiksem⁸). Ühistranspordile kui sõiduautodest energia- ja keskkonnasäästlikumale liikumisviisile ei tohiks panna sõiduautodest või veoautodest kõrgemaid taastuvenergia kasutamise kohustusi, sest ilma vastavate toetusteta võib see ühistranspordi hinda tarbijale tõsta või vähendada investeeringuid ühistranspordi teenuse kvaliteedi tõstmisesse. Biokütuste kõrge osakaalu saavutamise hind on palju kõrgem juhul, kui samas transpordi energiatõhusust tervikuna ei tõsteta ja võib tekkida oht, et kulutõhusamad meetmed (nt sõiduautode kütusetarbimise vähendamine ning ühistranspordi- ja kergliikluse arendamine) jäävad tagaplaanile.

⁸ Direktiiv 2009/28/EÜ

4.5. Modelleerimise tulemused

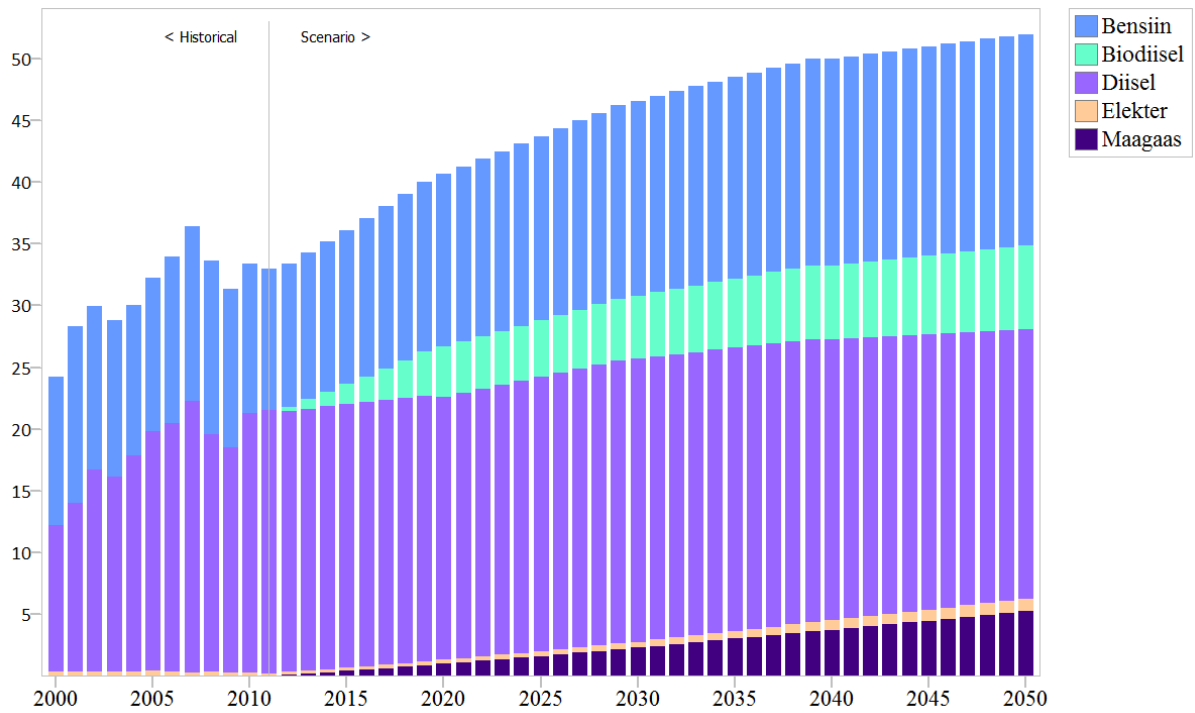
4.5.1. Energia lõpptarbimine ja kütuseliigid

Perioodil 2000–2011 on energia lõpptarbimine transpordisektoris kasvanud 24 300 TJ-lt 33 000 TJ-ni, olles 2007. aastal 36 400 TJ. BAU stsenaariumi kohaselt kasvab energia lõpptarbimine 2050. aastaks 55 000 TJ-ni (vt joonis 44) ning HIGH CO2 stsenaariumis 52 000 TJ-ni (vt joonis 45). LOW CO2 SHIFT ja LOW CO2 TECH stsenaariumis saavutab energia lõpptarbimine 2025. aastaks tasemeni 36 000 TJ ning langeb seejärel 2050. aastaks 24 500 TJ-ni (vt joonis 46). See tähendab, et HIGH CO2 stsenaariumi energiatarve 2050. aastal on BAU stsenaariumist 5% ja LOW CO2 stsenaariumide puhul 55% madalam. LOW CO2 SHIFT ja LOW CO2 TECH stsenaariumis langeb transpordisektori energiatarve 2050. aastaks 2000. aasta tasemele ja on sarnaselt Euroopa vähese süsinikuga majanduse teekaardile ca 30% väiksem kui transpordi energiatarbimine tipuaastatel Euroopas.



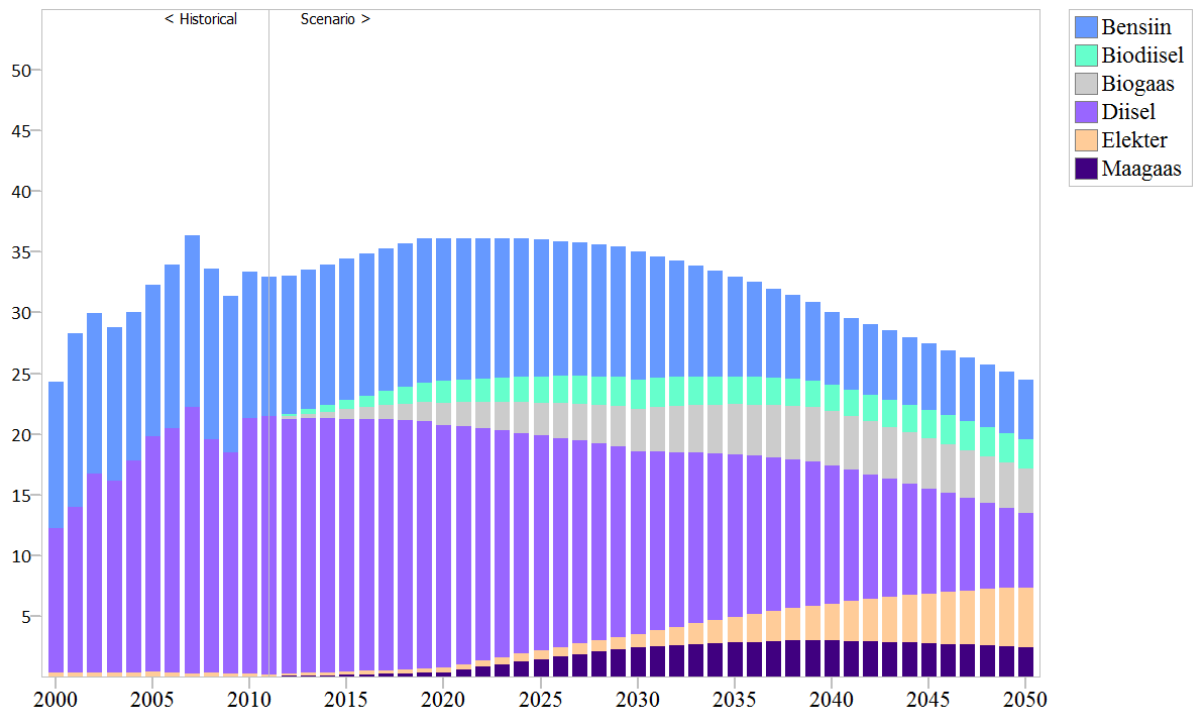
Joonis 44. BAU stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos transpordisektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



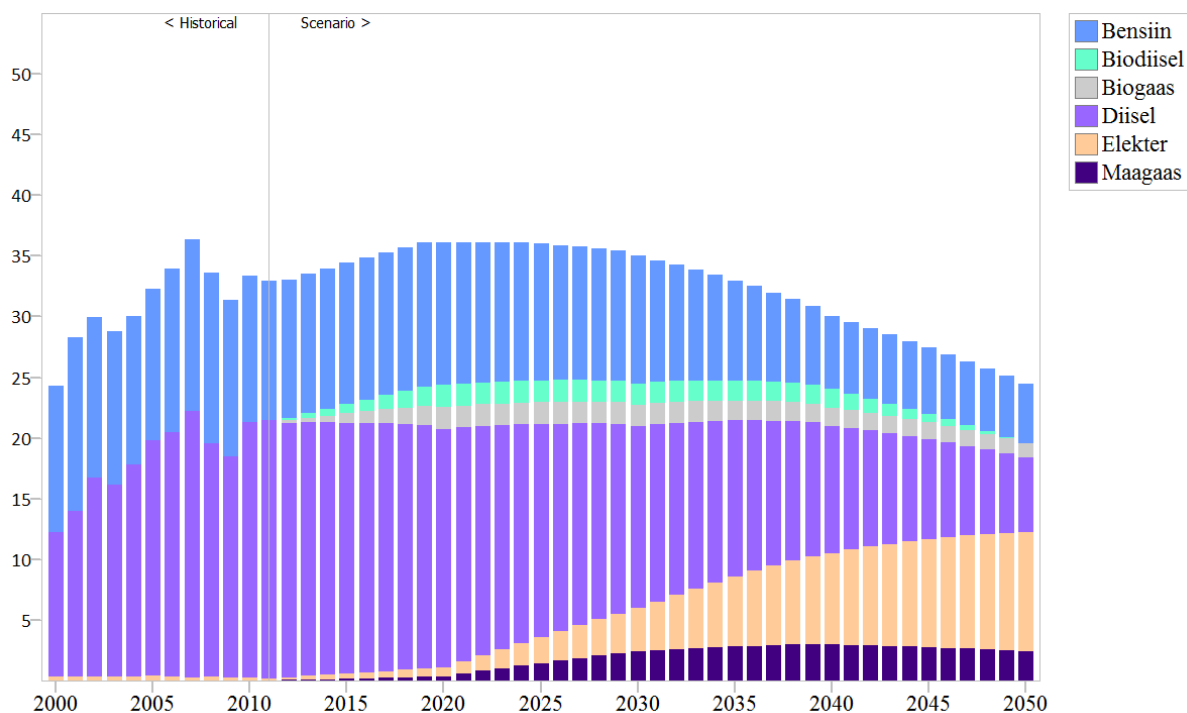
Joonis 45. HIGH CO2 stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos transpordisektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 46. LOW CO2 SHIFT stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos transpordisektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 47. LOW CO2 TECH stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos transpordisektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

Nii BAU kui ka HIGH CO2 stsenaariumide puhul jäävad põhilisteks transpordi energiaallikateks fossiilsed vedelkütused, eeskätt diislikütuse tarbimise mahud tõusevad kuni 2040. aastani maanteevedude kasvu tõttu. LOW CO2 SHIFT stsenaariumi puhul on transpordi energiabilanss kõige mitmekesisem, eeldades poole väiksemat elektri ja/või vesiniku tarbimist kui LOW CO2 TECH stsenaariumis – mõlema LOW CO2 stsenaariumi puhul väheneks fossiilkütuste tarbimine transpordis võrreldes HIGH CO2 stsenaariumiga üle 60% ehk 20 000 TJ võrra.

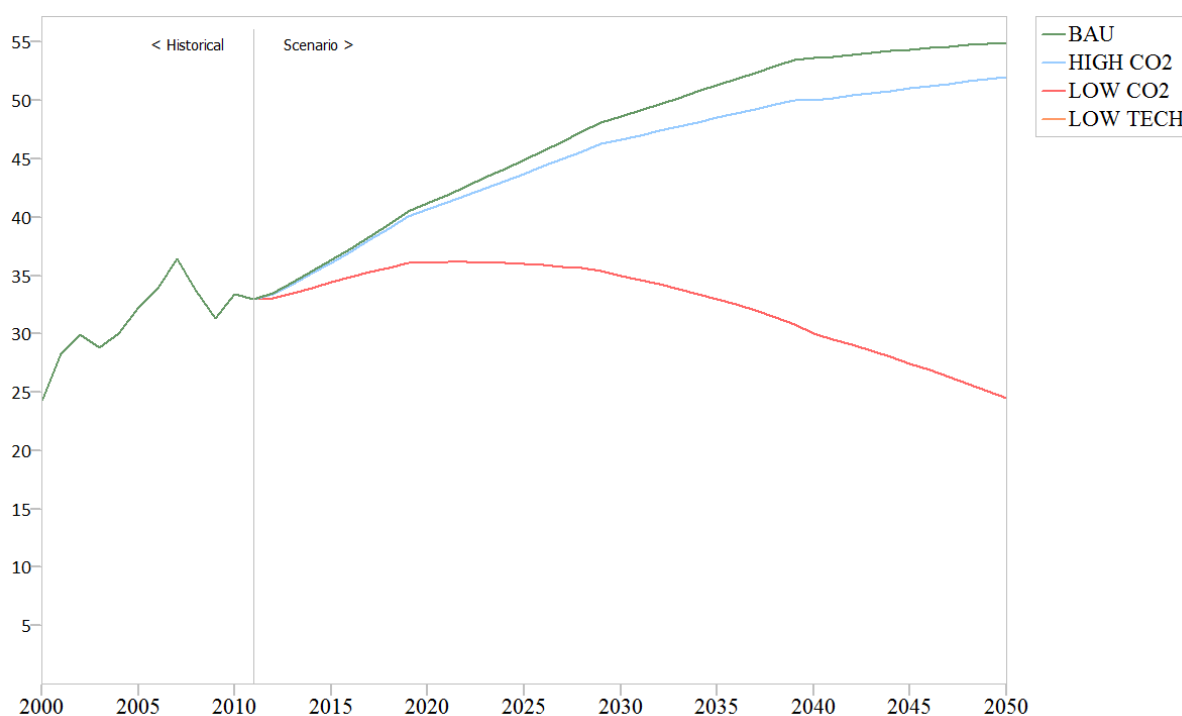
Kõik stsenaariumid annavad ettekujutuse transpordikütuste importimisvajaduse ja Eestis toodetavate kütuste tarbimiskoguste kohta. LOW CO2 stsenaariumide puhul tuleneb nii energiatarbe kui ka CO₂ heite vähenemine transpordi energiatõhususe kasvust, mis omakorda saavutatakse kahes stsenaariumis erinevate poliitikameetmetega – TECH stsenaariumis energiasäästlike sõiduki-tehnoloogia kiire kasutuselevõtuga ning SHIFT stsenaariumis väiksema elektrifitseerimise, kuid suurema modaalse nihke ning konventsionaalsete mootoritehnoloogiate säästlikumaks muutumise kaudu. Peatükis 4.6 toodud erinevate meetmete mõjusust ja kuluefektiivsust arvestades võivad LOW CO2 TECH stsenaariumi meetmed osutada märksa kallimaks kui LOW CO2 SHIFT meetmed.

Tabel 29. Transpordi energiatarbimine erinevates stsenaariumides kütuseliigiti perioodil 2010–2050, TJ/a.

	BAU					HIGH CO2				LOW CO2 SHIFT				LOW CO2 TECH			
	2010	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Elekter/Vesinik	207	235	277	306	313	325	466	750	1040	361	1050	3001	4898	722	3500	7502	9796
CNG	6	8	10	11	11	945	2276	3720	5201	361	2450	3001	2449	361	2450	3001	2449
Bensiin	12 097	13 881	15 787	16 748	16 492	13 986	15 814	16 729	17 162	11 751	10 500	6002	4898	11 751	10 500	6002	4898
Diislikütus	21 052	27 066	32 551	36 558	38 157	21 344	22 928	22 793	21 842	20 036	15 050	11 403	6123	19 675	15 050	10 503	6123
Biodiiseli/ Bioetanool	0	0	1	1	1	4067	5127	5999	6761	1806	2450	2101	2449	1806	1750	1500	0
Biometaan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1806	3500	4501	3674	1806	1750	1500	1225
Kokku	33 363	41 190	48 626	53 623	54 974	40 667	46 611	49 990	52 005	36 122	34 999	30 009	24 491	36 122	34 999	30 009	24 491

Tabel 30. Transpordi stsenaariumide energia lõpptarbimise võrdlus, tuhat TJ.

Stsenaarium	2000	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	24 263	33 363	41 190	48 626	53 623	54 974
HIGH CO2	24 263	33 363	40 667	46 611	49 990	52 005
LOW CO2 SHIFT	24 263	33 363	36 122	34 999	30 009	24 491
LOW CO2 TECH	24 263	33 363	36 122	34 999	30 009	24 491



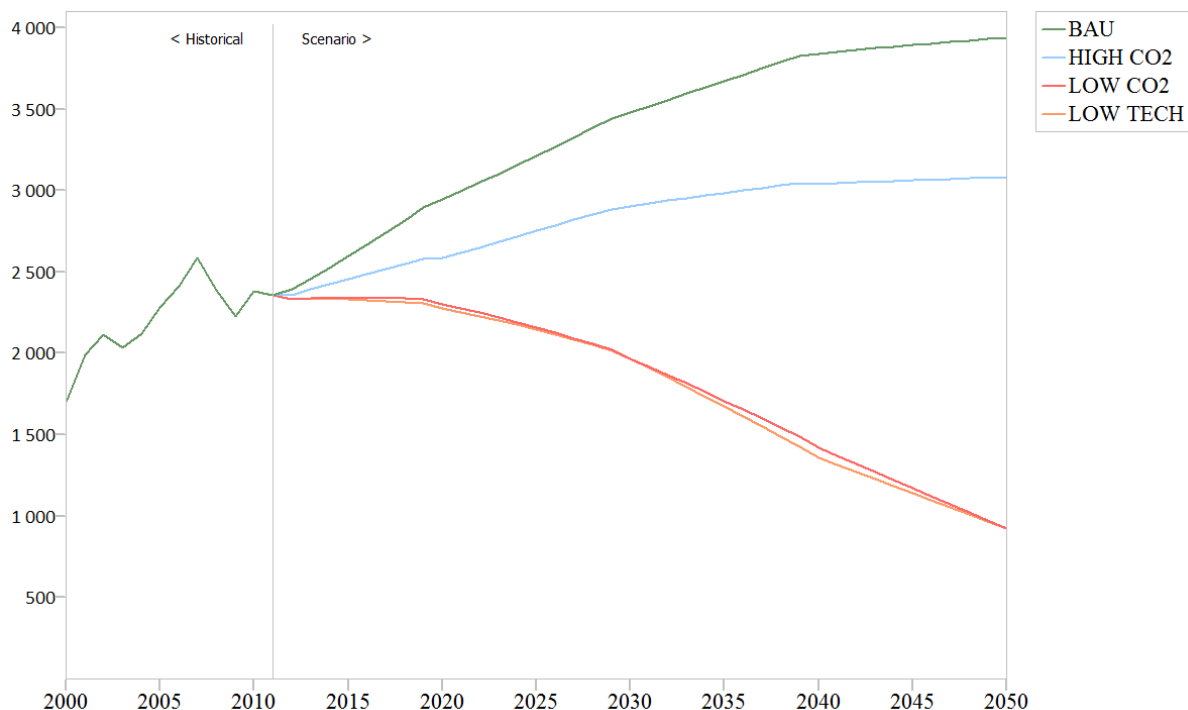
Joonis 48. Transpordi stsenaariumide energia lõpptarbimise võrdlus, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

4.5.2. Kasvuhoonegaaside heitkogused

Allolevatel joonistel on toodud transpordi KHG heitkogused erinevate stsenaariumide puhul kuni aastani 2050. LOW CO2 stsenaariumide puhul oleksid heitkogused ligi 60% väiksemad kui aastal 2010 ning ligi 80% väiksemad kui BAU stsenaariumi korral aastal 2050. BAU stsenaarium ja HIGH CO2 stsenaariumi puhul kasvaks heide võrreldes 2010. aastaga vastavalt 65% ja 30%. Biokütustel on oluline osa KHG heite vähenemisel kuni 2030. aastani eeldades, et neid toodetakse säästlikkuse kriteeriumitele vastavalt. Samas ei kaasne biokütuste kasutamisega nii suurt energiaefektiivsuse kasvu ja kohalike keskkonnamõjude (õhusaaste, müra) vähenemist nagu transpordi elektrifitseerimise, kütuseelemendi jt säästlike mootoritehnoloogiate kasutamisega. Süsinikuvähese transpordi potentsiaal on kõige suurem inimeste liikumisega seoses – liikumisvajaduse vähendamise, säästvate liikumisviiside osakaalu kasvu, sõiduautode kütuseefektiivsuse suurenemise ja elektrile

ja/või vesinikule ülemineku kaudu. Seega väheneb LOW CO2 stsenaariumides kasvuhoonegaaside heide sõiduautodest suhteliselt rohkem (ligi 70%) kui veoautodest (alla 60%).



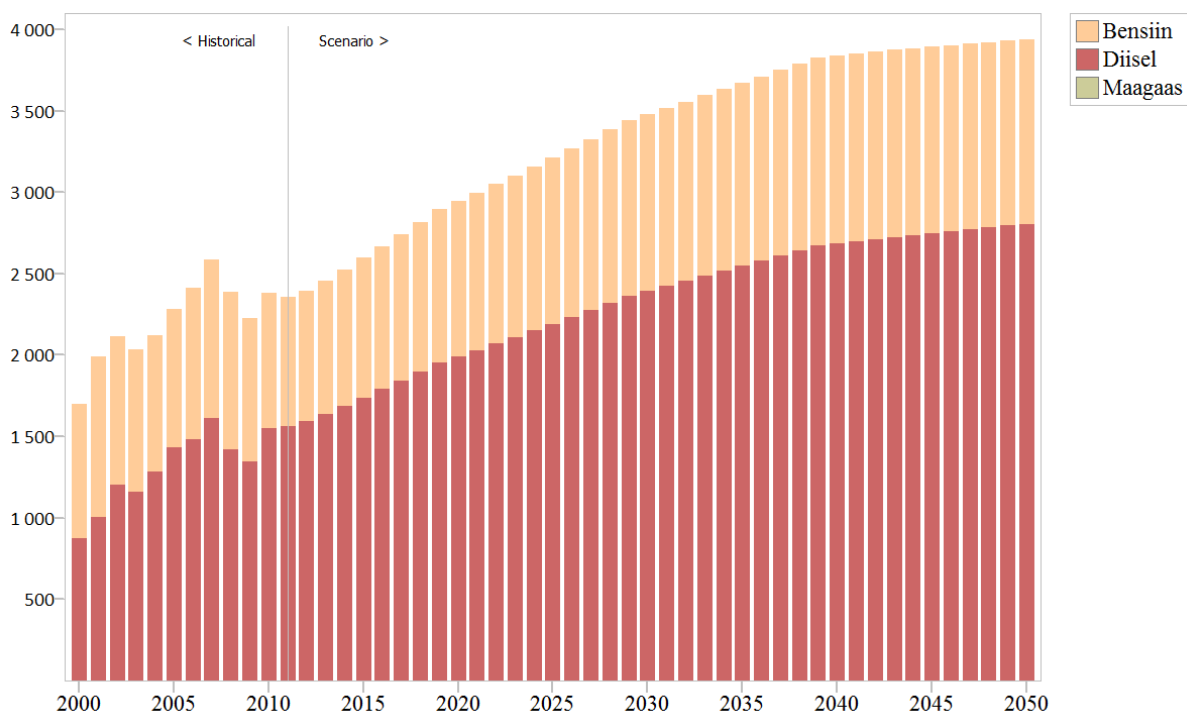
Joonis 49. Transpordi stsenaariumide KHG heitkoguste võrdlus, tuhat t.

Allikas: LEAP

Tabel 31. Transpordi stsenaariumide KHG heitkoguste võrdlus, tuhat t. Allikas: LEAP.

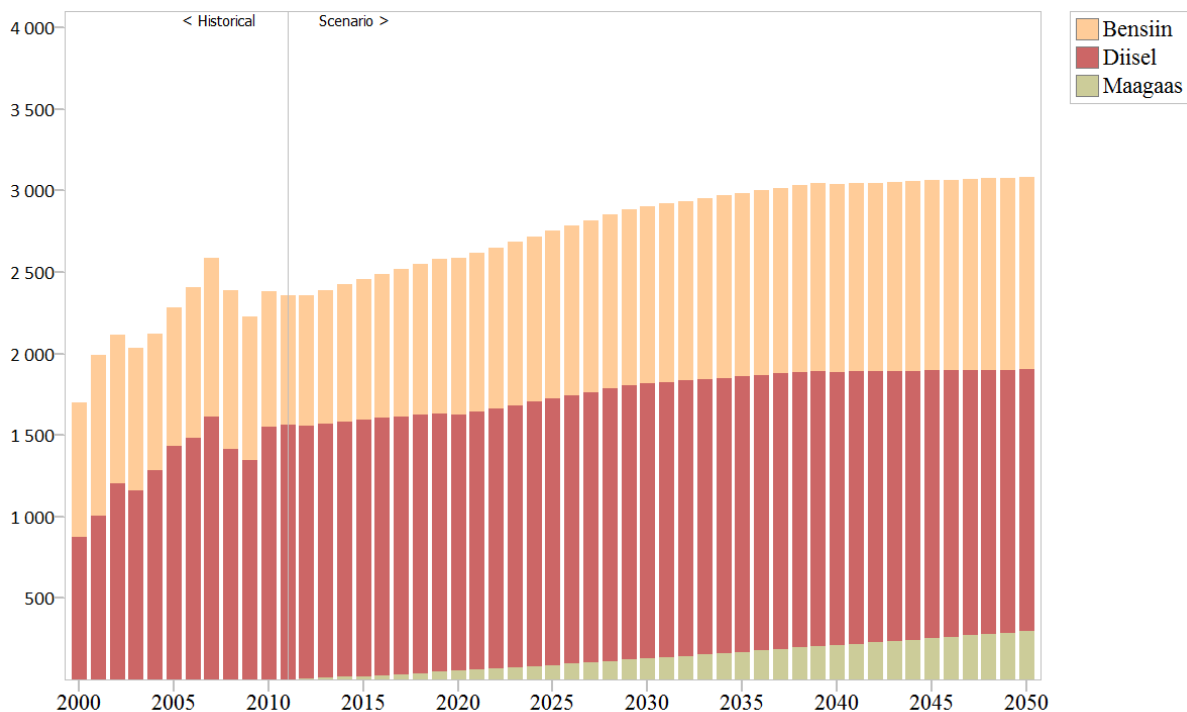
Stsenaarium	2000	2005	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	1702	2285	2380	2945	3479	3840	3940
HIGH CO2	1702	2285	2380	2585	2903	3038	3082
LOW CO2 SHIFT	1702	2285	2380	2302	1968	1422	926
LOW CO2 TECH	1702	2285	2380	2275	1968	1356	926

EL-i kliimapaketiga seotud nn kohustuste jagamise otsuse järgi ei tohiks Eestis heitkogustega kauplemise süsteemist välja jäävates sektorites (sh transport) KHG heide kasvada aastaks 2020 üle 11% võrreldes 2005. aastaga. Eeldusel, et kohustused jagatakse nende sektorite vahel proportsionaalselt, ei tohiks transpordi KHG ületada 2020. aastaks 2 536 000 tonni taset – LOW CO2 stsenaariumidega oleks võimalik need eesmärgid täita varuga (vt joonis 52), HIGH CO2 ületaks selle sihi ca 55 000 tonniga (vt joonis 51) eeldusel, et transpordis võetakse 10% ulatuses kasutusele säästlikkuse kriteeriumitele vastavad biokütused ja taastuvelekter.



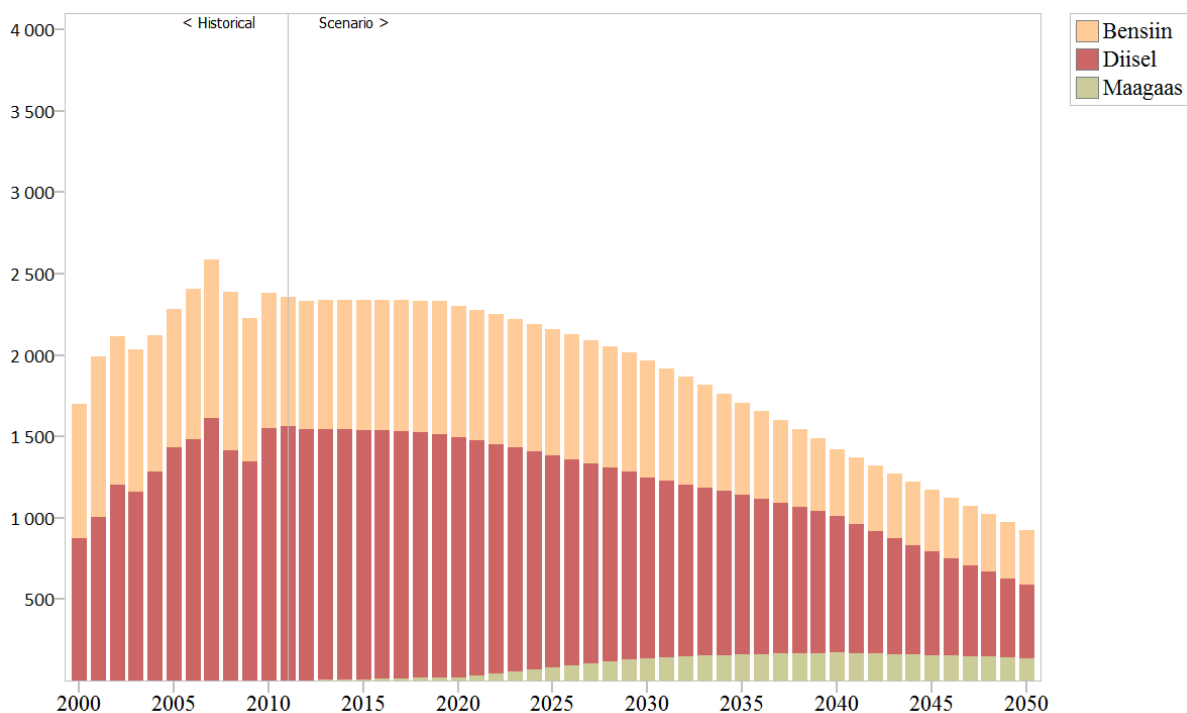
Joonis 50. BAU stsenaariumi KHG heitkogused, tuhat t.

Allikas: LEAP



Joonis 51. HIGH CO2 stsenaariumi KHG heitkogused, tuhat t.

Allikas: LEAP



Joonis 52. LOW CO2 SHIFT ja LOW CO2 TECH stsenaariumi KHG heitkogused, tuhat t.

Allikas: LEAP

4.6. Meetmed ja investeeringud

Soovitavate meetmete valikul on oluline silmas pidada meetmete mõju heitkogustele ja meetme maksumust ehk kuluefektiivsust. Meetmete jõukohasuse ja kuluefektiivsuses seisukohalt on enamik tehnoloogilistest lahendustest (sh biokütustega asendamine) väga kulukad transpordi CO₂ heite vähendamise strateegiad ning palju tõhusamalt ja keskkonnasõbralikumalt annavad tulemusi maksustamisega seotud meetmed. Planeerimist puudutavatel meetmetel on aeglane, kuid pika-aegselt struktuurset energiasäästlikkust toetav mõju, mis lõppkokkuvõttes säästab nii avaliku kui ka erasektori kulutusi liikumisele, transpordile ja infrastruktuurile.

Maksustamist, planeerimist, säästva transpordi eelisarendamist ning tehnoloogilisi lahendusi kombineerides on LOW CO2 SHIFT stsenaariumi rakendumise tulemusel võimalik saavutada EL-i Transpordi valge raamatu ja vähese CO₂ majanduse eesmärgid ilma ebareaalsete või üle jõu käivate tehnoloogiliste, maksustamist või liikuvust piiravate lahendusteta. Alljärgnevalt on ära toodud erinevates kirjandusallikates avaldatud ja transpordi KHG heite vähendamise stsenaariumi-analüüsid kasutatud meetmete kuluefektiivsuse ja transpordi KHG heite vähendamise potentsiaali näitajaid (vt tabel 32).

Tabel 32. Transpordis kasvuhoonegaasi heidet vähendavate meetmete kuluefektiivsus. Allikas: INFRAS 2006, OECD 2012, Ajanovic 2011.

Meede	Meetme mõju suurus (1–5)	Meetme kuluefektiivsus €/tonn
Ühistranspordile ja kergliiklusele orienteeritud arendustegevus/planeeringud	5	-115
Säästlik sõiduviis	1	-30
Rehvirõhu järelvalve	1	-20
Tööandjate liikuvuskavad	3	23
Sõiduautode ja kütuste CO ₂ põhine maksustamine	5	40
Autode jagamine (<i>carpooling</i>)	3	50
Biokütused	2	250
Töötajate ühistransp. kuukaardi kompenseerimine	2	300
Jalgratta ja ühistranspordi integreerimine Bike+Ride	1	615
Jalgrattateede võrk	1	1000
Ökonoomsemad sõidukid, hübriidid	2	1250
Trammi ja reisirongi uued liinid	2	1400
Elektriautod, vesinikautod	3	2000

Tabel 33. Ülevaade Soome, Suurbritannia ja Euroopa Keskkonnaagentuuri (EEA) stsenaariumides kasutatud hinnangutest, kuidas transpordipoliitika meetmed mõjuvad autode läbisõidu ja CO₂-heite vähenemisele.

	Suurbritannia säästva transpordi stsenaariumid (2050) (Whitelegg 2010)	EEA TERM-stsenaariumid (2050) (EEA 2010)	Soome transpordi kliimastrateegia (2020) stsenaarium (LVM 2009)
Liikuvuskorralduse kavad ja ühistranspordi eelisarendamine		-13% CO ₂	-1% CO ₂
Kergliiklust soosiv linnaplaneerimine	-10% sõiduautode läbisõidust		-1% CO ₂
Kompaktse asustuse soodustamine, ühisautod, tänavaruumi ümber jagamine	Linnaliikluse CO ₂ -11%/ 30% sõiduki-km suuremates linnades	-25%	
Kütusesäästlik sõidustiil	-8% autode CO ₂ -heitest	-5% CO ₂	
Madala CO ₂ sisaldusega kütused, taastuvenergia osakaalu tõstmine		-4% autode ja -12% raskeveokite CO ₂ heitest	-5% CO ₂
Autode maksustamine, ökonoomsemad autod	-4,8% autode CO ₂ -heitest	-17%	-15% CO ₂
Majanduslikud hoovad transpordinõudluse vähendamiseks			-10% CO ₂
Maanteetasud	-3% sõiduki-km	-3% CO ₂	
Parkimistasud töökohtades	-12% linna autoliiklusest, mis on seotud tööga (20%)		

	Suurbritannia säästva transpordi stsenaariumid (2050) (Whitelegg 2010)	EEA TERM-stsenaariumid (2050) (EEA 2010)	Soome transpordi kliimastrateegia (2020) stsenaarium (LVM 2009)
Kaubandus-, teenindus- ja vabaajakeskustega seotud parkimiskohtade maksustamine	-12% linna autoliiklusest		
Kütuseaktsiisi tõstmine	1% kütuse hinna kasv vähendab kütuse tarbimist 0,25%		
Ühistranspordi doteerimine, piletite 30% hinnalangus	-2% autode CO ₂ -heitest		
Kaubavedude modaalne nihe maanteelt raudteele ja laevadele	-20% raskeveokite CO ₂ -heitest		

Transpordisektori eri stsenaariumide kogumaksumus (vt tabel 34), stsenaariumide võrdlus kulutõhususe järgi (vt tabel 38) ja meetmete maksumused (vt tabel 39) on toodud alljärgnevas ülevaates.

Meetmete maksumus on hinnanguline, arvestades praegust riigi ja kohalike omavalitsuste investeringut transpordisüsteemi ja eeldades, et avaliku sektori investeerimisvõime jääb samasse suurusjärku ning erinevate stsenaariumide puhul on investeringutel erinevad rõhuasutused. Esitatud maksumuste puhul tuleb arvestada, et olulised muutused CO₂ hinnas, riikide majandusarengus ning teadus- ja arendustegevuses lähema 40 aasta jooksul võivad neid hinnanguid märkimisväärselt muuta.

Riigile on kulukaim rakendada HIGH CO₂ stsenaariumi ja odavam BAU stsenaariumi, samas on BAU stsenaariumi (ehk KHG heitkoguste vähendamisele suunatud meetmete mitterakendamise) tulemuseks transpordisektori KHG emissioonide kolm korda madalam vähenemine kui tulemuselt järgmisel stsenaariumil ja 10 korda väiksem kui tulemuslikeimal stsenaariumil. Kulutõhusaim stsenaarium transpordisektori KHG heitkoguste vähendamiseks on LOW CO₂ SHIFT stsenaarium.

Tabel 34. Stsenaariumide maksumus, mln €.

Meede\Stsenaarium	BAU	HIGH CO ₂	LOW CO ₂ TECH	LOW CO ₂ SHIFT
Meede 1 - Säästlike taastuvkütuste segamiskohustus (10% mahust)	0	0	0	0
Meede 2 - Biometaanitanklavõrgu rajamise investeerimistoetused	0	0	50	25
Meede 3 - Sõiduautode energiaklassimärgise välja töötamine ja kasutuselevõtt	0,05	0,05	0,05	0,05
Meede 4 - Energiaklassist ja CO ₂ heitest sõltuva sõidukite registreerimismaks ja soodustused	0	0	1000	200
Meede 5 - Energiaklassist sõltuv sõidukite aastamaks	0	0	0,05	0,05
Meede 6 - Kütuseaktsiisi arvestuspõhimõtete muutmine –	0	0	0	0

Meede\Stsenaarium	BAU	HIGH CO2	LOW CO2 TECH	LOW CO2 SHIFT
energiasalduse ja CO ₂ heitest sõltuv maksumäär				
Meede 7 - Sõiduautode ja veokite kilomeetripõhised ja sõiduki energiatõhususest sõltuvad teekasutustasud (sh ummikumaks Tallinnas)	0	0	0	0
Meede 8 - Riigi ja kohalike omavalitsuste transpordi ja teehoiu investeerimis- ning rakenduskavades tuleb senisest rohkem arvestada säästva transpordi eesmärkide ja investeringutega ja nende täitmist seirata	8000	7000	7000	5500
Meede 9 - Reisirongiliikluse kiiruste tõstmine ja ühendamine regionaalse ühistranspordi, kergliikluse, pargi ja reisi infrastruktuuriga	150	150	150	500
Meede 10 - Raudtee elektrifitseerimine rahvusvahelistel suundadel	360	360	900	600
Meede 11 - Liikluse rahustamine elumupiirkondades	0	0	0	150
Meede 12 - Aastaringelt kasutatavate jalgrattateede võrgustiku väljaehitamine	52,5	87,5	100	300
Meede 13 - Rahvusvahelise kaubaveo arendamine mere- raudteevedudena	0	0	0	100
Meede 14 - Trammiliinide arendamine Tallinnas	100	200	400	400
Meede 15 - Autode energiamärgise süsteem;	0,05	0,05	0,05	0,05
Meede 16 - Säästvad liikuvuskavad suuremates linnapiirkondades	0	1	0	2
Meede 17 - Isikliku auto vabad arenduspiirkonnad linnades	0	1	1	5
Meede 18 - Kõndimist ja jalgrattakasutust soodustavad tegevusprogrammid	0	0	0	3
Meede 19 - Kergliikluse auditid linnades	0	0	0	3
Meede 20 - Üleriigiliste planeerimissuuniste väljatöötamine energiatõhusa transpordi- ja liikuvuse planeerimiseks	0	0,05	0,05	0,5
Meede 21 - Tõmbekeskuste ja inimeste liikumist eeldavate arenduste planeerimine reisirongi teeniduspiirkonda	0	0	0	5
Meede 22 - Rahvusvahelised linnaruumi ideekonkursid linna avaliku ruumi ja liikluslahenduste innovaatiliste lahenduste rakendamiseks	0	0	0	3
Meede 23 - Parkimiskorralduse põhimõtete ja parkimisnormi kaasajastamine	0	0	0	0
Meede 24 - Liikuvuskorralduse kavad suuremates asutustes, haridus- ja tervishoiuasutustes	0	0	0	2
Meede 25 - Kergliikluse ja ühistranspordi edendamise kampaaniad	0,1	0,3	0,3	1
Meede 26 - Linnatänavate standardi uuendamine ja täiendamine jalgrattateede ja –radade projekteerimishõuetega	0	0	0	0,05
Meede 27 - Harjumaa ühistranspordivõrgu integreerimine ja ühtne piletsüsteem	0	1	1	3
Meede 28 - Säästva liikuvuse ja maakasutuse planeerimismudeli välja töötamine (autost sõltuvuse vähendamine)	0	0	0	0,1
Meede 29 - Säästlikkuse kriteeriumitele vastavate biokütuste tootmispotentsiaali, maksumuse ja transpordis kasutamise	0	0,03	0,5	0,03

Meede\Stsenaarium	BAU	HIGH CO2	LOW CO2 TECH	LOW CO2 SHIFT
tasuvuse väljaselgitamine				
Meede 30 - Autode ühiskasutuse IKT lahendused	0	0	0,1	1
Meede 31 - Autode jagamise IKT lahendused	0	0,03	0,1	1
Meede 32 - Jalgrataste ühiskasutuse IKT lahendused	0	0	0	1
Meede 33 - Nõudebusside, jagatud koolitaksode jt IKT lahendused	0	0,03	0	1
Kokku	8662,7	7801,0	9603,2	7806,8
Aastas keskmiselt (mln €)	248	223	274	223

Kuna käesolevas uuringus vaadeldakse perioodi kuni 2050. aastani, jääb sellesse ajavahemikku väga palju määramatust, eriti ressursside hindade ning potentsiaalsete kulude ja tulude osas. Seetõttu on lisaks meetmete maksumusele antud alljärgnevalt ka hinnang stsenaariumide väliskuludele. See võimaldab selgemalt illustreerida ühiskondlikku kokkuhoidu ehk sisuliselt tulu, mis saavutatakse KHG heitkoguste kärpimisega.

Hinnanguliste väliskulude arvutamisel ja sealhulgas heitkoguste vähendamise piirkulude hindamisel tuginetakse antud uuringus erinevate stsenaariumide lõikes leitud KHG heitkoguste prognoosidele ning rahvusvaheliselt tunnustatud hinnangutele CO₂ ekvivalenttonni väliskulu hinna määramisel (Stern, ExternE jt). Alljärgnevalt on näidatud väliskulude väärtuste vahemikud analüüsiperioodi jooksul eurodes ühe CO₂ ekvivalenttonni kohta (Handbook on estimation ... 2008), millest lähtutakse stsenaariumide väliskulude hindamisel. Kuna erinevate uuringute puhul on hinnangud väliskulu määradele väga erinevad, on käesolevas hinnangus arvestatud tagasihoidliku CO₂ väliskulu määraga, mis vastab määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskmistele väärtustele vastaval aastal (vt tabel 35).

Tabel 35. KHG väliskulu määrad, €/tonni CO₂-ekv. Allikas: Handbook on estimation ... 2008.

Aasta	2010	2020	2030	2040	2050
Madal	7	17	22	22	20
Keskmine	25	40	55	70	85
Kõrge	45	70	100	135	180
Määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskväärts	16	28	38	46	52

Väliskulude mahu leidmiseks korrutati sektori KHG heitkogus väliskulu määraga. Alljärgnevalt on toodud transpordi KHG heitkogustega kaasnevad hinnangulised väliskulud (vt tabel 36). Kuivõrd väliskulud on otseselt seotud emissioonide mahuga, ilmneb siinkohal selgelt säästlikumate stsenaariumide eelis. Seejuures on tuleb arvestada, et hoolimata heitkoguste vähenemisest kasvavad väliskulud vaadeldaval perioodil, kuna ühe tonni KHG väliskulu määr tõuseb ajas akumuleeruva KHG kahjuliku toime suurenemise tõttu.

Tabel 36. Transpordi KHG heitega seotud hinnanguline väliskulu, tuhat €/a.

Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	38 080	82 460	132 202	176 640	204 880
HIGH CO2	38 080	72 380	110 314	139 748	160 264

Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
LOW CO2 TECH	38 080	64 456	74 784	65 412	48 152
LOW CO2 SHIFT	38 080	63 700	74 784	62 376	48 152

Järgnevas tabelis (vt tabel 37) on toodud riigi ja kohalike omavalitsuste hinnanguline maksutulu erinevate stsenaariumide ja fiskaalmeetmete lõikes.

Kütuseaktsiisi (sh elektriaktsiisi) laekumine on arvestatud eeldusel, et püsihindades jääb kütuseaktsiis kõikide stsenaariumide puhul samaks, kuid aktsiisimäära hakatakse arvestama diferentseeritult sõltuvalt kütuse CO₂ jalajäljest ja energiasisaldusest.

Maksude kogutulu on arvestatud nii, et see kataks ära vähemalt senise maksutulu transpordist ning osaliselt transpordi väliskulud. Ökonoomsemate sõidukite eelistamine ja transpordinõudluse vähendamine eeldab uute transpordimaksude rakendamist, mis ei suurendaks nii LOW TECH kui ka LOW SHIFT stsenaariumides lõpptulemusena transpordisektori maksukoormust. LOW TECH ja SHIFT stsenaariumides laekuks kütuseaktsiise üle poole vähem kui baasaastal. Teekasutus-, auto- ja kohalikud transpordimaksud (parkimistasude laekumine kõikides suuremates linnades ning ummikumaks Tallinnas) kompenseeriksid seda vähenemist, kuid oleks kokku ca 25% väiksemad kui HIGH CO₂ stsenaariumi puhul.

Tabel 37. Näide võimalikest maksutuludest ja koormistest erinevate stsenaariumide puhul, mln €/a püsihindades.

Kütuse- ja elektriaktsiis					
Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	390	507	599	661	678
HIGH CO2	390	445	499	533	540
LOW CO2 TECH	390	396	343	258	174
LOW CO2 SHIFT	390	391	352	250	175
Mootorsõiduki CO ₂ - ja energiakulupõhine aktsiis					
Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	0	0	0	0	0
HIGH CO2	0	0	0	0	0
LOW CO2 TECH	0	10	15	20	30
LOW CO2 SHIFT	0	10	15	15	20
Sõiduauto CO ₂ - ja energiakulupõhine maks					
Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	0	0	0	0	0
HIGH CO2	0	0	0	0	0
LOW CO2 TECH	0	35	50	50	50
LOW CO2 SHIFT	0	35	35	35	35

Nutikad diferentseeritud teekasutustasud					
Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	0	0	0	0	0
HIGH CO2	0	0	0	0	0
LOW CO2 TECH	0	0	60	70	100
LOW CO2 SHIFT	0	0	60	60	80
KOV kohalikud maksud (parkimistasud, ummikumaks)					
Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	90	100	110	120	120
HIGH CO2	90	100	110	120	120
LOW CO2 TECH	90	100	110	120	170
LOW CO2 SHIFT	90	120	150	200	200
Maksukoormus/tulu kokku					
Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	480	607	709	781	798
HIGH CO2	480	545	609	653	660
LOW CO2 TECH	480	541	578	518	524
LOW CO2 SHIFT	480	556	612	560	510

Alljärgnevalt on kokkuvõtlikult ära toodud erinevate stsenaariumide mõju KHG heitkoguste muutumisele, stsenaariumide maksumus ning keskmine kulu KHG tonni vähenemise kohta (vt tabel 38). Tehnoloogiliste meetmetega seotud stsenaarium osutub ca 25% kallimaks kui transpordi nõudlust sisaldavate meetmetega stsenaarium.

Tabel 38. Transpordisektori stsenaariumide kulutõhusus.

Stsenaarium	KHG vähenemine võrreldes 2010. aastaga		Meetmepaketi maksumus	
	tuh t CO ₂ -ekv	%	mln €/a	Vähendamise kulu €/t CO ₂ -ekv
BAU stsenaarium	1560	69,0	248	-
HIGH CO2 stsenaarium	702	31,1	223	-
LOW CO2 TECH stsenaarium	-1454	-64,3	274	188,71
LOW CO2 SHIFT stsenaarium	-1454	-64,3	223	153,41

Tabel 39. Meetmed ja investeeringud transpordisektori LOW CO2 stsenaariumide rakendamiseks.

Meede	Tüüp	Olemasolev või kavandatav	Vajadus	Maksumus	Tulemus	Vajalikud tegevused
Säästlike taastuvkütuste segamiskohustus (10% mahust)	Regulatsioon	Kavandatav	Kõrge	Kuni 2020 ca 60 mln € aastas (250 €/tonn)	Ca 7% väiksem CO ₂ heide, taastuvkütuste osakaalu kohustuse täitmine	Vedelkütuste seaduse muutmine. Kohalike säästlikkuse kriteeriumitele vastavate biokütuste tootmise käivitamine
Biometaanitanklavõrgu rajamise investeerimistoetused	Investeering	Kavandatav	Kõrge	Perioodil 2015–2017 aastas 5 mln €	Biogaasikütuste kasutamise kasv, KHG heite vähenemine, uute töökohtade loomine	Kohaliku biometaanitootmise käivitamine
Sõiduautode energiaklassimärgise väljatöötamine ja kasutuselevõtt	Teadlikkus, regulatsioon	EL kavandatav, VV tegevuskavas hilinenud	Kõrge – võimaldab energiaklassist sõltuvate soodustuste ja keskkonnatasude rakendamist		Säästlikest automudelitest teadlikumad automüüjad ja elanikkond. Lihtsam leida kütusesäästlikke mudeleid.	Koostöös EL komisjoniga üle-euroopalise autode energiämärgise väljatöötamine, Eestis, sh interneti müügiportaalides ja autoreklaamides rakendamine
Energiaklassist ja CO ₂ heitest sõltuv sõidukite registreerimismaks ja soodustused	Fiskaalne	Kavandatav	Väga kõrge, sest Eestis ostetakse EL kõige ebaökoonoomsemaid autosid	Maksutulu riigile ca 15 mln € aastas	20–30% kütusesäästlikumad uued autod	Meetme ja seaduse väljatöötamine
Energiaklassist sõltuv sõidukite aastamaks	Fiskaalne	Kavandatav	Väga kõrge	Maksutulu A 45–100 mln € KOV eelarvesse	20–30% ökonoomsem sõidukipark aastaks 2020	Meetme ja vastava seaduse väljatöötamine

Meede	Tüüp	Olemasolev või kavandatav	Vajadus	Maksumus	Tulemus	Vajalikud tegevused
Kütuseaktsiisi arvestuspõhimõtete muutmise – energiasisalduse ja CO ₂ heitest sõltuv maksumäär	Fiskaalne	Kavandatav	Väga kõrge, praegu maksustab aktsiis biokütuseid samadel alustel fossiilkütustega	CO ₂ maksustamise osast laekuks aastas ca 45 mln €	Võrdsetel alustel ja CO ₂ jalajälje vähendamist soodustav kütuste maksustamine	Kütuseaktsiisi seaduse muutmise
Sõiduautode ja veokite kilomeetripõhised ja sõiduki energiatõhususest sõltuvad teekasutustasud (sh ummikumaks Tallinnas)	Fiskaalne	Kavandatav	Ummikute ja suure koormusega maanteevõrgu efektiivsem kasutamine, puudub vajadus kulukate ristmike ja maanteeehitusprojektidele	Maksutulula aasta-aastalt kasvav, 10–50 mln €, kokkuhoid infrastruktuuri ehitamise ja hoolduskuludelt	10–20% CO ₂ vähenemine	Meetme ja seaduse väljatöötamine
Riigi ja kohalike omavalitsuste transpordi ja teehoiu investeerimis- ning rakenduskavades senisest rohkem säästva transpordi eesmärkide ja investeringutega arvestamine ja nende täitmise seiramine	Investeering	EL struktuuri-fondides hetkel kavandatav, kohalikes eelarvetes mitte	Kõrge	Lisakulu ei too, investeerimis-prioriteetid vaadatakse ümber, väiksemad jooksvad kulud	-10% CO ₂	Riiklike ja kohalike transpordi ja teehoiu- ja arengukavade ümbervaatanamine; liikuvuskavade koostamine linnapiirkondades
Reisirongiliikluse kiiruste tõstmine ja ühendamine regionaalse ühistranspordi, kergliikluse, pargi- ja reisi infrastruktuuriga	Infrastruktuur	Kavandatud 2014–2020 EL vahendite kasutamise esialgsetes	Ühistranspordi konkurentsivõime tõstmine			

Meede	Tüüp	Olemasolev või kavandatav	Vajadus	Maksumus	Tulemus	Vajalikud tegevused
		kavades				
Raudtee elektrifitseerimine rahvusvahelistel suundadel	Infrastruktuur		Energiatõhusamad raudteeveod, kiirem ja mugavam reisirongiliiklus	66–90 mln €	Energiatõhusamad, väiksema müraga ja kiiremad raudteeveod	Tasuvusanalüüside teostamine
Liikluse rahustamine elumupiirkondades	Infrastruktuur	kavandatav	Kergliikluse eelisarendamine	100 000 € – 1 mln € asumi kohta	Ohutumad ja paremad (eriti laste iseseisvad) liiklemisevõimalused, ohutu kergliikluse infrastruktuur	Linnade teehoiukavade täiendamine
Aastaringselt kasutatavate jalgrattateede võrgustiku väljaehitamine	Infrastruktuur	Osaliselt olemasolev	Autost sõltuvuse vähendamine linnas ja kohalikel sõitudel maapiirkondades	100 000 €/km	Ohutumad ja paremad (eriti laste iseseisvad) liiklemisevõimalused, ohutu kergliikluse infrastruktuur	Üldplaneeringud, teemaplaneeringud, arengukavad
Rahvusvahelise kaubaveo arendamine mere-raudteevedudena	Infrastruktuur		Maanteevedude osakaalu vähendamine			
Trammiliinide arendamine Tallinnas	Infrastruktuur	Osaliselt kavandatud	Ühistranspordi atraktiivsuse tõstmine			
Autode energiamärgise süsteem	Regulatsioon	Valitsuse tegevuskava	Eestis ostetavad uued autod on EL kõige eba-ökonoomsemad, keskmiselt 20% kütusekulukamad, madal teadlikkus		Teadlikkuse tõstmine, ökonoomsete sõidukite hõlpsam leidmine, ühtne alus energiasäästlike autode eelistamiseks	Määruse eelnõu koostamine ja vastuvõtmine
Säästvad liikuvuskavad suuremates						

Meede	Tüüp	Olemasolev või kavandatud	Vajadus	Maksumus	Tulemus	Vajalikud tegevused
linnapiirkondades						
Isikliku auto vabad arenduspiirkonnad linnades						
Kõndimist ja jalgrattakasutust soodustavad tegevusprogrammid						
Kergliikluse auditid linnades						
Üleriigiliste planeerimissuuniste väljatöötamine energiatõhusa transpordi ja liikuvuse planeerimiseks						
Tõmbekeskuste ja inimeste liikumist eeldavate arenduste planeerimine reisirongi teeniduspiirkonda						
Rahvusvahelised linnaruumi ideekonkursid linna avaliku ruumi ja liikluslahenduste innovaatiliste lahenduste rakendamiseks						
Parkimiskorralduse põhimõtete ja parkimisnormi kaasajastamine						

Osaliselt kavandatud Eesti 2030+, Transpordi arengukavas, Keskkonnastrateegias

Planeerimisalased meetmed on eelduseks energiatõhusama asustuse ja säästva liikuvuse tagamiseks; meetmete toime avaldumine võib olla pika-ajaline, kuid aitab tervikuna saavutada kulutõhusamaid lahendusi

Kõiki erinevaid planeerimisalaseid ja teadlikkust puudutavaid meetmeid kombineerides võimaldab 20–30% väiksem CO₂ heite ja transpordi energiatarbega asustuse kujundamist

Kirjeldatud meetmete loetelus

Meede	Tüüp	Olemasolev või kavandatud	Vajadus	Maksumus	Tulemus	Vajalikud tegevused
Liikuvuskorralduse kavad suuremates asutustes, haridus- ja tervishoiuasutustes						
Kergliikluse ja ühistranspordi edendamise kampaaniad						
Linnatänavate standardi uuendamine ja täiendamine jalgrattateede ja -radade projekteerimisnõuetega						
Harjumaa ühistranspordivõrgu integreerimine ja ühtne piletisüsteem	Tead- likkus, planeerimine, uuringud, arendus- tegevus					
Säästva liikuvuse ja maakasutuse planeerimismudeli välja töötamine (autost sõltuvuse vähendamine)						
Säästlikkuse kriteeriumitele vastavate biokütuste tootmispotentsiaali, maksumuse ja transpordis kasutamise tasuvuse väljaselgitamine						
Autode ja jalgrataste ühiskasutuse IKT lahendused						
Nõudebusside, jagatud koolitaksode jt IKT lahendused						

5. TÖÖSTUSLIKUD PROTSESSID NING LAHUSTITE JA TEISTE TOODETE KASUTAMINE

5.1. Hetkeolukord

Tööstuslike protsesside⁹ ning lahustite ja teiste toodete kasutamisest tulenevate heitkoguste all vaadeldakse IPCC 2. ja 3. alajaotuse (2. *Industrial Processes* ja 3. *Solvent and Other Product Use*) arvestusse kuuluvaid KHG emissioone. Kuigi Eesti KHG inventuuriaruandes on need kategooriad esitatud eraldi (NIR 2012), käsitletakse neid käesolevas töös ülevaatlikkuse huvides ühes peatükis. Sellist lähenemist toetab ka Eesti Keskkonnauuringute Keskuse raport „IPCC 2006. aasta juhendite rakendamise mõju Eesti kasvuhoonegaaside inventuuri teatud sektoritele“, milles märgitakse, et IPCC 2006 juhendites liidetakse mainitud sektorid üheks ning tekib uus sektor „Tööstuslikud protsessid ja toodete kasutamine“ (Kaar jt 2012).

KHG emissioone tööstuslikest protsessidest vaadeldakse Eesti kontekstis alljärgnevate alamsektorite lõikes (NIR 2012):

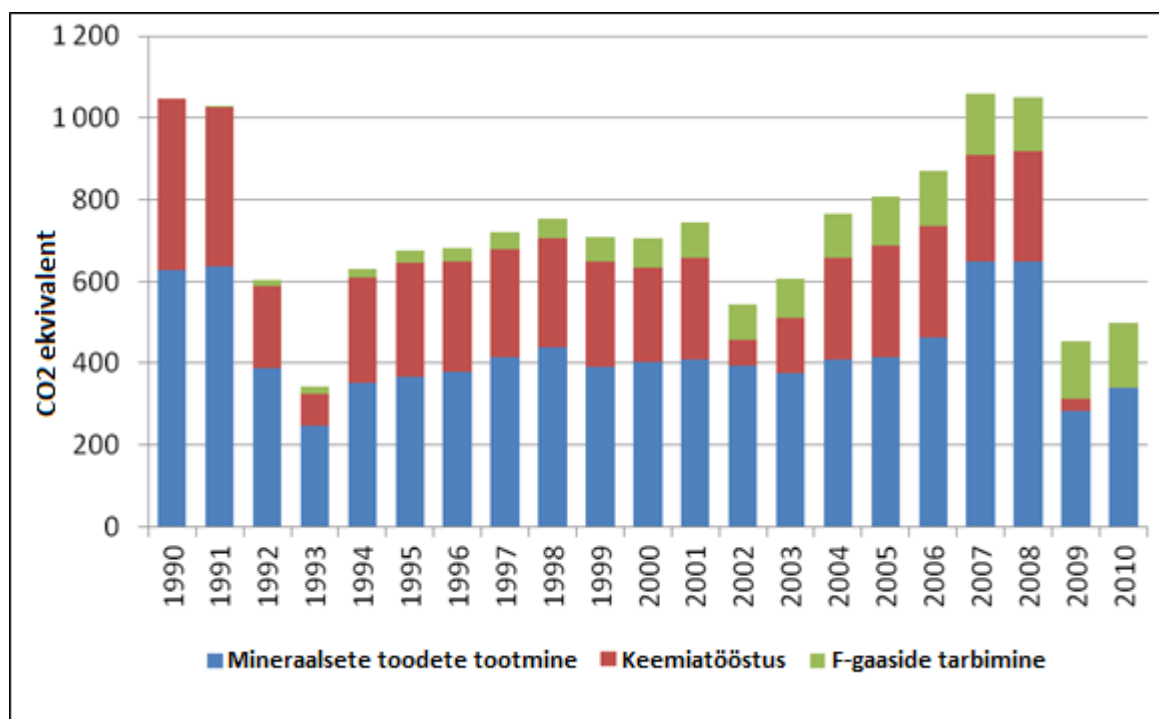
- mineraalsete toodete tootmine;
- keemiatööstus;
- fluoritud kasvuhoonegaaside ehk F-gaaside tarbimine;
- muu tootmine.

Mineraalsete toodete tootmine hõlmab endas tsemendi, lubja, klaasi, telliste, kivide ja kruusa tootmist. Lisaks käsitletakse selles alamsektoris teede-ehituses (asfalteerimine) tekkivaid emissioone. Keemiatööstuse alamsektorisse kuulub Eesti puhul ainult ammoniaagi tootmine ning F-gaaside tarbimise all kajastatakse jahutusseadmete, konditsioneeride, aerosoolide, elektritarvikute jms tarbimisega kaasnevaid KHG heitkogused. Muu tootmine hõlmab peamiselt paberi- ja toiduainetetööstuses tekkivaid emissioone.

Eestis on tööstuslikest protsessidest KHG heitkoguste poolest suurima osatähtsusega mineraalsete toodete tootmine (eriti tsemendi tootmine), kuid järjest olulisemaks on muutunud halogeensüsinike ja väävelheksafluoriidi tarbimise tõttu emiteeruvate KHG emissioonide osakaal (vt joonis 53).

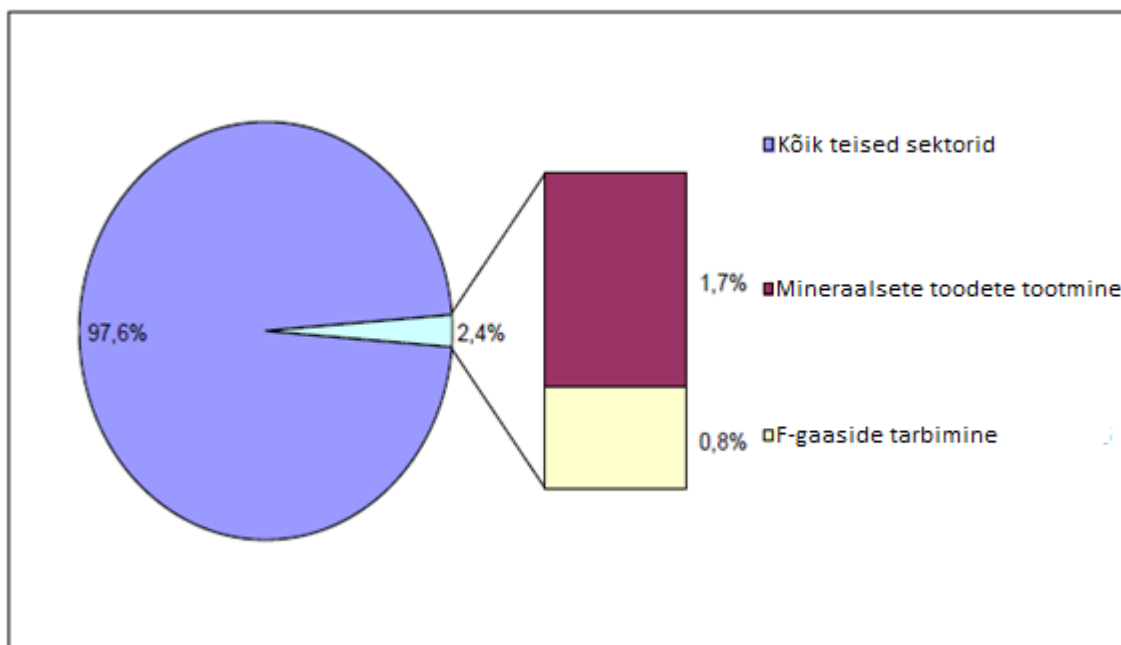
Eesti koguemissioonidest andsid 2010. aastal heitkogused tööstuslikest protsessidest 2,43% (vt joonis 54) ehk ligi 0,5 mln tonni CO₂-ekv. Emissioonide mahtu arvestades on olulisemateks alamsektoriteks tsemenditööstus (1,51% koguemissioonidest), emissioon jahutusseadmetest ja konditsioneeridest (0,7%) ning lubja tootmine (0,09%). Prognoositakse, et tööstuslike protsesside heitkogused suurenevad aastaks 2020 kuni 9% võrreldes aastaga 2008 (Report Pursuant ... 2011).

⁹ Töötlevas tööstuses kütuste põletamisel tekkivaid KHG heitkoguseid analüüsitakse IPCC metoodika alusel energiamajanduse ühe osana (vt ptk nr 3).



Joonis 53. Tööstuslike protsesside KHG heitkogused Eestis perioodil 1990–2010, tuhat tonni CO₂-ekv.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)



Joonis 54. Tööstuslike protsesside emissioonid võrreldes Eesti summaarse KHG heitkogusega 2010. aastal.

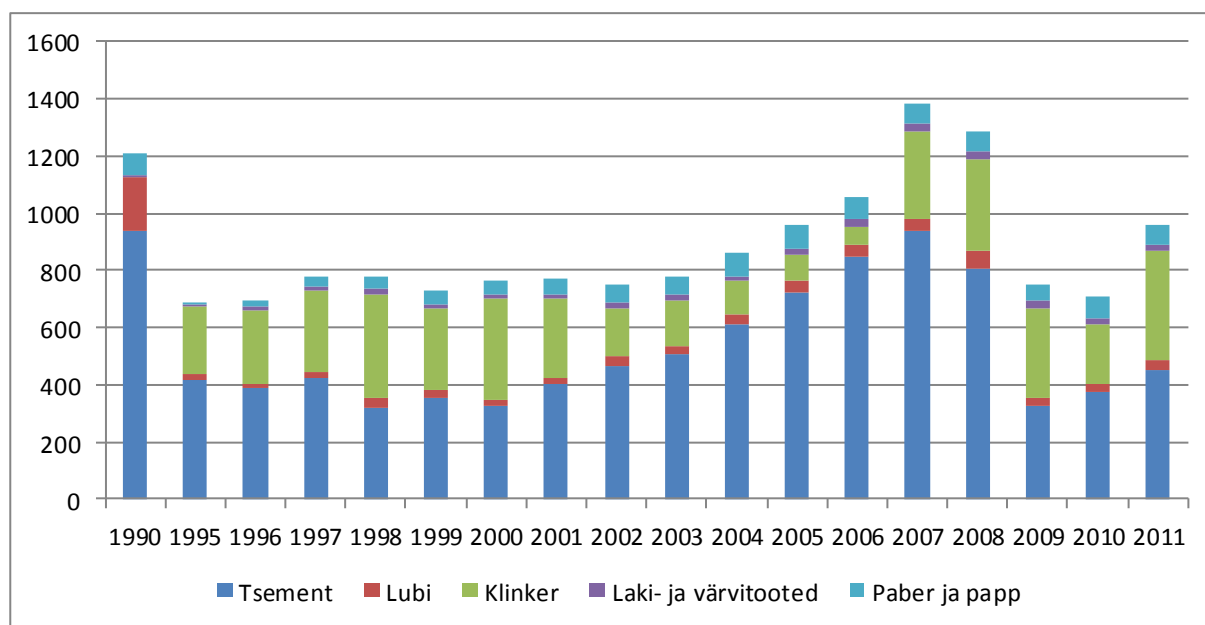
Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

Tööstuslike KHG emissioonide maht on alates 1990. aastast suhteliselt laiades piirides kõikunud, selle peamiseks põhjuseks on olnud heitkoguste tugev seos riigi majandusliku aktiivsusega. Näiteks toimus

1990. aastate alguses järsk KHG emissioonide vähenemine, kuna siirdeperioodil plaanimajandusest turumajandusse toimus tuntav tööstustoodangu mahtude kahanemine. Analoogne tugev langus on toimunud hiljutise majanduskriisi tingimustes (2009. aastal olid heitkogused enam kui poole väiksemad kui aasta varem).

Tulenevalt Eesti majanduse suhtelisest väiksusest on heitkogustele avaldanud märgatavat mõju ka mõne üksiku tehasega seotud arengutrendid. Näiteks 2007. aastal kasvatas tugevalt KHG emissioone suurenenud tsemendi tootmine Kunda Nordic Cement AS-is (NIR 2012). Sama otseselt mõjutab keemiatööstuse heitkoguseid ammoniaaki tootva AS Nitroferti käekäik. Aastal 2009 vähenesid emissioonid tunduvalt ja alates 2010. aastast puuduvad need üldse, kuna AS Nitrofert peatas tootmise kõrgete toorainehindade ja toodangu madalate maailmaturuhindade tõttu. Tehas taaskäivitati 2012. aasta teises pooles (Nitrofert alustas ... 2012) ning seega võib eeldada, et keemiatööstuse KHG heitkogused tekivad uuesti alles 2014. aasta Eesti KHG inventuuriaruandesse.

Tööstuslike protsesside valdkonna olulisemate majandusharude tootmismahdade dünaamika aastatel 1990–2011 illustreerib otseseid seoseid riigi üldise majandusaktiivsusega (vt joonis 55). Näiteks tsemendi kui ühe olulisema ehitusmaterjali tootmiskõverast joonistub selgelt välja nii 1990. aastate alguses toimunud tootmismahdade järsk langus, 2000. aastate esimeses pooles aset leidnud majandusbuum kui ka sellele järgnenud majanduskriis (eriti 2009. aasta, kui 2007. aasta tootmismahdadest jäi järele vaid kolmandik) ja hilisem aeglane taastumine. Sellised muutused on selgelt kajastunud ka tööstuslikest protsessidest ning lahustite ja muude toodete kasutamisest tingitud KHG heitkogustes vaadeldaval ajaperioodil.



Joonis 55. Tsemendi, lubja, klinkri, laki- ja värvitoodete ning paberi ja papi tootmine perioodil 1990–2011, tuhat t.

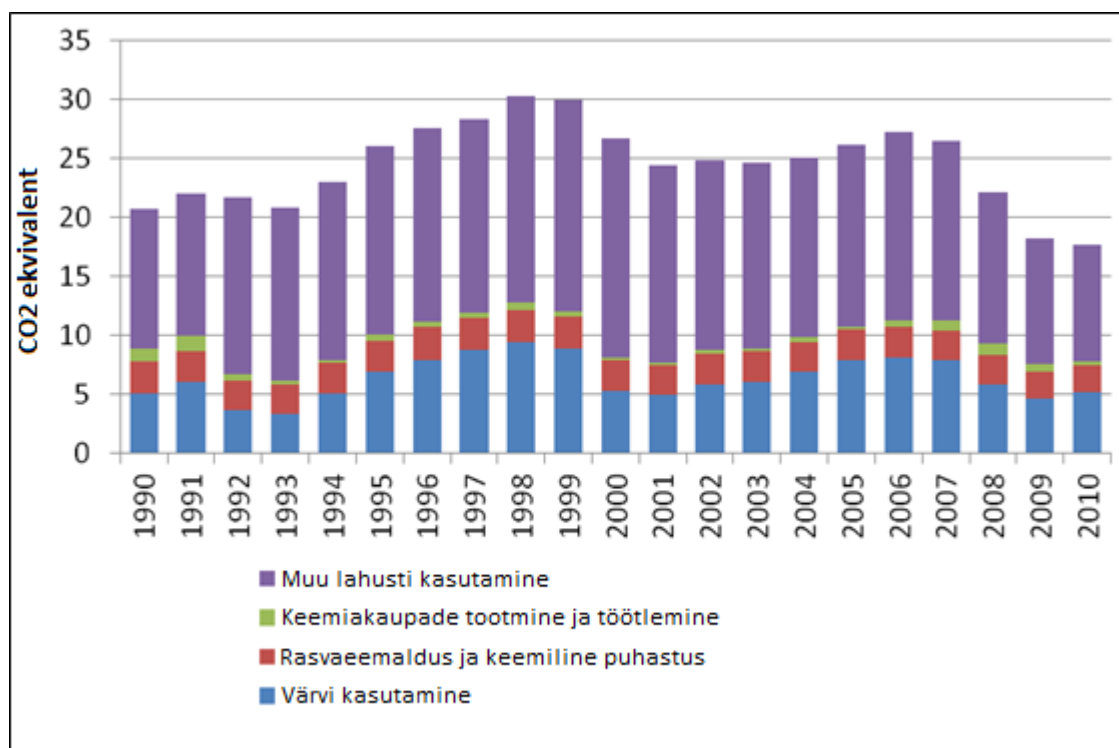
Allikas: Eesti Statistikaamet

Tööstuslike protsesside kõrval käsitletakse käesolevas peatükis lahustite ja teiste toodete kasutamisest tekkivaid KHG heitkoguseid. Tegemist on võrdlemisi väikse osatähtsusega kategooriaga, lahustite ja teiste toodete kasutamine tekitas 2010. aastal 0,09% Eesti koguemissioonidest ehk 17 650 tonni CO₂-ekv (NIR 2012).

KHG emissioone lahustite ja teiste toodete kasutamisest vaadeldakse alljärgnevate kategooriate lõikes (NIR 2012):

- värvi kasutamine;
- rasvaeemaldus ja keemiline puhastus;
- keemiakaupade tootmine ja töötlemine;
- muu lahusti kasutamine.

Neist kategooriatest on suurema osatähtsusega värvi kasutamine ja muu lahusti kasutamine, mille kaudsed CO₂ emissioonid moodustasid kogu lahustite sektori heitkogustest vastavalt 29,6% ja 28,5%. Võrreldes 1990. aastaga on lahustite ja teiste toodete kasutamisest tingitud emissioonid langenud 15% (NIR 2012). Ka selles valdkonnas on heitkoguste mahu dünaamika tugevas seoses üldise majandusaktiivsusega – majanduskasvu perioodil emissioonid kasvavad ja kriisitingimustes vähenevad (vt joonis 56).



Joonis 56. Lahustite ja teiste toodete kasutamisest tekkivad KHG heitkogused perioodil 1990–2010, tuhat tonni CO₂-ekv.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

5.2. Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused

Tööstussektori arengut ja seeläbi tööstuslike protsesse ning lahustite ja muude toodete kasutamist mõjutavad paljuski samad poliitikad ja initsiatiivid nagu energiamajandust ja transporti. Nii EL-i kui ka Eesti tasandil nähakse suure potentsiaaliga arenguvõimalusi uute keskkonnasõbralike tehnoloogiate ja lahenduste (*cleantech*) kasutuselevõtus ning energiasäästus, mis tähendab ühelt poolt tööstuse ja laiemalt terve majanduse süsinikujalajälje vähenemist ning teiselt poolt uusi ettevõtlusvõimalusi ja kõrge lisandväärtusega töökohti. Need põhimõtted kajastuvad EL-i strateegias **Euroopa 2020** ning neile aspektidele pööratakse senisest rohkem tähelepanu ka EL-i uue finantsperioodi (2014–2020) ettevalmistamisel.

Praktiliselt kõiki EL-i liikmesriikide majandussektoreid mõjutab EL-i kliima- ja energiapakett, mille peamiseks sisuks on nn **kolmikpakett „20-20-20“** ehk eesmärk vähendada 2020. aastaks KHG heitkoguseid 20%, tõsta energiatõhusust 20% ja tagada, et 20% energiavajadusest kaetakse taastuvate energiaallikatega. Otsus nr 406/2009/EÜ, mis on antud paketi osaks ja millega seatakse siduvad riiklikud eesmärgid heitkogustega kauplemise süsteemiga hõlmatavate sektorite heitele, toonitab muuhulgas, et liikmesriigid peaksid tagama uuenduslike tehnoloogiate kasutamise rahastamise, et võimaldada tööstusettevõtjatel luua uusi töökohti ja tõsta seega nii riigi kui ka kogu EL-i konkurentsivõimet. Samuti juhitakse antud otsuses tähelepanu süsinikdioksiidi lekke ohule, mis võib EL-i töötleva tööstuse konkurentsivõimet maailmaturul negatiivselt mõjutada.

Euroopa Komisjoni teatis „**Konkurentsivõimeline vähese CO₂-heitega majandus aastaks 2050 – edenemiskava**“ (KOM/2011/12) käsitleb KHG heitkoguste vähendamist sektorite põhiselt ja Komisjoni analüüsist selgub, et tööstussektori KHG heidet oleks aastaks 2050 võimalik vähendada 83–87% võrreldes 1990. aastaga. Uudsete ressursi- ja energiatõhusamate tööstusprotsesside ja -seadmete juurutamisel ning laialdasemal kasutamisel, samuti CO₂ kõrval ka teiste kasvuhoonegaaside (nt diämmastikoksiid ja metaan) heite vähendamise tehnoloogiatel on selles täita oluline roll ning KHG-mahukatel tööstusharudel on selle tulemusel hinnanguliselt võimalik vähendada emissioone poole võrra või rohkemgi. Lisaks märgitakse edenemiskavas jätkusuutliku kasvu ja tööhõivega seotud võimalusi. Ka selles dokumendis tuuakse välja süsinikdioksiidi lekke oht. Juhul, kui EL-i peamised konkurendid samalaadseid kohustusi ei võta, tuleb EL-il leida täiendavaid lahendusi, kuidas ohjata võimalikke lisakulusid ja negatiivset mõju konkurentsivõimele.

Eesti jaoks on siinkohal kõige olulisem see, kuidas hakkavad nii need kui ka muud seonduvad regulatsioonid mõjutama tsemenditööstust, mis annab praeguse seisuga suurima osa tööstuslikes protsessides tekkivast KHG heitest. Seejuures toovad ettevõtjad nii selles kui ka teistes majandusharudes selgelt välja, et keskkonnanõuete ja saastekoguste piirmäärade ning mitmesuguste keskkonnatasude suuruse kõrval on väga tähtis see, et need oleksid riiklikul tasandil pikaajaliselt paika pandud. Nii paraneb majanduskeskkonna stabiilsus ja ettevõtjatel on võimalik oma investeeringuid adekvaatsemalt planeerida. Investeeringu suurenemine soodustaks omakorda säästlikumate tehnoloogiate rakendamist ning vähendaks olukordi, kus maksude ja regulatsioonide ennustamatus põhjustab investeeringute tegemisest loobumist ning tehaste kolimist teistesse riikidesse (Keskkonnatasude mõjuanalüüs 2013).

Lisaks uudsetele tööstusprotsessidele ja -seadmetele märgitakse Euroopa Komisjoni edenemiskavas, et pärast 2035. aastat tuleb laialdaselt kasutusele võtta ka süsinikdioksiidi kogumine ja säilitamine (*Carbon Capture and Storage, CCS*) ning eelkõige tööstusprotsesside põhjustatud heite kogumine. CCS tehnoloogia seisneb tööstusrajatiste tekitatavate KHG heitkoguste kogumises, selle transpordis säilitamiskohta ja selle juhtimises sobivasse geoloogilisse formatsiooni püsiva säilitamise eesmärgil. Geoloogilise säilitamise eesmärk on süsinikdioksiidi püsiv sidumine selliselt, et välditakse või vähendatakse negatiivset mõju keskkonnale ja sellest tulenevat mistahes ohtu inimeste tervisele (Eesti elektrimajanduse arengukava aastani 2018).

KHG püüdurseadmete kasutamist nähakse ühe võimaliku lahendusena nii tsemendi kui ka ammoniaagi tootmisel (Stangeland ja Utgård 2008), mis on tööstuslikest protsessidest lähtuvate KHG heitkoguste mahu poolest Eesti jaoks kõige olulisemateks majandusharudeks. Seejuures hõlmab CCS tehnoloogia nii tootmisprotsessi tõttu tekkiva (nt ammoniaagi tootmisel moodustuv CO₂) kui ka kütuste põletamisest tingitud süsinikdioksiidi püüdmist. Kuna vähemalt praeguse seisuga on tegemist küllaltki kalli meetmega¹⁰, siis eeskätt väikemas mahus tootvatele ettevõtetele võib CCS tehnoloogia kasutamine olla väga keerukas ja kulukas (Innovation for ... 2009).

Eesti tingimustes takistab selle kasutamist ka see, et puuduvad võimalused KHG heite maapõues säilitamiseks, mistõttu on välisõhu kaitse seaduse ja sellega seotud seaduste muutmise seadusega (millega võeti muuhulgas üle **EL-i CCS direktiivi** nõuded) sätestatud (Välisõhu kaitse ... 2012), et CO₂ geoloogiline ladustamine Eesti Vabariigi territooriumil ja šelfi alal ei ole lubatud.

Teisalt võib CCS-i potentsiaalne kasutegur ulatuda isegi 90%-ni ja praeguse seisuga on see ainus tehnoloogia, mis võimaldab saavutada olulist heitkoguste vähendamist (Šogenova jt 2012). Seega vajab põhjalikku uurimist, millisel moel või ulatuses (sh võimalused rahvusvaheliseks koostöök) saaks Eesti siiski CCS tehnoloogiat rakendada.

5.3. Stsenaariumid ja nende eeldused

Tööstuslike protsesside ning lahustite ja muude toodete kasutamise valdkonna stsenaariumide puhul koostatakse tekkivate KHG emissioonide prognoos 2050. aastani. KHG heitkoguste mahu muutusi analüüsitakse, arvestades senist trendi ja ekstrapoleerides edasist arengut stsenaariumide erinevate eelduste rakendumisel.

Tööstuslike protsesside puhul määravad emissioonide koguse eeskätt tootmiskaht (sõltub peamiselt majandusaktiivsusest, rahvaarvust ja ekspordinõudlusest) ja kasutatavad tootmistehnoloogiad (tehnoloogiate kättesaadavus, investeeringute maksumus, riiklikud piirangud ja poliitikameetmed). Lahustite ja muude toodete kasutamise korral on lähenemine analoogne, prognoosimisel lähtutakse peamiselt SKP kasvust ja hinnangulistest muutustest kasutamise efektiivsuses.

¹⁰ CCS tehnoloogiaga seonduvat on käsitletud ka „Energiamajanduse“ peatükis (vt ptk 3).

Sektori arengu kavandamisel aastani 2050 koostatakse **kolm arengustsenaariumit**.

BAU stsenaarium

BAU stsenaariumis eeldatakse, et tootmiskaht ja sellest tekkivad emissioonid kasvavad vastavalt nõudluse prognoosile ja osakaalud sektoris jälgivad perioodi 2000–2011 trendi. Stsenaariumi järgi ei rakendata süsinikumahuka tootmisega ettevõtetele rangemaid tingimusi kui EL-i suunised ette näevad. Riik ei tee spetsiaalseid jõupingutusi (näiteks ei rakendata eraldi meetmeid, mis toetaksid investeerimist tööstuslike protsesside tehnoloogilise taseme tõstmisesse), et vähendada tööstussektori KHG heitkoguseid (puudutab ainult tööstuslike protsesside osa ehk teisalt võidakse panustada energiatõhususse jms). KHG emissioonide vähendamise seisukohalt suuri tehnoloogilisi arenguid tööstuslikes protsessides ei toimu. Tulenevalt tootmise efektiivsemaks muutmise vajadusest (kulude kokkuhoid, et püsida konkurentsivõimelisena) ning Eesti ja EL-i tasandi ettekirjutustest, panustavad ettevõtted taastuenergia kasutamisse, energiasäästlikkusse ning vähem KHG emissioone tekitavate tehnoloogiate arendamisse ja kasutusele võtmisse. Seega, emissioonid ei tõuse nii kiiresti kui tootmine, kuid samas ei toimu radikaalset muutust süsinikuväheses majanduse suunas. Selle tulemuseks on teistest stsenaariumidest kõrgem KHG emissiooni tase.

HIGH CO2 stsenaarium

HIGH CO2, mis lähtub vajadusest täita EL-i ja Eesti seatud miinimumnõudeid ja -eesmärke ning arvestada teiste riikide kogemusi. Eesti ei ole selle stsenaariumi korral tööstuslike protsesside kaudu tekkivate KHG heitkoguste piiramisel eestvedajate seas, vaid pigem lähtutakse teiste eeskujust. Stsenaariumi järgi ei rakendata süsinikumahuka tootmisega ettevõtetele rangemaid tingimusi kui EL-i suunised ette näevad. Tulenevalt tootmise efektiivsemaks muutmise vajadusest (kulude kokkuhoid, et püsida konkurentsivõimelisena) ning Eesti ja EL-i tasandi ettekirjutustest, panustavad ettevõtted taastuenergia kasutamisse, energiasäästlikkusse ning vähem KHG emissioone tekitavate tehnoloogiate arendamisse ja kasutuselevõtmisse. Riik toetab ettevõtteid investeringute tegemisel tööstuslike protsesside tehnoloogilise taseme tõstmisesse, et vähendada tööstussektori KHG heitkoguseid (puudutab ainult tööstuslike protsesside osa, lisaks panustatakse ressursi- ja energiatõhususse jms). Investeringute toel parendatakse 2030. aastaks ja hilisemalt märgatavalt ettevõtete võimekust koguda tööstusprotsesside tagajärjel tekkivaid KHG emissioone. EL-i seatud eesmärkide suunas liikudes ja riiklike investeringute toel õnnestub tööstuslikest protsessidest tekkivaid emissioone vähendada ka kasvava toodangu tingimustes.

LOW CO2 stsenaarium

LOW CO2 stsenaarium vaatab tööstussektori arengut, kui rakendatakse märkimisväärses mahus nii poliitikameetmeid KHG emissiooni vältimiseks ja vähendamiseks kui ka täna kättesaadavaid ja arendatavaid KHG heitkoguste vähendamisele suunatud tehnoloogiaid (sh CCS kasutamine lähtuvalt Euroopa Komisjoni konkurentsivõimelise väheses CO₂-heitelga majanduse edenemiskavas sätestatust). Eesmärgiks on emissioonide maksimaalne vähendamine. Majanduse struktuur on oluliselt muutunud, kuna tugevad riiklikud piirangud KHG emissioonidele on sundinud süsinikumahukaid ettevõtteid (nt tsemenditööstus, ammoniaagi tootmine) oma tegevusala ja ärimudelit ümber vaatama ja/või oluliselt uue tehnoloogia kasutusele võtmisse investeerima. Ka riik (ja laiemalt EL)

panustab erinevate meetmete kaudu (sh teadus- ja arendustegevuse toetamine) tehnoloogilise taseme tõstmise, et kohalik tööstusbaas ei kaotaks ebavõrdsete konkurentsitingimuste tõttu. Muutunud majandusstruktuur on viinud vajaduseni teatud kaupu rohkem importida ja samuti on see tekitanud mõningaid sotsiaalmajanduslikke probleeme (sh muutused tööhõives kaevanduspiirkondades). Teisalt on ettevõtted liikunud suurema lisandväärtusega toodete tootmise ja arendamise suunas. Oluliseks murekohaks võib kujuneda võimaliku CO₂-lekkega seotud probleemistik.

Tabel 40. Tööstuslike protsesside sektori stsenaariumide eeldused.

Stsenaariumide eeldused	STSENAARIUMID			Eelduse lähtealus
	BAU	HIGH CO2	LOW CO2	
Stsenaariumi lühikirjeldus	Majanduse areng jätkub praeguste otsuste järgi ja tänaseid trende järgides	Majanduse areng, kus riik võtab mõjusaid samme tööstuslike protsesside efektiivsuse tõstmiseks	Majanduse areng, kus riik võtab mõjusaid samme rohemajanduse edendamiseks, energiakasutuse efektiivsuse tõstmiseks ja KHG heitkoguste piiramiseks	Kokkulepe tellijaga
MAKROMAJANDUSNÄITAJAD				
Rahvaarvu trend	Elanike arv 1,34 miljonit, langeb 2050. aastaks 1,23 miljoni inimeseni	Sama	Sama	Eesti Statistikaamet, rahvastikutrend (ENMAK tarbimise töögrupi aruanne)
SKP trend	Aastane kasv: 2012–2019 +3,48% 2020–2029 +2,51% 2030–2039 +1,89% 2040–2050 +1,15%	Sama	Sama	ENMAK tarbimise töögrupi aruanne
Tööstuslikud protsessid ning lahustite ja muude toodete kasutamine				
Tootmismahu trend	Aastane kasv: 2012–2014 +15% 2015–2015 +8% 2016–2019 +3% 2020–2050 +2,5%	Sama	Sama	Perioodi alguses toimub toodangumahtude kiirendatud kasv, mille tulemusel taastub majanduskriisi eelne tase Pikaajalise prognoosi puhul lähtutakse IPCC hinnangust tsemendi tarbimisele (Climate Change 2007)

Stsenaariumide eeldused	STSENAARIUMID			Eelduse lähtealus
	BAU	HIGH CO2	LOW CO2	
<p>Tootmis- tehnoloogiate paranemine</p>	<p>Aastane tootmis- efektiivsuse kasv (KHG heitkoguste kontekstis):</p> <p>2012–2014 +0% 2015–2020 +0,5% 2021–2025 +1% 2026–2029 +1,5% 2030–2039 +2% 2040–2050 +3%</p>	<p>2012–2014 +0% 2015–2019 +1% 2020–2029 +2,5% 2030–2030 +7,5% 2031–2034 +1,5% 2035–2036 +6,3% 2037–2044 +4% 2045–2050 +3%</p>	<p>2012–2014 +0% 2015–2019 +2% 2021–2029 +5% 2030–2030 +15% 2031–2034 +3% 2035–2036 +25% 2037–2044 +3% 2045–2050 +5%</p>	<p>Tootmisefektiivsus kasvab, arvestades seniseid trende (Climate Change 2007)</p> <p>LOW CO2 puhul toimub järsk paranemine tänu CCS-i kasutusele võtmisele</p>
<p>Lahustite kasutamise trend</p>	<p>Aastane kasv:</p> <p>2012–2014 +15% 2015–2015 +8% 2016–2019 +3% 2020–2029 +2,51% 2030–2039 +1,89% 2040–2050 +1,15%</p>	<p>Sama</p>	<p>Sama</p>	<p>Perioodi alguses toimub kasutamise kiirendatud kasv, mille tulemusel taastub majanduskriisi eelne tase</p>
<p>Lahustite kasutamise efektiivsuse tõus</p>	<p>Aastane kasutamise- efektiivsuse kasv (KHG heitkoguste kontekstis):</p> <p>2012–2014 +0% 2015–2019 +0,5% 2020–2024 +1% 2026–2029 +1,5% 2030–2050 +2%</p>	<p>2012–2014 +0% 2015–2019 +1% 2020–2024 +2,5% 2025–2025 +5% 2026–2029 +2,5% 2030–2030 +7,5% 2031–2034 +2,5% 2035–2035 +7,5% 2036–2039 +2,5% 2040–2040 +7,5% 2041–2049 +1,5% 2050–2050 +2,5%</p>	<p>2012–2014 +0% 2015–2019 +2% 2020–2024 +5% 2025–2025 +10% 2026–2029 +5% 2030–2030 +15% 2031–2034 +5% 2035–2035 +15% 2036–2039 +5% 2040–2040 +15% 2041–2049 +3% 2050–2050 +5%</p>	<p>Tootmisefektiivsus kasvab, arvestades seniseid trende</p> <p>LOW CO2 puhul toimub järsk paranemine tänu teadus- ja arendustegevuse investeringute mahu kasvule</p>

5.4. Stsenaariumide rakendumisega kaasnevad riskid ja mõjud

Stsenaariumide realiseerumisega kaasnevad võimalikud riskid sõltuvad EL-i ja riikliku tasandi eesmärkide ja kohustuste rangusest. See on omakorda tihedalt seotud tööstussektorit puudutava üldise arenguga maailmas võimaliku [süsinikulekke](#) kontekstis. Kui EL-i tasandi nõuded ja kohustused

on rangemad kui mujal maailmas kehtestatud KHG heitkoguste vähendamist puudutavad regulatsioonid, siis võib väheneda siinsete tööstusettevõtete konkurentsivõime. Stsenaariumide aluseks olevat prognoositavat toodangut mõjutavad otseselt ka võimalikud muutused majandusarengus (majanduskriisid ja -buumid), ekspordinõudluses ja rahvastiku suuruses.

Antud sektoris on heitkoguste märgatavaks languseks vajalik tehnoloogilise taseme märkimisväärne tõus, kuna **tööstuslike protsessidega kaasnevate emissioonide vähendamine on keerulisem kui tööstuses kütuste kasutamise tagajärjel tekkivate heitkoguste kärpimine**. Lisaks tööstuslike protsesside optimeerimisele võib olla tarvis asendada senised tooraineid uutega (nt tsemenditööstuses), mis tähendab üldjuhul suuremahulisi arendustöid.

Siinkohal on oluliseks riskiks see, et teadus- ja arendustegevuse käigus loodud lahendused ei pruugi minna reaalsesse kasutusse, kuna nende komertsialiseerimine võib ebaõnnestuda kõrge hinna, tehnoloogilise keerukuse või regulatiivsete takistuste tõttu. Näiteks **Eesti kontekstis on problemaatiline CCS-i rakendamine** (vähemalt klassikalisel kujul), sest siin puuduvad sobivad võimalused KHG geoloogiliseks ladestamiseks. Samas on CCS praeguse seisuga üks suurema potentsiaaliga lahendustest heitkoguste tuntavaks vähendamiseks, mistõttu on soovitatav panustada teadus- ja arendustegevusse ning rahvusvahelisse koostöösse, et ka Eesti jaoks sobivaid võimalusi leida. Näiteks Rootsi KHG heitkoguste vähendamise alternatiive käsitleva analüüsi põhjal on CCS-i ja taastuvenergia abil võimalik viia tsemenditööstuse emissioonid peaaegu nullini (Underlag till ... 2012).

5.5. Modelleerimise tulemused

Tööstuslike protsesside ning lahustite ja muude toodete kasutamise sektoris koostati KHG heitkoguste prognoos kolme stsenaariumi (BAU, HIGH CO₂ ja LOW CO₂) kohta. Tulemused on esitatud alljärgnevas tabelis (vt tabel 41) kümne aasta pikkuste sammudena.

Nagu näitavad modelleerimise tulemused, on KHG heitkogused suurimad BAU stsenaariumi puhul. Kuigi kasv võrreldes 2010. aastaga on märkimisväärne, tuleb siinkohal silmas pidada, et kiire majandustõusu ajal 2000. aastate teises pooles olid emissioonid praegusega võrreldes ca kaks korda kõrgemad. Seda arvestades ei toimu sektoris väga suurt emissioonide kasvu ka baasstsenaariumi puhul eeldusel, et sektor muutub efektiivsemaks ilma spetsiifiliste meetmete rakendamiseta (seda eeldust toetavad ajaloolised andmed näiteks tsemendi ja ammoniaagi tootmise efektiivsuse tõusu kohta).

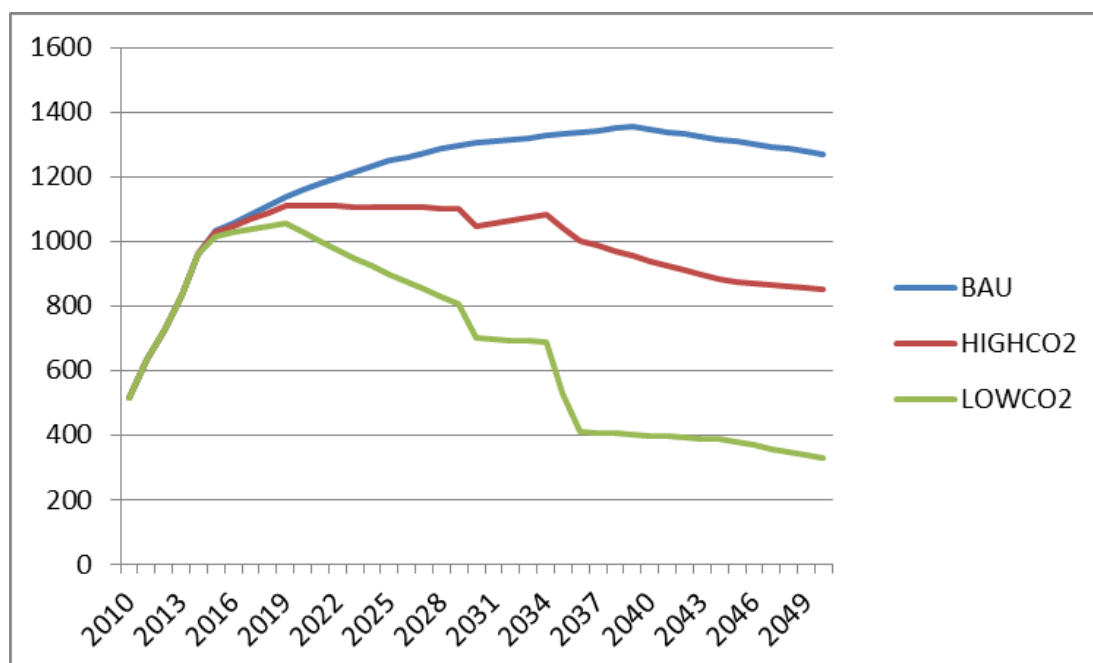
Küll aga on BAU stsenaariumi tingimustel võrdlemisi kiire kasv toimunud lahustite ja muude toodete kasutamisest tekkivate heitkoguste osas. Samas on antud valdkonna osatähtsus koguemissioonides marginaalne.

KHG emissioonide vähendamisel saadakse parim tulemus LOW CO₂ stsenaariumi realiseerumisel (vt joonis 57). Samas on selle stsenaariumi rakendumine ka kõige keerukam, kuna tööstuslike

protsesside puhul on KHG heitkoguste vähendamine väga komplitseeritud. Selleks tuleb kas tootmistehnoloogiat võrdlemisi radikaalselt muuta (nt kasutada mingit teist toorainet) või võtta kasutusele CCS, et tööstuslike protsesside käigus lenduvaid KHG emissioone kinni püüda. Samas võib see olla Eesti kontekstis kergemini saavutatav kui mõnes suuremas riigis, kuna Eestis on vähe tehaseid, mis oma tootmisprotsessis KHG emissioone tekitavad.

Tabel 41. Prognoositavad KHG heitkogused tööstuslikest protsessidest ning lahustite ja muude toodete kasutamisest perioodil 2010–2050, tuhat tonni CO₂-ekv.

	2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium					
Tööstuslikud protsessid	497,57	1127,17	1265,83	1310,45	1237,02
Lahustite ja muude toodete kasutamine	17,65	33,83	37,61	36,79	33,70
Kokku	515,22	1161,00	1303,44	1347,24	1270,72
HIGH CO2 stsenaarium					
Tööstuslikud protsessid	497,57	1077,04	1015,44	913,41	827,21
Lahustite ja muude toodete kasutamine	17,65	32,49	29,69	24,84	23,70
Kokku	515,22	1109,53	1045,13	938,25	850,91
LOW CO2 stsenaarium					
Tööstuslikud protsessid	497,57	997,48	684,03	386,02	321,57
Lahustite ja muude toodete kasutamine	17,65	30,09	19,45	11,16	9,04
Kokku	515,22	1027,57	703,48	397,18	330,61



Joonis 57. KHG heitkoguste prognoos tööstuslike protsesside ja lahustite kasutamise sektori stsenaariumide lõikes, tuhat tonni CO₂-ekv.

Allikas: LEAP

5.6. Meetmed ja investeeringud

Riiklikud meetmed KHG heitkoguste vähendamiseks jagunevad viie põhimõttelise võimaluse vahel:

- reguleerida KHG emissiooni lubatud saastekoguste piiramise kaudu seadusandlike vahenditega;
- toetada ettevõtete üleminekut vähem saastavatele energiaallikatele;
- toetada ettevõtete investeeringuid uutesse ja säästlikumatesse tehnoloogiatesse;
- toetada ettevõtete investeeringuid heitgaaside filtritesse, emissioonide kogujatesse jmt heitgaase puhastavatesse tehnoloogiatesse;
- jagada ettevõtetele saastelubasid juhul, kui ettevõtted loovad samas mahus kasvuhoonegaase koguvaid ja akumulierivaid ökosüsteeme.

Saastekoguste piiramine on tavaline praktika nii EL-is üldiselt (Euroopa Komisjoni direktiivide kaudu) kui ka Eestis läbi kehtestatud saastekoguste piirmäärade, millega kõik tööstusettevõtted peavad arvestama. Kuna saaste piirmäärade ületamine toob ettevõtte jaoks kaasa olulise mõjuga trahvid, siis sisuliselt tähendab tehnoloogia uuendamine saastanormatiividest kinnipidamiseks ettevõtte jaoks tegevuse jätkamise võimalikkust. Pikas perspektiivis ei ole ühelgi ettevõttel võimalik saastekoguste piirmäärasid ületada, sest vastasel korral ei saa nad vastavat keskkonnaluba. Riiklikult on saastekoguste piirmäärade kehtestamine kõige lihtsam KHG emissioonide piiramise vahend. Samas ei toeta see meede ettevõtteid investeerimisel ja normatiivide täitmisega seonduvad kulud jäävad ainult ettevõtjate kanda. Seetõttu on väga oluline, et ettevõtted teaksid lubatavate saastekoguste piirmäärade muutumisest pikaajaliselt ette, et nad jõuaks investeerida ja ehitada.

Saastekoguste normeerimisega analoogselt on võimalik kehtestada ka siseriiklik KHG kaubanduse süsteem. See oleks analoogiline rahvusvahelisega. Riigil oleks selle skeemi kohaselt võimalik määrata iga-aastane KHG emissioonide kogus ning seda vastavalt riiklikele eesmärkidele aasta-aastalt vähendada. Ettevõtted peaksid ostma lubatavaid saastekoguseid riiklikult turult, riigil on võimalik teatud juhtudel turgu sekkuda eraldades valitud ettevõtetele tasuta kvooti, näiteks nõudes vastutasuks samas finantsmahus investeeringuid säästlikumatesse tehnoloogiatesse.

Analoogset süsteemi on püütud rakendada Austraalias (Carbon Pollution ... 2013). Euroopa Liidus (koostöös Norra, Liechtensteini, Horvaatia ja Islandiga) toimib 2005. aastast ühtne KHG kaubanduse süsteem (tugineb direktiivile nr 2003/87/EC), mis katab 45% EL-s emiteeritud KHG-st. Praegu käib programmi kolmas periood, mis lõppeb aastal 2020 ja selleks ajaks on planeeritud 21%-line KHG emissiooni vähenemine.

Kuni Eesti energeetika tugineb põlevkivielektril, on kõik ettevõtete elektrienergia kokkuhoiumeetmed vaadeldavad kui KHG emissioonide vähendamise meetmed. Samuti on suur osa ettevõtete küttekuludest seotud fossiilsete kütuste põletamisega (sh gaas). Sestap võib toetusskeem toetada ettevõtetes selliste taastuvenergia allikate kasutuselevõttu, millel oleks minimaalne KHG heide (eelkõige päikesekollektorid ja -patareid ning tuulegeneraatorid) ning muude tegevuste toetamisega, millel on elektrienergiat või küttekulusid säästev mõju (analoogselt CO₂ kvoodi müügi tulude abil

läbiviidud majade soojustamise programmiga). Toetatavad ettevõtted võib järjestada kokkuhoiu efekti (elektri või soojusenergia tarbimise mahu vähenemise) suuruse järgi ning finantseerida eelkõige neid, kus saadakse suurim efekt. Kaaluda tuleb, kas sama skeemi alla võiks sobida ka ettevõtete oma taastuval kütteallikal (eelkõige puidul) toimivate koostootmisjaamade kasutuselevõtt. Pigem võiks ka viimane siiski olla soositud, kuid lähtuma peab tingimusest, et kütuse vahetus oleks tõesti KHG emissiooni vähendav (nt prügilagaas ja biogaas peaksid olema eelistatud maagaasile, mis kõrvuti turba ja naftasaadustega ei peaks olema toetusprogrammi osaks).

Uutesse ja säästlikumatesse tehnoloogiatesse investeerimise toetamisel on kõige suurem kasutegur, kuna samaaegselt saaste vähenemisega saavutatakse (eeldatavasti; see võiks ka olla projektide hindamise kriteerium) ka ressursi kokkuhoid. Seega sobib selline skeem ka laiemasse ökoloogilise maksureformi ideoloogiasse. Kõige lihtsam on seda skeemi vaadelda kui keskkonnatasude (saastetasude) investeringutega asendamise skeemi edasiarendust või laiendust, kus ettevõtted ei saa taotleda mitte ainult vabastamist saastetasudest tingimusega, et nad samas mahus tehnoloogia uuendamisse investeerivad, vaid kus nad teatud juhtudel (väga suur KHG emissiooni vähenemine) saavad tehnoloogia uuendamiseks ka lisatoetust. Praegusel ajal piisaks aga ka sellest, kui saastetasude asendamise meede muutuks laiemale ettevõtete ringile (sh suurettevõtetele) kättesaadavaks.

Heitgaaside kogumise filtrite paigaldamiseks toetuste jagamine oleks samuti väga otsese mõõdetava efektiga, kuid peaks riigipoolse meetmena kindlasti olema vähem soositud kui eelnevalt kirjeldatud toetus tootmistehnoloogia uuendamisse. Samas võivad need kaks olla ka sama toetuskeemi (saastetasude asendamise meetme) osad, kus erinevad projektid võistlevad ning juhul, kui filtrite paigaldamine osutub piisavalt suure efektiga tegevuseks, neid tegevusi toetatakse. Teisalt on heidete kogumise filtrite paigaldamine siiski võitlus probleemi tagajärgedega (heidet), mitte põhjustega (ebaefektiivne tootmisprotsess) ning seetõttu on käesolev meede tehnoloogiasse investeerimisest vähem sobiv.

KHG filtrite paigaldamine võimaldab koguda tööstustegevuses tekkinud emissioone. Sama efekti võib ettevõtte saavutada ka looduslike ökosüsteemide süsiniku neelamise võimet suurendades või sidudes kasvahoonegaase (eelkõige CO₂) keemiliselt inertsetesse tahketesse ühenditesse ja neid ladestades.

Eestis on kaks kõige selgemini süsinikku neelavat ökosüsteemi¹¹ – kasvav mets ja süsinikku akumulatsioon. Kuna metsasus on Eestis juba praegu suur, siis selle edasine suurendamine on keeruline, samuti väheneb süsiniku akumulatsioon metsa vananedes ning raie järel läheb süsinik taas ringlusesse. Seega on metsa kasvu toetamine Eesti tingimustes pigem ajutise tulemuslikkusega tegevus. Samas võib oluliseks neeldujaks olla metsade mullastik, kuid see vajab veel täiendavad uuringuid, millele on viidatud ka LULUCFi peatükis. Eesti sood on suures osas kuivendatud ning kuivendatud soode turbalasundi kasv ja seega ka süsiniku akumulatsioon seal kas peatub täiesti või vähemasti väheneb olulisel määral. Turbakaevandused omakorda on väga suured süsiniku emissiooni allikad.

¹¹ Ka vee-ökosüsteemidel on potentsiaal akumuloida süsinikku, kuid nt järvede puhul loetakse mahukat sedimentatsiooni (põhjamuda akumulatsioon) enamasti märgiks veekogu eutrofeerumisest ja halvast ökoloogilisest seisundist. Samas võivad anaeroobsete protsessidega kaasneda CO₂ ja CH₄ emissioonid.

Seega oleks Eestis võimalik süsiniku akumulatsiooni looduslikes ökosüsteemides suurendada, kui kõrvaldada soodest kuivendamise kahjulik mõju ning taassoostada ammendatud või maha jäetud turbakarjääre. Kui Eestis rakendada ulatuslik (siseriiklik) KHG-de emissiooni lubade kaubandus, siis võib üheks (lisa)kvootide eraldamise aluseks võtta ettevõtte investeeringud looduslike ökosüsteemide süsiniku sidumise võime suurendamisse.

CO₂ keemiliseks sidumise ja ladestamise võimalustest on Eesti eelkõige uuritud karboniseerimist põlevkivituha (nt Kuusik jt 2007). Välja on töötatud kontseptsioon, kuidas CO₂ mineraliseerimine võiks ja peaks toimuma ning on olemas valmidus neid protsesse katsetada. Välja on arvatud CO₂ sidumise absoluutsed ning suhtelised mahud. Samas vajab tehnoloogia arendamist ja katsetamist ka suuremastaapsetes tingimustes ning selle rakendamiseks tööstuses (mis on piiratud põlevkivituha tekke ja ladestamise kohtadega) ei olda veel valmis (vt ka Fernandez jt 2005).

Eeltoodud võimalustele lisanduvad ja neid täiendavad riigi võimalused juhtida teadus- ja arenduskoostööd ülikoolide ning tööstusettevõtete vahel (nt spetsiifiliselt KHG vähendamisele suunatud riikliku teadusprogrammi kaudu) ja info levitamine (teadlikkuse tõstmine).

Riiklikud programmid KHG heitkoguste vähendamiseks tööstussektoris saab omakorda jagada regulatiivseteks-kohustuslikeks ning vabatahtlikeks. Esimete hulka kuuluvad saastekoguste piirnormide sätestamine ja erinevad keskkonnatasud, CO₂-kaubandus jmt. Vabatahtlike programmide hulgas on sellised, kus ettevõttele on võimalik taotleda toetust oma keskkonnakasutuse vähendamiseks tehtavatele investeeringutele või preemiat juba tehtud investeeringute ja tootmisprotsessi säästlikumaks muutmise eest. Siia võivad kuuluda ka riigi ja ettevõtete vahelised kokkulepped, kus seatakse (ilma siduvate riigipoolsete finantskohustusteta) ühised arengueesmärgid ja lepatakse kokku partnerlus (sageli kaasates ka kolmandaid osapooli, nagu nt MTÜ-d) KHG heite vähendamiseks (OECD 2003). Ehkki vabatahtlik partnerlus ei pea automaatselt tähendama rahalisi kulusi, oli Hollandis, kus programmiga liitumise järel muutuvad võetud kohustused ettevõttele juriidiliselt siduvaks, sellise programmi kulu 2000. aastate alul 10–15 €/t CO₂ (Phylipsen 2002). Enamasti soovitatakse vabatahtlikkusel tuginevaid meetmeid rakendada (ja rakendataksegi) koos mittevabatahtlike (maksudel põhinevate) meetmetega (O'Brien, Vourc'h 2001; OECD 2003).

Meetmete ja stsenaariumide maksumus (vt tabel 42), kuluefektiivsus (vt tabel 43) ja meetmete kirjeldus (vt tabel 46) on esitatud alljärgnevas ülevaates. Esitatud maksumuste puhul tuleb arvestada, et olulised muutused CO₂ hinnas, riikide majandusarengus ning teadus- ja arendustegevuses lähema 40 aasta jooksul võivad neid hinnanguid märkimisväärselt muuta.

Riigi jaoks on meetmete rakendamine kulukaim LOW CO₂ stsenaariumi elluviimisel ja see stsenaarium on ka kõige vähem kulutõhus. Täiendavate meetmete rakendamata jätmisel ehk BAU stsenaariumi korral KHG heitkogused tööstuslikest protsessidest kasvavad.

Tabel 42. Tööstuslike protsesside sektori kasvuhoonegaaside vähendamiseks rakendatavate meetmete maksumus erinevate stsenaariumide realiseerumisel, mln €.

Meede\Stsenaarium	BAU	HIGH CO2	LOW CO2
Meede 1 - Saastekoguste normeerimine	0	0	0

Meede\Stsenaarium	BAU	HIGH CO2	LOW CO2
Meede 2 - Ettevõtete toetamine üleminekul vähemsaastavatele energiaallikatele	0	31,25	125
Meede 3 - Ettevõtete toetamine investeeringute tegemisel uutesse ja säästlikumatesse tehnoloogiatesse	0	50	200
Meede 4 - Ettevõtete toetamine investeeringute tegemisel heitgaaside filtritesse, emissioonide kogujatesse jmt heitgaase puhastavatesse tehnoloogiatesse	0	50	200
Meede 5 - Ettevõtetele saastelubade jagamise sidumine kohustusega luua samas mahus kasvuhoonegaase koguvaid ja akumuleerivaid ökosüsteeme	0	0	0
Kokku	0	131,25	525
Aastas keskmiselt	0	4	15

Tabel 43. Tööstuslike protsesside sektori stsenaariumide kulutõhusus.

Stsenaarium	KHG vähenemine võrreldes 2010. aastaga		Meetmepaketi maksumus	
	tuh t CO ₂ -ekv	%	mln €/a	Vähendamise kulu €/t CO ₂ -ekv
BAU stsenaarium	756	146,8	0	-
HIGH CO2 stsenaarium	336	65,2	4	-
LOW CO2 stsenaarium	-184	-35,7	15	82

Kuna käesolevas uuringus vaadeldakse võrdlemisi pikka perioodi, jääb sellesse ajavahemikku väga palju määramatust, eriti ressursside hindade ning potentsiaalsete kulude ja tulude osas. Seetõttu on lisaks meetmete maksumusele antud alljärgnevalt ka hinnang stsenaariumide väliskuludele. See võimaldab selgemalt illustreerida ühiskondlikku kokkuhoidu ehk sisuliselt tulu, mis saavutatakse KHG heitkoguste kärpimisega.

Hinnanguliste väliskulude arvutamisel ja sealhulgas heitkoguste vähendamise piirkulude hindamisel tuginetakse antud uuringus erinevate stsenaariumide lõikes leitud KHG heitkoguste prognoosidele ning rahvusvaheliselt tunnustatud hinnangutele CO₂ ekvivalenttonni väliskulu hinna määramisel (Stern, ExternE jt). Alljärgnevalt on näidatud väliskulude väärtuste vahemikud analüüsiperioodi jooksul eurodes ühe CO₂ ekvivalenttonni kohta (Handbook on estimation ... 2008), millest lähtutakse stsenaariumide väliskulude hindamisel. Kuna erinevate uuringute puhul on hinnangud väliskulu määradele väga erinevad, siis on käesolevas hinnangus arvestatud tagasihoidliku CO₂ väliskulu määraga, mis vastab määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskmistele väärtustele vastaval aastal (vt tabel 44).

Tabel 44. KHG väliskulu määrad, €/tonni CO₂-ekv. Allikas: Handbook on estimation ... 2008.

Aasta	2010	2020	2030	2040	2050
Madal	7	17	22	22	20
Keskmine	25	40	55	70	85
Kõrge	45	70	100	135	180
Määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskväärts	16	28	38	46	52

Väliskulude mahu leidmiseks korrutati sektori KHG heitkogus väliskulu määraga. Alljärgnevalt on esitatud KHG heitkogustega kaasnevad hinnangulised väliskulud tööstuslike protsesside sektori stsenaariumide lõikes (vt tabel 45).

Tabel 45. Tööstuslike protsesside sektori KHG heitega seotud hinnanguline väliskulu, tuhat €/a.

Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium	8244	32 508	49 531	61 973	66 077
HIGH CO2 stsenaarium	8244	31 067	39 715	43 160	44 247
LOW CO2 stsenaarium	8244	28 772	26 732	18 270	17 192

Kuivõrd väliskulud on otseselt seotud emissioonide mahuga, ilmneb siinkohal eriti selgelt säästlikumate stsenaariumide eelis. Seejuures on vajalik arvestada, et heitkoguste langus ei pruugi tähendada väliskulude vähenemist vaadeldaval perioodil. See on tingitud ühe tonni KHG väliskulu määra tõusust ajas, mis on omakorda põhjustatud akumuleeruva KHG kahjuliku toime suurenemisest.

Tabel 46. Meetmed ja investeeringud tööstuslike protsesside sektori LOW CO2 stsenaariumi rakendamiseks.

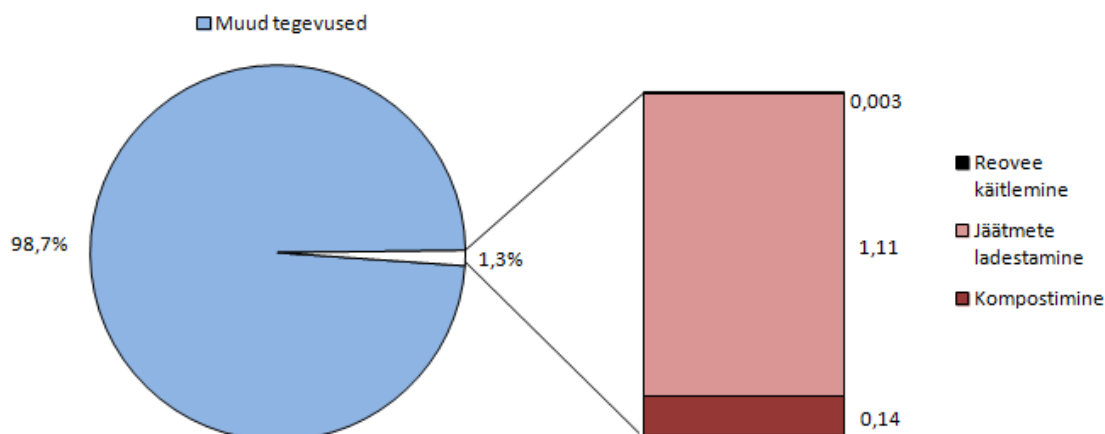
Meede	Tüüp	Olemasolev või kavandata	Vajadus	Maksumus	Tulemus	Vajalikud tegevused
Saastekoguste normeerimine	Regulatsioon	Olemasolev	Ettevõtete suunamine säästlikumate tehnoloogiate kasutamisele, teadlikkuse tõstmine	Sõltub normist	Ettevõtete tehnoloogilise baasi paremine	Läbirääkimised huvigruppidega, rahvusvahelise koostöö arendamine
Ettevõtete toetamine üleminekul vähemsaastavatele energiaallikatele	Investeering	Olemasolev	Ettevõtete abistamine investeeringute tegemisel	Sõltub toetuskeemi sisust	Ettevõtete tehnoloogilise baasi paremine	Kitsaskohtade väljaselgitamine ja adekvaatse toetuskeemi loomine
Ettevõtete toetamine investeeringute tegemisel uutesse ja säästlikumatesse tehnoloogiatesse	Fiskaalne	Olemasolev	Ettevõtete abistamine investeeringute tegemisel	Sõltub toetuskeemi sisust, tõenäoliselt väga kulukas	Ettevõtete tehnoloogilise baasi paremine	Kitsaskohtade väljaselgitamine ja adekvaatse toetuskeemi loomine
Ettevõtete toetamine investeeringute tegemisel heitgaaside filtritesse, emissioonide kogujatesse jmt heitgaase puhastavatesse tehnoloogiatesse	Fiskaalne	Olemasolev	Ettevõtete abistamine investeeringute tegemisel	Sõltub toetuskeemi sisust, tõenäoliselt väga kulukas	Ettevõtete tehnoloogilise baasi paremine	Kitsaskohtade väljaselgitamine ja adekvaatse toetuskeemi loomine
Ettevõtetele saastelubade jagamise sidumine kohustusega luua samas mahus kasvuhoonegaase koguvaid ja akumuleerivaid ökosüsteeme	Regulatsioon	Kavandata	Ettevõtete suunamine säästlikumate tehnoloogiate kasutamisele, teadlikkuse tõstmine	Sõltub loodava/taastatava ökosüsteemi iseloomust	Ettevõtete selge panus saaste korvamiseks	Läbirääkimised huvigruppidega

6. JÄÄTMEMAJANDUS

6.1. Hetkeolukord

Jäätmemajanduse osakaal KHG heite tekkes on võrreldes teiste sektoritega väike. Samas on jäätmekäitluse valdkonnas võimalik saavutada üsna lühikese ajaga KHG heitkoguste võrdlemisi suur vähenemine, mistõttu on jäätmekäitluse panus üldise süsinikujalajälje vähendamisel oluline. Jäätmekäitluse edaspidised arenguteed, mis on seotud jäätmete kui energiaallika olulisuse suurenemisega ja jäätmematerjalide üha kasvava taaskasutusega, mõjutavad otseselt ka teiste sektorite (nt energiamajanduse, põllumajanduse, transpordi) KHG heitkoguseid.

Vastavalt kasvuhoonegaaside riiklikule inventuuriaruandele (NIR 2013¹²) oli 2011. aastal Eesti jäätmekäitlusest tulenev KHG heide (CO₂-ekvivalentides) 252 000 tonni, mis moodustas 1,3% atmosfääri paisatud summaarsest KHG heitkogusest (vt joonis 58).



Joonis 58. Eesti jäätmesektori KHG heitkogused võrreldes summaarse kasvuhoonegaaside heitkogusega 2011. aastal.

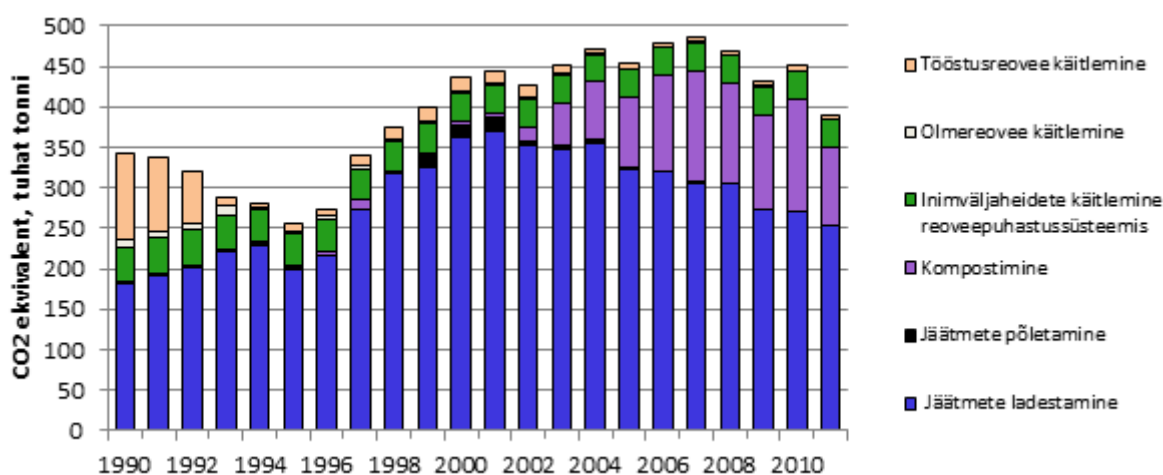
Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2013)

Võrreldes baasaastaga (1990) olid jäätmemajanduse KHG heitkogused (CO₂-ekvivalentides) 2011. aastal 12% võrra suuremad (vt joonis 59). Kõige suurem KHG tekke allikas on jäätmekäitlussektoris olnud jäätmete (eelkõige biolagunevate jäätmete) ladestamine prügilatesse (vt joonis 58 ja joonis 59). Üha suuremat rolli mängib ka biolagunevate jäätmete pidevalt kasvanud bioloogiline taaskasutus (eelkõige kompostimine). IPCC poolt koostatud KHG inventuuriaruande juhendi põhjal tuleb jäätmekäitlussektori KHG heitkoguse hulka arvestada ka reoveekäitluse protsessis käideldavate orgaaniliste ainete lagunemisel tekkivad KHG emissioonid (eelkõige CH₄) ja reoveesüsteemi

¹² Jäätmemajanduse puhul on kasutatud 2013. aasta KHG inventuuriaruande kavandi andmeid, kuna need on varasemate aastate inventuuride andmetest olulisel määral täpsemad ja usaldusväärsemad.

suunatavatest inimväljaheidetest tekkiv heide (N₂O). Seetõttu on ka nimetatud heitkogused lisatud jäätmekäitlussektori alla.

Ametliku jäätmestatistika alusel koostatud KHG arvestuse puhul tuleb arvesse võtta, et 1990. aastate jäätmestatistika ei ole täielik, kuna jäätmearuandluse põhjal laekunud andmed jäätmekoguste ja liikide kohta olid üldjuhul toona puudulikud ning põhinesid kaudsetel hinnangutel (nt ei kaalutud prügilasse ladestatud jäätmeid). Üle on hinnatud ka biolagunevate jäätmete bioloogilisest käitlemisest (kompostimine) tulenevaid heitkoguseid (vt joonis 59). Kuna viimase kümne aasta jooksul on jäätmestatistika kvaliteet oluliselt paranenud, siis on soovitatav üldistusi teha pigem selle ajaperioodi andmete põhjal.



Joonis 59. Eesti KHG heitkogused jäätmete liikide lõikes 1990–2011.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2013)

Jäätmemajandusest tulenev KHG heitkogus sõltub eeskätt jäätmete tekkekogusest (eelkõige biolagunevate jäätmete tekkekogusest) ja nende käitlemisel rakendatavatest jäätme käitlustehnoloogiatest.

Eestis tekkis 2011. aastal kokku ligikaudu 21,6 mln tonni jäätmeid, neist ligikaudu poole (10,4 mln tonni) moodustasid tavajäätmed ning ülejäänud ohtlikud jäätmed. Valdav osa (83%) Eestis tekkivatest jäätmetest pärineb nn põlevkivikompleksist (põlevkivi kaevandamine, elektrienergia ja põlevkiviõli tootmine). Näiteks olmejäätmete osakaal on ainult ligikaudu 1,8% üldisest jäätmetekkest. Kuna olmejäätmed sisaldavad suures koguses biolagunevaid jäätmeid (keskmiselt 50–60%), siis moodustab just olmejäätmete ning lisaks ka reoveesette ja tootmistegevuses tekkivate biojäätmete (nt puidujäätmed, taimsed- ja loomsed jäätmed) käitlemine suurema osa jäätmesektori KHG heitkogustest. Põlevkivi kaevandamisel ja kasutamisel tekkivad jäätmed on valdavalt mineraalsed jäätmed (aheraine, põlevkivituhk), mille käitlemine, sh ladestamine märkimisväärses kogustes KHG

emissioone ei tekita¹³. Seetõttu pole kasvuhoonegaaside riiklikus inventuuris ega ka käesolevas uuringus põlevkivi kaevandamisel ja kasutamisel tekkivate jäätmete käitlemisest tekkinud KHG heitkoguseid arvesse võetud.

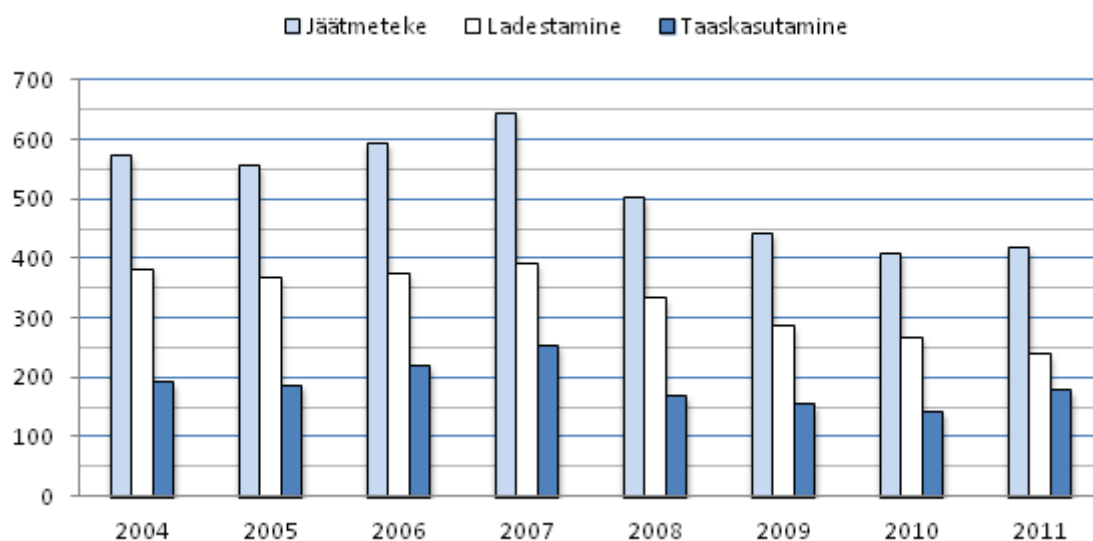
Jäätmete ke tekkimise tõttu on alates 2000. aastast iga-aastased tavajäätmete tekkekogused kasvanud. Jäätmekoguste suurenemisse tõi pöördumise majanduslangus. Majanduslanguse tingimustes toimus 2008. aastal ja eriti 2009. aastal Eestis nii tootmistevõime kui ka üldise tarbimise järsk langus. See kajastus otseselt ka jäätmetekkes. Üldine jäätmetekke vähenes 2009. aastal võrreldes 2007. aastaga 26%. Alates 2010. aastast on paralleelselt majanduse taastumisega vähehaaval hakanud tõusma ka jäätmete (eelkõige olmejäätmete) tekkekogused.

Majanduslangus mõjutas kõige otsesemalt **olmejäätmete teket**. Koos tarbimise vähenemisega vähenes aastatel 2008–2010 ka olmejäätmete tekkekogus, majanduse ja tarbimise elavnemisel alates 2011. aastast see taas suurenenud (vt joonis 60). Kuna olmejäätmed sisaldavad suures koguses biolagunevaid jäätmeid (50–60%), mille lagunemisel tekib märkimisväärne kogus KHG-e, on need üheks peamiseks jäätmekäitlusvaldkonna KHG heitkoguste allikaks. Kui siiani on olmejäätmete valdavaks käitluslahenduseks olnud nende ladestamine prügilasse, siis viimastel aastatel on üha enam olmejäätmeid suunatud taaskasutusse.

Kuni 2009. aastani oli olmejäätmete taaskasutust taganttõukavaks jõuks eelkõige pakendiseaduse ja pakendiaktsiisi seaduse alusel (taaskasutusnõue, pakendiaktsiis ja tagatisraha) toimiv pakendijäätmete üleriigiline taaskasutussüsteem, aastatel 2010–2015 kahekordistuv jäätmete ladestamise saastetasu on andnud selge signaali nii jäätmetekitajatele kui ka jäätmekäitlusettevõtetele, sundides neid vältima jäätmete ladestamist ja investeerima jäätmete taaskasutuslahendustesse. Näiteks on Eestis tänaseks loodud või loomisel piisav võimsus praktiliselt kogu tekkiva olmejäätmekoguse taaskasutamiseks. Nii on prügilasse ladestatavatele segaolmejäätmetele kehtestatud suhteliselt kõrge saastetasumäär tekitanud olukorra, kus nende jäätmete prügilavastuvõtutasu on kõrgem kui turul pakutavatel taaskasutusteenustel. Taaskasutamise edendamisele on kaasa aidanud ka 2008. aastal jõustunud olmejäätmete sortimise määrus¹⁴. Seetõttu võib eeldada, et lähiaastatel väheneb olmejäätmete ladestamine oluliselt.

¹³ Põlevkivi poolkoks sisaldab küll teatud koguse orgaanilist ainet, samas pole poolkoksi lagunemisel (sh poolkoksimaagide ja vanade põlevkivi sisaldavate aherainepuistangute põlengutel) atmosfääri paisatud KHG heitkoguseid põhjalikumalt hinnatud.

¹⁴ Keskkonnaministri määrus nr 4 „Olmejäätmete sortimise kord ning sorditud jäätmete liigitamise alused“



Joonis 60. Olmejäätmete teke ja käitlemine 2002–2011, tuhat tonni.

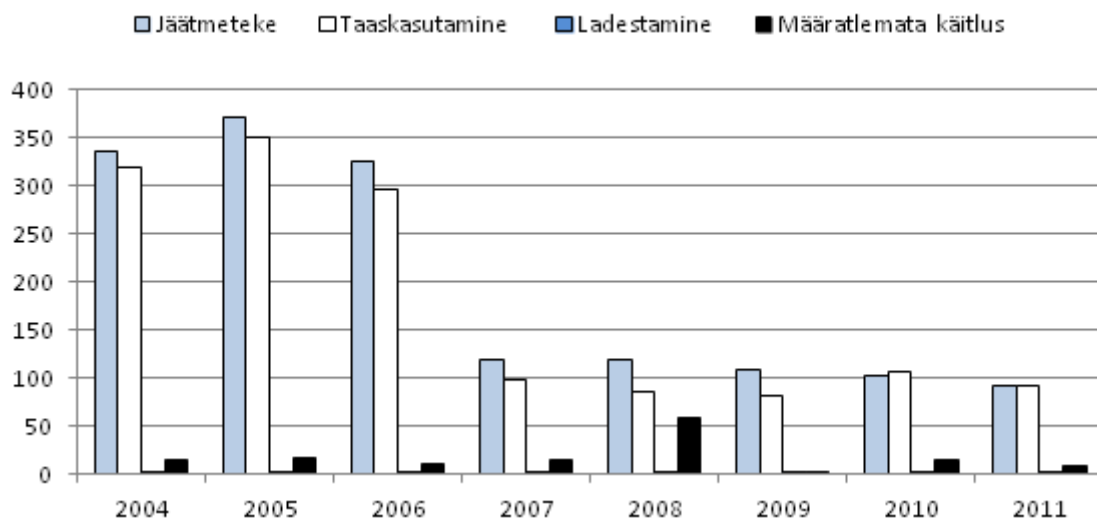
Allikas: Keskkonnateabe Keskus

Peale olmejäätmete on oluliseks KHG emissioonide tekitajaks ka **reovee puhastusprotsess ja selle käigus tekkinud jäätmete (reoveesette ja -muda) käitlemine**. Setted (mudad) tekivad reovee käitlemisel vees lahustunud ja suspendeeritud ainete eraldamisel. Reovett tekitavad nii tootmisettevõtted kui ka kodumajapidamised. Aastal 2011 puhastati Eestis ligikaudu 116 miljonit m³ reovett aastas. Puhastamist vajavast reoveest tekib ligikaudu 40% Tallinnas. Eestis puhastatakse tänapäeval olme- ja tööstussektori reovesi tavaliselt asulareoveega ühises puhastusseadmes. Samas on Eestis ka mitmeid tootmisettevõtteid (nt toiduainetööstused, paberitööstused), mille reovesi puhastatakse eraldi ettevõtte omapuhastis.

Eestis tekkiva reoveesette koguste hindamisel on usutavate andmete saamisel probleemiks puudulik statistika ning sette hulga hindamisel valitsev mõõtühikute ja töödeldud/töötlemata sette arvestamise segadus. Keskkonnateabe Keskuse jäätmeregistri andmetel on reoveesette tekkekogused kõikunud aastati suurel määral. Alates 2007. aastast on reoveesette tekkekogus olnud stabiilne (vt joonis 61). Reoveesette koguse kahanemine 2007. aastal võrreldes eelneva perioodiga tuleneb eelkõige sellest, et mitmete suurte tööstusettevõtete puhastusseadmed lõpetasid tegevuse ning uuendatud puhastusseadmetes hakati setet töötlemata, mistõttu vähenes ka settekogus (kuivaine sisaldus suurem).

Reoveesette tekkekoguse edasisel prognoosimisel tuleb arvesse võtta rahvastiku muutusi ning kavasid ühisveevärgi ja kanalisatsiooni arendamiseks. Eestis on viimasel aastakümnel reovee puhastamise ja reoveesette käitlemise alal tehtud olulisi edusamme. EL-i asulareovee puhastamise direktiivi (91/271/EMÜ, muudetud direktiiviga 98/15/EÜ) kohaselt tuleb Eestis rajada nõuetekohane ühiskanalisatsioon ja tagada reovee puhastamine üle 2000 inimesega reoveekogumisaladel, väiksematel aladel tuleb tagada olemasoleva reoveesüsteemi toimimine. Tulenevalt nendest nõuetest on viimastel aastatel ehitatud uusi efektiivsemaid reoveepuhasteid ning laiendatud ja renoveeritud kanalisatsioonitorustikke ja olemasolevaid reoveepuhasteid.

Kui veel kümme aastat tagasi ladestati märkimisväärne osa tekkivast rooveesettest prügilatesse, siis täna taaskasutatakse praktiliselt kogu tekkiv settekogus (vt joonis 61). Valdav osa tekkivast settest kompostitakse/stabiliseeritakse. Samas on vähese nõudluse ja piiratud kasutusvaldkonna tõttu olnud veepuhastusettevõtetal raskusi käideldud rooveesette realiseerimisega. Praegu on rooveesette anaeroobne käitlemine (biogaasi tootmine) kasutusel vaid vähestes kohtades (nt AS Tallinna Vesi). Samas võib eeldada, et vajaliku toetuse olemasolul võib rooveesettest biogaasi tootmine edaspidi oluliselt suureneda.



Joonis 61. Olmereovee puhastamisel tekkivate jäätmete (rooveesette kuivaine (KA) sisaldus ca 15%) teke ja käitlemine 2004–2011, tuhat tonni.

Allikas: Keskkonnateabe Keskus

Peale olmejäätmetest sisalduvate biolagunevate jäätmete ja rooveesette panustavad KHG heitkoguste tekkesse ka **biojäätmed, mis tekivad tööstus- ja tootmistegevuses** (nt toiduainetööstuses tekkivad taimset ja loomset päritolu jäätmed, bioloogilisse käitlusesse suunatavad tselluloosi- ja puidutööstuse jäätmed).

Vastavalt jäätmehierarhiale on **jäätmete ladestamine** kõige vähem eelistatud variant, ent vaatamata sellele on prügilasse ladestamine olnud siiani Eestis enimlevinud jäätmekäitlusmeetod. Prügilasse ladestatud tavajäätmetest moodustavad valdava osa segaolmejäätmed ning ehitus- ja lammutusjäätmed. Kui veel kümme aastat tagasi ladestati prügilasse arvestavas koguses puidujäätmeid, tuhka ja roveepuhasti setteid, siis praeguseks on nende jäätmete prügilasse ladestamine praktiliselt lõppenud.

Prügilad on ka jäätmekäitlusvaldkonna suurimaks KHG emissioonide tekitajaks. Prügilasse ladestatud biolagunevate jäätmete lagunemisprotsesside tulemusena tekib prügilagaas, mille põhikomponent on metaan (48–65%). Lisaks sisaldab prügilagaas veel süsihappegaasi (36–41%) ja vähesel määral mitte-metaanseid lenduvaid orgaanilisi ühendeid (NMVOC), diämmastikoksiidi (N₂O), lämmastikoksiide (NO_x), süsinikoksiidi (CO) jt ühendeid (IPCC 2006). Prügilatest tulenevate KHG emissioonide

kogus ja liik sõltub suuresti kohalikest faktoritest nagu jäätmete kogus ja koostis, prügila tehniline seisund, jäätmekäitlustehnoloogiad ning prügila asukoht.

Vastavalt EL-i prügiladirektiivile (1999/31/EÜ) peavad kõik tegutsevad prügilad vastama mitmete tehnilistele nõuetele, sh peab prügila olema varustatud prügilagaasi kogumise ja käitlemise süsteemiga (prügilagaasi põletamine gaasipõletusseadmes või kasutamine kütusena energia tootmiseks).

Kuni 1990. aastateni oli Eestis prügila praktiliselt igal suuremal asulal ja ettevõttel (kokku ca 350 prügi ladestamise kohta) ning enamasti puudus neis igasugune keskkonnaalane kontroll ja järelevalve, rääkimata prügilagaasi kogumissüsteemist. Pärast Eesti taasiseseisvumist hakati neid ladestuskohti järk-järgult sulgema. Vanade nõuetele mittevastavate prügilate sulgemine jõudis lõpule 2009. aastal. Praegu tegutseb Eestis viis nõuetele vastavat uut olmejäätmete prügilat (Jõelähtme, Uikala, Väätša, Torma, Paikre). Kõigis neis prügilates on rajatud nõuetekohane gaasikogumissüsteem. Väätša, Torma ja Uikala prügilas kogutud gaas põletatakse ning Jõelähtme (Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus) ja Paikre prügila prügilagaasi kasutatakse soojus- ja elektrienergia tootmiseks¹⁵. Suletud prügilatest on prügilagaasi kogumissüsteem ehitatud Pääsküla, Aardlapalu ja Viljandi prügilasse. Pääsküla prügilas on juba aastaid kasutatud kogutud prügilagaasi sooja- ja elektrienergia tootmiseks.

Viimastel aastatel on suurenenud jäätmete taaskasutamine. Kui liigiti kogutud biojäätmeid ja reoveesetet on siiani eelkõige kompostitud, siis üha enam on jäätmekäitlejad hakanud investeerima jäätmete energiakasutusele suunatud lahendustesse (nt biogaasi tootmine, jäätmekütuse tootmine, masspõletus).

Kompostimine on aeroobsetes tingimustes mikroorganismide abil toimiv orgaaniliste ainete biolagunemise protsess, mille saaduseks on stabiliseeritud huumuseline materjal. Kompostimine on käesoleval ajal kõige laiemalt levinud biojäätmete (nt liigiti kogutud toidu ja haljastusjäätmete, reoveesette) käitlemise viis, mida võib rakendada erinevates tingimustes ka väikeste jäätmekoguste puhul suhteliselt väikeste investeeringutega. Kompostimist on Eestis ja mujal maailmas pikka aega kasutatud ning seetõttu on võimalik kasutada väga erinevad kompostimistehnoloogiad, alates kodu- kompostimisest kuni tsentraalsete kompostimistehasteni. Samas on praegusel ajal Eestis probleemiks kompostile kehtestatud kriteeriumite puudumine ja vähene turunõudlus.

Seoses taastuenergiaallikate kasutuselevõtu edendamise ja KHG heitkoguste vähendamisega, on üha enam hakatud tähelepanu pöörama biojäätmetest biogaasi tootmisele **anaeroobse kääritamise** protsessi kaudu. Anaeroobne käitlemine on orgaaniliste materjalide lagundamise protsess, mis toimub hapnikuvaeses keskkonnas mikroorganismide abil. Protsessi lõppsaadusteks on üldjuhul biogaas (võimalik kasutada energiatootmiseks) ja stabiilne kääritusjääk (võimalik kasutada väetisena). Biogaasi koostises on tavaliselt 48–65% metaani, 36–41% süsinikdioksiidi, 17% lämmastikku, alla 1% hapnikku ning vähesel määral teisi gaase.

¹⁵ Väätša prügila plaanib lähiajal alustada prügilagaasist soojus- ja elektrienergia tootmist ning Uikala prügila elektrienergia tootmist.

Täna Eestis tegutsevad biogaasijaamad kasutavad sisendina eelkõige loomasõnnikut. Ka biojätmed (nt toidujätmed jt taimsed ja loomsed jätmed) on biogaasi tootmisel hea perspektiiviga sisendiks. Reovee puhastamise protsessis tekkivat setet on biogaasi ja energia tootmiseks kasutanud siiani ainult Tallinna Veele kuuluv Paljassaare reoveepuhastusjaam. AS Narva Vesi biogaasijaamas ei kasutata toodetud biogaasi, vaid see põletatakse küünalpõletis. Samas on käesoleval ajal arendamisel mitmeid biogaasi tootmise projekte, mis põhinevad reoveesetel (Tartu ja Kuressaare Veevõrk jmt).

Kõige suurem mõju jäätmete prügilasse ladestamise vähendamisel on jäätmete energiakasutusel (nt jäätmekütuse tootmine ja masspõletamine). Viimastel aastatel on jäätmekäitlejad rajanud mitmeid jäätmekütuse tootmisele suunatud segaolmejäätmete **mehhaanilis-bioloogilise töötlemise (MBT)** käitiseid. Toodetud jäätmekütus kasutatakse üldjuhul tsemenditehastes. Ülejääv peenfraktsioon, mis sisaldab suures koguses jäätmete bioloogilist fraktsiooni, üldjuhul kompostina kasutamiseks ei sobi ja seetõttu kasutatakse seda eelkõige täite- ja kattematerjalina (nt prügilate sulgemisel).

Mujal Euroopas laialt kasutatav **jäätmete põletamine** on Eestis siiani vähe kasutust leidnud. Jäätmete põletamise all mõistetakse tavaliselt vedelate ja tahkete jäätmete käitlemist kõrgel temperatuuril kontrollitud põletusseadmes. Peamised KHG-d, mida jäätmete põletamine üldjuhul tekitab, on süsihappegaas (CO₂) ja dilämmastikoksiid (N₂O). Eelnevatel aastatel on Eestis teatud jäätmeid (ohtlikud jätmed) põletatud kõrvaldamise eesmärgil. Täna jäätmete põletamist (nt AS Kunda Nordic Tsement, Maxit Estonia AS ning AS Epler & Lorenz) võib siiski valdavalt vaadelda jäätmete taaskasutamiseks, kuna jäätmeid kasutatakse kütusena (energia või ehitusmaterjalide tootmises). Suurema muutuse Eesti jäätmekäitlusvaldkonnas toob endaga kaasa 2013. aasta keskel valmiv Iru koostoomisjaama jäätmeplakk (masspõletus), mis võimaldab energia tootmise eesmärgil põletada 220 000 tonni segaolmejäätmeid aastas.

6.2. Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused

EL-i jäätmepoliitika peaesmärk on vältida jäätmeteket ning edendada jäätmete korduskasutamist, ringlussevõttu ja jäätmete muul viisil taaskasutamist, et ladestada prügilasse võimalikult vähe jäätmeid (st rakendada nõ jäätmehierarhia põhimõtet). Kuna biolagunevate jäätmete ladestamine prügilatesse on üks suuremaid jäätmesektori KHG (eelkõige metaani) tekkeallikatest, siis on jäätmepoliitika põhirõhk suunatud just jäätmete prügilasse ladestamise vältimise ja vähendamise edendamisele.

EL-i jäätmealase õiguse põhiraamistik ja eesmärgid on sätestatud **EL-i jäätmete raamdirektiiviga** (Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2008/98/EÜ). Jäätmete raamdirektiiv sätestab jäätmehierarhiast juhendumise nõude. Muuhulgas sätestab raamdirektiiv ka mitmed piirangud jäätmete ladestamiseks ning sihtarvud jäätmete taaskasutamiseks.

Näiteks alates 2020. aastast tuleb taaskasutada korduskasutamiseks ettevalmistatuna ja ringlusse võetuna kodumajapidamisest pärinevaid paberi-, metalli-, plasti- ja klaasijätmed, muid liigiti

kogutud kodumajapidamisest pärinevaid jäätmeid ning muudest allikatest pärinevad samalaadseid jäätmeid, va tootmisjäätmed ja põllumajanduslikust tootmisest või metsandusest pärinevad jäätmed, vähemalt 50% ulatuses nende jäätmete kogumassist kalendriaastas. Samaks ajaks tuleb taaskasutada korduskasutamiseks ettevalmistatuna, ringlusse võetuna ja muul viisil taaskasutatuna, sh kaeveõõnte täitmiseks muude ainete asemel kasutatud ehitus- ja lammutusjäätmeid, va kivid ja pinnas, vähemalt 70% ulatuses nende jäätmete kogumassist kalendriaastas.

Lisaks jäätmete raamdirektiivile sätestavad jäätmete taaskasutamise edendamisele ja prügilasse ladestamise vältimisele suunatud nõuded ka **EL-i prügiladirektiiv** (Euroopa Nõukogu direktiiv 1999/31/EÜ prügilate kohta) ja **pakendidirektiiv** (Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 94/62/EÜ, muudetud direktiiviga 2004/12/EÜ). EL-i prügiladirektiiv kehtestab biolagunevate jäätmete prügilasse ladestamise piirangud (vt tabel 47), mis mõjutavad eelkõige olmejäätmete prügilasse ladestamist. Eeltöötlemata olmejäätmete prügilasse ladestamine põhjustab prügilagaasi, eelkõige metaani emissiooni. Seetõttu tuleb vastavalt EL-i prügiladirektiivi nõuetele prügilasse ladestatavate biolagunevate jäätmete kogust järk-järgult vähendada.

Tabel 47. CO₂ heidet mõjutavad EL-i jäätmekäitlusalased eesmärgid.

Siht	Aasta	Dokument	Kommentaariid
Eesmärk taaskasutada korduskasutamiseks ettevalmistatuna ja ringlusse võetuna kodumajapidamisest pärinevaid paberi-, metalli-, plasti- ja klaasijäätmed vähemalt 50% ulatuses nende jäätmete kogumassist kalendriaastas. Taaskasutada korduskasutamiseks ettevalmistatuna, ringlusse võetuna ja muul viisil taaskasutatuna ehitus- ja lammutusjäätmeid vähemalt 70% ulatuses nende jäätmete kogumassist kalendriaastas.	2020	Jäätmete raamdirektiiv 2008/98/EÜ	
Alates 2009. aastast peavad liikmesriigid tagama, et kalendriaastas taaskasutatakse pakendijäätmete kogumassist vähemalt 60% ning ringlusse võetuna vähemalt 55%.	2009	Pakendidirektiiv 94/62/EÜ, muudetud direktiiviga 2004/12/EÜ	Eeldada võib, et nimetatud taaskasutusmäärasid tõstetakse edaspidi.
Biolagunevate olmejäätmete prügilasse ladestamise järkjärguline vähendamine 35 %-ni aastaks 2016 võttes arvesse 1995. aasta kogust.	2050	Prügiladirektiiv 1999/31/EÜ	Eestis on jäätmeseadusega kehtestatud konkreetsemad piirangud biolagunevate jäätmete prügilasse ladestamiseks. Prügilasse ladestatavate olmejäätmete hulgas ei tohi biolagunevaid jäätmeid olla: üle 45 massiprotsendi alates 16. juulist 2010. a; üle 30 massiprotsendi alates 16. juulist 2013. a; üle 20 massiprotsendi alates 16. juulist 2020. a.

EL-i jäätmete raamdirektiiv ja prügiladirektiiv on Eesti seadusandlusesse üle võetud **jäätmeseadusega**. Biolagunevate jäätmete käitlemist reguleerib teataval määral ka keskkonnaministri

määrus „Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded“¹⁶. Väljatöötamisel on keskkonnaministri määrus, millega kehtestatakse eraldi käitlusnõuded biolagunevate jäätmetele.

Vastavalt jäätmeseadusele ei tohi prügilasse ladestatavate olmejäätmete hulgas olla biolagunevaid jäätmeid:

- 1) üle 45 massiprotsendi alates 16. juulist 2010;
- 2) üle 30 massiprotsendi alates 16. juulist 2013;
- 3) üle 20 massiprotsendi alates 16. juulist 2020.

Pakendidirektiiv kehtestab pakendite taaskasutuse ja ringlussevõtu sihtarvud. Alates 2009. aastast peavad liikmesriigid tagama, et kalendriaastas taaskasutatakse pakendijäätmete kogumassist vähemalt 60% ning ringlusse võetuna vähemalt 55%. Pakendidirektiiv on üle võetud **pakendiseadusega**.

Riigi jäätmekava on Eesti jäätmehooldust korraldav ja suunav valdkonna strateegiline arengukava, mis käsitleb ühte osa Eesti keskkonnapolitiikast ja haakub otseselt, jäätmekava rakendusdokumendi kaudu, **Eesti Keskkonnastrateegiaga aastani 2030** ning selle rakendusplaani **keskkonnategevuskavaga**. Keskkonnategevuskavas uuendatakse ja täiendatakse prioriteetseid tegevussuundasid, saavutatakse parem koostöö jäätmekäitluse ja teiste valdkondade eesmärkide vahel ning antakse regulaarselt tulemustest aru.

Aastal 2008 kinnitas Vabariigi Valitsus **Riikliku jäätmekava**, mis määrab jäätmehoolduse üldised arengusuunad aastani 2013. Kehtiv jäätmekava esitab jäätmevaldkonna strateegilised eesmärgid, meetmed nende saavutamiseks ning eesmärkide täitmist mõõtvad indikaatorid. Riigi jäätmekava 2008–2013 koostamise ajal oli esmane vajadus vähendada ladestatavate jäätmete kogust taaskasutuse suurendamise kaudu ning lõpetada jäätmete ladestamine nõuetele mittevastavates prügilates nende sulgemise ja korrastamise või nõuetele vastavusse viimisega.

Riikliku jäätmekavaga püstitatud eesmärgid on üldisemal tasemel ka täidetud. Näiteks on nõuetele mittevastavatesse prügilatesse jäätmete ladestamine lõpetatud.

Kui kuni 2009. aastani oli olmejäätmete taaskasutust taganttõukavaks jõuks eelkõige pakendiseaduse ja pakendiaktsiisi seaduse alusel (taaskasutusnõue, pakendiaktsiis ja tagatisraha) toimiv pakendijäätmete üleriigiline taaskasutussüsteem, siis alates 2010. aastast on hüppeliselt tõusev jäätmete ladestamise saastetasumäär otseselt ergutanud jäätmete üldisemat taaskasutamist. Taaskasutamise edendamisele on kaasa aidanud ka 2008. aastal jõustunud olmejäätmete sortimise määrus¹⁷.

¹⁶ Keskkonnaministri määrus nr 38 vastu võetud 29.04.2004 „Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded“

¹⁷ Keskkonnaministri määrus nr 4 „Olmejäätmete sortimise kord ning sorditud jäätmete liigitamise alused“

6.3. Stsenaariumid ja nende eeldused

Jäätmemajanduse süsinikujalajälje suuruse määravad ära eelkõige järgmised faktorid: **jäätmete tekkekogus** (sõltub peamiselt inimeste arvust ja majanduskasvust/tarbimisest, reoveesette tekke puhul ka heitvee kogumis- ja puhastussüsteemi ulatusest), **rakendatavad jäätmekäitlustehnoloogiad** ning **regulatiivsed ja majandusmeetmed**, mis otseselt või kaudselt suunavad investeeringuid jäätmekäitlusvalikutesse.

Uuritud jäätmeliigid ja jäätmekäitlusalternatiivid

Jäätmekäitlussektori KHG heitkoguste hindamisel keskenduti käesolevas uuringus eelkõige IPCC poolt koostatud kasvuhoonegaaside inventuuriaruande juhendis toodud jäätmeliikidele ja jäätmekäitlustegevustele. Nii on jäätmekäitlussektoriga seotud KHG heitkoguste hindamisel ning alternatiivsete stsenaariumide koostamisel ja analüüsil peamiselt keskendutud EL-i jäätmete raamdirektiivi kohaselt jäätmetena defineeritud materjalivoogudele¹⁸ (eelkõige biolagunevad jäätmed, mille käitlemine panustab kõige enam KHG emissioonide tekkesse):

- olmejäätmed, sh olmejäätmetes sisalduvad biolagunevad jäätmed ning tööstuses ja tootmis-tegevuses tekkivad biolagunevad jäätmed (nt puidujäätmed, taimset ja loomset päritolu jäätmed);
- reovee puhastamise protsessis tekkiv sete (nii tööstusliku kui ka olmereovee puhastamisel tekkiv sete).

Lisaks on käesolevas uuringus IPCC inventuuriaruande juhendi alusel¹⁹ jäätmekäitlussektori all näidatud KHG heitkogused, mis tulenevad reoveepuhastusprotsessist.

Põlevkivi kaevandamisel ja kasutamisel tekkivate jäätmete (nt aheraine, põlevkivituhk ja poolkoks) käitlemisest tulenevaid võimalikke KHG heitkoguseid pole käesolevas uuringus arvesse võetud.

Uuritud jäätmevoogude käitlusalternatiivide ja stsenaariumide koostamisel ja analüüsil on lähtutud järgmistest olulisematest KHG heitkoguste teket mõjutavatest käitluslahendust/tehnoloogiateg:

- jäätmete ringlussevõtt materjalina (nt taaskasutatavate materjalide ümbertöötlemine);
- jäätmete bioloogiline ringlussevõtt (nt kompostimine ja anaeroobne kääritamine);
- jäätmete energiakasutus (nt jäätmete põletamine, prügilagaasi energiakasutus);
- jäätmete ladestamine prügilatesse.

¹⁸ Põllumajanduses ja metsanduses tekkivad jäägid (nt sõnnik) ei ole üldjuhul defineeritud jäätmetena ja seetõttu käsitletakse nende panust süsiniku jalajälge vastavates alapeatükkides (energeetika, põllumajandus). Puidutööstuses tekkivatest jäätmetest (eelkõige saepuru jms) on jäätmekäitlussektori KHG heitkoguste arvutamisel arvesse võetu ainult see kogus, mis läheb bioloogilisse taaskasutusse (nt kompostimine). Puidujäätmed, mis suunatakse kütusena energiatootmisse on arvesse võetud energeetikasektori alapeatükis.

¹⁹ IPCC Good Practice Guidance 2000

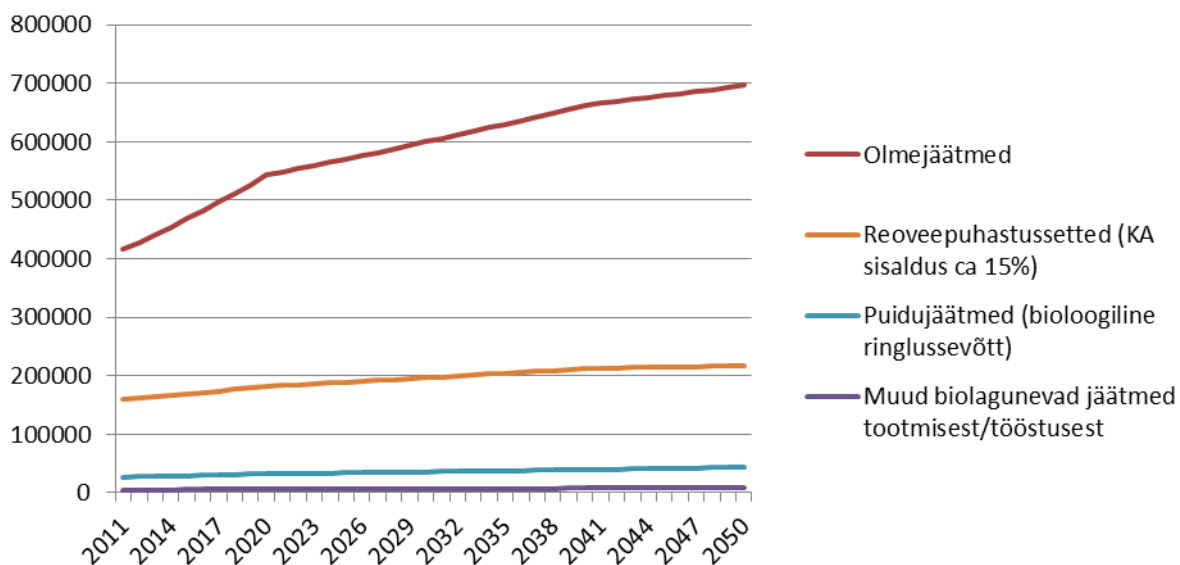
Jäätmemajanduse (jätmetekke ja -käitluse) arengu kavandamisel aastani 2050 on käesoleva töö raames uuritud **kahte arengustsenaariumit**.

- **BAU stsenaarium**, kus jäätmekäitluse arengud jätkuvad praeguste jäätmekäitlustehnoloogiate põhiselt, kusjuures täidetakse EL-i ja Eesti jäätmealaste õigusaktide miinimumnõuded ja -eesmärgid.
- **LOW CO2 stsenaarium**, kus tänu jätmetekke vältimise meetmetele väheneb jäätmete tekkekogus ja rakendatakse maksimaalses mahus jäätmete taaskasutamise (eelkõige biojätmete anaeroobse kääritamise) tehnoloogiaid.

BAU stsenaarium

Stsenaariumi kohaselt nähakse ette olmejäätmete (sh olmejäätmetes sisalduvate biolagunevate jätmete), reoveesette, bioloogilisse taaskasutusse (kompostimine) suunatavate puidujätmete ja ettevõtete poolt tekitatud biojätmete mõõdukat kasvu aastani 2050, mille peamiseks mõjutajaks on majanduse (SKP) eeldatav kasv (vt joonis 62 ja tabel 48). Olmejäätmete teke kasvab tänu tarbimise suurenemisele kuni 2020. aastani majanduskasvuga paralleelselt. Aastatel 2020–2050 olmejäätmete tekke suurenemine väheneb (ca 1% aastas) seoses majanduskasvu ja elanike arvu vähenemisega. Jätmetekke pidevale suurenemisele sel perioodil aitab kaasa vähene tähelepanu jätmetekke vältimisele suunatud meetmetele. Aastaks 2050 suureneb olmejäätmete teke inimese kohta ligikaudu 550 kg-ni aastas (vastab arenenud Euroopa riikide tänasele olmejäätmetekkele).

Reoveesette teke suureneb kiiremini kuni 2020 aastani, mis tuleneb eelkõige majanduskasvust (tootmisettevõtete heitveetekke suurenemine) ja linnastumise ning ka heitvee kogumise ja puhastussüsteemi laienemisest. Ettevõtetes tekkivate biojätmete koguse mõõdukasse kasvu (keskmiselt 2% aastas) panustab eelkõige toiduainetootmise jätkuv suurenemine.



Joonis 62. Uuritud jäätmeliikide tekkeprognos stsenaariumi BAU puhul, t.

Nimetatud stsenaariumi puhul eeldatakse, et lähema 5–10 aasta jooksul tehtavad tehnoloogilised valikud ja investeeringud jäätmete käitlemiseks jäävad ka pikemas perspektiivis domineerima (st pärast 2020. aastat suuremaid tehnoloogilisi muudatusi jäätmekäitlussektoris ei toimu). Olmejäätmete käitlemisel on rõhk segaolmejäätmete energiakasutusel (masspõletus ja jäätmekütuse tootmine). Segaolmejäätmete suuremat energiakasutust piirab EL-i jäätmete raamdirektiiviga kehtestatud nõue suunata 2020. aastaks bioloogiliselt või materjalina ringlusse vähemalt 50% taaskasutatavatest jäätmeliikidest²⁰. Eesmärgi täitmiseks tuleb aastaks 2020 välja arendada biojäätmete (nii toidujäätmete kui ka aiapäätmete) liigiti kogumise ja taaskasutamise süsteem, mis põhineb eelkõige nende jäätmete kompostimisel. Tänu lähiaastatel tekkivatele taaskasutusvõimsustele väheneb jäätmete prügilasse ladestamine järsult juba lähiperspektiivis. Võib eeldada, et pärast 2020. aastat segaolmejäätmeid (sh ka teisi biolagunevaid jäätmeid) prügilasse praktiliselt enam ei ladestata. Prügilates tekkivat prügilagaasi kogutakse ja kasutatakse energia saamiseks piiratud koguses (alates 2015. aastast kuni 50%).

Eeldatakse, et pärast 2020. aastat olmejäätmete käitlemises suuremaid tehnoloogilisi muudatusi ei toimu. Jäätmete tekkekoguse suurenemisega paralleelselt suurenevad ka taaskasutatavad ja energiakasutusse suunatavate jäätmete kogused (samas jäätmete taaskasutamise osakaal protsentuaalselt ei suurene).

Kuna BAU stsenaariumi kohaselt on biogaasitootmise käitistele suunatud toetused minimaalsed, siis läbivad tekkivad reoveepuhastusettevõtte ka edaspidi valdavalt ainult stabiliseerimise/kompostimise protsessi. Nii on eeldatud, et ainult kuni 50% tekkivast reoveesetest läbib aastaks 2050 anaeroobse kääritamise ja biogaasi tootmise protsessi. Valdav osa käideldud reoveesetest kasutatakse haljastuses või täite- või kattematerjalina.

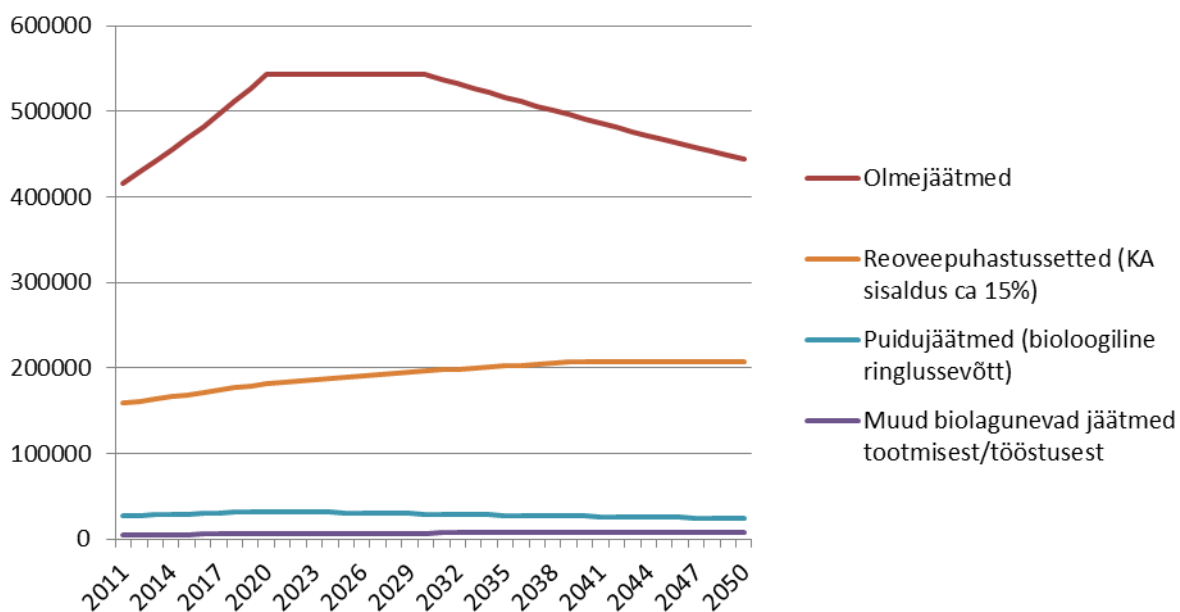
Ka bioloogiliselt käideldavad puidujäätmed (sh paberitööstuse jäätmed) ning ettevõtetes tekkivad ja liigiti kogutud biojäätmed suunatakse eelkõige kompostimiskäitistesse.

LOW CO2 stsenaarium

Selles stsenaariumis nähakse ette olmejäätmete (sh olmejäätmetes sisalduvate biolagunevate jäätmete) mõõdukat kasvu kuni aastani 2020 vastavalt majanduse (SKP) eeldatavale kasvule. Hoolimata prognoositud majanduskasvust stabiliseerub alates 2020. aastast olmejäätmete tekkekogus tänu efektiivsetele jäätmetekke vältimise meetmetele ning alates 2030. aastast hakkab seetõttu jäätmete tekkekogus vähenema (vt joonis 63 ja tabel 48). Jäätmetekke langus (eelkõige olmejäätmete tekke vähenemine) pole siiski nii suur, et analüüsitava perioodil oleks vaja rajatavate jäätmekäitluskäitiste (lähtudes eelkõige masspõletuse perspektiivist) käimas hoidmiseks jäätmeid importida.

²⁰ Nimetatud direktiivi põhjal sätestatud Euroopa Komisjoni otsuses (2011/753/EL) toodud arvutusmetodoloogia kohaselt peab Eestis tänase olmejäätmete liigilise koostise alusel ringlussevõtuna taaskasutama vähemalt 43% olmejäätmetest. Sellest ligikaudu 30% saaks suunata taaskasutusse materjali ringlussevõtuna (eelkõige pakendijäätmed ja vanapaber) ning 13% bioloogilise ringlussevõtuna. Sellisest jaotusest on lähtutud ka BAU stsenaariumis.

Ressursside säästlikum kasutamine ja jäätmetekke vältimine mõjutab ka reoveesette ja ettevõtetes tekkivate biojäätmete koguseid, mistõttu on nende jäätmeliikide tekkekoguste kasv mõnevõrra väiksem kui BAU stsenaariumis. Kuna puidujäätmete osas on suurem nõudlus energiatootmises, siis võib eeldada, et pärast 2020. aastat puidujäätmete kogus, mis suunatakse bioloogilisse käitlusesse, väheneb.



Joonis 63. Uuritud jäätmeliikide tekkeprognoos stsenaariumi LOW CO2 puhul, t.

LOW CO2 stsenaariumi kohaselt eeldatakse, et täidetakse kehtivate EL-i ja Eesti jäätmealaste õigusaktidega kehtestatud nõuded ja taaskasutuseesmärgid (eelkõige EL-i jäätmete raamdirektiiviga, prügiladirektiiviga ja pakendidirektiiviga kehtestatud nõuded ning taaskasutuseesmärgid aastani 2020). Pärast 2020. aastat toimub jäätmete taaskasutuse intensiivne arendamine. Võrreldes BAU stsenaariumiga on mõnevõrra suurem biojäätmete liigiti kogumise efektiivsus (ca 15% olmejäätmetest). Tänu taastuvenergia toetuskeemile investeeritakse suuremas mahus anaeroobse kääritamise ja biogaasi tootmise jaamadesse, mistõttu üha suurem kogus liigiti kogutud biojätmeid (eelkõige toidujäätmed) suunatakse vastavatesse käitistesse (aastaks 2050 läbivad kõik liigiti kogutud toidujäätmed anaeroobse kääritamise protsessi). Nagu BAU stsenaariumi puhul, väheneb lähiaastatel järsult segaolmejäätmete ja muude biolagunevate jäätmete prügilasse ladestamine ning praktiliselt lõppeb see pärast 2020. aastat. Prügilates tekkivat prügilagaasi kogutakse ja kasutatakse energia saamiseks maksimaalses koguses (alates 2015. aastast kuni 70%).

Võrreldes BAU stsenaariumiga suureneb oluliselt ka reoveesette ja ettevõtetes tekkivate biojäätmete anaeroobse kääritamise osakaal. Eeldatud on, et 2050. aastaks suunatakse reoveesetest kuni 80% ning ettevõtetes tekkivatest ja liigiti kogutud biojätmetest 100% anaeroobsesse kääritusse.

Tabel 48. Jäätmesektori stsenaariumide eeldused.

Stsenaariumide eeldused	STSENAARIUMID		Eelduse lähtealus
	BAU	LOW CO2	
Stsenaariumi lühikirjeldus	Jäätmekäitluse areng jätkub tänaste jäätmekäitlustehnoloogiate põhiselt ja tänaseid trende järgides	Riik võtab mõjusaid samme jäätmetekke vähendamiseks ja taaskasutamiseks, sh toetades investeeringuid jäätmete energiakasutuseks (eelkõige biogaasi käitisi)	Kokkulepe tellijaga
Makromajandusnäitajad			
Rahvaarvu trend	Elanike arv 1,34 miljonit langeb 2050. aastaks 1,23 miljoni inimeseni	Sama	Eesti Statistikaamet, rahvastikutrend (ENMAK tarbimise töögrupi aruanne)
SKP trend	Aastane kasv: 2012–2019 +3,48% 2020–2029 +2,51% 2030–2039 +1,89% 2040–2050 +1,15%	Sama	ENMAK tarbimise töögrupi aruanne
Jäätmete teke ja taaskasutamine			
Olmejäätmete, sh olmejäätmetes sisalduvate biolagunevate jäätmete teke	Aastane kasv: 2011–2020 +3% 2020–2040 +1% 2040–2050 +0,5%	Aastane kasv: 2011–2020 +3% 2020–2030 0% 2040–2050 -1%	Aastani 2020 ENMAK tarbimise töögrupi majanduskasvu prognoos Olmejäätmete käitlusalternatiivide keskkonnamõju olelusringipõhine uuring, SEI Tallinn, Riikliku jäätmekava 2014–2020 KSH aruanne Jäätmetekke vähenemine – hinnanguline prognoos
Reoveesette teke	Aastane kasv on kiirem (+2%) kuni 2020 2020–2040 +1% 2040–2050 +0,5%	Aastane kasv on kiirem (+2%) kuni 2020 2020–2040 +0,5% 2040–2050 0%	Eesti Statistikaamet, rahvastikutrend ja ENMAK tarbimise töögrupi majanduskasvu prognoos LOW CO2 hinnanguline
Bioloogilisse käitlusse suunatud puidujäätmed	Aastane kasv on kiirem (+2%) kuni 2020 2020–2040 +1% 2040–2050 +0,5%	Aastane kasv on kiirem (+2%) kuni 2020 2020–2050 +0,5%	Suuremate puidujäätmete tekitajate (eelkõige paberitööstus) hinnanguline majandusareng Energiamajanduse LOW CO2 hinnang puidujäätmete energiakasutuseks
Ettevõtete poolt tekitatud ja	Aastane kasv on kiirem (+3%)	Aastane kasv on kiirem (+3%)	Jäätmearuandluse põhjal

Stsenaariumide eeldused	STSENAARIUMID		Eelduse lähtealus
	BAU	LOW CO2	
liigiti kogutud biojätmed	kuni 2020 2020–2050 +1%	kuni 2020 2020–2040 +1% 2040–2050 +0,5%	koostatud hinnang, mis põhineb ENMAK tarbimise töögrupi majanduskasvu prognoosil LOW CO2 puhul eeldatud, et tootmine muutub ressursisäästlikumaks
Olmejäätmete käitlemine	Segaolmejäätmete ladestamine lõpeb pärast 2020. aastat Olmejäätmetes sisalduvate biojätmete liigiti kogumine tõuseb aastaks 2020 13%-ni olmejäätmete tekkekogusest; liigiti kogutud biojätmed suunatakse kompostimisse Olmejäätmetes sisalduvate materjalina taaskasutatavate jäätmeliikide ringlussevõtt suureneb aastaks 2020 (kuni 30% olmejäätmete tekkekogusest) Prügilates tekkivat prügilagaasi kogutakse ja kasutatakse energia saamiseks piiratud koguses (alates 2015 aastast kuni 50%)	Segaolmejäätmete ladestamine lõpeb pärast 2020. aastat Olmejäätmetes sisalduvate biojätmete liigiti kogumine tõuseb aastaks 2020 13%-ni olmejäätmete tekkekogusest ja pärast seda 15%-ni; aastaks 2050 suunatakse liigiti kogutud toidujätmed anaeroobsesse kääritusse Olmejäätmetes sisalduvate materjalina taaskasutatavate jäätmeliikide ringlussevõtt suureneb aastaks 2020 kuni 30% olmejäätmete tekkekogusest ja edaspidi kuni 35%-ni Prügilates tekkivat prügilagaasi kogutakse ja kasutatakse energia saamiseks maksimaalses koguses (alates 2015 aastast kuni 70%)	Hinnangud võttes arvesse praegusi arenguid ja investeeringuid olmejäätmete käitlustehnoloogiasse ning eeldusi taastuvenergia tootmise edendamise osas (LOW CO2) Olmejäätmete käitlusalternatiivide keskkonnamõju olelusringipõhine uuring, SEI Tallinn, Riikliku jäätmekava 2014–2020 KSH aruanne
Reoveesette käitlemine	Valdav osa reoveesetest läbib kompostimise/ stabiliseerimise protsessi Anaeroobse kääritamise osakaal ei suurene pärast 2020. aastat	Anaeroobse kääritamise osakaal suureneb; 2050. aastaks suunatakse reoveesetest kuni 80% ja ettevõtetes tekkivatest ja liigiti kogutud biojätmetest 100% anaeroobsesse kääritusse	Hinnangud võttes arvesse tänaseid arenguid ja investeeringuid olmejäätmete käitlustehnoloogiasse ning eeldusi taastuvenergia tootmise edendamise osas (LOW CO2)
Ettevõtete poolt tekitatud ja liigiti kogutud biojätmete käitlemine	Valdav osa liigiti kogutud biojätmetest läbib kompostimise/ stabiliseerimise protsessi.	Anaeroobse kääritamise osakaal suureneb; 2050. aastaks suunatakse ettevõtetes tekkivatest ja liigiti kogutud biojätmetest 100% anaeroobsesse kääritusse	Hinnangud võttes arvesse tänaseid arenguid ja investeeringuid olmejäätmete käitlustehnoloogiasse ning eeldusi taastuvenergia tootmise edendamise osas (LOW CO2)

6.4. Stsenaariumide rakendumisega kaasnevad riskid ja mõjud

KHG heitkoguste vähendamisele suunatud jäätmekäitlusarengute elluviimine on seotud mitmete riskidega.

- Nii BAU kui ka LOW CO2 jäätmekäitlusstsenaariumi realiseerumisega kaasnev peamine risk on seotud EL-i jäätmealaste direktiividega sätestatud **taaskasutamiseesmärkide mittetäitmisega**. Takistuseks võib siin olla eelkõige **jäätmete liigiti kogumissüsteemi taandareng**, mille põhjuseks võivad olla muudatused jäätmekäitlussüsteemi korralduses (nt korraldatud jäätmeveo süsteemi muutmine), järelevalve ebapiisavus või oluliste osapoolte initsiatiivi puudumine (nt omavalitsuste suutmatus olmejäätmete käitlussüsteemi koordineerida). Jäätmete (eelkõige biojäätmete) liigiti kogumise rakendamine eeldab jäätmetekitajate teadlikkuse kasvu. Jäätmete liigiti kogumise kogemus näitab Eestis pigem vastupidist suundumust.
- KHG tekkekogused sõltuvad otseselt biolagunevate jäätmete tekkekogusest. Seetõttu on oluline edaspidi keskenduda jäätmetekke vähendamisele. Eesti arengutasel (sh tarbimise taset ja majandusarengut) ning globaalse kaubanduse ja majandussüsteemi arengut silmas pidades on **väga raske jäätmeteket oluliselt vähendada**. Jäätmetekke vähendamise edukus sõltub ka ettevõtlus- ja tööstussektoris rakendatavatest ressursisäästlikkuse meetmete edukusest.
- Nagu näitavad modelleerimise tulemused, sõltub edaspidi (eelkõige LOW CO2 stsenaariumi puhul) jäätmekäitlussektori poolt tekitatavate otseste KHG-de heitkogus palju sellest, kui suures ulatuses on võimalik biolagunevaid jäätmeid suunata anaeroobsesse kääritusse. Anaeroobse kääritamise ja biogaasitootmise edendamine on aga tugevas seoses **energiamaajanduse toetusmeetmete olemasolu ja kättesaadavusega**.
- Biolagunevate jäätmete (eelkõige reoveesette) bioloogilise käitlemise (kompostimise ja anaeroobse kääritamise) tulemusel tekkiva jäägi kasutamine on Eestis juba praegu piiratud, kuna **puudub nõudlus komposti ja digestaadi laiemaks kasutamiseks** (sh põllumajanduses). Kui edaspidi ei õnnestu välja töötada õiguslikku alust komposti ja digestaadi kriteeriumite osas, luua kvaliteedi- ja kontrollisüsteemi ning toetada ja edendada komposti turustamist, siis võib see oluliselt pärssida biolagunevate jäätmete käitlusalternatiivide arengut. See omakorda mõjutab otseselt jäätmekäitlussektori otseseid ja kaudseid KHG heitkoguseid.

KHG heitkoguste tekke vähendamisele suunatud LOW CO2 stsenaariumil on lisaks positiivsele keskkonnamõjule üldjuhul ka positiivne sotsiaalmajanduslik mõju. Jäätmed on muutumas üha olulisemaks ressursiks nii energiamaajanduses kui ka tööstuses. Jäätmete suurenev taaskasutus aitab vähendada vajadust fossiilsete kütuste järele, omades nii ka positiivset mõju energiahindadele. Jäätmete liigiti kogumise ja ringlussevõtu süsteemi arendamise vajadus eeldab siiski üldiste jäätmekäitluskulude mõningast tõusu (eelkõige elanikkonnale), seda eriti praeguste madalate jäätmekäitluskuludega võrreldes.

6.5. Modelleerimise tulemused

Kahe võrreldud jäätmemajandusstsenaariumi (BAU ja LOW CO₂) KHG heitkogused (CO₂ ekvivalentides) on esitatud käesoleva alapeatüki joonistel (vt joonis 64 ja joonis 65) ja tabelites (vt tabel 49 ja tabel 50). Tulemused on esitatud stsenaariumide kaupa uuritud jäätmekäitluslahenduste lõikes.

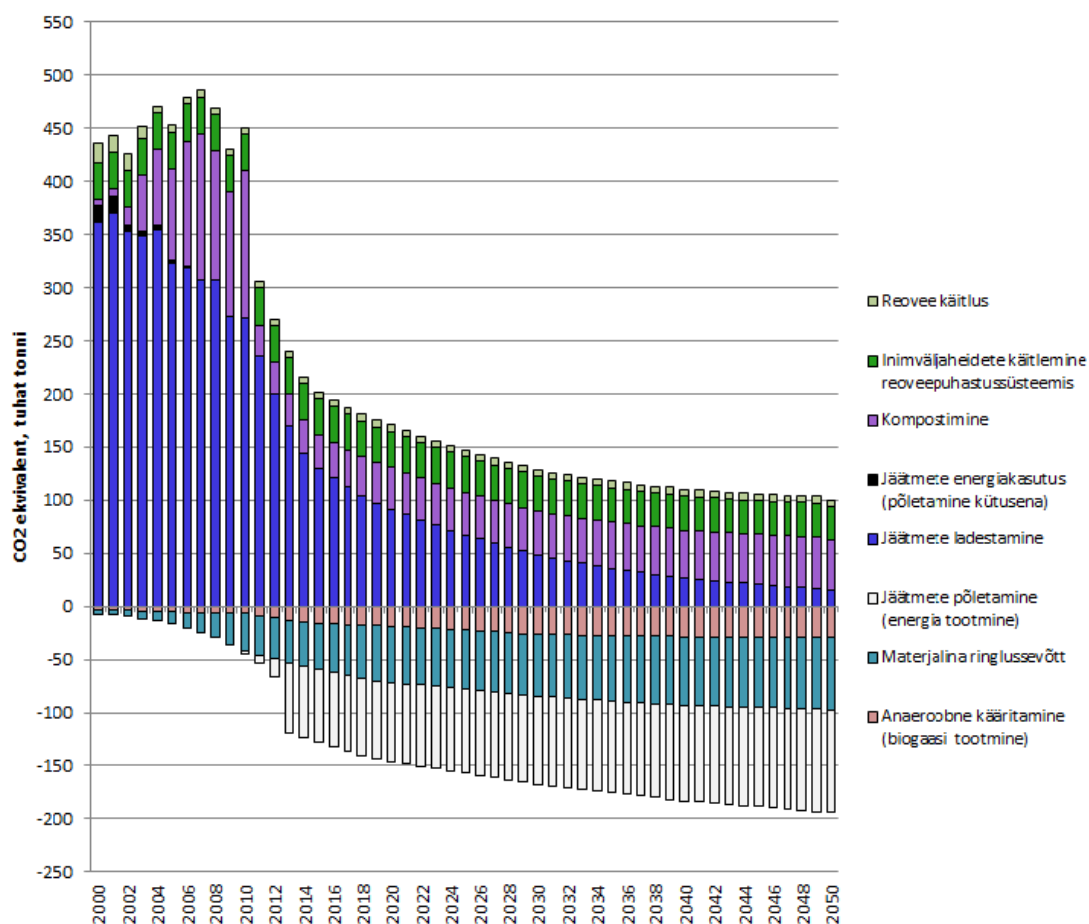
Uuritud jäätmeliikide ja nende jäätmete käitluslahendustest tulenevad **otsesed KHG heitkogused** arvutati IPCC poolt koostatud kasvuhoonegaaside inventuuriaruande juhendis toodud metodoloogia põhjal (IPCC Guidelines ...). Kuna nimetatud juhendi põhjal tuleb jäätmekäitlussektori KHG heitkoguse hulka arvestada ka reoveekäitluse protsessis käideldavate orgaaniliste ainete lagunemisel tekkivad kasvuhoonegaasid (eelkõige CH₄) ja reoveesüsteemi suunatavatest inimväljaheidetest tekkivad heitkogused (N₂O), siis lisati otsestele heitkogustele ka nendest allikatest tekkivad KHG emissioonid.²¹

Kuna jäätmete materjalina ringlussevõtt, põletamine energiatootmise eesmärgil ning jäätmete anaeroobne käitlemine (biogaasi tootmine) ei panusta ainult KHG emissioonide tekke vähendamisse, vaid asendavad ka materjale ja fossiilseid kütuseid, siis on neil taaskasutustegevustel kaudne positiivne mõju KHG heitkoguste tekkele (kuna välditakse KHG teket, siis koguheide on negatiivne). Illustreerimaks nimetatud taaskasutuslahenduste potentsiaalset panust KHG koguheitmesse, arvutati olulusringi hindamise mudeli WAMPS abil nende käitluslahenduste **kaudsed ehk välditud KHG heitkogused** (kajastuvad negatiivse väärtusena alljärgnevalt toodud joonistel). Jäätmete energiakasutuse välditud KHG heitkoguste arvutamisel eeldati, et jäätmekütusest ehk biogaasist toodetud elekter asendab taustsüsteemis põlevkivist toodetud elektrit ja soojusenergia asendab maagaasist toodetud soojusenergiat.

Siinjuures tuleb rõhutada, et uuritud jäätmekäitlusstsenaariumide puhul välja toodud kaudsed ehk välditud KHG heitkogused on ligikaudsed ja eesmärgiks on näidata erinevate taaskasutuslahenduste võimalikku panust üldise KHG heitkoguse vähendamisse ja vältimisse. Jäätmete kasutamine kütusena (sh biogaasi energiakasutuse osa) on kajastatud detailsemalt käesoleva uuringu energiamajanduse peatükis (vt ptk 3).

Mõlema stsenaariumi puhul väheneb KHG otsene heitkogus järgmise kümne aasta jooksul oluliselt tänu jäätmete ladestamise järsule langusele (pärast 2020. aastat olmejäätmeid ja biolagunevaid jäätmeid prügilasse ei ladestata). Prügilad jäävad KHG tekkeallikaks siiski ka edaspidi, kuna prügilatesse juba ladestatud biolagunevate jäätmete lagunemine jätkub. Prügilast lähtuvad KHG heitkogused vähenevad ajas, jõudes 2050. aastaks BAU stsenaariumi puhul ligikaudu 15 600 tonni CO₂-ekv ja LOW CO₂ stsenaariumi puhul 10 200 tonni CO₂-ekv. Võrdlusena võib välja tuua, et 2011. aastal lendus prügilatest atmosfääri 235 000 tonni CO₂-ekv. LOW CO₂ stsenaariumi puhul on prügilatest lähtuv KHG heitkogus väiksem, kuna eeldatakse, et prügilagaasi kogumissüsteem on võrreldes BAU-ga efektiivsem (vt ptk 6.3).

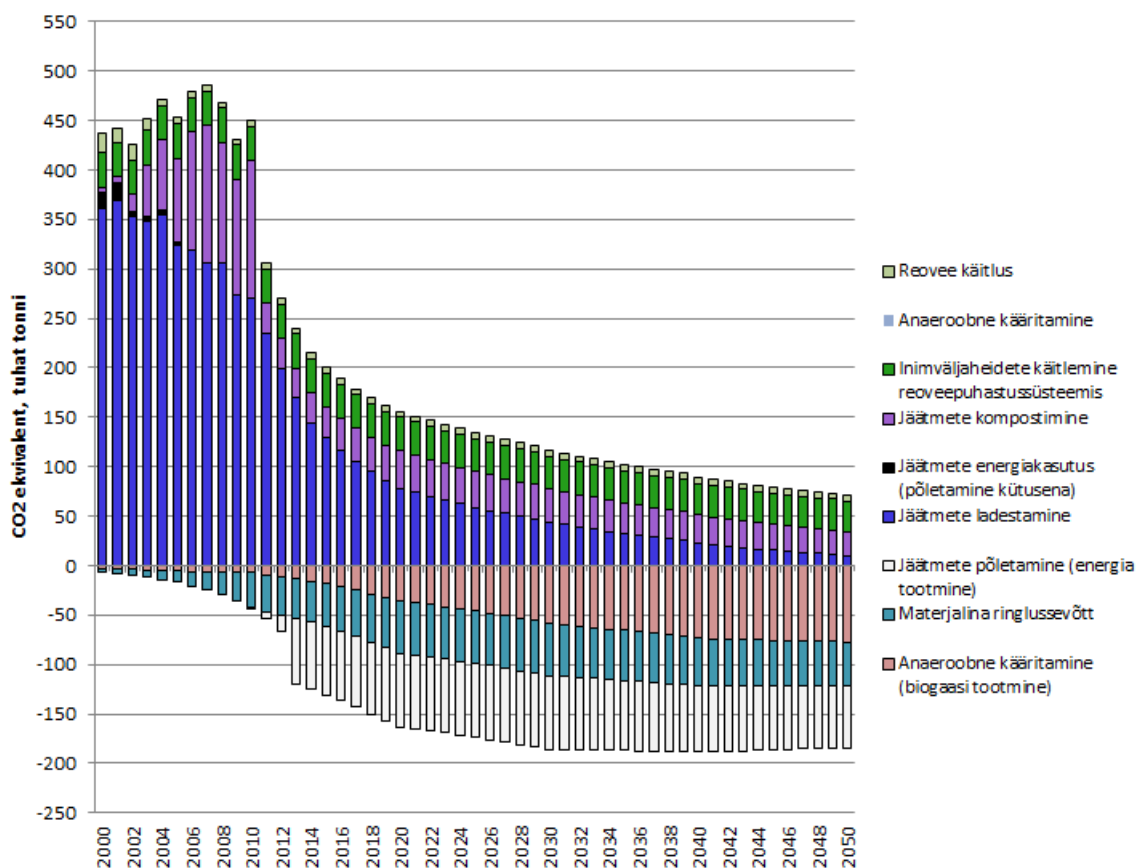
²¹ Olme- ja ka tööstusreovee puhastusprotsessis tekkiv CH₄ kogus on arvatud eeldatava puhastatava heitveekoguse põhjal ja inimväljaheidete käitlemisel tekkiva heite (N₂O) kalkuleerimisel on lähtutud rahvastikuarvu prognoosidest.



Joonis 64. BAU stsenaariumi otsesed ja kaudsed KHG heitkogused jäätmekäitlustegevuste kaupa, tuhat CO₂-ekv.

Tabel 49. BAU stsenaariumis prognoositavad KHG heitkogused perioodil 2010–2050, tuhat CO₂-ekv.

BAU stsenaarium (CO ₂ -ekv, tuhat tonni)	2011	2020	2030	2040	2050
Otsene heitkogus (IPCC metodoloogia põhjal)					
Reoveekäitlus	6,02	6,08	6,14	6,20	6,26
Inimväljaheidete käitlemine reoveepuhastussüsteemis	34,4	33,7	32,9	32,2	31,5
Kompostimine	29,9	39,4	40,9	44,8	47,0
Ladestamine	235	91,6	48,4	26,9	15,6
Kokku	305,3	170,8	128,3	110,1	100,4
Välditud heitkogus (WAMPS mudeli põhjal)					
Anaeroobne käärivamine (biogaasi tootmine)	-9,6	-18,6	-26,4	-28,6	-29,2
Jäätmete põletamine (jäätmekütuse kasutamine energia tootmiseks)	-6,6	-74,6	-82,5	-89,8	-97,2
Materjalina ringlussevõtt	-37,1	-53,1	-58,4	-64,7	-68,0
Kokku	-53,3	-146,3	-167,3	-183,1	-194,4
Otseste ja välditud heitkoguste summa	252,02	24,5	-39	-73	-94



Joonis 65. LOW CO2 stsenaariumi otsesed ja kaudsed KHG heitkogused jäätmekäitlustegevuste kaupa, tuh t CO₂-ekv.

Tabel 50. LOW CO2 stsenaariumis prognoositavad KHG emissioonid perioodil 2010–2050, tuh t CO₂-ekv.

LOW CO2 stsenaarium (CO ₂ -ekv, tuhat tonni)	2011	2020	2030	2040	2050
Otsene heitkogus (IPCC metodoloogia põhjal)					
Reoveekäitlus	6,03	6,08	6,14	6,15	6,16
Inimväljaheidete käitlemine reoveepuhastussüsteemis	34,4	33,7	38,0	32,2	31,5
Kompostimine	29,9	38,1	33,5	28,8	23,4
Ladestamine	235	78,1	44,3	22,3	10,2
Kokku	305,3	156	121,9	89,5	68,3
Välditud heitkogus (WAMPS mudeli põhjal)					
Anaeroobne kääritamine (biogaasi tootmine)	-9,6	-35,9	-58,5	-73,6	-77,2
Jäätmete põletamine (jäätmekütuse kasutamine energia tootmiseks)	-6,6	-74,6	-73,8	-66,7	-63,4
Materjalina ringlussevõtt	-37,1	-53,1	-53,1	-48,2	-43,6
Kokku	-53,3	-163,6	-185,4	-188,5	-184,2
Otseste ja välditud heitkoguste summa	252,02	-7,6	-63,5	-99	-115,9

Modelleerimise tulemused näitavad, et BAU stsenaariumi puhul on pärast 2020. aastat kõige suuremaks KHG tekitajaks biolagunevate jäätmete kompostimine, mille osakaal suureneb vastavalt kompostitavate jäätmete (eelkõige reoveesette ja liigiti kogutud biojäätmete) koguse suurenemisele. Kuna LOW CO₂ stsenaariumis on eeldatud, et biolagunevad jäätmed (sh reoveesete) läbivad suuremas mahus anaeroobse kääritamise/biogaasi tootmise protsessi, siis on selles stsenaariumis kompostitavad jäätmekogused tunduvalt väiksemad, mistõttu on väiksemad ka KHG heitkogused jäätmete bioloogilisest käitlemisest. Mida suurem kogus biolagunevaid jäätmeid suunatakse anaeroobsesse käitlusesse, seda väiksem on nende jäätmete bioloogilisest taaskasutusest tulenev KHG heitkogus. Seega, kui võrrelda kahte alternatiivset biolagunevate jäätmete käitluslahendust ehk kompostimist ja anaeroobset kääritamist, siis tuleks KHG tekke seisukohast eelistada viimast.

Reovee ja inimväljaheidete käitlemisest tulenevad KHG heitkogused on mõlema stsenaariumi puhul sarnased, kuna põhieeldused nende emisioonide tekkeks on samad.

Tänu jäätmetekke vältimisele ja suurema koguse biolagunevate jäätmete käitlemisele anaeroobse kääritamise protsessis, on ka LOW CO₂ stsenaariumi otsesed KHG heitkogused 2050. aastal ligikaudu 30% väiksemad (68 300 tonni CO₂-ekv) kui BAU stsenaariumis (100 400 tonni CO₂-ekv).

Stsenaariumide taaskasutustegevuste tulemusena välditud KHG heitkoguste (WAMPS modelleerimise tulemused) võrdlus näitab, et kõige suuremat positiivset (joonistel negatiivse väärtusega esitatud) mõju KHG vähendamisele avaldab jäätmete materjalina ringlussevõtt. Ka jäätmete energiakasutus (nii jäätmete põletamisel kui ka biogaasist toodetav energia) aitab vältida ja asendada fossiilkütuse kasutamist energiamajanduses, mistõttu on nimetatud jäätmekäitlustegevuste koguhide modelleerimisel negatiivne. Siinkohal tuleb rõhutada, et taaskasutatavate jäätmematerjalide liigiti kogumine ja ringlussevõtt omab suuremat KHG vältivat mõju kui sama jäätmekoguse kasutamine kütusena (põletamine energiatootmise eesmärgil). Seetõttu pole KHG tekke seisukohast põhjendatud jäätmekäitlussüsteemi edasisel arendamisel ka keskenduda ainult jäätmete energiakasutusele suunatud käitluslahendustele.

Kui võtta arvesse mõlema võrreldud jäätmekäitlusstsenaariumi otsesed ja kaudsed ehk välditud KHG heitkogused, muutub mõlemal juhul jäätmekäitlussektori KHG koguhide pärast 2020. aastat negatiivseks. LOW CO₂ stsenaariumi panus KHG heitkoguse vähendamiseks ja vältimiseks on siiski ligikaudu 20% suurem kui BAU stsenaariumi puhul (2050. aastal on eeldatav otseste ja välditud heitkoguste summa LOW CO₂ puhul -115 900 tonni CO₂-ekv ja BAU puhul -94 000 tonni CO₂-ekv). Lisaks tuleb arvesse võtta, et LOW CO₂ stsenaariumi puhul tekitatakse jäätmeid vähem, millel on omakorda positiivne mõju nii ressursisäästlikkuse kui ka teiste keskkonnamõju kategooriate osas.

6.6. Meetmed ja investeeringud

Jäätmekäitlussektori arengu ja sellest tulenevad KHG heitkogused määravad suures osas ära jäätmekäitlusalased regulatiivsed ja majandusmeetmed (eelkõige jäätmete taaskasutuseesmärgid ja

ladestamisele kehtestatud saastetasu) ning juba tehtud või kavandatud suured investeeringud jäätmeäitlustehnoloogiatesse (eelkõige jäätmete energiakasutusele suunatud investeeringud)²². Nii võib eeldada, et tänaste arengute valguses olmejäätmeid, sh muid biolagunevaid jäätmeid pärast 2020. aastat prügilasse praktiliselt ei ladestata. Seetõttu väheneb oluliselt nii BAU kui ka LOW CO2 stsenaariumis jäätmesektorist tulenev KHG heitkogus. Jäätmeäitlusest tulenevate KHG tekkekoguste edasine vähendamine eeldab siiski lisameetmete rakendamist.

EL jäätmeäitluseesmärkidest ja -nõuetest tulenevalt on mõlema võrreldud jäätmeäitlusstsenaariumi (BAU ja LOW CO2) rakendamiseks vajalikud jäätmeäitlusmeetmed sarnased. Nagu näitavad võrreldud jäätmeäitlusstsenaariumide poolt tekitatud KHG heitkoguse modelleerimise tulemused, tuleb KHG heitkohuste vähendamisel edaspidi keskenduda eelkõige jäätmetekke vältimist ning biolagunevate jäätmete liigiti kogumist ja taaskasutamist toetavatele meetmetele (vt tabel 51 ja tabel 55). Erinevus BAU ja LOW CO2 stsenaariumi vahel on siin eelkõige jäätmetekke vältimise ja biolagunevate jäätmete taaskasutuse edendamisele suunatud meetmete rakendamise mahus.

Modelleerimise tulemuste kohaselt on peale tüüpiliste jäätmevaldkonna meetmete (jäätmetekke vältimine ja taaskasutamise edendamine) oluliseks KHG heitkoguse vähendajaks (eriti LOW CO2 stsenaariumi puhul) biolagunevate jäätmete anaeroobse kääritamise ja biogaasi tootmise suuremahuline rakendamine. Biolagunevate jäätmete kui energeetilise ressursi kasutamine sõltub eelkõige energeetikasektori toetusmeetmetest (nt taastuvatel energiaallikatel põhinevate energiatootmisinvesteeringute toetamine ja taastuenergiast elektri tootmise toetused). Nimetatud meetmete rakendamine omab uuritud stsenaariumide (eelkõige LOW CO2) kogumaksumusest ka kõige suuremat osa. Biogaasi tootmise edendamisega seotud energeetikasektori toetusmeetmed ja kaasnevad kulud on esitatud käesoleva aruande energiamajanduse peatükis (vt ptk 3).

LOW CO2 stsenaariumi rakendamise eeldusena on oluline luua toodetud komposti ja anaeroobse kääritamise jäägi ehk digestaadi kasutusele piisav nõudlus. Selleks tuleb luua regulatiivne baas komposti ja digestaadi kriteeriumitele, rakendada kvaliteedi- ja kontrollisüsteemi ning toetada võimalike tarbijate teavitamist ja komposti turustamist. Kuna ka siin on tegu erinevate valdkondade üleste (jäätmeäitlus ja põllumajandus) meetmetega, siis on osa võimalikest toetusmeetmetest toodud põllumajanduse peatükis (vt ptk 7). Jäätmeäitluse valdkonnas piirdub see eelkõige jäätmetest komposti tootmise kriteeriumite regulatiivse baasi loomisega. Seega sõltub LOW CO2 stsenaariumi realiseerumine otseselt ka teistes sektorites, eelkõige energeetikasektoris ja põllumajandussektoris, kavandatud meetmete rakendamise edukusest.

Stsenaariumide maksumus nii kogu perioodi kohta kui ka keskmine riigi poolt rakendatavate ja rahastatavate KHG vähendamise meetmete maksumus (vt tabel 51) ja meetmete rakendamise kulutõhusus (vt tabel 52) on toodud alljärgnevas ülevaates stsenaariumide kaupa. Neis tabelleis toodud jäätmeäitlusmeetmete rakendamisega seotud kulud põhinevad riikliku jäätmekava 2014–2020 eelnõus esitatud tegevusssuundadega seotud esialgsete kulude analüüsil ja käesoleva uuringu

²² Näiteks 2013. aastal tööd alustava Iru Elektriijaama jäätmeenergiaploki investeering on tehtud 20–30-aastase kasutusperspektiiviga.

läbiviijate eksperthinnangutel. Esitatud maksumuste puhul tuleb arvestada, et muutused CO₂ hinnas, riikide majandusarengus ning teadus- ja arendustegevuses lähema 40 aasta jooksul võivad neid hinnanguid märkimisväärselt muuta.

Tabel 51. Jäätmesektori stsenaariumide kulu, mln €.

Meede\Stsenaarium	BAU	LOW CO2
Meede 1: Jäätmetekke vältimise kava koostamine ja rakendamine	30	40
Meede 2: Investeeringute toetamine jäätmete liigiti kogumiseks ja taaskasutamiseks rõhuga biolagunevate jäätmete käitlemise edendamisele	7,5	15
Kokku	37,5	55
Aastas keskmiselt	5	8

Tabel 52. Stsenaariumide rakendamise kulutõhusus.

Stsenaarium	KHG vähenemine võrreldes 2010. aastaga		Meetmepaketi maksumus	
	tuh t CO ₂ -ekv	%	mln €/a	Vähendamise kulu €/t CO ₂ -ekv
BAU	-346	-137,3	5	15,48
LOW CO2	-369	-146,4	8	21,29

Tabel 55 sisaldab LOW CO2 stsenaariumi rakendamist toetavate ja kitsamalt jäätmekäitlusega seotud meetmete ja investeeringute detailsemat kirjeldust. Jäätmetekke vältimist edendavad meetmed on valdavalt korralduslikud (ühiskonna ja ettevõtjate teadlikkuse ja oskuste tõstmine, korduskasutusinitsiatiivide toetamine), mistõttu on nimetatud meetmete rakendamisega seotud kulud suhteliselt väikesed. Suuremad kulud on seotud ettevõtetes (nt toiduainetööstuses ja kaubanduses) rakendatavate ressursitõhususele ja jäätmetekke vältimisele suunatud tehnoloogiate uuringute ja investeeringutoetustega.

Biojätmete kogumis- ja taaskasutamissüsteem vajab lähimal paarikümnel aastal kindlasti toetusi. Eelkõige on vaja investeeringutoetusi liigiti kogutud biojätmete bioloogiliseks ringlussevõtuks ja biogaasi tootmiseks ettevalmistamiseks (eeltööstustehnoloogiate soetamine ning prügilagaasi kogumine ja energia tootmine). See kehtib eriti LOW CO2 stsenaariumi kohta, kus on eeldatud biolagunevate jäätmete ja prügilagaasi maksimaalset energiakasutust. Siinjuures tuleb arvestada, et eelpool esitatud jäätmekäitluse arengustsenaariumidega seotud kuludele (vt tabel 51) lisanduvad taastuvatel energiaallikatel (biogaas) põhinevate energiatootmisinvesteeringutega seotud kulud ja/või toetused.

Lisaks kaasnevatele kuludele tuleb arvesse võtta ka stsenaariumide rakendamisest tulenevat tulu. Jäätmetekke vältimine ja biolagunevate jäätmete taaskasutus, sh energiakasutus aitab tõhustada majanduse ressursikasutust ning vähendada loodusressursside kasutusest ja jäätmete käitlemisest tulenevat negatiivset mõju keskkonnale ja inimese tervisele. Ühtlasi aitab jäätmetekke vältimine vähendada majanduskulusid (nt toidu jm oluliste ressursside ja materjalide raiskamise vähendamise kaudu) ja säilitada püsiva majanduskasvu jaoks olulisi loodusvarasid. Ressursitõhususe suurendamine ja selle kaudu ka jäätmetekke vähendamine ja taaskasutamine aitab ettevõtetel luua uusi

majanduslikke võimalusi, parandada tootlikkust, vähendada kulusid ja suurendada konkurentsivõimet. Taaskasutustööstusel on ka positiivne mõju tööhõivele. Jäätmetest kütuste tootmine ja jäätmekütuse kasutamine energia (soojuse ja elektri) tootmisel vähendab olulisel määral vajadust teiste kütuse kasutamiseks ja kui tegemist on importkütuste asendamisega (nt Iru EJ puhul asendatakse jäätmekütusega imporditud maagaasi), siis paraneb energiatootmise varustuskindlus ja väheneb väliskaubanduse puudujääk. Jäätmetest kütuse valmistamine loob vähesel määral juurde ka uusi töökohti jäätmete sorteerimise valdkonnas.

Positiivne mõju ja kaasnev tulu ettevõtetele ja ühiskonnale laiemalt on suurem LOW CO2 stsenaariumi puhul, kus jäätmetekke vähendamine on oluline strateegiline tegevus ning kus maksimaalne kogus biolagunevatest jäätmetest taaskasutatakse, sh energiakasutusena. Hinnanguliselt ületab kaudne tulu LOW CO2 stsenaariumi eeldatavaid kulusid.

Kuna uuringus vaadeldakse võrdlemisi pikka perioodi, jääb sellesse ajavahemikku väga palju määramatust, eriti ressursside hindade ning potentsiaalsete kulude ja tulude osas. Seetõttu on lisaks meetmete maksumusele antud alljärgnevalt ka hinnang stsenaariumide väliskuludele. See võimaldab selgelt illustreerida ühiskondlikku kokkuhoidu ehk sisuliselt tulu, mis saavutatakse KHG heitkoguste kärpimisega.

Hinnanguliste väliskulude arvutamisel ja sealhulgas heitkoguste vähendamise piirkulude hindamisel tuginetakse antud uuringus erinevate stsenaariumide lõikes leitud KHG heitkoguste prognoosidele ning rahvusvaheliselt tunnustatud hinnangutele CO₂ ekvivalenttonni väliskulu hinna määramisel (Stern, ExternE jt). Alljärgnevalt on näidatud väliskulude väärtuste vahemikud analüüsiperioodi jooksul eurodes ühe CO₂ ekvivalenttonni kohta (Handbook on estimation ... 2008), millest lähtutakse stsenaariumide väliskulude hindamisel. Kuna erinevate uuringute puhul on hinnangud väliskulu määradele väga erinevad, siis on käesolevas hinnangus arvestatud tagasihoidliku CO₂ väliskulu määraga, mis vastab määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskmistele väärtustele vastaval aastal (vt tabel 53).

Tabel 53. KHG väliskulu määrad, €/tonni CO₂-ekv. Allikas: Handbook on estimation ... 2008.

Aasta	2010	2020	2030	2040	2050
Madal	7	17	22	22	20
Keskmine	25	40	55	70	85
Kõrge	45	70	100	135	180
Määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskväärtsus	16	28	38	46	52

Väliskulude mahu leidmiseks korrutati sektori KHG heitkogus väliskulu määraga. Alljärgnevalt on esitatud KHG heitkogustega kaasnevad hinnangulised väliskulud jäätmekäitlussektori stsenaariumide lõikes (vt tabel 54).

Tabel 54. Jäätmekäitlussektori KHG heitega seotud hinnanguline väliskulu, tuhat €/a.

Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium	4885	4782	4875	5065	5221

Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
LOW CO2 stsenaarium	4885	4368	4632	4117	3552

Kuivõrd väliskulud on otseselt seotud emissioonide mahuga, ilmneb siinkohal eriti selgelt säästlikumate stsenaariumide eelis. Seejuures on vajalik arvestada, et heitkoguste langus ei pruugi tähendada väliskulude vähenemist vaadeldaval perioodil. See on tingitud ühe tonni KHG väliskulu määra tõusust ajas, mis on omakorda põhjustatud akumulatuva KHG kahjuliku toime suurenemisest.

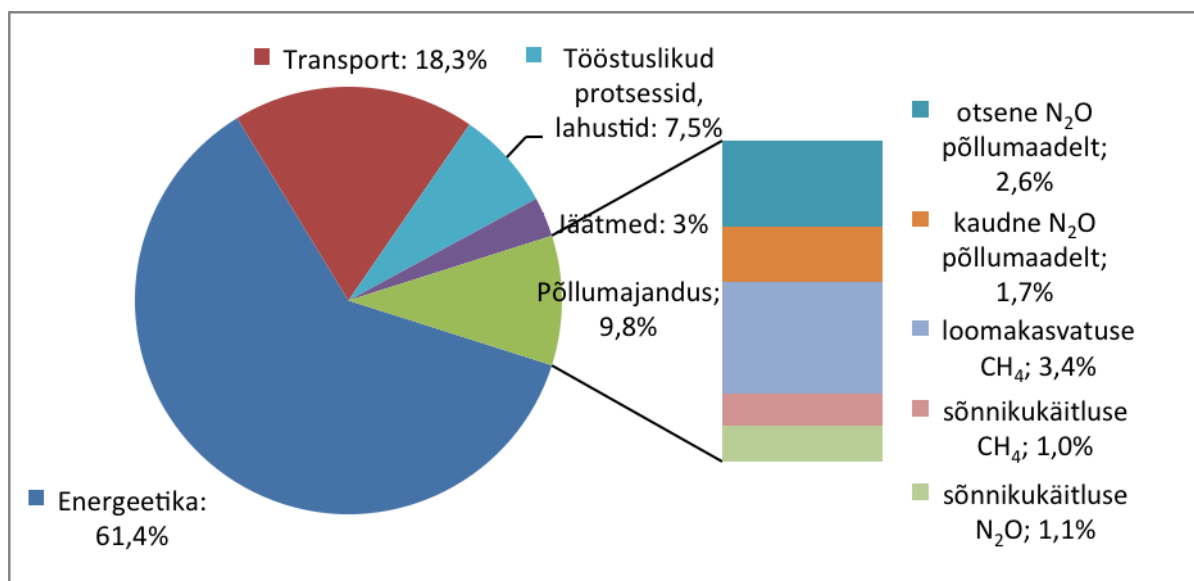
Tabel 55. Meetmed ja investeeringud jäätmesektori LOW CO2 stsenaariumi rakendamiseks.

Meede	Tüüp	Olemasolev, kavandatud, soovitatav	Vajadus	Maksumus	Tulemus	Vajalikud tegevused
Meede 1: Jäätmetekke vältimise kava koostamine ja rakendamine	Regulatiivne	Kavandatud	Kõrge	Täpsustub riiklikus jäätmekavas	Jäätmetekke vältimine, millel on otsene mõju KHG heitkoguste vähendamisele	Jäätmekava täiendamine, kavandatud tegevuste elluviimine sh vajalike õigusaktide muudatuste tegemine, mis soodustaks kasutamata toodete (nt toiduainete) tarbimisringlusse suunamist
Meede 2: Investeeringute toetamine jäätmete liigiti kogumiseks ja taaskasutamiseks rõhuga biolagunevate jäätmete käitlemise edendamisele	Investeering	Kavandatud	Kõrge	Täpsustub riiklikus jäätmekavas eeldatav maksumus 2014–2020, vähemalt 15 mln €	Aitab täita EL taaskasutuseesmärke ja seeläbi panustab otseselt ka KHG heitkoguste vähendamisse	Riigieelarveliste ja struktuurivahendite planeerimine

7. PÕLLUMAJANDUS

7.1. Hetkeolukord

EL27 riikides andis põllumajandus 2010. aastal 9,8% KHG koguemissioonist (sh CH₄ 4,4% ja N₂O 5,4%). Seejuures moodustas põhilise osa summaarsest CO₂ ekvivalentina hinnatavast voost põllumajanduslikelt muldadelt ja väetamisest pärinev dilämmastikoksiid (N₂O; vt joonis 66).



Joonis 66. Erinevate sektorite (v.a LULUCF) osakaal EL27 riikide KHG koguemissioonis ning põllumajanduse alamsektorite osakaal summaarses põllumajandusest pärinevas CH₄ ja N₂O emissioonis 2010. aastal arvestatuna CO₂-ekvivalentides.

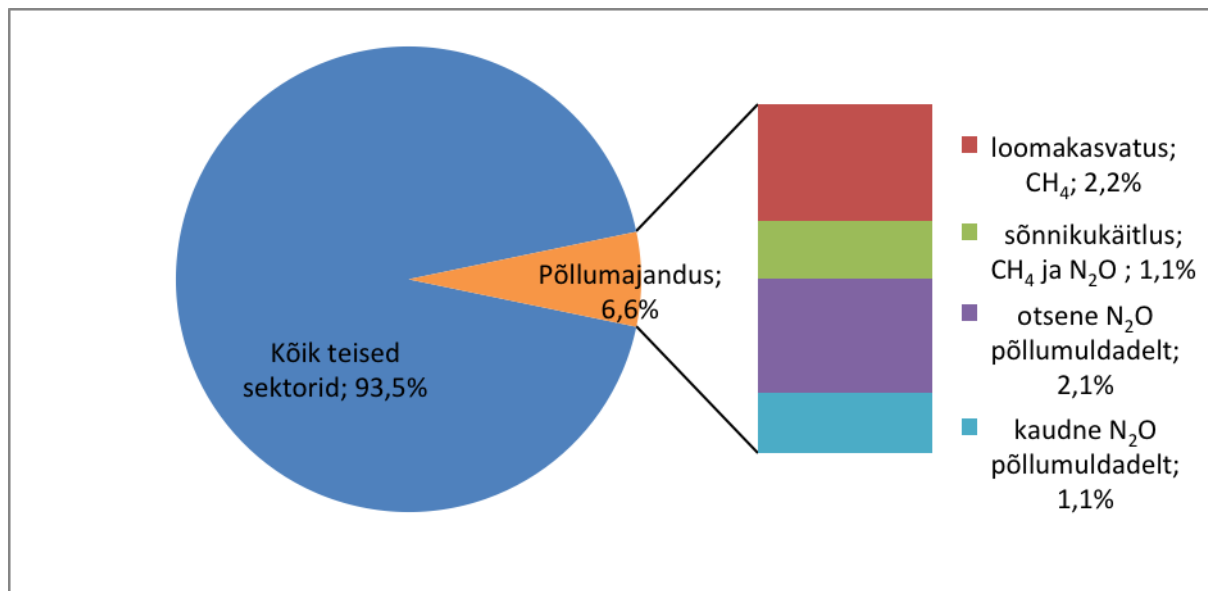
Allikas: EC 2012. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2010 and inventory report 2012.

Eestis on põllumajandusest pärineva CH₄ ja N₂O osakaal suhteliselt väike – 6%. Samas on põllumajandussektor energeetikasektori järel KHG heitkoguste mahu poolest teisel kohal ning lähtuvalt 2011. aastal avaldatud Euroopa Komisjoni teatisest „Konkurentsivõimeline vähese CO₂-heitega majandus aastaks 2050 – edenemiskava“ prognoositakse järgnevatel aastakümnetel põllumajandussektorist pärineva KHG heitkoguse osakaalu olulist tõusu.

Eesti rahvusliku KHG emissiooni inventeerimise aruande 1990–2010 (NIR 2012) kohaselt moodustas 2010. aastal põllumajandusest pärinev KHG koguemissioon 1,3 mln tonni CO₂-ekvivalenti (ekv) ehk 6,6 %²³ kogu Eesti territooriumil hinnatud KHG emissioonist (vt joonis 67). Seejuures on koguemissioon võrreldes 1990. aastaga (3,5 mln tonni CO₂-ekv) kahanenud 61,2% (NIR 2012). Põllumajandussektori KHG emissiooni nii ulatuslik vähenemine on otseselt seotud Eesti iseseisvumisega ning sellega kaasnenud suurtootmise kadumise ja majanduse ümber korraldamisega.

²³ Koguemissioonis ei ole arvestatud LULUCF sektorit.

Suurimaks kahanemise põhjustajaks on loomade arvu vähenemine ning mineraalväetiste kasutamise langus.



Joonis 67. Eesti põllumajandussektori kasvuhoonegaaside emissioon võrreldes riigi KHG koguemissiooniga CO₂-ekvivalentides 2010. aastal.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

Eesti põllumajandussektoris hinnatakse KHG emissioone järgmiste alamsektorite alusel (vt joonis 67):

- põllumajandusloomade poolt vahetult emiteeritud metaan (CH₄)²⁴, kokku 16 alamkategorias, moodustades u 33% põllumajandussektori koguemissioonist;
- sõnnikukäitlusest tulenev CH₄ ja N₂O emissioon²⁵, kokku 16 alamkategorias, andes 4,5% põllumajandussektori koguemissioonist;
- põllumajanduslikelt muldadelt tulenev otsene ja kaudne N₂O emissioon, kokku 9 alamkategorias;
- kulu põletamisel emiteeritud CH₄ ja N₂O.

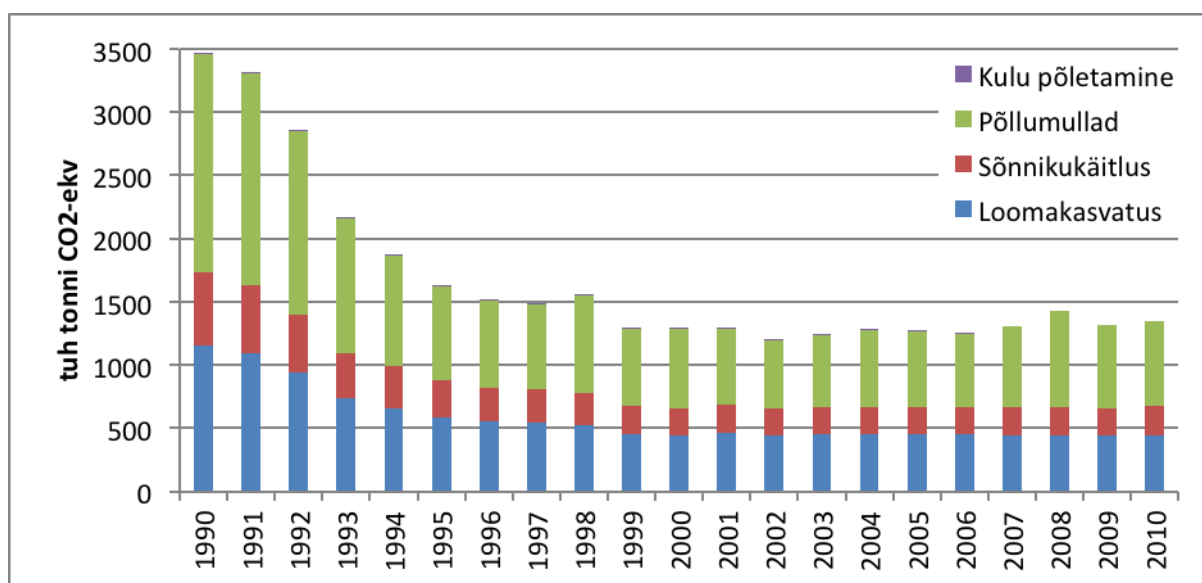
Täiendavalt on hinnatud N₂O emissioone loomasõnnikust karjamaadel karjatamisel ja nn sekundaarseid kadusid lämmastikuühendite depositsioonist atmosfääris ja leostuva nitraatlämmastiku denitrifitseerumisel jõgedes ja märgalades. Nimetatud emissioonid arvestatakse põllumajanduslikelt muldadelt tuleneva kaudse dilämmastikoksiidi emissiooni hulka.

²⁴ IPCC 1995 aruande kohaselt on 100-aastases hinnangulises perioodis ühe CH₄ molekuli kiirguslik (kasvuhooneefekti tekitav) toime 21 korda võimsam kui ühe CO₂ molekuli toime.

²⁵ IPCC 1995 aruande kohaselt on 100-aastases hinnangulises perioodis ühe N₂O molekuli kiirguslik (kasvuhooneefekti tekitav) toime 310 korda võimsam kui ühe CO₂ molekuli toime.

Põllumajandussektori peamised KHG-d on diämmastikoksiid (N_2O) ja metaan (CH_4). Diämmastikoksiid tekib põhiliselt taimekasvatusest lämmastikväetiste ja sõnnikväetiste kasutamise tulemusena – mullas olev lämmastikväetis muundatakse mikroobide toimel N_2O -ks. Metaan tekib peamiselt põllumajandusloomade seedeprotsessidest ja sõnnikukäitluse tulemusel. Loomasõnniku ladustamise ja laotamise tõttu tekib nii CH_4 kui ka N_2O .

2010. aastal oli põllumajandusest tekkinud N_2O emissioon 2740 tonni ning CH_4 emissioon 23 630 tonni. Kuna IPCC 1995 aruande kohaselt tuleb N_2O ja CH_4 mõju kasvuhooneefektile võrreldes süsinikdioksiidiga hinnata 310 ja 21 korda suuremaks, siis on N_2O puhul heide CO_2 ekvivalentides 0,8 mln tonni ja CH_4 korral 0,5 mln tonni. Gaaside osakaal põllumajanduse koguemissioonist oli vastavalt 52% ja 38%.



Joonis 68. Põllumajandussektori kasvuhoonegaaside emissioon Eestis ajavahemikul 1990–2010, tuh t CO_2 -ekv.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

Peamise osa põllumajandussektori metaani emissioonist moodustab veiste kasvatamisest tulenev CH_4 emissioon (31,5% põllumajandussektori koguemissioonist 2010. aastal). Suurima panuse N_2O heitkogustesse annavad sünteetiliste lämmastikväetiste kasutamine (12% sektori koguemissioonist ja 18,5% sektori N_2O emissioonist 2010. aastal) ja lämmastiku leostumisest tingitud kaudsed emissioonid (14,7% sektori koguemissioonist ja 23,3% N_2O emissioonist 2010. aastal)

Tabel 56. KHG emissioonid 1990. ja 2010. aastal Eesti põllumajandussektoris, tuh t CO₂-ekv. Allikas: NIR 2012.

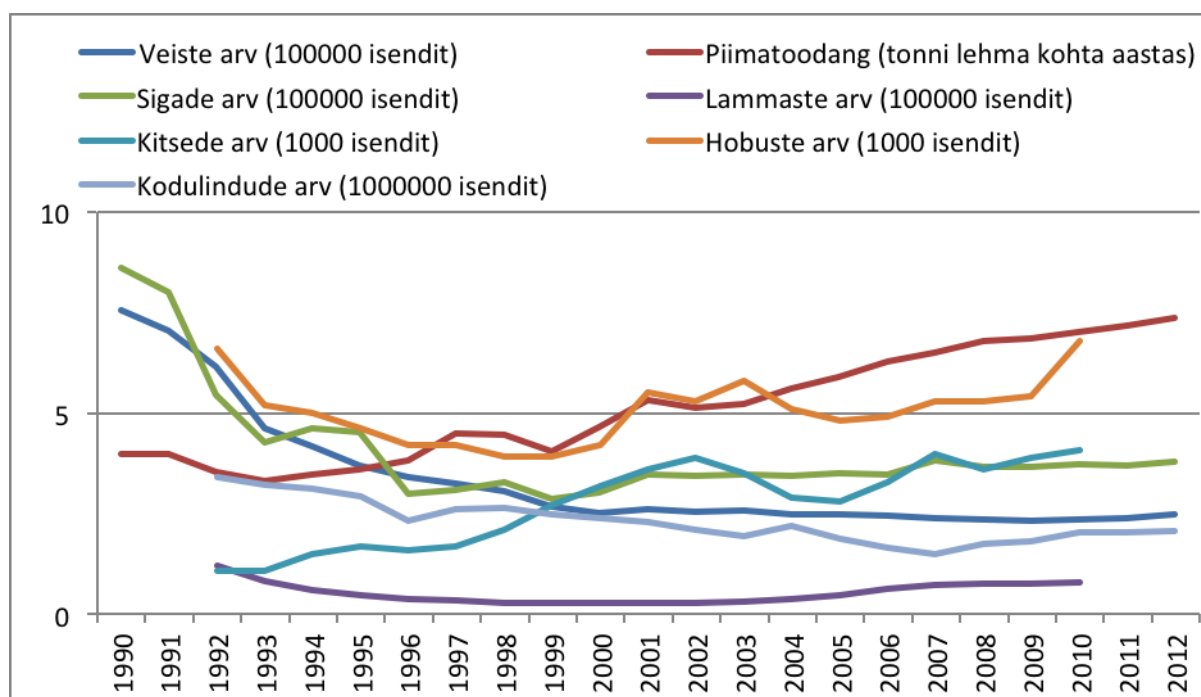
	IPCC kategooria	Gaas	Emissioon aastal 1990	Emissioon aastal 2010
4.A	Soolesisene fermentatsioon – Piimalehmad	CH ₄	585,59	264,21
4.A	Soolesisene fermentatsioon – Veised, v.a piimalehmad	CH ₄	523,94	158,59
4.A	Soolesisene fermentatsioon – Lambad	CH ₄	23,49	13,20
4.A	Soolesisene fermentatsioon – Kitsed	CH ₄	0,09	0,43
4.A	Soolesisene fermentatsioon – Hobused	CH ₄	3,25	2,57
4.A	Soolesisene fermentatsioon – Sead	CH ₄	17,49	7,70
4.A	Soolesisene fermentatsioon – Karusloomad	CH ₄	0,20	0,12
4.B	Sõnnikukäitlus – Piimalehmad	CH ₄	46,25	21,14
4.B	Sõnnikukäitlus – Veised, v.a piimalehmad	CH ₄	26,75	8,03
4.B	Sõnnikukäitlus – Lambad	CH ₄	0,56	0,31
4.B	Sõnnikukäitlus – Kitsed	CH ₄	0,00	0,01
4.B	Sõnnikukäitlus – Hobused	CH ₄	0,25	0,20
4.B	Sõnnikukäitlus – Sead	CH ₄	34,86	16,11
4.B	Sõnnikukäitlus – Põllumajanduslinnud	CH ₄	10,71	3,35
4.B	Sõnnikukäitlus – Karusloomad	CH ₄	0,27	0,16
4.B	Sõnnikukäitlus – Anaeroobne laguun	N ₂ O	0,00	0,00
4.B	Sõnnikukäitlus – Vedelsõnniku hoidla	N ₂ O	7,98	3,57
4.B	Sõnnikukäitlus – Tahkesõnniku hoidla	N ₂ O	255,14	97,12
4.B	Sõnnikukäitlus – Kõik ülejäänud	N ₂ O	0,00	0,00
4.D.1.1	Otsesed emissioonid põllumuldadelt – Sünteetilised väetised	N ₂ O	394,80	156,89
4.D.1.2	Otsesed emissioonid põllumuldadelt – Loomasõnniku lisamine	N ₂ O	207,41	84,21
4.D.1.3	Otsesed emissioonid põllumuldadelt – Lämmastikku siduvad kultuurid	N ₂ O	247,95	56,88
4.D.1.4	Otsesed emissioonid põllumuldadelt – Taimejäägid	N ₂ O	204,09	54,11
4.D.1.5	Otsesed emissioonid põllumuldadelt – Turvasmuldade kündmine	N ₂ O	87,76	81,74
4.D.1.6	Otsesed emissioonid põllumuldadelt – Reoveesete lisamine	N ₂ O	0,20	2,52
4.D.2	Karjatamine karjamaadel ja koplites	N ₂ O	192,10	74,92
4.D.3.1	Kaudsed emissioonid põllumuldadelt – Sidumine atmosfääris	N ₂ O	95,80	38,50
4.D.3.2	Kaudsed emissioonid põllumuldadelt – Lämmastiku leostumine	N ₂ O	490,93	197,53
4.F.1	Põllukultuuride jääkide põletamine – Teraviljad	CH ₄	4,98	0,00
4.F.1	Põllukultuuride jääkide põletamine – Teraviljad	N ₂ O	1,02	0,00
4.F.2	Põllukultuuride jääkide põletamine – Kaunviljad	CH ₄	0,00	0,00
4.F.2	Põllukultuuride jääkide põletamine – Kaunviljad	N ₂ O	0,00	0,00
4.F.3	Põllukultuuride jääkide põletamine – Mugul- ja juurviljad	CH ₄	0,51	0,00
4.F.3	Põllukultuuride jääkide põletamine – Mugul- ja juurviljad	N ₂ O	0,31	0,00

Alljärgnevalt antakse ülevaade kõikidest loetletud alamsektoritest põllumajanduses ning olulisematest teguritest, mis on mõjutanud antud alamsektori KHG emissiooni ajavahemikul 1990–2010.

Loomakasvatus

Antud alamsektoris võetakse arvesse veiste, sigade, lammaste, kitsede, hobuste, karusloomade ja põllumajanduslindude poolt vahetult emiteeritud metaan (CH_4). Aastal 2010 moodustas põllumajandusloomade poolt emiteeritud metaan 33% (21 280 tonni CH_4) põllumajandussektori KHG koguemissioonist (1,3 mln tonni CO_2 -ekv), olles 61% võrra väiksem kui aastal 1990 (NIR 2012). Suurima panuse (94,6% ehk 20 130 tonni CH_4 2010. aastal) alamsektori metaani emissioonist annab veisekasvatus. Seetõttu on alamsektori koguemissiooni kahanemist oluliselt mõjutanud vähenenud põllumajandusloomade, eriti veiste arv, mida on mõnevõrra vastassuunas mõjutanud piimatoodangu kasv.

Eesti Statistikaameti andmetel oli 2012. aasta lõpus Eestis 249 000 veist, sh 96 200 piimalehma. Aastaga on veiste arv kasvanud 4%, kuid piimalehmade arv on jäänud samaks. Piimalehmade arv on alates 1990. aastast vähenenud, kuid viimastel aastatel stabiliseerunud. Samas keskmine piimatoodang lehma kohta on pidevalt suurenenud. 2012. aastal oli keskmine piimatoodang lehma kohta 7377 kilogrammi ehk 209 kilogrammi rohkem kui aasta varem. Eesti Statistikaameti andmete kohaselt oli 2012. aasta lõpus Eestis 377 200 siga ning 90 200 lammast ja kitse. Sigade arv kasvas aastaga 3% ning lammaste ja kitsede arv 2% (Eesti Statistikaamet 2012).



Joonis 69. Põllumajandusloomade ja -lindude arvukuse ning piimatoodangu muutus Eesti põllumajandussektoris ajavahemikul 1990–2010.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

Põllumajandusloomade ja -lindude poolt emiteeritud metaani arvutamiseks kasutatakse Eesti KHG heitkoguse inventuuris IPCC poolt välja töötatud *Tier 1* ja *Tier 2* meetodeid, kus metaani heitkogust mõjutavad nii põllumajandusloomade ja -lindude arv kui ka arvutustes kasutatav emissioonifaktor.

Veiste ja sigade emissioonifaktori arutamiseks kasutatakse maakondlikul statistikal põhinevaid andmeid (loomade arv, karja vanuseline ja sooline struktuur, piimatoodang, sööt jne). Teiste põllumajandusloomade korral kasutatakse IPCC poolt pakutud emissioonifaktorite väärtusi ning karusloomade poolt emiteeritud metaani heite arutamiseks kasutatakse Norras välja töötatud emissioonifaktorit 0,1 kg CH₄ isendi kohta aastas. Sama emissioonifaktor on kasutusel ka Soomes. Põllumajanduslindude poolt emiteeritud metaani hindamiseks ei ole tänaseks Eestis ega Soomes välja töötatud ühtegi arvutusvalemit. Seega ei ole KHG heitkoguse inventuuris ega ka käesolevas uuringus arvestatud põllumajanduslindude poolt vahetult emiteeritud metaani emissiooniga, kuigi riiklik statistika põllumajanduslindude kohta on kättesaadav.

Sõnnikukäitlus

Aastal 2010 tekkis sõnnikukäitlusest 2348 tonni metaani ja 566 tonni dilämmastikoksiidi langus võrreldes 1990. aastaga on vastavalt 59% ja 62%. Sõnnikukäitlusest tekkivad KHG heitkogused on võrreldes põllumajandussektori teiste alamsektoritega väikesed – vastavalt 10% ja 21% põllumajandussektori metaani ja N₂O koguemissioonist (NIR 2012).

Metaan tekib sõnnikuhoidlas orgaanilise aine lagunemisel anaeroobsetes tingimustes ning selle heitkogus sõltub otseselt sõnniku ladustamise viisist (hoidla tüüp) ja temperatuurist. Metaani heitkoguse arutamiseks kasutatakse riiklikus KHG inventuuris maakondlikel andmetel põhinevat loomakasvatuse statistikat ning IPCC poolt välja töötatud koefitsiente. Veiste ja sigade jaoks on kasutusel *Tier 2* meetod, mistõttu mõjutavad CH₄ heitkogust kõige enam loomade arv ja metaani heitekoefitsient, mis on mõjutatud sõnniku ladustamise viisist ning piimalehmade sõnniku käitlemisel ka piimatoodangust. Sellest lähtuvalt on ajavahemikul 1990–2010 metaani heitekoefitsient piimalehmade jaoks suurenenud 33% ning veiste (v.a piimalehmad) ja sigade jaoks püsinud stabiilsel tasemel. Kõigi teiste põllumajandusloomade ja -lindude jaoks on kasutusel *Tier 1* meetod.

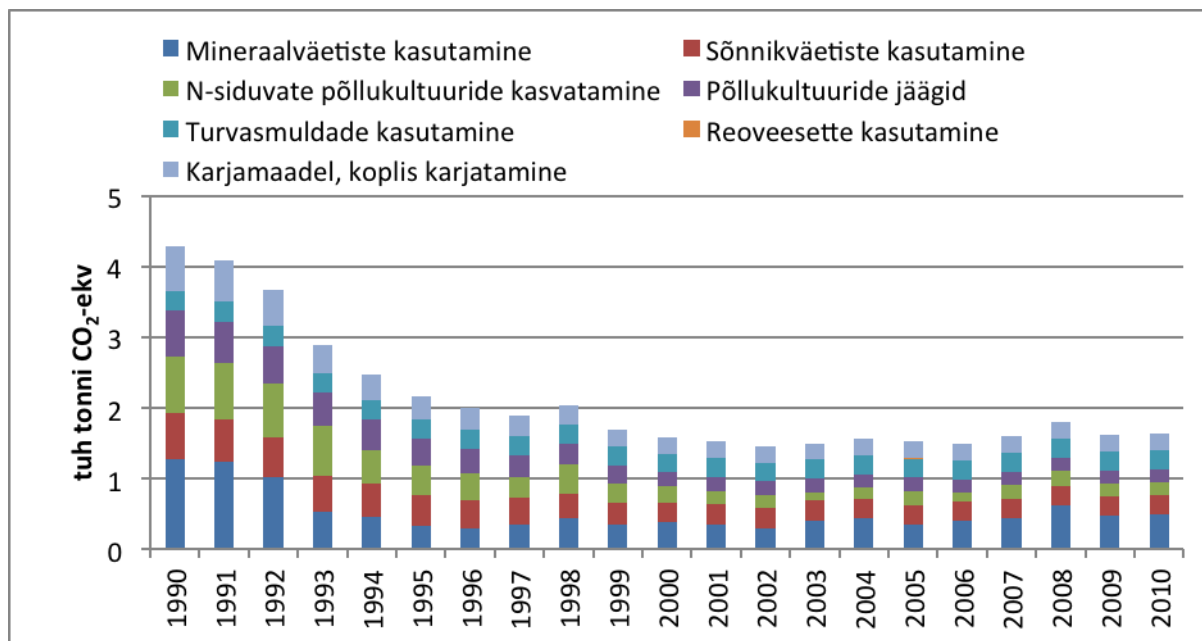
N₂O tekib sõnniku ladustamisel nitrifikatsiooni-denitrifikatsiooni protsessides. N₂O heitkogus sõltub peamiselt sõnniku ladustamise viisist, aga ka piimatoodangust ning piima rasva- ja lämmastikusisaldusest piimalehmade korral. Eesti KHG heitkoguse inventuuri aruande arvutustes kasutatakse *Tier 2* meetodit, kus heitkogust kõige enam mõjutavaks teguriks on sõnniku ladustamise viis.

Oluline puudus sõnnikukäitluse KHG heidete arutamisel on CO₂ kadude hinnangu puudumine. Ehkki IPCC metoodika seda ei arvesta, on aeroobne sõnniku mineraliseerumine oluliseks CO₂ heite allikaks. Kuigi võib eeldada, et kogu sõnniku lagunemisest emiteeruv CO₂ seotakse samas süsteemis taimede poolt, on vajalik läbi viia täpsemad uuringud.

Põllumajandusmaa

Põllumajandusmaa alamsektoris võetakse arvesse nii otsene kui ka kaudne N₂O emissioon põllumajanduslikelt muldadelt. Dilämmastikoksiidi heitkoguse arutamiseks Eesti põllumajandusmaadel kasutatakse *Tier 1* meetodit, mistõttu mõjutavad N₂O heitkogust kõige enam sünteetiliste väetiste kasutamine, loomasõnniku ja reoveesette kasutamine põllumaadel ning orgaaniliste muldade kasutamine põllukultuuride kasvatamiseks.

Aastal 2010 olid Eesti põllumajandusmaadelt tulenevate otsese ja kaudse N₂O heitkogused vastavalt 1408 ja 761 tonni. Võrreldes referentsaastaga (1990) on otsene N₂O emissioon kahanenud 62% ja kaudne 61%. Kahanemine on tingitud peamiselt väetiste, nii sünteetiliste kui sõnnikväetiste kasutamise vähenemisest.



Joonis 70. Otsene N₂O emissioon Eesti põllumajandussektoris ajavahemikul 1990–2010, tuh t CO₂-ekv.

Allikas: NIR 2012

Mineraal- ja sõnnikväetiste ning reoveesette kasutamisest tingitud N₂O emissioonid olid 2010. aastal vastavalt 506, 272 ja 8 tonni, kahanedes ajavahemikul 1990–2010 ligikaudu 60% (v.a reoveesettest tulenev emissioon, mis oli 1990. aastal praegusest ligi 12 korda madalam).

Väetiste kasutamine on võrreldes 1992. aastaga oluliselt vähenenud ja seda eelkõige sünteetiliste väetiste arvelt. Kui 1992. aastal viidi mineraalväetistega pinnasesse 70 kg lämmastikku, 47 kg fosforit ja 87 kg kaaliumi hektari kohta aastas, siis 2005. aastal olid vastavad näitajad 44, 14 ja 21 kg ha/a (Eesti maaelu arengukava 2007–2013).

Väetiste kasutamist mõjutab otseselt ka põllumajandusmaa suurus ning seal kasvatatavad põllukultuurid. Eesti Statistikaameti andmetel kasvatati 2012. aastal teravilja 290 600 hektaril, mida on 2% vähem kui aasta varem. 2012. aasta teraviljasaak oli 993 800 tonni ning kuigi saak jäi vihmase koristusperioodi tõttu oodatust väiksemaks, oli see siiski ligi kolmandiku võrra suurem kui eelneval aastal. Ühelt hektarilt saadi keskmiselt 3419 kilogrammi teravilja, sh nisu 3901 kg, otra 3129 kg ja rukist 3393 kg. Aastal 2012 oli kaunvilja kasvupind kolme viimase aastakümne suurim, samas kui teiste kultuuride, sh kartuli kasvupind on iga-aastaselt vähenenud²⁶.

²⁶ Põllumajandusliku maa kasutust on käsitletud ka LULUCF-i sektori alapeatükis 8.3.

Lämmastikku siduvate põllukultuuride kasvatamisest tingitud N_2O emissioon oli 2010. aastal 183 tonni. Sellele lisanduvad põllule jäetud taimejääkidest ja turvasmuldade kasutamisest tingitud N_2O emissioon (vastavalt 175 ja 264 tonni N_2O aastal 2010). Eesti 2012. aasta KHG inventuuri aruande kohaselt paikneb turvasmuldadel 21 020 ha põllumaadest. Samas Penu (2012) hinnang on ligi kuus korda suurem (124 874 ha). Seejuures on oluline märkida, et turvasmuldadelt tuleneva dilämmastikoksiidi emissiooni hindamiseks kasutatakse IPCC poolt pakutud emissioonifaktorit väärtusega $8 \text{ kg } N_2O-N \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Rootsis on kasutusel IPCC emissioonifaktor $8 \text{ kg } N_2O-N \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, kuid Soomes kasutatakse Monni jt (2007) poolt pakutud väärtusi 11,7 kg ja 4,0 kg $N_2O-N \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (vastavalt teraviljade või heintaimede kasvatamisel). Ka Eestis on tulevikus võimalik kasutada detailsemaid andmeid turvasmuldadel kasvatatavate põllukultuuride kohta ja nende jaotumise kohta, kuid emissioonifaktori määramiseks on vaja läbi viia vastavad uuringud.

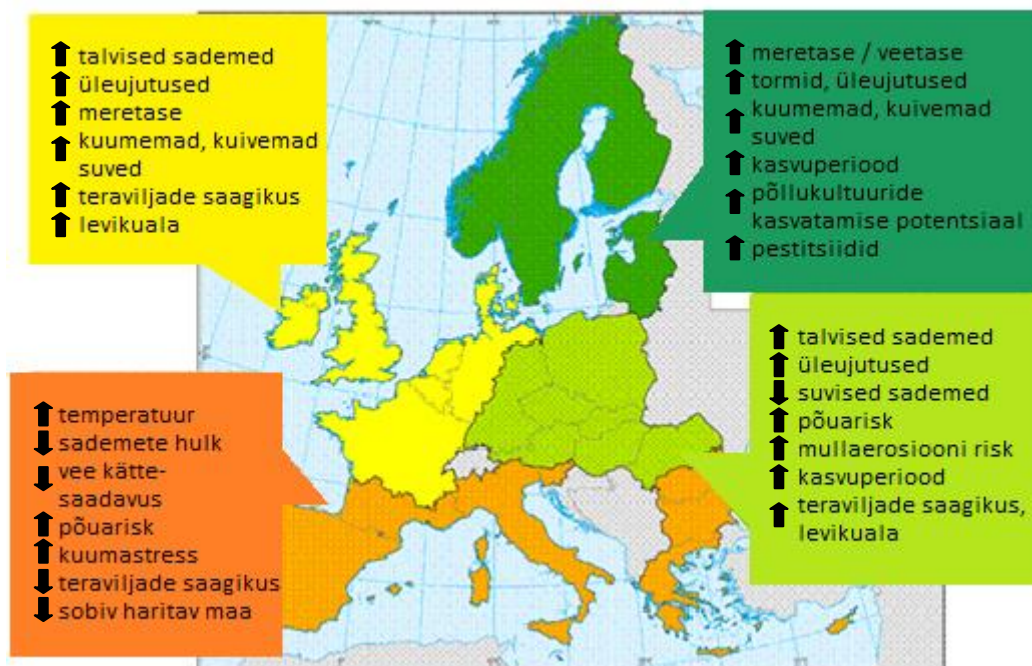
Kulu ja põhu põletamine

Kulu põletamisest tulenev KHG emissioon Eestis oli 1990. aastal 6820 tonni CO_2 -ekv. Sellest suurema osa moodustas metaani emissioon – 261 tonni CH_4 . Dilämmastikoksiidi emissioon oli 1990. aastal 4 tonni N_2O ning aastaks 2006 oli see kahanenud 2 tonnini. Alates 2007. aastast ei ole Eesti KHG inventuuris kulu põletamist käsitletud, sest kulu ja põhu põletamine põllumajandusmaal keelustati põllumajandusministri määrusega nr 57²⁷.

7.2. Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused

Lähtuvalt IPCC 2007. aasta aruandest muutuvad Eestis lähiaastakümnetel kliimaatilised tingimused põllumajandusliku tootmise suhtes soodsamaks. Koos teiste Balti riikide, Soome, Rootsi ja Norraga muutuvad Eestis suved soojemaks, kohati ka kuivemaks ning pikeneb vegetatsiooniperiood (vt joonis 71). See lubab eeldada põllumajandusliku toodangu saagikuse tõusu. Ehkki suureneb kahjurite mõju, tormisus ja üleujutuste oht (eriti rannikul seoses meretaseme tõusuga), on tõenäoline, et põllumajandusliku tootmise intensiivsus kasvab. Kui see langeb kokku teraviljade ja teiste põllumajandustoodete jätkuva hinnatõusuga maailmaturul, on Eesti põllumajandussektori KHG emissiooni suurenemine väga tõenäoline. Seda toetab ka prognoos, et paljudes maakera teraviljatoodangu piirkondades, sh Vahemeremaades, toodangumahud kahanevad veepuuduse tõttu (vt joonis 71).

²⁷ Põllumajandusministri määrus nr 57 „Ühtse pindalatoetuse, põllukultuuri kasvatamise ja põllumajanduskultuuri täiendava otsetoetuse saamise nõuded ning toetuse taotlemise ja taotluse menetlemise täpsem kord“, 20.04.2007.



Joonis 71. Kliimatingimuste eeldatavad muutused Euroopa Liidu erinevates piirkondades.

Allikas: Agriculture and Climate Change

Aastal 2011 avaldatud Euroopa Komisjoni teatises „Konkurentsivõimeline vähese CO₂-heitega majandus aastaks 2050 – edenemiskava“ nähakse ette Euroopa Liidu KHG koguemissiooni vähenemist 79–82% aastaks 2050 võrreldes baasaastaga 1990. Komisjoni analüüsist nähtub, et aastaks 2050 võib põllumajandussektor vähendada heidet võrreldes 1990. aastaga 42–49%.

Komisjoni analüüsi kohaselt peaks põllumajanduspoliitika muuhulgas keskenduma järgmistele teemadele: **edasine jätkusuutlik tõhususe kasv, tõhus väetiste kasutamine, orgaanilise sõnniku biogaasistamine, parem sõnnikikäitlus, parem sööt, kohaliku tootmise mitmekesistamine** ja tulemuslikum turustamine ning **kariloomade suurem produktiivsus**, samuti **ekstensiivpõllumajanduse eeliste suurendamine**. Põhjendatum põllumajandusalane tegevus võiks suurendada sektori suutlikkust siduda ja säilitada süsinikdioksiidi pinnases. Selle saavutamise eelduseks on näiteks rohumaade säilitamiseks, turba- ja märgalade taastamiseks, väheseks või kündmiseta maaharimiseks, erosiooni vähendamiseks ja metsaarengu soodustamiseks võetavad sihtmeetmed.

Alates 2030. aastast võib põllumajandussektori heite vähenemine aeglustuda maailma rahvastiku kasvust tingitud põllumajandustootmise intensiivistumise tõttu. Samas on oluline täheldada, et aastaks 2050 prognoositakse EL-i koguheitest kolmandiku langemist põllumajanduse arvele, mis tähendab põllumajandusest pärineva heite osakaalu kolmekordistumist tänasega võrreldes. Seega on põllumajanduse mõju kliimapoliitikale kasvamas.

Põllumajandussektori arengut mõjutab lisaks EL kliima- ja energiapoliitikale oluliselt EL-i ühine põllumajanduspoliitika (ÜPP) ning sellest lähtuvad riiklikud seadused ja arengukavad. ÜPP on üks kesksemaid EL-i poliitikaid – selle kulutuste osas langetatakse otsused EL-i tasandil. Aastate jooksul on ÜPP-i üldised eesmärgid jäänud muutumatuteks, kuid mitmete reformide käigus on

põllumajanduspoliitikat muudetud oluliselt kaasaegsemaks – tootlikkuse ja konkurentsivõime mõõtmele on lisandunud ka jätkusuutlikkus. Muudatuste ideid kannab 2008. aasta novembris lõpule jõudnud ÜPP-i „tervisekontroll“ (“Health Check” ... 2008).

Riiklikul tasemel põllumajandussektorit reguleerivad seadused on esitatud alljärgnevas tabelis (vt tabel 57).

Tabel 57. Põllumajandussektorit reguleerivad seadusandlikud aktid Eestis. Allikas: Riigi Teataja.

Seaduse pealkiri	Redaktsiooni kehtivus
Väetiseseadus	04.03.2011 – 31.12.2013
Biotsiidiseadus	01.01.2011 – 31.12.2013
Mahepõllumajanduse seadus	01.01.2011 – ...
Söödaseadus	04.03.2011 – 31.12.2013
Maaparanduseadus	01.01.2011 – 31.12.2013
Põllumajandusloomade aretamise seadus	01.01.2013 – 31.12.2013
Loomade ja loomsete saadustega kauplemise ning nende impordi ja ekspordi veterinaarjärelevalve seadus	01.01.2013 – ...
Taimede paljundamise ja sordikaitse seadus	01.10.2012 – 31.12.2013
Veterinaarkorralduse seadus	04.03.2011 – ...
Taimekaitseadus	01.01.2012 – 25.11.2013
Loomakaitseadus	01.01.2013 – 31.12.2013
Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika rakendamise seadus	27.11.2011 – ...
Maaelu ja põllumajandusturu korraldamise seadus	25.03.2011 – ...

Lisaks loetletud seadustele ning nende seaduste rakendusaktidele mõjutavad põllumajandussektori arengut erinevates arengukavades ja strateegiadokumentides – nt Eesti maaelu arengukava (MAK) 2007–2013, Eesti maaelu arengu strateegia (MAS) 2007–2013, Põllumajandusteaduste arengukava aastatel 2007–2013, Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007–2013, Eesti mahepõllumajanduse arengukava 2007–2013, Eesti piimanduse strateegia 2012–2020 püstitatud eesmärgid ja tegevused.

Strateegiadokumentidest on olulisim MAK 2007–2013, mis on suunatud Eesti põllumajanduse ja metsanduse konkurentsivõime tõstmisele, keskkonna ja paikkonna parandamisele, maapiirkondade elukvaliteedi ja maamajanduse mitmekesistamisele, arvestades seejuures Eesti maaelu omanäolisust. Ka MAK 2014–2020 eelnõu kohaselt on põllumajandusel Eestis jätkuvalt kandev roll elanike toiduainetega varustamisel, maapiirkondade ettevõtluses ning kultuurimaastiku kujundamises.

7.3. Stsenaariumid ja nende eeldused

Põllumajandussektori KHG heitkoguse perioodil 2020–2050 määravad ära järgmised mõjutegurid: põllumajandusloomade ja -lindude arv, rakendatavad loomakasvatuse põhimõtted, tõuaretus,

lämmastik- ja sõnnikväetiste kogused, biogaasi tootmise areng, põllumajandusmaa suurus, põllukultuuride saagikus jm näitajad. Loetletud tegureid mõjutab omakorda kliima soojenemine, mis toob endaga eeldatavasti kaasa kuivemad suved, pikendab vegetatsiooni perioodi ja loob soodsamad tingimused erinevate põllukultuuride kasvatamiseks. Samas suureneb kahjurite mõju ning pestitsiidide ja väetiste kasutamine.

Põllumajandussektori arengu kavandamisel aastani 2050 koostatakse kolm arengustsenaariumi – BAU, HIGH CO2 ja LOW CO2. Kõikide stsenaariumide puhul lähtutakse eeldusest, et Eesti elanike arv on 1,34 miljonit ja langeb aastaks 2050 1,23 miljonini. See eeldus on otseselt kooskõlas ENMAK-i eeldustega ja toob kaasa ka maaelanike arvu pideva vähenemise, mida täiendab põllumajandusliku tootmise koondumine suurtootjate kätte. Põllumajandusloomade ja -lindude arv suureneb kõikides stsenaariumides, kuid veidi erinevalt. Kõige paremad tingimused on jätkuvalt veiste (nii piima- kui lihakarja) kasvatamiseks ja seetõttu on kõikides stsenaariumides eeldatud veiste arvukuse kasvu. Kuigi ka sigade arv on viimastel aastatel tõusnud, ei suurene nende arv tõenäoliselt väga palju. Takistavaks teguriks on jätkuv teraviljahindade tõus maailmas. Stsenaariumides on erinevad ka mineraalväetiste, sõnnikväetiste kogus ja kasutamise määrad ning põllumajandusjääkidest ja sõnnikust toodetavate biokütuste osakaal. Stsenaariumide kirjeldus on esitatud alljärgnevas ülevaates (vt ka tabel 58).

BAU stsenaarium

Loomakasvatuses suuri muutusi ei toimu ning loomade arv jätkab tänast trendi. Kitsede ja hobuste arvukus suureneb keskmiselt 0,5% aastas ning lammaste arvukus u 1% aastas. Sigade arv on tänaseks stabiliseerunud 370 000 isendi juures ning tulenevalt teraviljahindade jätkuvast kallinemisest oluliselt ei suurene. Põllumajanduslindude ja karusloomade arv jääb viimaste aastate keskmisele tasemele. Veiste arv on seni näidanud pidevat kasvutrendi ning see jätkub. Kuigi viimastel aastatel on suurenenud ainult veiste koguarv ja piimalehmade arv on jäänud samale tasemele, siis tänu jätkuvatele EL-i toetustele ning soodsamatele kliimatingimustele hakkab ka piimalehmade arvukus tõusma – keskmiselt 0,5% aastas. Samaväärselt suureneb ka veiste koguarv.

Kuna sõnniku käitlusest tulenevad KHG emissioonid on otseselt seotud loomade arvu muutumisega, siis suurenevad antud stsenaariumis sõnnikukäitluse emissioonid keskmiselt 0,5% aastas. Jätkuvalt kasutatakse suurem osa sõnnikust väetisena ning vaid väike osa veise- ja seasõnnikust läheb biokütuste tootmiseks – aastaks 2030 kasvab see 10%-ni ning aastaks 2050 15%-ni.

Põllumaade kogupindalas olulisi muutusi ei eeldata ning seetõttu ei suurene ka KHG emissioonid (nii otsesed kui ka kaudsed N₂O emissioonid põllumuldadelt), mis tulenevad lämmastikväetiste, sõnnikväetiste, komposti ja digestaadi kasutamisest. Turvasmuldadel paiknevate põllumaade pindala jääb praegusele tasemele. Mineraalväetiste kasutamine jääb viimaste aastate keskmisele tasemele ning ka sõnnikväetiste kasutamine ei suurene oluliselt (kasv 0,5% aastas lähtuvalt loomade arvu suurenemisest). Reoveesette ja komposti teke jäätmekäitlussektoris suureneb iga-aastaselt

keskmiselt 3%, kuid alates aastast 2020 hakkab selle kasutamise osakaal põllumajanduses vähenema ning suurem osa kasutatakse biogaasi tootmiseks²⁸.

HIGH CO2 stsenaarium

Tänu soodsamatele kliimatingimustele ja jätkuvatele EL-i toetustele toimub põllumajanduse intensiivistumine, mis kajastub ka loomakasvatuses. Veiste, sh ka piimalehmade arv suureneb keskmiselt 1% aastas. Oluliselt suureneb ka piimatoodang. Pidevat kasvu toetab suurenev ekspordinõudlus ja ebasoodsamad kliimatingimused (vee- ja maaressursi puudus) mitmetes teistes EL-i riikides. Sigade, lammaste, kitsede, hobuste ja põllumajanduslindude arv suureneb keskmiselt 0,5% aastas. Karusloomade arv jääb praegusele tasemele.

Loomade arvu suurenemisest tulenevalt kasvavad ka emissioonid sõnnikukäitlusest keskmiselt 1% aastas. Seejuures jääb kasutamata biokütuste toomise potentsiaal ning enamik sõnnikust kasutatakse väetisena põldudele kas sissekündmiseks või laotamiseks. Sõnniku kasutamine biogaasi tootmiseks suureneb väga aeglaselt ning jõuab 10% alles aastaks 2050.

Põllumajandusmaal jätkub turvasmuldade kasutamine põllukultuuride kasvatamiseks. HIGH CO2 stsenaariumi osas on hinnatud põllumaade pindalade suurenemist, mis toimub mineraalmuldadel paiknevate rohu- ja metsamaade taas põllumaadena kasutuselevõtmise tõttu²⁹. Lähtuvalt põllumajanduse intensiivistumisest ning põllumaade pindala suurenemisest kasvab ka mineraal- ja sõnnikväetiste kasutamine keskmiselt 1% aastas. Reoveeset ja komposti tekib jäätmekäitlusesektoris iga-aastaselt rohkem, kuid põllumajanduses kasutatakse sellest vaid umbes 10%³⁰. Kasutamata jääb biogaasi tootmise potentsiaal, suureneb sõnnik- ja mineraalväetiste kasutamine ning seetõttu suurenevad nii otsesed kui ka kaudsed dilämmastikoksiidi heitkogused põllumajandusmaadelt.

LOW CO2 stsenaarium

Loomakasvatuses olulisi muudatusi ei toimu. Hobuste, sigade, kitsede ja lammaste arv jääb viimaste aastate keskmisele tasemele ning oluliselt ei suurene. Veiste koguarv suureneb samamoodi nagu BAU stsenaariumis – 0,5% aastas. Ka põllumajanduslindude arvukus suureneb veidi – 0,5% aastas kuni aastani 2020 ning siis stabiliseerub. Karusloomade arvukuses muutusi oodata ei ole.

Sõnnikukäitlemisest tulenevad emissioonid sõltuvad põllumajandusloomade ja -lindude arvu stabiilsusest ning jäävad seetõttu praegusele tasemele. Veidi suurenevad põllumajanduslindude ja veisekasvatusest tulenevad sõnnikukäitluse emissioonid. Antud stsenaariumis kasutatakse veise- ja seasõnnikut üha enam biogaasi tootmiseks ning seetõttu kahanevad ka sõnniku väetisena kasutamisest tingitud emissioonid põllumaadelt. Birkmose ja Pedersen (2009) andmetel väheneb biogaasi tootmisel võrreldes kasutatava sõnniku kogusega saadava digestaadi kogus, mida on võimalik kasutada põllumaadele laotamiseks või sissekündmiseks, kuid mitte selle toitainete sisaldus. Antud stsenaariumis on eeldatud, et aastal 2030 kasutatakse u 20% sea- ja veisesõnnikust biogaasi

²⁸ Vastavaid teemasid on käsitletud ka jäätmemajanduse sektori peatükis 6.

²⁹ Põllumajandusliku maa kasutust on käsitletud ka LULUCF-i sektori alapeatükis 8.3.

³⁰ Vastavaid teemasid on käsitletud ka jäätmemajanduse sektori peatükis 6.

tootmiseks ning aastaks 2050 suureneb see 60%-ni. Biogaasi tootmisest allesjääv digestaat kasutatakse täielikult ära põllumaadele laotamiseks või sissekündmiseks.

Põllumaade kogupindala ei muutu, kuid järk-järgult väheneb turvasmuldadel paiknevate põllumaade osakaal. Aastaks 2040 on turvasmuldadel paiknevad haritavad põllumaad täielikult viidud üle rohu- maade alamsektorisse. Kompenseerimaks kasutatava maa vähenemist, võetakse kasutusele vähemalt samas suurusjärgus ja hetkel kasutamata põllumaad, mida on kokku 120 000 ha³¹. Kuna põllumaade kogupindala ei muutu, siis ei muutu oluliselt ka kasutatavate väetiste üldkogus. Järjest suurem osa veise- ja seasõnnikust kasutatakse biogaasi tootmiseks. Põldude väetamiseks kasutatakse endiselt sõnnikut ja mineraalväetisi, millele lisandub biogaasi tootmisest allesjääv digestaat ja jäätmekäitlusest pärinev kompost. Praegusega võrreldes samasse suurusjärku jäävad ka kaudsed dilämmastikoksiidi emissioonid põllumuldadel.

Tabel 58. Põllumajandussektori stsenaariumide eeldused.

Stsenaariumide eeldused	Stsenaariumid			Eelduse lähtealus
	BAU	HIGH CO2	LOW CO2	
Stsenaariumi lühikirjeldus	Majanduse areng jätkub praeguste otsuste järgi ja täna- seid trende järgides	Majanduse areng, kus toimub märkimisväärne põllumajanduse intensiivistumine	Majanduse areng, kus riik võtab mõjusaid samme rohemajan- duse edendamiseks, energiakasutuse efek- tiivsuse tõstmiseks ja KHG heitkoguste piiramiseks	Kokkulepe tellijaga
MAKROMAJANDUS- NÄITAJAD				
Rahvaarvu trend	Elanike arv 1,34 mln, langeb 2050. aastaks 1,23 mln inimeseni	Sama	Sama	Eesti Statistikaamet, rahvastikutrend (ENMAK tarbimise töögrupi aruanne)
SKP trend	Aastane kasv: 2012–2019 +3,48% 2020–2029 +2,51% 2030–2039 +1,89% 2040–2050 +1,15%	Sama	Sama	ENMAK tarbimise töögrupi aruanne
Põllumajandus				
Põllumajandus- loomade ja -lindude arvukuse kasv	Kitsed, hobused, veised, põllumajanduslinnud +0,5% aastas Sead +0,1% aastas	Kitsed, hobused, sead, lambad, põllumajanduslinnud +0,5% aastas Veised +1% aastas	Kitsed, hobused, sead, lambad, põllumajanduslinnud, veised +0,5% aastas	Eesti Piimanduse strateegia, hinnangu- line prognoos

³¹ Põllumajandusliku maa kasutust on käsitletud ka LULUCF-i sektori alapeatükis 8.3.

Stsenaariumide eeldused	Stsenaariumid			Eelduse lähtealus
	BAU	HIGH CO2	LOW CO2	
	Lambad +1% aastas			
Turvasmuldade kasutamine põllumaana	Jätkub tänases mahus	Jätkub tänases mahus	Väheneb u 5% aastas, alates 2040 täielikult kasutusest väljas	PRIA, MAK 2014-2020, hinnanguline prognoos
Põllumajandusmaa suurus	Sama, mis 2010	Maa pindala +1% aastas kasutamata maade arvelt	Sama, mis 2010	PRIA, MAK 2014-2020, hinnanguline prognoos
Mineraalväetiste kasutamine	+0,5% aastas	+1% aastas	-0,5% aastas	Eesti Statistikaamet, hinnanguline prognoos
Sõnniku teke, kasutamine väetamiseks, biogaasi tootmiseks	Sõnnikut + 0,5% aastas Väetamiseks +3% aastas Biogaasiks 10% (2030) ja 15% (2050)	Sõnnikut +1% aastas Väetamiseks +1% aastas Biogaasiks 10% (2050)	Sõnnikut +0,5% aastas Väetamiseks +0,5% aastas Biogaasiks 20% (2030) ja 60% (2050)	TE100, hinnanguline
Biomassil elektritootmisvõimsuste rajamise trend	Kasvab 2016. aastaks summaarse elektrilise võimsuseni 110 MW	Kasvab 2050.aastaks elektrilise võimsuseni 300 MW	Kasvab 2050.aastaks elektrilise võimsuseni 250 MW	BAU – ELMAK Kokkuleppeline
Biogaasist elektritootmisvõimsuste rajamise trend	Saavutab 2013. aastaks võimsuse 11 MW	Kasvab 2050. aastaks 140 MW-ni	Sama, mis HIGH CO2	TE100
Olmejäätmete sh olmejäätmetes sisalduvate biolagunevate jäätmete teke	Aastane kasv: 2011–2020 +3% 2020–2040 +1% 2040–2050 +0,5%	Sama, mis BAU	Aastane kasv: 2011–2020 +3% 2020–2030 0% 2040–2050 -1%	Aastani 2020 ENMAK tarbimise töögrupi majanduskasvu prognoos, olmejäätmete käitlusalternatiivide keskkonnamõju olelusringipõhine uuring, SEI Tallinn, Riikliku jäätmekava 2014–2020 KSH aruanne
Reoveesette teke	Aastane kasv on kiirem (+2%) kuni 2020 2020–2040 +1% 2040–2050 +0,5%	Sama, mis BAU	Aastane kasv on kiirem (+2%) kuni 2020 2020–2040 +0,5% 2040–2050 -0%	Eesti Statistikaamet, rahvastikutrend ja ENMAK tarbimise töögrupi majanduskasvu prognoos. LOW CO2 hinnanguline.
Reoveesette käitlemine ja digestaadi kasutamine põllumajanduses	Valdav osa reoveesetest läbib kompostimise/ stabiliseerimise protsessi Anaeroobse	Sama, mis BAU	Anaeroobse kääritamise osakaal suureneb; 2050. aastaks suunatakse reoveesetest kuni 80% ja ettevõtetes	Hinnanguline võttes arvesse tänaseid arenguid ja investeeringuid olmejäätmete käitlustehnoloogiasse ning

Stsenaariumide eeldused	Stsenaariumid			Eelduse lähtealus
	BAU	HIGH CO2	LOW CO2	
	kääritamise osakaal ei suurene pärast 2020. aastat		tekkivatest ja liigiti kogutud biojäätmetest 100% anaeroobsesse kääritusse	eeldusi taastuenergia tootmise edendamise osas (LOW CO2)

7.4. Stsenaariumide rakendumisega kaasnevad riskid ja mõjud

Erinevate stsenaariumide rakendumise tõenäosus, riskid ja mõjud põllumajandussektoris on teatud määral sarnased ning kattuvad osaliselt LULUCF sektoris käsitletud riskide ja mõjudega³². Võimalike takistuste esilekerkimine sõltub lisaks kohalikule poliitikale ka EL-i ja maailma majandusarengutest ja poliitilistest suundumustest. Seetõttu on rahvusvahelise koostöö edendamine ja keskkonna-probleemide osas ühtse arusaama kujundamine eelduseks muudatuste elluviimisel ja LOW CO2 stsenaariumi realiseerumisel.

Eesti on EL-is üks paremini põllumajandusmaaga varustatud riike – 0,67 ha ühe elaniku kohta³³. 2010. aasta pindalatoetuste taotluste järgi oli Eestis kasutatavat põllumajandusmaad 871 300 ha, kasv võrreldes 2005. aastaga on 6% ning tõenäoliselt suureneb ka tulevikus lähtuvalt soodsamatest kliimatingimustest ja maailmaturu nõudluse kasvust. Eesti Statistikaameti andmetel on ligi 37% kasutatavast põllumajandusmaast kasutuses rohumaade ja söödakultuuride kasvatamiseks ning ligi 34% kasutuses teravilja kasvatamiseks (Eesti maaelu arengukava 2014-2020 eelnõu)³⁴. Rohumaade suur ja jätkuvalt kasvav osatähtsus loob eelise loomakasvatuse, sh vähem intensiivse tootmisviisi arendamiseks, mida on arvesse võetud kõikide stsenaariumide modelleerimisel.

Loomakasvatuse tähtsuse suurenemine on üheks eelduseks kõikide stsenaariumide realiseerumisel ning selle intensiivsus sõltub olemasolevate meetmete rakendamisest ja muutustest maailmaturul. Loomakasvatuse kasv ning selle kontsentreerumine suurtootjate kätte toob kaasa keskkonna-koormuse suurenemise teatud maapiirkondades ning sõnnikukäitluse KHG emissioonide suurenemise. Eriti suur on risk põhja- ja pinnavee reostumisele HIGH CO2 stsenaariumis.

Senisest enam tähelepanu tuleb ka kõikide stsenaariumide korral pöörata loomade heaolule. Vajaka-jäämised loomade heaolus põhjustavad loomade tervise halvenemist, toodangu vähenemist, ravikulude kasvu ja loomade kiiremat praakimist. Need negatiivsed mõjud tingivad omakorda tootmise efektiivsuse languse ja tootmiskulude kasvu. Loomade heaolu uurimiseks ja teavitustöö

³² Vastav ülevaade on esitatud peatükis 8.4.4.

³³ 2007. aasta Põllumajanduslike majapidamiste struktuuriuuringus märgitud kogu kasutatav põllumajandus-maa ning 2008. aasta 1. jaanuari seisuga rahvaarvu suhe (Eurostat)

³⁴ Detailsema ülevaate põllumaade ja rohumaade jaotumisest annab peatükk 8.4.

tegemiseks on omakorda vajalik piisavas mahus teadus- ja arendustegevuse ning nõuandeteenuse toetamine. Selle vajakajäämine võib kaasa tuua ebaõigete ning keskkonda koormavate majandamisviiside kasutamise kasvu ning viia HIGH CO2 stsenaariumi realiseerumiseni.

Uue ÜPP tulemusena kaob seni rakendatud piimakvoot ning see mõjutab oluliselt Eesti põllumajandussektorit ning siinseid tootjaid. Eestile on piimandus jätkuvalt oluline ja selle osatähtsus soodsate kliima- ja turutingimuste tõttu suureneb tulevikus. Eesti piimanduse strateegia 2012–2020 kohaselt tuleb iga kolmas euro põllumajanduses piimast. Ka iga kolmas euro, mis põllumajanduse kaudu maapiirkondadesse jõuab, tuleb piimast. Eesti eeldused piimatootmiseks on soodsad ning lähiajal on tagatud ka nõudlus lähiturudel. Kõikides modelleeritud stsenaariumides on arvestatud piimaveiste arvukuse suurenemisega ning piimatoodangu kasvuga. Piimatootmise suurenemine on võimalik vaid seni rakendatud meetmete jätkamisel ning toodete lisandväärtuse tõstmisel. Piimatootmine ja -töötlemine saab elus püsida vaid konkurentsivõimet silmas pidades ning selleks on vaja teha uuendusi ja viia läbi teaduslikke uuringuid koostöös söötmise, tõuaretuse, toiduainete tehnoloogia, tootearenduse ja ökonoomika uurimissuundadega. Konkurentsivõime suurenemisega kaasneb ka suurem energiatõhusus ning energiasääst põllumajandussektoris ja toiduainetööstuses. Ühtlasi paranevad sotsiaalmajanduslikud tingimused – väheneb keskkonna saastatus, paraneb elukvaliteet ja -keskkond ning suureneb põllumajandussektori ja ka toiduainetööstuse tööhõive.

Taimekasvatuse arendamiseks vajalik maressurss on Eestis olemas ning HIGH CO2 stsenaariumis suurenev põllumaade kogupindala tuleneb seni kasutamata maade üleskündmisest. Siiski tuleb poliitikate kujundamisel jälgida, et põllumaade laiendamisel ning taimekasvatuse rolli suurenemisel ei võetaks kasutusele turvas- ja erodeeritud muldadel paiknevaid maid, mida on KHG emissiooni piiramiseks ja maressursi säilitamiseks vaja hoopis kaitse alla võtta. Seevastu LOW CO2 stsenaariumis rakendatav turvasmuldadel maade viimine püsirohumaade alla suurendab süsiniku sidumist ning vähendab KHG-de emissiooni põllumajandusmaadelt. Süsiniku sidumise suurendamine on olulisimaks faktoriks KHG emissiooni vähendamisel ja LOW CO2 stsenaariumi rakendumisel.

Eestis kasutusel olevast põllumajandusmaast on kuivendatud 430 000 ha. Olemasolevatest kuivendussüsteemidest enamik on rajatud rohkem kui 30 aastat tagasi ning vajavad uuendamist. Maaparandussüsteemid paiknevad üldjuhul mitme maaomaniku maal, mistõttu on oluline maaparandussüsteemi omanike ühistegevuse arendamine ja toetamine. Korras maaparandussüsteemid loovad kõikides stsenaariumides eelduse põllumajandusmaa kasutamiseks ja leevendavad põllumajandustootmisel kahjulikult toimivaid ilmastikunähtusi – liigseid sademeid ja põuda. Investeeringud maa taristusse aitavad kaasa ka konkurentsivõime kasvule tootmistõrgete vähenemise ja tootmiskindluse tõstmise kaudu ning on vajalikud kõikide stsenaariumide rakendumisel. Ebapiisavate toetusmeetmete korral kannatab kogu põllumajandussektor – suureneb keskkonna reostuskoormus (muldade liigne kurnamine, leostumine, vee reostumine), väheneb tootlikkus ning kõik see toob omakorda kaasa ka negatiivsed sotsiaalmajanduslikud mõjud. 2010. aasta põllumajandusloenduse andmetel oli Eestis 19 613 põllumajanduslikku majapidamist, 2007. aastal oli vastav näitaja 23 336. Viimaste aastate põllumajandusmaa kasutamist iseloomustab eelkõige kontsentreerumine suurematesse majapidamistesse ja maakasutuse suurenemine. Seega on ligi 50% põllumajandusmaa jätkuv sihipärane kasutamine võimalik ainult siis, kui nendel maadel tagatakse maaparandussüsteemide nõuetekohane toimimine. Vastasel juhul tekitavad mullastiku ja

ilmastiku-tingimuste koosmõju tootmisriskide kõrge taseme (Eesti maaelu arengukava 2014–2020 eelnõu).

2011. aastal oli Eestis mahepõllumajandussaaduste tootjaid kokku 1431 ja mahepõllumajandusmaad 134 100 ha (Eesti maaelu arengukava 2014–2020 eelnõu). Võrreldes 2010. aasta andmetega on tootjate arv suurenenud 5,5% võrra ning mahepõllumajandusmaa pindala kasvanud 10%. Mahepõllumajandusmaa koos üleminekuajal oleva maaga moodustab ligi 14% Eestis kasutatavast põllumajandusmaast. Kõikide stsenaariumide rakendumisel suureneb mahetootjate ja mahepõllumajandusmaa arv ning see muudab põllumajandussektori ka konkurentsivõimelisemaks. Ühtlasi väheneb keskkonna saastatus (vesi, õhk, toit) ning paranevad inimeste ja loomade elutingimused. Stsenaariumide, eelkõige LOW CO2 realiseerumisel tuleb arvestada, et mahepõllumajanduse toodangu maht ja valik ei suuda rahuldada pidevalt kasvavat nõudlust. Oma osa on selles nii väikesel saagikusel kui rohkel käsitsitöö vajadusel, mis mõjub positiivselt sotsiaalsetele aspektidele, kuid takistab lisandväärtuse ja konkurentsivõime kasvu.

Muldade viljakuse ja orgaanilise aine sisalduse tagamine on oluline nii saagikuse ja konkurentsivõime suurendamise kui ka veekeskkonna saastatuse seisukohalt – suurenev väetiste ja sõnniku kasutamine kahjustab põhja- ja pinnavett. Mahepõllumajanduses on olukord mullaviljakusega veelgi teravam, kuna kasutatava sõnniku kogus on väiksem kui tavatootjatel ning selle tulemusena võidakse mullad välja kurnata. Ka biogaasi tootmise suurenemisel väheneb sõnniku kogus, mida otse põldude väetamiseks saab kasutada. Allesjäävast digestaadist omastavad taimed küll vajalikud mineraalained, kuid puudus tekib just orgaanilisest süsinikust, mis on sõnnikust välja ammutatud.

Eesti Statistikaameti andmetel oli 2010. aastal põllumajanduses hõivatute osatähtsus 3%. Maapiirkondade tööhõive vähenes taasiseseisvumisjärgsel perioodil kümne aasta jooksul kolmandiku võrra ning hakkas taas suurenema pärast Eesti liitumist EL-iga. Tööhõive määr Eestis maapiirkondades on viimastel aastatel püsinud 52–53% juures. Olenemata stsenaariumist ei muutu oluliselt põllumajanduses rakendatud inimeste osakaal. Seega ei mõjuta erinevate stsenaariumide rakendumine oluliselt tööhõivega seotud sotsiaalmajanduslikke tegureid, kuid LOW CO2 realiseerumise korral paranevad nii elukeskkond kui -kvaliteet.

Teadus- ja arendustegevus on põllumajanduse konkurentsivõime seisukohalt olulise tähtsusega. Uuenduslikkusest, tootearendusest ja uutest teaduslahendustest sõltub ekspordivõimekus ja lisandväärtuse kasv. Eesti põllumajandusteaduste valdkonnas on kulutused teadus- ja arendustegevusele aastatel 2007–2010 kasvanud 13,8%, jõudes 7,7 miljoni euroni aastal 2010. Samas on investeeringud teadus- ja arendustegevusse riskantsed ning pika tasuvusajaga. Sageli ei vasta teadustöö tulemused tootjate ja tööstuse ootustele ning nõuandesüsteem on puudulik. Selleks, et Eesti saaks liikuda LOW CO2 stsenaariumi suunas, on hädavajalik teadus- ja arendustöö toetamine ning toimiva nõuandesüsteemi loomine põllumajandussektoris. Selliste investeeringute kulutõhusust on keeruline mõõta ning mõju olulisust hinnata, mis võib tingida ka vastavate meetmete rakendamise vähesuse. Toimiva nõuandesüsteemi väljaarendamine ja rakendamine aitab kaasa nii põllumajandussektori konkurentsivõime tõstmisele kui ka sotsiaalmajanduslike tingimuste paranemisele.

Senisest tõhusam koostöö teadlaste ja konsulentide vahel parandab teadusinfo kättesaadavust põllumajandustootjatele ning aitab kaasa innovatsiooni tekkele maamajandusvaldkonnas. Liiga

vähene panustamine teadus- ja arendustegevusse ning nõuandeteenustesse viib BAU või HIGH CO2 stsenaariumi rakendumiseni ning võimaldab veelgi KHG emissioonide kasvu tingituna ebasobivate ja keskkonda koormavate majandamisviiside kasutamisest sooviga tagada tootlikkus ja kasv ka muutunud kliimatingimustes.

7.5. Modelleerimise tulemused

Modelleerimine viidi läbi kõikide stsenaariumide jaoks ning lähtudes eelpool kirjeldatud eeldustest. Modelleerimise tulemused on esitatud BAU, LOW CO2 ja HIGH CO2 stsenaariumide kohta alljärgnevates kokkuvõtlikes tabelites (vt tabel 59, tabel 60 ja tabel 61).

BAU stsenaariumis jätkub KHG emissioonide suurenemine ning aastaks 2050 on sektori koguemissioon kasvanud 1,9 mln tonnini CO₂-ekv (vt tabel 59). Võrreldes 2010. aastaga on sektori KHG koguemissioon suurenenud 39%, kuid see jääb siiski 46% väiksemaks kui aastal 1990. Sektori koguemissiooni kasv on tingitud põllumajandusloomade ja -lindude arvu jätkuvast suurenemisest, mis lisaks loomakasvatuse CH₄ emissioonile suurendab ka sõnnikukäitluse metaani ja diämmastikoksiidi emissioone. Sõnniku koguse suurenemine mõjutab omakorda otseselt ja kaudset N₂O emissiooni põllumaadelt ning seda täiendab mineraalväetiste kasutamise jätkuv suurenemine. Mineraalväetiste kogus ei suurene siiski oluliselt. Antud stsenaariumis kasvab veise- ja seasõnnikust biogaasi tootmine vähesel määral. Biogaasi tootmisest alles jääv digestaat ja jäätmekäitlussektorist tulenev kompost kasutatakse koos sõnnikuga põllumaade väetamiseks ning sellest tulenevalt suureneb mineraalväetiste kogus väga vähesel määral.

Tabel 59. Prognoositavad KHG emissioonid BAU stsenaariumi järgi perioodil 2010–2050, tuh t CO₂-ekv.

BAU stsenaarium (tuhat tonni CO ₂ -ekv)	2010	2020	2030	2040	2050
Loomakasvatuse CH ₄ emissioon	447,09	511,28	602,61	715,38	854,97
Sõnnikukäitluse CH ₄ emissioon	48,63	53,12	58,60	64,53	70,96
Sõnnikukäitluse N ₂ O emissioon	99,14	103,86	108,84	114,06	119,55
Otsene N ₂ O emissioon põllumaadelt	511,55	525,43	535,29	545,51	556,08
Kaudne N ₂ O emissioon põllumaadelt	235,91	244,26	250,41	256,74	263,22
Kokku CO₂-ekv (tuhat tonni)	1342,31	1437,95	1555,74	1696,21	1864,78

HIGH CO2 stsenaariumis suurenevad KHG emissioonid 2050. aastaks 95% võrreldes aastaga 2010, kuid kahanevad 25% võrreldes aastaga 1990. Aastal 2050 on põllumajandussektori KHG koguemissioon 2,6 mln tonni CO₂-ekvivalenti ning sellest suurema osa moodustab loomakasvatusest tulenev CH₄ emissioon (vt tabel 60).

Jätkuvates soodsates kliima- ja turutingimustes intensiivistub Eestis nii looma- kui taimekasvatus ning selle tulemusena suureneb põllumajandussektori osatähtsus riigi majanduses kui ka KHG koguemissioonis. Suurenenud loomade arvukus, kasvav põllumaade ja rohumaade kogupindala ja

intensiivsem mineraalväetiste kasutamine viivad metaani ja dilämmastikoksiidi emissioonide tõusuni kõikides põllumajanduse alamsektorites. Sellele lisandub vähene sõnniku kasutamine biogaasi tootmiseks.

Tabel 60. Prognoositavad KHG emissioonid HIGH CO₂ stsenaariumi järgi perioodil 2010–2050, tuh t CO₂-ekv.

HIGH CO ₂ stsenaarium (tuhat tonni CO ₂ -ekv)	2010	2020	2030	2040	2050
Loomakasvatuse CH ₄ emissioon	447,09	577,76	777,07	1054,04	1427,17
Sõnnikukäitluse CH ₄ emissioon	48,63	55,57	64,37	74,46	86,01
Sõnnikukäitluse N ₂ O emissioon	99,14	109,15	120,20	132,33	145,82
Otsene N ₂ O emissioon põllumaadelt	511,55	550,21	585,43	623,89	665,92
Kaudne N ₂ O emissioon põllumaadelt	235,91	250,82	263,61	277,07	291,22
Kokku CO₂-ekv (tuhat tonni)	1342,31	1543,51	1810,69	2161,85	2616,13

Kõige väiksema KHG emissiooniga stsenaarium põllumajandussektoris on LOW CO₂ stsenaarium, mille KHG emissioon aastal 2050 on prognooside kohaselt 1,5 mln tonni CO₂-ekv, olles 58% väiksem kui aastal 1990 ning vaid 9% suurem kui aastal 2010 (vt tabel 61). Emissioonide suurenemine on tingitud loomade arvu jätkuvast kasvust ning koos sellega suurenevast sõnnikukäitlusest. Kuigi antud stsenaariumis kasutatakse järjest suurem osa sea- ja veisesõnnikust (eelkõige vedelsõnnikust, mis seakasvatuses moodustab 50% ning veisekasvatuses 20–25% kogu sõnnikukäitlusest) biogaasi tootmiseks, kasutatakse allesjäävat digestaati põldudele sisse kündmiseks või laotamiseks, mis mõjutab põllumaade otsesest ja kaudset dilämmastikoksiidi emissiooni. Lisaks sellele tuleb jätkuvalt kasutada mineraal- ja sõnnikväetisi, millele lisandub üha rohkem ka jäätmeäritlussektorist pärinev kompost. Kuna põllumaade kogupindala ei muutu, siis jääb kasutatavate väetiste, sõnniku ja digestaadi üldkogus samaks. Kahanemine põllumaadelt tulenevas otseses ja kaudses emissioonis on tingitud turvasmuldade kasutusest kõrvaldamisest ning mineraalväetiste kasutamise vähenemisest. Väga oluliselt mõjutab põllumaade otsese kaudse emissiooni vähenemist keskkonnasõbralike maa-viljelusmeetodite (nt otsekülv, orgaanilised väetised jm) kasutuselevõtt.

Suurima osa sõnnikukäitluse KHG-de emissioonidest moodustab tahkesõnniku käitlus (2010. aastal 61%; vt tabel 56). Erinevate toetusmeetmete abil ehitatakse üha enam veise- ja sealautasid ümber, et kasutada läga biogaasi tootmiseks, kuid see on aja- ja ressursimahukas tegevus ning avaldab mõju KHG heitkoguste vähenemisele väga pika ajaperioodi jooksul. Eesti Statistikaameti poolt korraldatud 2010. aasta põllumajandusloenduse andmetel oli Eestis kasutusel 2887 tahkesõnniku- ja 263 vedelsõnnikuhoidlat, sh juriidiliste isikute arvele kuulus 455 tahkesõnniku- ja 159 vedelsõnnikuhoidlat.

Tabel 61. Prognoositavad KHG emissioonid LOW CO₂ stsenaariumi järgi perioodil 2010–2050, tuh t CO₂-ekv.

LOW CO ₂ stsenaarium (tuhat tonni CO ₂ -ekv)	2010	2020	2030	2040	2050
Loomakasvatuse CH ₄ emissioon	447,09	498,64	566,32	639,66	719,09
Sõnnikukäitluse CH ₄ emissioon	48,63	53,11	58,55	64,30	70,54
Sõnnikukäitluse N ₂ O emissioon	99,14	102,01	104,96	106,81	108,79
Otsene N ₂ O emissioon põllumaadelt	511,55	480,82	443,17	384,52	347,78

LOW CO2 stsenaarium (tuhat tonni CO ₂ -ekv)	2010	2020	2030	2040	2050
Kaudne N ₂ O emissioon põllumaadelt	235,91	231,56	225,82	220,23	214,78
Kokku CO₂-ekv (tuhat tonni)	1342,31	1366,13	1398,81	1415,53	1460,99

7.6. Meetmed ja investeeringud

Kuigi Eesti põllumajandussektor on EL-i keskmisega võrreldes väikese KHG emissiooniga, tuleb jätkuvalt rakendada meetmeid nii sektori konkurentsivõime säilitamiseks kui ka KHG emissiooni vähendamiseks. Lisaks sellele on oluline tagada maaelu jätkusuutlikkus.

Põllumajandussektori KHG emissioonide vähendamine peab eelkõige tähendama meetmete loomist, mis soodustavad **taimekasvatuskultuuride tasakaalustatud väetamist** ning **orgaaniliste väetiste efektiivsemat ja keskkonnasõbralikumat kasutamist, metaani kogumist, sõnnikukäitluse muutmist keskkonnasõbralikumaks, biogaasi tootmist** ning **süsiniku sidumist** (Eesti maaelu arengukava 2014–2020 eelnõu).

Kõige suurema potentsiaaliga valdkond põllumajandusest tekkivate KHG heitkoguste vähendamisel on biogaasi tootmine, kuna see võimaldab lisaks sõnnikukäitlusest ja sõnniku laotamisest tuleneva metaani ja dilämmastikoksiidi emissiooni vähendamisele toota ka taastuvenergiat. Sõnniku kasutamine ühe toorainena biogaasitehastes ei ole Eestis veel väga laialt levinud ja osalt ka seetõttu, et Eestis ei ole üldjuhul probleeme sõnniku laotamiseks sobiva maaga. Ka Euroopa Komisjoni väljatöötatud põllumajandussektorist tuleneva KHG emissiooni kahandamise abinõude kohaselt hinnatakse väga oluliseks biogaasi senisest tõhusamat kasutamist sõnnikukäitluses ja bioenergia-kultuuride kasvatamist (EC 2009. The role of ...). Potentsiaalsed biomassi allikad põllumajandussektoris on loomasõnnik, rohumaade niitmise tulemusena mahajääv hein, energiakultuurid, tapajäätmed ja kondijahu, mille kasutamine biogaasi tootmiseks vajab detailsemaid uuringuid ja kogu energiatootmise elutsükli analüüsi nii majandusliku tasuvuse kui ka KHG emissioonide vähendamise osas.

Süsiniku sidumisel on oluline roll maakasutusel³⁵. Eeskätt on vaja suure süsinikuvaruga alasid – turbaalad, märgalad, metsad, püsirohumaad – säilitada ja hooldada. Süsiniku sidumisele aitab kaasa ka liblikõieliste taimekultuuride kasvatamine, energiakultuuride kasvatamine ja kasutamine taastuv-energiakallikana, viljavahelduse järgimine ning pürolüüsi teel biosöe tootmine ja selle väetisena kasutamine. Biosöe mulda viimine vajab täiendavaid uuringuid, kuid erinevate hinnangute kohaselt võib see mullas toimuvaid protsesse oluliselt ergutada.

Seoses kliima soojenemisega on oluline ka välja selgitada, kuidas reageerivad taimed teadaolevatele võtetele (mullaharimine ja selle vähendamine, väetamine kohalike väetusainetega) suurenenud süsinikusisalduse tingimustes. Väetamise (nt vedelsõnniku injektsioon mulda) ja maaharimise

³⁵ Maakasutust ja maakasutuse muutusi on detailsemalt käsitletud LULUCF-i sektoris (pkt 8).

tehnoloogiate arendamine (nt kultiveerimine tavalise künni asemel) võib anda teatud kasvuhoonegaaside osas kahandava efekti, kuid teiste osas võib tagajärjeks olla voogude suurenemine. Näiteks on mitmed uuringud näidanud, et *non-tillage* tehnoloogia rakendamisel N₂O emissioon suureneb. Lisaks tähendab künnist loobumine olulist herbitsiidide kasutamise kasvu, mis suurendab üldist keskkonnakoormust. Samuti on vaja uurida põllumajanduslikus kasutuses olevate turvasmuldade³⁶, erodeeritud ja happeliste muldade keskkonnasõbraliku kasutamise võimalusi.

Põllumajandussektori (eelkõige loomakasvatuse, sõnnikukäitluse ja väetiste kasutamise alamsektorites) KHG heitkoguse vähendamiseks rakendatavad meetmed on kokkuvõtlikult esitatud alljärgnevas tabelis (vt tabel 66). Kuna põllumajandussektoris kasutatavad meetmed kattuvad osaliselt energeetika- ja jäätmemajanduse sektori all loetletud meetmetega³⁷, siis siinkohal neid uuesti ei esitata. Meetmeid põllu- ja rohumaa süsinikuvaru ja viljakuse säilitamiseks ning CO₂ heitkoguste vähendamiseks on käsitletud LULUCF-i sektori ülevaates (vt ptk 8).

Tabel 62 hõlmab peamiselt olemasolevaid meetmeid, mis on MAK 2007–2013 raames rakendamisel ning ka MAK 2014–2020 koostamisel kavandatavate hulgas. Meetmete maksumuse prognoosimisel on lähtutud eelnevatel perioodidel väljamakstud toetussummadest, taotlejate üldarvust ning Eesti Statistikaameti ja PRIA põllumajanduslike andmetest põllumajanduslike majapidamiste, loomade arvu, tegevusalade, sõnnikuhoidlate jms kohta.

Lähtuvalt asjaolust, et tegemist on meetmetega, mis on olnud rakendamisel eelnevatel aastatel ning mida kavandatakse ka järgnevale seitsmele aastale, ei erine meetmete rakendamise kogumaksumus erinevates stsenaariumides oluliselt (vt tabel 62). Stsenaariumide kogumaksumuste prognoos on arvutatud eeldades, et kõiki soovitatud meetmeid rakendatakse LOW CO₂ stsenaariumis KHG heitkoguste vähendamiseks, kuid BAU ja HIGH CO₂ stsenaariumis jagatakse investeeringutoetusi väiksemas (90%) mahu.

Tabel 62. Põllumajandussektori kasvuhoonegaaside vähendamiseks rakendatavate meetmete maksumus erinevate stsenaariumide realiseerumisel.

Stsenaarium	KHG suurenemine võrreldes 2010. aastaga	KHG vähenemine võrreldes 1990. aastaga		Meetmepaketi maksumus
	%	tuhat t CO ₂ -ekv	%	mIn €/a
BAU stsenaarium	39	1600	46	11
HIGH CO ₂ stsenaarium	95	850	25	11
LOW CO ₂ stsenaarium	9	2000	58	12

Stsenaariumide maksumuse juures on oluline rõhutada, et arvesse on võetud ainult meetmete tabelis esitatud meetmete maksumused (vt tabel 66), sest põllumajandussektori KHG heitkoguste vähendamise seisukohalt on need kõikidest juba rakendatavatest meetmetest kõige olulisema tähtsusega. Samas tuleb arvesse võtta, et saavutatav KHG emissioonide vähenemine (või siis KHG heitkoguse suurenemise piiramine) on saavutatav vaid kõikide juba kavandatavate meetmete

³⁶ Täiendav käsitus LULUCF-i sektoris (ptk 8).

³⁷ Energeetikaga seonduvaid küsimusi käsitletakse peatükis 3 ja jäätmemajanduse meetmeid peatükis 6.

täiemahulisel ja eesmärgikindlal rakendamisel. Seejuures tuleb ka silmas pidada, et KHG emissiooni vähenemine põllumajandussektoris sõltub suurel määral teistes sektorites rakendatavatest meetmetest. Seetõttu on oluline, et edaspidiste arengute kavandamisel arvestataks tekkiva tervikpildiga (nii Eesti kui EL-i mõistes) ning võetaks arvesse arenguid kõikides erinevates sektorites, poliitikates (sh regionaal- ja maksupoliitikas) ning nendest muutustest tulenevaid (koos)mõjusid nii konkreetsetes sektorites kui ka sektorite ja riikide vaheliselt. Lisaks tuleb esitatud maksumuste puhul arvestada, et olulised muutused CO₂ hinnas, riikide majandusarengus, teadus- ja arendustegevuses lähema 40 aasta jooksul võivad neid hinnanguid märkimisväärselt muuta.

Põllumajandussektori stsenaariumide rakendamise kulutõhususe puhul (vt tabel 63) tuleb arvestada, et põllumajandus on sektor, kus aastaks 2050 ei ole mitte ühegi käsitletava stsenaariumi realiseerumisel võimalik KHG heitkoguseid vähendada. Seega näitab meetmepaketi kulutõhusus erinevate stsenaariumide korral seda, kui kulukas on tagada võimalikult väike KHG heitkoguste suurenemine.

Tabel 63. Põllumajandussektori stsenaariumide rakendamise kulutõhusus.

Stsenaarium	KHG vähenemine võrreldes 2010. aastaga		Meetmepaketi maksumus	
	tuh t CO ₂ -ekv	%	mln €/a	Vähendamise kulu €/t CO ₂ -ekv
BAU	523	39,0	11	-
HIGH CO2	1274	94,9	11	-
LOW CO2	119	8,9	12	-

Lähtuvalt arvutustulemustest on riigile kõige vähemkulukas HIGH CO2 stsenaariumi rakendumine. Samas tuleb tähelepanu pöörata asjaolule, et HIGH CO2 stsenaariumis kahekordistuvad KHG heitkogused aastaks 2050, samas kui LOW CO2 stsenaariumis kasvavad need vaid 9% võrreldes 2010. aastaga tasemega.

Kuna käesolevas uuringus vaadeldakse võrdlemisi pikka perioodi, jääb sellesse ajavahemikku väga palju määramatust, eriti ressursside hindade ning potentsiaalsete kulude ja tulude osas. Seetõttu on lisaks meetmete maksumusele antud alljärgnevalt ka hinnang stsenaariumide väliskuludele. See võimaldab selgemalt illustreerida ühiskondlikku kokkuhoidu ehk sisuliselt tulu, mis saavutatakse KHG heitkoguste kärpimisega.

Hinnanguliste väliskulude arvutamisel ja sealhulgas heitkoguste vähendamise piirkulude hindamisel tuginetakse antud uuringus erinevate stsenaariumide lõikes leitud KHG heitkoguste prognoosidele ning rahvusvaheliselt tunnustatud hinnangutele CO₂ ekvivalenttonni väliskulu hinna määramisel (Stern, ExternE jt). Alljärgnevalt on näidatud väliskulude väärtuste vahemikud analüüsiperioodi jooksul eurodes ühe CO₂ ekvivalenttonni kohta (Handbook on estimation ... 2008), millest lähtutakse stsenaariumide väliskulude hindamisel. Kuna erinevate uuringute puhul on hinnangud väliskulu määradele väga erinevad, siis on käesolevas hinnangus arvestatud tagasihoidliku CO₂ väliskulu määraga, mis vastab määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskmistele väärtustele vastaval aastal (vt tabel 64).

Tabel 64. KHG väliskulu määrad, €/tonni CO₂-ekv. Allikas: Handbook on estimation ... 2008.

Aasta	2010	2020	2030	2040	2050
Madal	7	17	22	22	20
Keskmine	25	40	55	70	85
Kõrge	45	70	100	135	180
Määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskväärts	16	28	38	46	52

Väliskulude mahu leidmiseks korrutati sektori KHG heitkogus väliskulu määraga. Alljärgnevalt on esitatud KHG heitkogustega kaasnevad hinnangulised väliskulud põllumajanduse stsenaariumide lõikes (vt tabel 65).

Tabel 65. Põllumajandussektori KHG heitega seotud hinnanguline väliskulu, tuhat €/a.

Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium	21 477	40 263	59 118	78 026	96 969
HIGH CO ₂ stsenaarium	21 477	43 218	68 806	99 445	136 039
LOW CO ₂ stsenaarium	21 477	38 252	53 155	65 114	75 971

Kuivõrd väliskulud on otseselt seotud emissioonide mahuga, ilmneb siinkohal eriti selgelt säästlikumate stsenaariumide eelis. Seejuures on vaja arvestada, et heitkoguste langus ei pruugi tähendada väliskulude vähenemist vaadeldaval perioodil. See on tingitud ühe tonni KHG väliskulu määra tõusust ajas, mis on omakorda põhjustatud akumulieruva KHG kahjuliku toime suurenemisest.

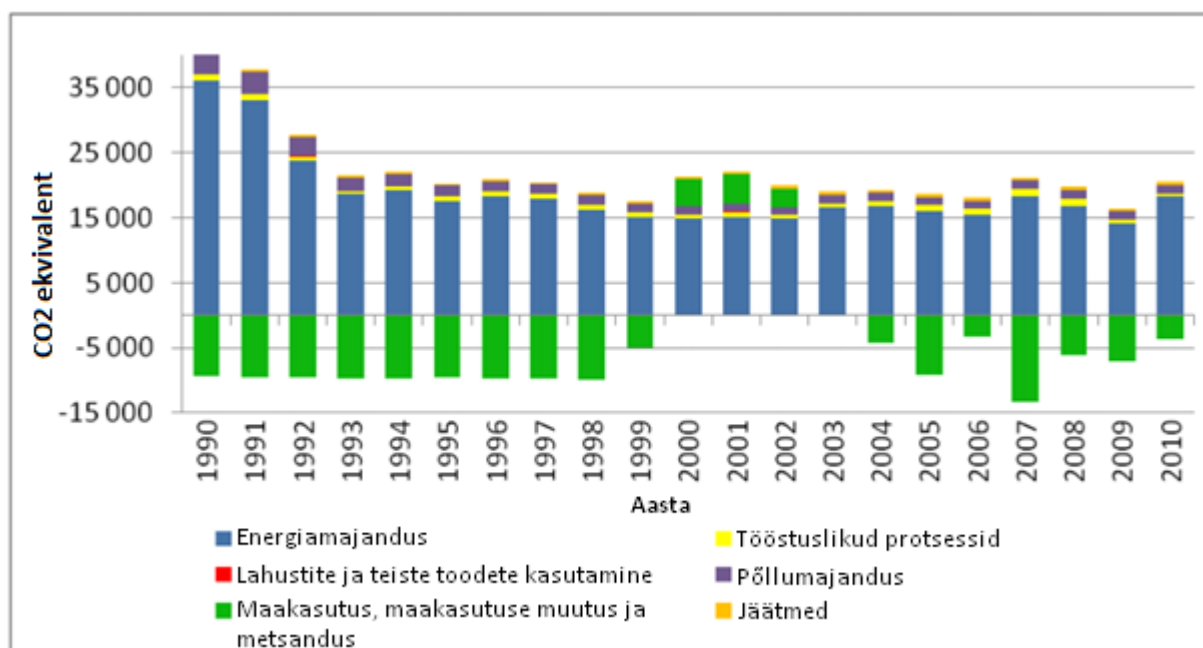
Tabel 66. Põllumajandussektori KHG heitkoguse vähendamise meetmed ja nende rakendamise prognoositavad kulud.

Meede	Tüüp	Olemasolev või kavandatud	Vajadus	Maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
Meede 1 – teadus-arendus-toetus	Investeeringu-toetus	Olemasolev	Teadmussiire ja teave, sh põllumajanduslikud rakendusuuringud, praktika-toetused	0,5–1 mln €/a	Uute teadmiste saamine, andmete kvaliteedi paranemine ja maaomanike koolitamine aitab kaasa KHG heitkoguste vähendamisele ja KHG aruandluse kvaliteedi paranemisele	Rakendusuuringud; koolitused põllumajanduskonsulentidele ja maakasutajatele, väljaannete koostamine ja avaldamine
Meede 2 – koolitus ja nõuande toetus	Investeeringu-toetus/ regulatiivne	Olemasolev	Koolitus- ja nõuandeteenuste toetamine	1 mln €/a	Välja on töötatud nõuandeteenuse kontseptsioon ja koolitatud konsulendid, põllumeestele on tagatud kliima-muutuste leevendamise ja nendega kohanemise, liigirikikuse, veekaitse, innovatsiooni jm teemade kaetus nõuandesüsteemis	Nõuandesüsteemi loomine ja rakendamine, koolitused konsulentidele ja maakasutajatele
Meede 3	Investeeringu-toetus	Olemasolev	Investeeringud põllumajandustootmise ja taristu arendamiseks	50 mln €	Tehnoloogia taseme tõstmine, toodangu kvaliteedi paranemine, keskkonnasõbralike maaviljelusmeetodite kasutamine, taristu korrashoid	Investeeringud ehitistesse, rajatistesse, masinatesse, seadmetesse; maaparanduslikud tegevused
Meede 4	Investeeringu-toetus	Olemasolev	Investeeringud loomakasvatuse ehitistesse	90 mln €	Uute toodete, tehnoloogiate, sh biogaasi tootmise kasutuselevõtt; ehitiste keskkonnaningimustele vastavus	Investeeringud ehitistesse ja hoidlatesse, uute tehnoloogiate kasutuselevõtt
Meede 5 – põllumajanduslik keskkonna toetus	Investeeringu-toetus	Olemasolev	Põllumajanduslik keskkonnatoetus	100 mln €	Keskkonnateadlikkuse suurenemine, elurikkuse ja maastikulise mitmekesisuse säilitamine, keskkonnasõbralike majandamisviiside kasutamine, mahepõllumajanduse arendamine ja laiendamine	Toetused muldade, põhjavee ja ohustatud liikide kaitseks, keskkonnasõbralike majandamisviiside kasutuselevõtuks, pool-looduslike koosluste hooldamiseks, viljavahelduse rakendamiseks, maakasutuse muutmiseks
Meede 6	Investeeringu-toetus	Olemasolev	Noorte põllumajandustootjate tegevuse alustamine	20 mln €	Tööhõive kasv, konkurentsivõime suurenemine, maaelu areng	Põllumajanduslike ettevõtete arendamine ja jätkusuutlikkuse tagamine, tööhõivevõimaluste laiendamine ja erialase pädevuse suurendamine noortele

Meede	Tüüp	Olemasolev või kavandatud	Vajadus	Maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
Meede 7 – VKE areng	Investeeringu-toetus	Olemasolev	Väikeste põllumajandus-ettevõtete arendamine	45 mln €	Tööhõive säilitamine põllumajanduses, väikeste põllumajandusettevõtete elujõulisuse paranemine, keskkonnasõbralike viljelusmeetodite kasutamine	Toetused ettevõtete arendamiseks ja konkurentsivõime parandamiseks.
Meede 8 – kindlustus	Regulatiivne/investeering	Olemasolev	Põllumajanduskultuuride saagi kindlustus	10 mln €	Riskikindlustuse süsteemi loomine ja selle kasutamine, välja on töötatud tegevuskava kliimamuutustega kohanemiseks	Riskikindlustuse süsteemi välja arendamine, õigusliku raamistiku loomine, teavitustöö, kindlustuse kasutamine konkurentsivõime tagamiseks, kliimamuutustega kohanemiseks tegevuskava koostamine
Meede 9	Regulatiivne/investeering	Olemasolev	Arengukavade välja töötamine	20 mln €	Eesti mahepõllumajanduse arengukava välja töötamine ja rakendamine	Uuringud, olukorra kaardistamine, ettepanekute tegemine, arengukava väljatöötamine, õigusliku raami loomine ja arengukava rakendamine, sidumine teiste riiklike strateegiate, visioonidokumentidega ja arengukavadega
Meede 10	Investeering	Olemasolev	Tarbija teadlikkuse tõstmine	20 mln €	Kvaliteedimärkide kasutamine, teabe levimine, tarbijate teadlikkuse suurenemine, Eesti toidu tutvustamine ja propageerimine, mahetoidu propageerimine ja sellest teadlikkuse suurenemine	Toidumärgiste tutvustamine, mahetoidu tutvustamine, Eesti toidu märgistamine ja propageerimine, trükiste koostamine, teabe levitamine, märgistusnõuete rakendamine, regulatsioonid
Meede 11	Regulatiivne/investeering	Soovitav	Komposti ja digestaadi kasutamine põllumajanduses	10 mln €	Regulatiivse seadusandluse välja töötamine, kontrollisüsteemide loomine ning komposti ja digestaadi ära kasutamine põllumajanduses	Vajalike regulatsioonide välja töötamine, kontrollisüsteemide loomine ja toimimine, toetusmehhanismid süsteemi edukaks toimimiseks ning komposti ja digestaadi põllumajandusmaadel kasutamiseks.

8. MAAKASUTUS, MAAKASUTUSE MUUTUS JA METSANDUS

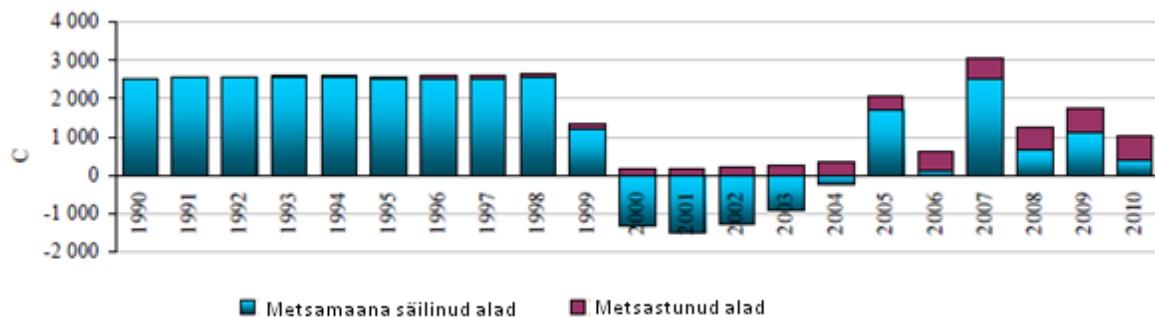
Eesti kasvuhoonegaaside 1990–2010 aruande põhiselt panustas maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (LULUCF) sektor 2010. aastal CO₂ sidujana, kogumahus 3,8 mln t CO₂-ekv (vt joonis 72). IPCC metoodikat järgides esitatakse kõik LULUCF sektoriga seotud sidumis- ja emissioonihinnangud vastava aasta jooksul toimunud süsinikuvaru muutuse põhjal. Perioodil 1990–2010 vähenes CO₂ sidumise suurenemine 59,8% võrra, kusjuures 2010. aastaks vähenes sidumise suurenemine 47,3% võrreldes 2009. aastaga. Peamise sidujana on määratletud metsamaa ja olenevalt metsaressursi kasutuse intensiivsusest avaldub LULUCF sektori roll kas CO₂ siduja või emiteerijana.



Joonis 72. LULUCF sektori osakaal CO₂ koguvoos aastatel 1990–2010; „-“ – süsiniku sidumise suurenemine, „+“ – süsiniku emissioon atmosfääri, tuhat tonni CO₂-ekv.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

Aastatel 2000–2003 oli LULUCF sektor CO₂ emiteerijaks, mis oli tingitud selleaegsetest intensiivsetest metsaraietest (perioodil 1999–2002 toimus raie mahus 11,5–12,5 mln tm/a). Vaadeldava ajavahemiku ülejäänud aastatel on LULUCF sektor olnud sidujaks (neil aastatel on raiemaht olnud 2,9–9,7 mln tm/a; vt joonis 73). Samas iseloomustab kogu maakasutusega seotud KHG emissioonide hindamist vajalike mõõtmisandmete puudumine või vähesus, mistõttu on ka hinnangute veapiirid suured. Sestap on tõenäoline emissioonide hinnangute muutmine, näiteks Eesti KHG aruandluses on plaanitud võtta kasutusele Rootsisis kasutatavad emissioonifaktorid (NIR 2013), mis tõstavad metsamaade turvasmuldade koguemissiooni võrreldes senisega üle kolme korra ning arvestavad esmakordselt sidumist metsamaade mineraalmuldadel. Täpsustatud aruandluse põhjal muutub KHG bilansi kajastamisel metsastunud rohumaadel seotava biomassi ja selles akumulatuva süsiniku osakaal.



Joonis 73. Metsamaa ja metsamaana arvele võetud maade süsinikubilanss perioodil 1990–2010; „-“ – süsiniku sidumise suurenemine, „+“ – süsiniku emissioon atmosfääri; sinisega on tähistatud metsamaa, punasega lisandunud metsamaa; tuhat tonni C.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

8.1. Stsenaariumid

LULUCF sektoris koostatakse tekkivate KHG emissioonide prognoos aastani 2050, lähtudes senistest trendidest ja kolme erineva stsenaariumi – BAU, LOW CO2 ja HIGH CO2 – puhul rakenduvatest eeldustest. LULUCF-i allsektori metsanduse puhul on analüüsitud ka 22 mln tm-se raiemahu ning täieliku raie puudumise puhul kasvava metsa süsinikubilanssi, samuti on antud hinnang raiemahtude muutustele ning võimalikele keskkonnamõjudele 22 mln tm-se raie korral. Erinevate stsenaariumide osas käsitletakse sotsiaalmajanduslikke mõjusid vastavalt muutustele raiemahtudes, siinkohal arvestatakse vastavaid uuringuid, mis on teostatud MAK 2020 raames ja RMK poolt. Puidutööstuse ja seotud valdkondade (ehitus, paberitööstus, plaaditööstus, energeetika) puhul keskendutakse võimalikele arengutele erinevates tootegruppides. Samuti eeldatakse kõikide stsenaariumide puhul, et kuni 2020. aastani ei muutu metsatööstuse struktuur oluliselt.

LULUCF rolli siduja või emiteerijana määrab ka edaspidi metsaraiete intensiivsus, turvasmuldade kasutus ning kasutatavad põllumajanduspraktikad. KHG voogude suurusjärk võib Eesti-põhiste mõõtmistulemuste lisandumisel oluliselt muutuda. Ühtlasi on oluline toonitada, et energiatarbimisest tulenevate suuremate raiemahtude tõttu muutub probleemseks puidu kättesaadavus muudele sektoritele, säästliku metsamajandamise ning looduskaitse eesmärkide täitmine.

BAU stsenaariumis on kõigi maakasutuskategooriate puhul võetud eelduseks senise 20-aastase trendi jätkumine maakasutuse intensiivistumise suunas. Raiemahud tõusevad 12 mln tm-ni a⁻¹, kuid langevad 2050. aastaks 9 mln tm a⁻¹; põllu- ja rohumaadel jätkub turvasmuldade kuivendamine ja kultiveerimine. Asustusalade laienemine jätkub samas tempos praegusega; turbatööstuse mahud ning kaevandusalade pindalad ei suurene. BAU esindab keskmise emissioonitasemega stsenaariumi.

HIGH CO₂ stsenaariumis eeldatakse raiemahu edaspidist suurenemist 15 mln tm-ni, et rahuldada mh ressursivajadust energiamajanduses. Teisalt toimub kehtivaid raievanuseid järgides ja sellest lähtuvalt raieks sobivate metsade vähenedes võimalike raiemahtude alanemine alates 2020. aastast (11,3 mln tm-lt 2020. aastal kuni 8 tm-ni 2050. aastal), mistõttu ei suudeta alates 2030. aastast katta siseriiklikult energiamajanduse vajadust puidu järele (juhul, kui energiamajanduses hakatakse senisega võrreldes oluliselt suuremas mahus kasutama puitu muude kütuste asemel). Põllu- ja rohumaade puhul vastab HIGH CO₂ rakendumisel põllumajanduspraktika BAU stsenaariumile, kuid toiduhindade tõusu tõttu maailmaturul laiendatakse põllumaad rohu- ja metsamaa arvel, mis põhjustab täiendavaid emissioone. Turbakaevandamiseks avatakse suureneva nõudluse tõttu uusi alasid. Samuti laienevad senise trendi põhiselt asustusalad.

LOW CO₂ puhul püsivad raiemahud 8 mln tm piires, eelistatud on puidu kasutamine pikemaajalistes toodetes. Turbatööstuse mahud jäävad samaks, kuid tehnoloogia arenedes vähenevad selleks vajalikud kaevandusalade pindalad. Põllumajanduslikus kasutuses olevatel turvasmuldadel lõpetatakse kuivendamine ja nad muudetakse looduslikeks rohumaadeks. Rohumaadel ja kasutamata põllumaal toodetavat biomassi kasutatakse maksimaalselt bioenergia tootmiseks. Asustusalade laienemine peatub ning teadlikult säilitatakse ja luuakse juurde haljasalasid.

8.2. Metsamaa

8.2.1. Hetkeolukord

Peamine osa süsiniku sidumisest on arvestatud biomassi suurenemise arvelt. Võrreldes 1990. aastatega on biomassi lisandumine olulisel määral vähenenud (-9,29 mln t CO₂-lt -3,78 mln t CO₂-ni). Aastatel 2000–2010 on biomassis seotud süsiniku hulk kasvanud tänu 1990. aastatest toimunud metsamaa suurenemisele rohumaade ja muu maa arvelt (edaspidi: metsastunud maa). Metsastunud rohumaadel seoti 2010. aastal 50% kogu metsamaa süsinikusidumisest ehk -1,87 mln t CO₂ (vt tabel 67).

Senisel metsamaal oli aastane süsinikusidumine vastavalt metsade tagavara suurenemisele 2010. aastal 1,43 mln t CO₂, mis on 1990. aastaga võrreldes ligikaudu 85% väiksem. Muutuse peamiseks põhjusteks on 1990. aastate esimesel poolel toimunud raiete väiksem maht (2,9 mln – 5,5 mln tm/a), metsamaa pindala ja tagavara suurenemise peatumine alates 2000. aastate algusest, puistute keskmise vanuse kasv ja keskmise hektaritagavara stabiliseerumine (vt tabel 68, joonis 74). Siinkohal on oluline märkida, et metsade tagavara suurenemine võib olla Keskkonnateabe Keskuse hinnangust (arvestades 1990. aastate andmeid, vt joonis 74) väiksem – ÜRO-le esitatud andmete kohaselt oli 1990. aastate metsade tagavara 352 mln tm (United Nations Economic ... 2013). Hinnang võib olla tegelikust tagavarast väiksem, kuna perioodi 1942–1994 kohta on andmed saadud ülepinnaalse takserimisega, kusjuures kogu metsamaa ei olnud korraldatud metsamaa ehk teatud osa metsamaa kohta nõukogude ajal andmeid ei kogutudki. Seega ei ole tõenäoliselt ka tagavara nii kiires tempos kasvanud.

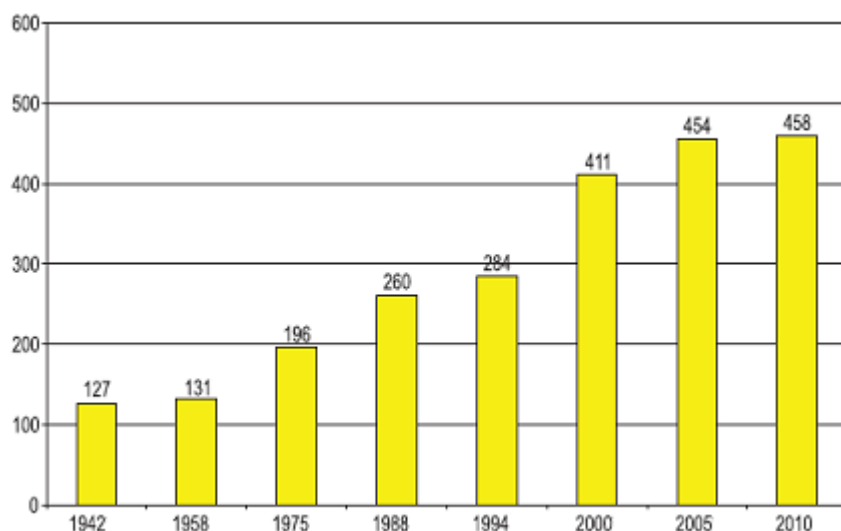
Tabel 67. KHG emissioonid metsamaadelt; „-“ – süsiniku sidumine, „+“ – süsiniku emissioon atmosfääri; tuhat tonni CO₂-ekv. Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012).

	IPCC Kategooria	Gaas	Baasaasta emissioonid 1990	Vaadeldava aasta emissioonid 2010
			Lähteandmed	Lähteandmed
			CO ₂ -ekv	CO ₂ -ekv
5.A.1	Metsamaana säilinud alad – neto süsinikuvaru muutus org. muldades	CO ₂	129,54	128,47
5.A.1	Metsamaana säilinud alad – biomass	CO ₂	-9273,77	-1428,73
5.A.1	Metsamaana säilinud alad – surnud puit	CO ₂	-124,49	-309,13
5.A.2.1	Metsastunud põllumaa – neto süsinikuvaru muutus biomassis	CO ₂	0,00	-243,89
5.A.2.1	Metsastunud põllumaa – surnud puit	CO ₂	0,00	-16,27
5.A.2.2	Metsastunud rohumaa – neto süsinikuvaru muutus org. muldades	CO ₂	0,00	1,24
5.A.2.2	Metsastunud rohumaa – neto süsinikuvaru muutus biomassis	CO ₂	-20,16	-1842,96
5.A.2.2	Metsastunud rohumaa – surnud puit	CO ₂	-0,10	-24,00
5.A.2.3	Metsastunud märgalad – orgaanilised mullad	CO ₂	0,15	2,35
5.A.2.3	Metsastunud märgalad – biomass	CO ₂	0,00	-41,72
5.A.2.3	Metsastunud märgalad – surnud puit	CO ₂	0,00	-3,96
5.A.2.4	Metsastunud asustusosalad – neto süsinikuvaru muutus org. muldades	CO ₂	0,00	0,46
5.A.2.4	Metsastunud asustusosalad – neto süsinikuvaru muutus biomassis	CO ₂	0,00	-46,52
5.A.2.4	Metsastunud asustusosalad – surnud puit	CO ₂	0,00	-2,87
5.A.2.5	Muud metsastunud alad – neto süsinikuvaru muutus biomassis	CO ₂	0,00	-172,27
5.A.2.5	Muud metsastunud alad – surnud puit	CO ₂	0,00	-13,40

Tabel 68. Puidu biomass metsamaal, mln t, ja süsiniku kogus puidu biomassis metsamaal, mln t C. Allikas: Eesti Statistikaamet.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Puidu biomass metsamaal	355,8	359,2	346,9	352,6	356,5	357,1	357,4	356,1	350,7	354,5	365,7
Seotud süsiniku kogus puidu biomassis metsamaal	176,0	177,8	171,7	174,4	176,4	176,8	176,8	176,5	173,6	175,5	181,0

Alates 1990. aastast on rohu- ja põllumaade metsastamise arvelt suurenenud metsamaa pindala vastavalt 24 300 ja 16 500 ha, vähemal määral märgalade (4000 ha), asustusosalade (2900 ha) ja muu maa (13 600 ha) arvelt; samas on metsamaa arvelt teiste eelnimetatud maakategooriate pindalad suurenenud 20 600 ha võrra ning seega on kogumuutus metsamaa kasuks 40 700 ha ulatuses (NIR 2012). Aastatel 2009–2010 on metsastunud maadel biomassi lisanduv aastane süsinikuhulk vähenenud, olles vastavalt 24 000 ja 13 000 t, perioodil 2005–2007 toimus kasv 55 000-lt 155 000 t/a. Languse üheks põhjuseks on mittemetsamaade metsastumise aeglustumine.



Joonis 74. Kasvava metsa tagavara kogus, mln tm.

Allikas: Aastaraamat Mets 2010, Keskkonnateabe Keskus

Viimasel kümnendil on metsade pindala veidi langenud, moodustades Eesti statistilise metsainventuuri (SMI) 2010 andmetel 2 212 000 ha ($\pm 2\%$ ehk ca 45 000 ha). Keskkonnateabe Keskuse andmetel asub 22% ehk 491 280 ha metsamaadest turvasmuldadel, millest on kuivendatud 45% ehk 221 076 ha (NIR 2012). Metsamaadelt arvestati KHG (CO₂) emissiooni turvasmuldadel 130 000 t CO₂-ekv, mis moodustab ligikaudu 10% metsamaade biomassi lisanduva süsiniku hulgast (NIR 2012). Samas on hinnatud kuivendatud soometsade pindalaks 560 000 ha (Pikk 1997, Ilomets 2009) ja kasutatavat emissioonifaktorit (0,07 t C/ha a) alahinnatuks. Seetõttu võib eeldada, et kuivenduse mõjud ja ka koguemissioon on NIR 2012 antud hinnangust suuremad. Teisalt ei pruugi kõigil kuivendatud aladel enam toimuda orgaanilise pinnase lagunemist, kuna veetase on taastunud ja maapind vajunud. Täpsema hinnangu andmiseks on vajalik vastavate uuringute läbiviimine Eesti tingimustes.

Metsade tagavara muutumise prognoosimine sõltub eelkõige raieaktiivsusest – kui raiemaht oleks „Metsanduse arengukava aastani 2020“ (MAK 2020) järgne optimaalne (12–15 mln tm) ja seda kogu metsanduse arengukava perioodi jooksul, siis Eesti metsade kogutagavara väheneks. Metsade maksimaalse tagavara suuruseks on hinnatud 633 mln tm eeldusel, et kõik metsad on raieküpsed (Pärt 2012).

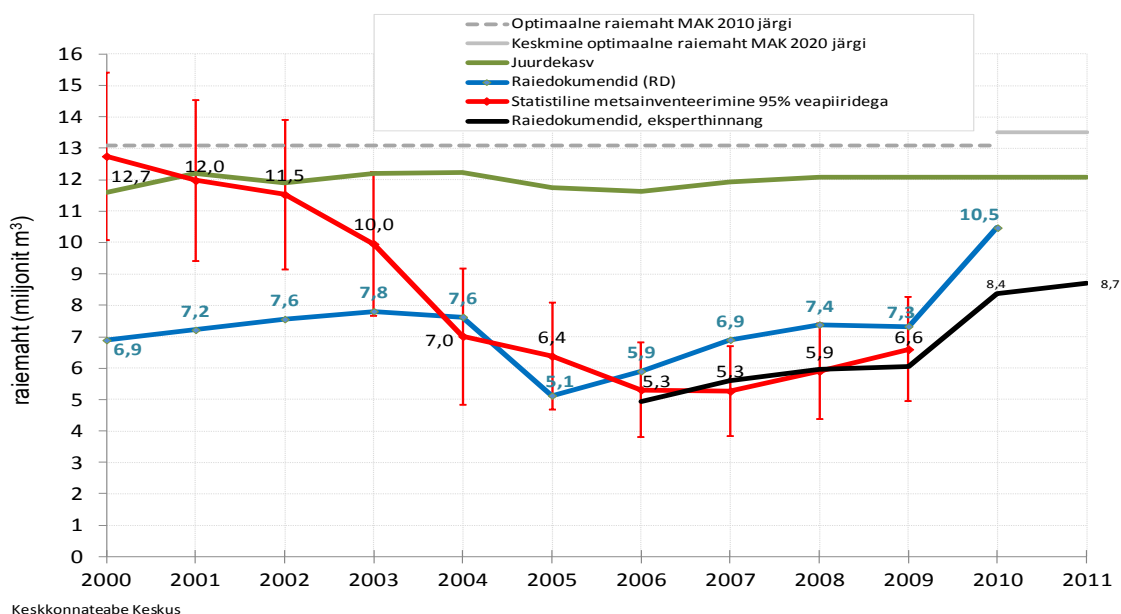
Padari jt (2009) peavad teoreetiliseks kasutatavaks Eesti metsade raieresursiks metsamaad pindalaga 2,406 mln ha, millest 0,206 mln ha on range kaitse all ja 0,394 mln ha on leebema kaitsereežiimiga, ning aastaseks raiemahuks 8,4 mln m³³⁸, millele lisanduvad raiejätmed 1,5 mln m³ ja kännud 0,8 mln m³. Siinkohal on eeldatud, et raietegevus võib toimuda ka leebema kaitsereežiimiga

³⁸ Artiklis esitatud 8,4 miljoni tm hulgas olevatest palkidest on maha lahutatud koore maht ja ülemõõt 10 cm, paberipuidust on maha arvatud koore maht, ainult küttepuit on koos koorega. Seega metsatihumetrites arvatav raiemaht võiks olla 20-25% kõrgem. (kommentaari A. Padari, veebruar 2013)

metsades. Võrreldes (SMI) 2008. aasta aruandega, mis on ka metsanduse arengukava aastani 2020 (MAK 2020) raiestsenaariumide aluseks, on Padari jt (2009) hinnangus metsamaa pindala 0,2 mln ha võrra suurem, range kaitse all on metsi 0,167 mln ha ja leebema kaitseraamiga metsi on 0,386 mln ha. Aastaraamatu Mets 2010 andmetel moodustavad rangelt kaitstavad metsad koos vääriselupaikadega 0,223 mln ha, majanduspiiranguga metsad 0,340 mln ha.

Aastatel 2000–2008 raiuti statistilise metsainventeerimise andmetel keskmiselt 8,3 mln tm aastas, see vähenes kümnendi alguse 12,7 mln tm-lt 5,2 mln tm-ni 2005. aastal (vt joonis 75). Aastatel 2009 ja 2010 olid raiemahud vastavalt 6,1 ja 6,6 mln tm (Eesti NIR 2012) ning 2011. aasta raiemaht oli hinnanguliselt 7 mln tm (NIR 2013). Keskkonnateabe Keskus on hinnanud tegelikult raiemahuks 2010. ja 2011. aastal 9 mln tm (Keskkonnateabe Keskus 2012). Sajandi alguse kõrged raiemahud olid muuhulgas seotud metsade tagastamise ja erastamisega, samuti on raiete suurenemist 2010. aastal seletatud reformimata metsamaade müügi ja uute omanike poolt teostatud raietega, lisaks turunõudluse ja kokkuostuhindade suurenemisele on limiteerivate teguritena ära toodud raietehnika vähesus ja lumerohked talved (Aastaraamat Mets 2010).

MAK 2020 järgi peetakse optimaalseks raiemahuks raiet juurdekasvu piires ning metsade juurdekasvuks hinnatakse 12 mln tm a⁻¹.



Joonis 75. Raiemaht ja juurdekasv aastatel 2000–2010.

Allikas: Keskkonnateabe Keskus

MAK 2020 järgi on aastase juurdekasvu mahu sisse arvestatud ka majanduspiiranguga metsades toimuv juurdekasv, mis aga ei ole tegelikkuses raieressursina käsitletav, samuti tuleks kavandatavast raiemahust maha arvestada looduslik väljalangemine (hetkel hinnanguliselt kuni 30%, V. Adermanni kommentaar). Seetõttu tuleks optimaalse ja jätkusuutliku aastase raiemahu arvestamiseks kasutada korrigeeritud aastase juurdekasvu hinnangut.

Eelnevaga seoses on asjakohane võrrelda Eesti olukorda Soomega. Soome riiklikus metsaprogrammis aastani 2015 (Soome MAK 2008) on hinnatud jätkusuutlikuks raiemahuks 71 mln m³/a, mis on ligikaudu kolmandiku võrra madalam juurdekasvust (98,5 mln m³/a). Aastail 2002–2006 oli raiete keskmiseks tasemeks 44 mln m³/a ning raiete potentsiaalne suurenemine 10–15 mln m³ võrra aastas põhineks erametsade intensiivsemal raiel, riigimetsades ei peetud raiete suurendamist enam võimalikuks. Seega on tegemist Eestile sarnase olukorraga, kus RMK prognoosib raiemahtude vähenemist aastaks 2030 ja seega põhineks võimalik raiemahtude kasv raiete suurenemisel erametsades (Keskkonnateabe Keskus 2011).

Soome programmi üheks eesmärgiks on tagada metsamaadel süsiniku sidumine (juurdekasv ja süsiniku akumulatsioon muldades) suurusjärgus vähemalt 10–20 mln t CO₂-ekv aastas (võrreldes perioodi 2002–2006 keskmisega 35,4 mln t CO₂-ekv). Soome KHG koguemissioon aastatel 2002–2006 oli keskmiselt 78,4 mln t CO₂-ekv aastas, mistõttu on metsandusel KHG bilansis oluline roll CO₂ sidujana. Olukord on sarnane Eestile, kus metsade raie on viimase kahekümne aasta jooksul, v.a intensiivsete metsaraiete periood 2000–2003, jäänud piiridesse, kus metsamaadel on süsinikutagavara suurenenud. Samas pole Soome metsanduse programmis käsitletud raiete mõju metsade süsiniku- ja puidu tagavarale ning puuduvad vastavad suunised. Eesti MAK 2020 käsitleb küll metsade rolli süsiniku sidumisel, kuid raiepotentsiaali prognoosimisel puudub hinnang võimalikule tagavara vähenemisele ja sellest lähtuvatele emissioonidele. Siiski on Soomes 2000. aastal seatud kriteeriumid ja indikaatorid metsade jätkusuutliku majandamise kohta. Muuhulgas on määratletud, et metsasektoril on võimalus vähendada süsiniku emissiooni atmosfääri metsamaa ja tagavara suurendamise ning kaitse abil, tagades ka muldades süsiniku sidumise ja asendades mitteaastavatest toorainetest toodetud materjale ja kütuseid (The State of Forestry in Finland 2000).

Asikainen jt (2012) on koostanud kolm stsenaariumi raiemahtude kohta perioodil 2007–2042, eeldades, et raiemaht 2020. aastal on väike (61,6 mln tm a), mõõdukas (82,1 mln tm a) ja suurim võimalik (98,8 mln tm a, sh ca 1/3 kasutatakse energiapuiduks). Kahe esimese stsenaariumi korral jätkuvalt metsade roll süsiniku sidujana, viimase stsenaariumi osas, kus kavandati raiet juurdekasvu piires, jäi see nulli lähedaseks. Seonduvalt Soome metsade ebaühtlase vanuselise jaotusega on olukord mõneti sarnane Eestiga ning vastavaid nüansse on käsitletud ka käesolevas analüüsis.

8.2.2. Metsatööstuse ülevaade

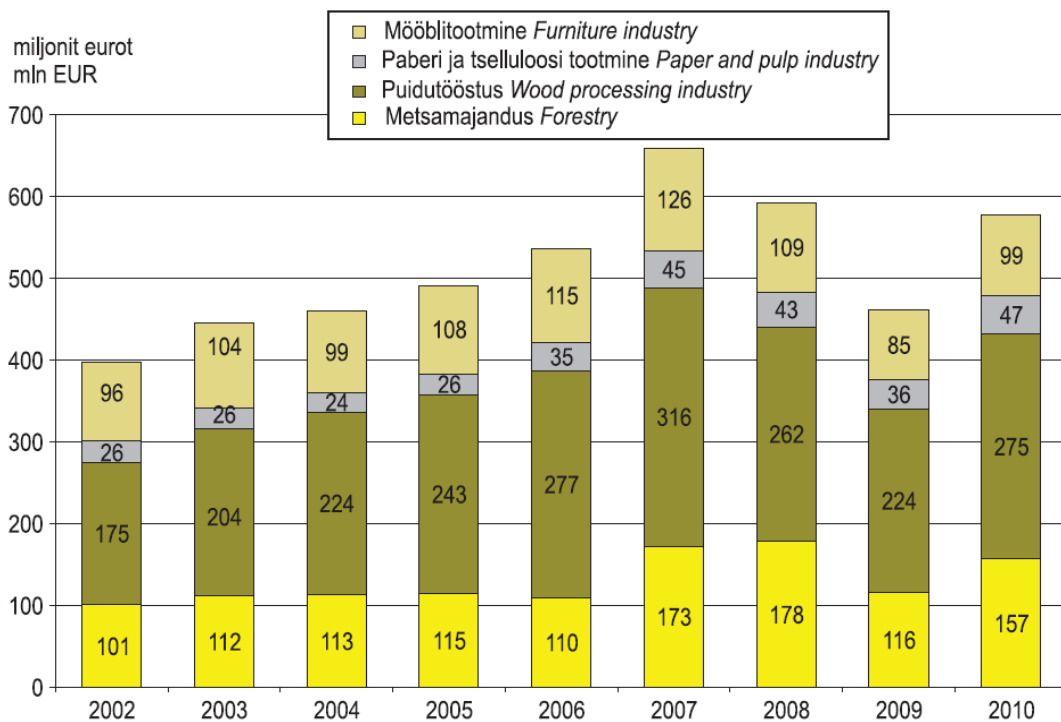
Eesti puidukasutuse maht on olnud perioodil 2003–2010 8–10 mln tm aastas, kusjuures puidu tarbimist on hinnatud suuremaks kui puidu allikate mahtusid (vt tabel 69). Töötlemise mahtudeks on hinnatud 8,6 kuni 10,8 mln m³. Erinevused allikate ja tarbimise vahel võivad muuhulgas olla seotud Eesti statistilise metsainventuuri (SMI) poolt allahinnatud raiemahtudega (veahinnang ±25%), laovarude muutustega, väliskaubanduse andmete tõlgendamisega, ebakõladega ümberarvestuskoefitsientides ja sisetarbimismahude hindamisega, sh küttepuidu sisetarbimise ülehindamisega (EMPL 2012).

Tabel 69. Puidu allikad (raie, import ja taaskasutus), töötlemine ja tarbimine ning raiemaht, tuhat m³.
 Allikas: EMPL 2012.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Puidu allikad kokku	11 790	8720	8730	8630	8070	7470	7600	10 030	10 390
Töötlemine kokku	10 780	10 600	10 300	9480	8950	8800	8630	10 500	10 750
Tarbimine kokku	11 250	10 450	10 160	10 000	9910	9210	8700	11 380	11 940
Allikate ja töötlemise vahe	1010	-1880	-1570	-850	-880	-1330	-1030	-470	-360
Allikate ja tarbimise vahe	540	-1730	-1430	-1370	-1840	-1740	-1100	-1350	-1550
Sortiment	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Küttepuit	2200	1558	1518	1115	1435	1553	1813	2333	2390
Paberipuit	1992	1374	1196	1075	1283	1377	1466	1886	1933
Peenpalk	1345	898	768	689	526	576	734	944	968
Jämepalk	2919	2068	1853	1555	1140	1420	1491	1918	1966
Kokku likviidne	8456	5898	5335	4434	4384	4926	5504	7081	7257
Jäätmed	1496	1114	1045	878	884	978	1095	1525	1443
Veahinnang (±)	21,8%	24,4%	23,5%	27,1%	28,9%	28,0%	23,6%	23,0%	25,0%

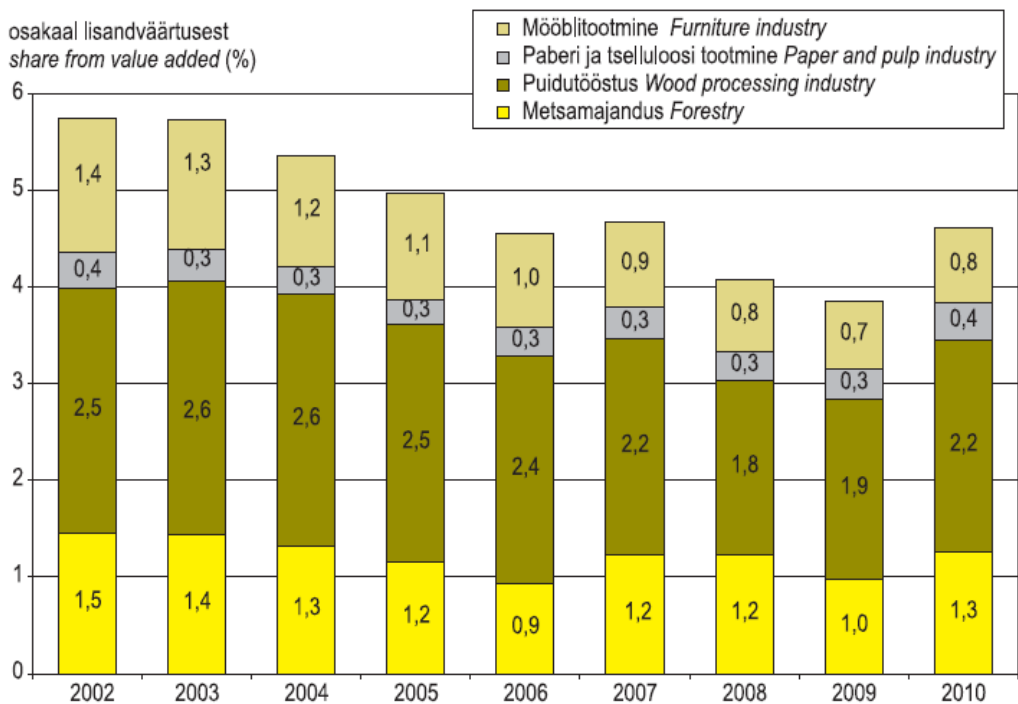
Puidu-, paberi- ja mööblitööstus (lisandväärtus jooksevhindades 421 miljonit eurot) moodustasid 2010. aastal töötlevast tööstusest (2,0 miljardit eurot) 20,6% ning kogu lisandväärtusest 3,4%. Metsamajandus moodustas lisandväärtusest 1,3% (156,9 miljonit eurot) (vt joonis 76 ja joonis 77). Siinjuures on metsasektori ettevõtete osakaal töötleva tööstuse lisandväärtusest (jooksevhindade järgi) aastail 2002–2010 vähenenud ligikaudu ühe protsendi võrra. Langus on toimunud eelkõige mööbli- ja puidutööstuse arvelt, vastavalt 1,4-lt 0,8%-ni ja 2,5-lt 2,2%-ni; paberi ja tselluloosi tootmine³⁹ ning metsamajandus on püsinud endisel tasemel, vastavalt 0,4% ja 1,3%. Siiski toimus metsamajanduses oluline langus 2006. aastal, kui raiemahud võrreldes eelnevate aastatega langesid, samas toimus järgneval aastal taastumine, kui raiemahud taas suurenesid (Aastaraamat Eesti Mets 2010). Lisandväärtuse muutumine on toimunud paralleelselt muutustega metsa raiemahtudes ja töödeldava puidu mahus, samas on olulisemaks teguriks olnud 2008. aasta languse järel töötlemismahtude ja puidu ning puidust toodete impordi mahu muutus (kasv 2010. aastal võrreldes 2009. aastaga vastavalt 1,9 ja 0,39 mln tm, raiemahtude suurenemine oli tagasihoidlikum – 1,6 mln tm).

³⁹ See ei hõlma puitmassi tootmist (analüüsis on lähtunud Aastaraamatus Eesti Mets 2010 esitatud andmetest).



Joonis 76. Lisandväärtus metsasektori ettevõtetes jooksevhindades aastail 2002–2010.

Allikas: Aastaraamat Eesti Mets 2010.



Joonis 77. Metsasektori ettevõtete osakaal sisemajanduse kogutoodangust (jooksevhindade järgi) aastail 2002–2010.

Allikas: Aastaraamat Eesti Mets 2010.

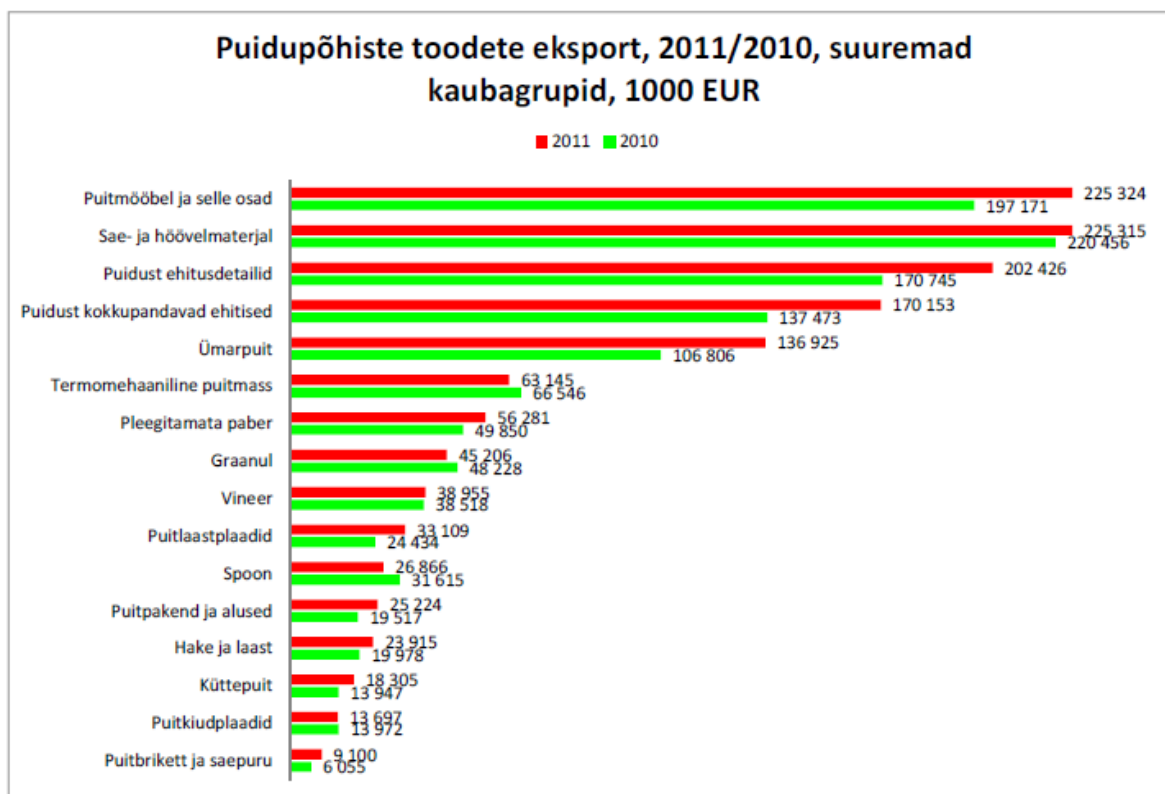
Metsasektori töötajate koguarv on alates 2003. aastast vähenenud 44 700-lt 29 700-ni, moodustades 2010. aastal 5,2% hõivatute koguarvust. Kõige drastilisem on olnud langus puidutööstuses, vastavalt 22 800-lt 13 000-ni. Metsamajanduses hõivatute arv oli 2010. aastal 5900 inimest, puidutööstuses 13 000, paberitööstuses 700 ja mööblitööstuses 10 100. Metsamajanduses hõivatute arv on viimasel kümnendil kahanenud, 2010. aasta andmetel oli see ligikaudu 1250 inimest; müügitulu on aastate lõikes kõikunud vahemikus 246–399 mln eurot (Aastaraamat Eesti Mets 2010). Töötajate arv pole 2008. aastale eelnenud tasemele tõusnud üheski sektoris, mistõttu võib hinnata, et majanduslanguse mõjul ja järgselt on toimunud tootlikkuse kasv töötaja kohta. Samuti on kasvanud ka sektori keskmine palgatase (vt tabel 70).

Tabel 70 kajastab keskmist brutokuupalka metsasektoris ja (võimalikes) seotud tegevusharudes. Välja on toodud ka naftatoodete tootmisega seonduv, kuna ühe võimaliku alternatiivina võib puidu kasutamine suurendada teise põlvkonna biokütuste tootmise alustamisel ka Eestis, samuti on oluline ehitussektor. Suurem oli palgatase perioodil 2009–2011 metsamajandamise ja -varumise valdkonnas, järgnes paberi- ja pabertoodete tootmine, kusjuures mõlemas valdkonnas ületas palgatase tegevusalade keskmist. Samas jäid alla keskmise puidutöötlemine ja mööblitööstus. Puidukasutuse kasv ehitussektoris on vastava valdkonna palgatasemeid arvestades üheks võimaluseks suurendada olulisel määral puidust saadavat lisandväärtust.

Tabel 70. Keskmine brutokuupalk eurodes metsandussektoris ja seotud tööstuses. Allikas: Eesti Statistikaamet.

	2009	2010	2011
Tegevusalade keskmine	837	840	882
Metsamajandus ja metsavarumine	1005	1060	1261
Puidutöötlemine, puit- ja korktoodete, punutiste tootmine, v.a mööbel	751	824	855
Paberi ja pabertoodete tootmine	899	909	1 015
Koksi ja puhastatud naftatoodete (sh turbabriketi) tootmine	765	777	..
Mööblitootmine	642	673	698
Muu tootmine	727	763	780
Hoonete ehitus	1 093	1 040	1 195
Eriehitustööd	880	988	1 092

Puidutööstuse ettevõtete eksport suurenes 2010. aastal (798,3 miljonit eurot) võrreldes 2009. aastaga (555,0 miljonit eurot) 43,8%. Kui võtta arvesse ka mööblitööstus ja puitmajade tootmine, oli ekspordi suurenemine 39,1% (771,1 miljonilt 1072,7 miljoni euronit). Puidutööstuse ekspordi trend on viimasel kümnendil olnud kasvav, hoolimata majanduslangusest aastatel 2008–2009 (vastavalt 993 ja 771 miljonit eurot). Enim eksporditi Soome (19,6%), Rootsi (19,2%) ja Saksamaale (8,6%) (Aastaraamat Eesti Mets 2010). Aastal 2011 suurenes eksport 1442 miljoni euronit, tõus toimus eelkõige puitmööbli ja selle osade (197,2-lt kuni 225,3 miljonit), puidust ehitusdetailide (170,7-lt kuni 202,4 miljonit), puidust kokkupandavate ehitiste osas (137,4-lt kuni 170,1 miljonit) ja ümarpuidu (106,8-lt kuni 136,9 miljonit) osas. Oluline oli ka sae- ja hõövelmaterjali osa, kuid selle kasv oli väiksem, vastavalt 220,5 ja 225,3 miljonit (vt joonis 78).



Joonis 78. Puidu ja puittoodete eksport 2010. ja 2011. aastal.

Allikas: EMPL 2011.

Töötlemata puidu ekspordi maht on olnud perioodil 2008–2010 vastavalt 1 469 600, 1 081 068 ja 2 251 274 m³, import 564 251, 266 082 ja 302 176 m³ (Aastaraamat Eesti Mets 2010). Töötlemata puidu eksport moodustas vastavalt 25, 25 ja 34% puidu ekspordist (EMPL 2012). Töötlemata puidust moodustab enamuse paberipuidu eksport, vastavalt 85, 89 ja 78% (EMPL 2012). Teatud osa sellest võib tulla transiidi arvelt, kuid mitte üle 10%, arvestades paberipuidu väikest osakaalu impordis. Puidu ja puittoodete impordimahud olid vastavalt 2 279 317, 1 690 000 ja 2 075 000 m³, ligi 50% impordist moodustasid saematerjal ja töötlemata puit.

Kasutatavast puidust imporditi perioodil 2008–2010 vastavalt 31, 20 ja 21%, taaskasutuse mahtu on hinnatud alla 3% (samas võib see olla alahinnatud, kuna puuduvad statistilised andmed taaskasutuse kohta kodumajapidamistes, sh puidu ja paberi ning lammutusjäätmete põletamine). Viimastel aastatel on suurenenud ka mittelikviidsete raiejäätmete ja mittemetsamaal varutud puidu maht, jäädes senini alla 1 mln m³. (EMPL 2012)

Sisetarbimise osakaal on suurenenud 2008. aasta 4,2 mln tm-lt 4,9 mln tm-ni 2011. aastal, Eestist pärinev puit katab sisetarbimise vajadused. Suurema osa moodustas sellest energiapuit, milleks kasutati 2011. aastal 4,4 miljonit tm. (EMPL 2012)

Puidutööstuse ülevaade peamiste tootegruppide kaupa

Metsa- ja puidutööstuse ning ümarmaterjali kasutamise potentsiaali ülevaates (Otsmann 2011) anti hinnang ettevõtete maksimumtarbimise potentsiaalile, arvestades olemasolevaid ja teostamisel investeringuid. Ümarmaterjali kasutuse potentsiaali tööstussektoris, arvestamata energeetikaks kasutatavat puitu, hinnati 5 310 000 tm-ni, täiendavalt toodi välja paberipuu ekspordi potentsiaalne maht 1 800 000 tm. Võrreldes vajadust MAK 2020 alusel koostatud raieprognoosidega, on võimalik ümarpalgiga katta tööstuse vajadused 12 ja 15 mln tm/a raie korral, 8 mln tm/a raie korral eeldab see vähemalt impordimahtude säilimist, kuid tõenäoliselt on vajalik impordi kasv. Samas, 2010. ja 2011. aasta raie sortiment kinnitab peen- ja jämepalgi nappust (peen- ja jämepalgi raiemaht vastavalt 2 862 000 ja 2 934 000 tm, vt tabel 71) – saetööstuse potentsiaaliks on kasutada 3,6 mln tm.

Tabel 71. Raie sortiment perioodil 2003–2011, tuhat m³. Allikas: EMPL 2012.

Sortiment	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Küttepuit	2200	1558	1518	1115	1435	1553	1813	2333	2390
Paberipuit	1992	1374	1196	1075	1283	1377	1466	1886	1933
Peenpalk	1345	898	768	689	526	576	734	944	968
Jämeapalk	2919	2068	1853	1555	1140	1420	1491	1918	1966
Kokku likviidne	8456	5898	5335	4434	4384	4926	5504	7081	7257

Järgnevalt antakse ülevaade puidu kasutusest ja tootemahtudest saetööstuses, paberi- ja tselluloositööstuses ja puitplaatide valmistamisel ning energeetikas. Nimetatud tooterühmade alusel hinnatakse käesolevas töös ka nendes seotava süsiniku kogust. Eraldiseisvalt käsitletakse puitehitistes seotud süsiniku mahtusid.

Saetööstus. Ettevõtete maksimaalse kasutusmahu hinnanguliseks potentsiaaliks investeeringute taset hinnates on ca 3,6 mln m³ saepalki aastas (Otsmann 2011). Toodangumaht on alates 2008. aastast tõusnud 1,1 mln-lt 1,5 mln m³-ni 2011. aastal (Eesti Statistikaamet), ümarpuidu kasutus on antud juhul ligikaudu 3 mln m³, sh puuliikide võimalik suhe – 90% okaspuu ja 10% lehtpuu. Vastavalt 2010. ja 2011. aasta raie sortimendile oli peen- ja jämepalgi maht vastavalt 2,86 ja 2,93 mln m³, täiendavalt imporditi saematerjali vajaduseks palki. Mahtude suurenemine on võimalik raie- või imporditava ümarpalgi mahtude kasvu arvelt, samuti vajaks sektor mahtude suurenemisel lisainvesteeringuid. Käesoleva analüüsi esmaversiooni avalikustamise järgselt hindas EMPL, et ilma lisainvesteeringuteta on potentsiaali kuni 3,6 mln m³ saepalgi kasutamiseks (Otsmann 2013).

Põhitoodangut – saematerjali – kasutatakse lõpptoote ja teiste tööstuste toormena. Kõrvalsaadusi – puiduhaket, saepuru ja muud kõrvaltoodangut kasutatakse tootmisprotsessi energeetiliseks vajaduseks ning müüakse energeetikasektorile ja tselluloosihakkeks (EMPL 2012).

Plaaditööstus. Puitplaatide (puitkiudplaatide, puitlaastplaatide, spooni ja vineeri) tootmiseks kasutatud puidu maht on 2009. aasta languse järgselt kasvanud ligikaudu 200 000 m³-lt 300 000 m³-ni 2011. aastal (EMPL 2012). Vineeri ja spooni ressursikasutuse mahuks hinnati 2010. aasta investeeringute taseme juures 205 000 m³ (Otsmann 2011), mis jääb 2011. aasta tootmismahitudele alla – puitlaastplaatide ja vineeri tootmismahut oli Eesti Statistikaameti andmetel 249 000 m³, spooni

ja puitkiudplaatide tootmiskaht oli 100 000 m³. Praeguseks on ressursikasutuse mahu potentsiaal kasvanud ja ulatub hinnanguliselt 330 000 m³-ni. Toore, v.a spooni tootmiseks, saadakse peamiselt saetööstusest ja impordist.

Muud puittooted (liimpuit, kaubaalused, aknad, ukсед, ehitusdetailid). Kõikides tootegruppides on toimunud 2009. aasta järgselt mahtude suurenemine, nt liimpuidu mahud on suurenenud 221 000-lt kuni 329 000 m³-ni (Eesti Statistikaamet, EMPL 2012). Toorainena kasutatakse peamiselt ülaltoodud tööstusharude tooteid, mistõttu eeldatakse sektori mahtude suurenemist vastavalt muutustele erinevate stsenaariumide raiemahtudes. Ehituses kasutavate puitdetailide kasutust käsitletakse vastavas peatükis.

Puit energeetikas. Puidu kasutust energeetikas on hinnatud 4,4 mln m³-ni perioodil 2010–2011, mis jaguneb ligikaudu pooleks tööstuslike ja kodutarbijate vahel, täiendavalt eksporditi 2010. ja 2011. aastal vastavalt 0,63 ja 0,62 mln m³ puidugraanuleid, 0,46 ja 0,50 mln m³ puiduhaket ja saepuru ning 0,11 ja 0,06 mln m³ puidujäätmeid. Kodutarbimise nii suurt osakaalu ja eksporditava saepuru kasutamise osa energeetikas on hinnatud kaheldavaks ning rõhutatud vajadust hinnangu täpsustamiseks (EMPL 2012).

Bioenergeetikat on hinnatud väga tõsiseltvõetava alternatiivina puitmassi senisele kasutamisele tselluloositööstuses (Hepner jt 2010), mis on teatud osas realiseerunud AS Eesti Energia ja Väo koostootmisjaamades kasutatava puidu näol. Aastal 2008 kasutati puiduhaket ja -jätmeid elektrienergia tootmiseks 17 000 tm, 2009. aastal juba 324 000 tm ning 2011. aastaks oli see suurenenud 768 000 tm-ni (Eesti Statistikaamet).

Täiendav ressurs energeetikas on mittelikkviidsete raieljätmete ja mittemetsamaal varutud puidu maht, jäädes seni veel alla 1 mln m³. ENMAK 2030+ protsessis on jaanuaris 2013 hinnatud potentsiaalset puidukasutust energiamajanduses raiemahtudel 12 mln tm/a:

- jätmed 2,128 mln tm/a (käesolevas töös hinnatakse potentsiaaliks erinevate stsenaariumide korral 1,424 kuni 2,720 mln tm a);
- mittemetsamaalt saadav küttepuid 200 000 tm (käesolevas töös hinnatakse potentsiaaliks 300 000 tm, sh ressurs 1990. aastast metsastunud aladelt);
- raidmed 1,435 mln tm (käesolevas töös hinnatakse potentsiaaliks 0,78 kuni 1,99 mln tm);
- kändud 150 000 tm kogumahust 778 000 tm;
- paberipuid ning ekspordi ja impordi mõjudega pole arvestatud.

Küttepuid kasutus on erinevate raiestsenaariumide korral 1,605 kuni 3,845 mln tm.

Omaette alternatiiviks puidu kasutamisele võivad olla teise põlvkonna biokütused, mille toormena kasutatakse puitu, sh puidutööstuse kõrvaltoodangut. Arvestades tehnoloogiaarengut hinnatakse, et vastavad kütuste tootmisvõimalused tekivad pärast 2020. aastat (Kampman jt 2012). Samas on Holland juba saanud EL-i toetuse suure biokütusetehase rajamiseks, mis kasutab puidutööstuse jäätmeid Põhjamaadest (Creating a Biobased Economy, 2011).

Tselluloosi- ja paberitööstus. Eestis on üle 60 paberi, tselluloosi või pabertoodete tootmisega tegeleva ettevõtte, mis annavad tööd ligi 1500 inimesele, osakaal lisandväärtuses on 0,3%, töötleva tööstuse ekspordis 3,1% ja töötleva tööstuse tööhõives 1,6% (Aastaraamat Eesti Mets 2010).

Paberi ja papi tootmismahud on viimasel kolmel aastal olnud 62 000 kuni 76 000 t/a, tselluloosil 199 100 kuni 220 800 t/a (Mets 2010), lisandunud on ka puitmassi tootmine. Puidukasutuse maht oli 2011. aastal 450 000 m³ (EMPL 2012).

Puidubilansi põhiselt oli 2010. aastal korduvkasutuse, raie ja importpuidu ning hakkepuidu kasutus sektoris 600 000 m³. Maksimaalseks võimalikuks paberipuu kasutuspotentsiaaliks tselluloosi- ja puitmassi tootmisel on hinnatud 582 000 m³, arvestades praeguseid tootmisvõimsusi (Otsmann 2011). Siinkohal on oluline märkida, et potentsiaali hinnangut on hiljuti uuendatud ja praeguse seisuga on see nii paberipuid kui ka haket arvestades puitmassi ja paberi tootmisel kokku u 740 000 m³ (Otsmann 2013).

Raiest moodustas töötlemata puidu eksport vastavalt EMPL-i (2012) andmetele aastatel 2009–2011 28%, 19% ja 29%, millest suurema osa moodustab paberipuu (nimetatud perioodil on osakaal olnud 80–90%, mis on mahu mõttes tähendanud 955 000 kuni 1 754 000 m³). Vastava koguse kasutamine kodumaise tööstuse hüvanguks annaks täiendava võimaluse majanduse arengule, seevastu süsiniku emissioonid suurenevad tööstuse mahtude kasvamisele.

Paberisse, sh tselluloosi seotud süsiniku viibeajaks on hinnatud 2 aastat ning seega põhjustavad paberi kasutamine ja paberitööstus süsiniku lendumise tagasi atmosfääri juba väga lühikese ajaperioodi jooksul pärast metsa raiet. Sellele lisanduvad ka paberitööstuse energiakasutusest lähtuvad emissioonid. Viimase osas prognoositakse siiski paberitööstuse sõltuvuse vähenemist välistest energiaallikatest ja toodete valmistamiseks vajaliku energia tootmist tootmisprotsessi enda käigus ning täiendavat koostootmispotentsiaali (OECD 2013).

Uuringus Põhjamaade energiatehnoloogiate perspektiivide kohta käsitletakse võimalust, et paberitööstuse mahud võivad Põhjamaades langeda seoses tööstuse viimisega Aiasse ja Lõuna-Ameerikasse. Samas nähakse võimalusi tehnoloogiliseks innovatsiooniks – paberitööstuse ühildamist teise põlvkonna biokütuste tootmisprotsessiga.

Puidu asemel võib toorainena kaaluda ka näiteks pilliroo (*Phragmites*) kasutust, mis vajab siiski täiendavat toote- kui ka koristustehnika arendust (Byrd jt 2002). Eestis on hinnatud roostike pindalaks 24 000 ha ja saagikuseks 5–6 t/ha kütteroogu keskmise niiskusega u 20 % (talvisel niitmisel) (Kask jt 2006).

Mööblitööstus. Mööbli tootmisega tegeleb Eestis üle 550 ettevõtte. Eelmise kümnendi lõpul tugevalt langenud tegevusharu on ekspordi toel hakanud taastuma. Võrreldes tippaastatega on toodangumahud veerandi võrra väiksemad, kuid taastumine on selgelt märgatav. Mööblitööstuse siseturg on tihedalt seotud kinnisvaraturuga. Kriisi järel on efektiivsus oluliselt kasvanud, kümne aasta taguseid mahtusid suudetakse toota kolmandiku võrra väiksema töötajate arvuga (Aastaraamat Eesti Mets 2010). Peamise toormena kasutatakse plaadi- ja saetööstuse toodangut, toodete kogumahuks on hinnatud 120 000 m³ (EMPL 2012). Eeldades puidukasutuse suurenemist

ehitussektoris ja ehitusmahtude suurenemist, sh puitmajade eksporti, on võimalik ka mööblitööstuse mahtude suurenemine vastavalt eelnimetatud sektorite kasvule. Teisalt on potentsiaalseks takistuseks võimalikule kasvule sektori madal palgatase, selle tõstmine aga vähendaks võimalusi püsida hinnakonkurents. Võimalik on sektori töötajate suundumine kõrgema palgatasemega puitehitussektorisse.

Teadus ja innovatsioon

Haridus- ja Teadusministeerium on 2012. aastal algatatud kõrgharidusreformi läbiviimisel määratlenud riiklikult prioriteetsete ja kasvava tööhõivega õppesuundadena tehnikaalad, sh materjalitehnoloogia, bioteadused, sh biotehnoloogia, tootmine ja töötlemine, sh puit ja puit- ning pabertooted; samuti soovitatakse neid üldhariduskooli lõpetanutele eriala valikul (Mis on eriala valikul oluline? Haridus- ja Teadusministeerium 2013).

Koostamisel on Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia, mille algatusdokumendi soovitude seas on ära toodud piiratud hulga kasvualdkondadele keskendumine (lähtumine nn targa spetsialiseerumise kontseptsioonist), kompetentse inimressurssi kindlustamine ja rahvusvahelise teadus-arenduse parandamine (Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsioonistrateegia 2014-2020 koostamise ettepaneku heakskiitmine. RT III. 2012). Strateegias on viidatud ka kooskõlale kliima- ja keskkonnamarkidega ning käsitletud nii metsanduse kui ka teiste loodusressursse kasutavate majandusharude arendusvõimalusi. Muuhulgas on ühe võimaliku majanduse kasvualana määratletud ka puidu väärindamine.

Konkurentsivõime kava „Eesti 2020“ on muuhulgas seadnud sihiks teadus- ja arendustegevuse investeringute taseme viimise 3%-ni SKP-st aastaks 2020. Ka siin on keskele kohale tõstetud kvaliteetse tööjõu kättesaamise tagamine ning teadus- ja arendustegevus. Ühe meetmena ressursside jätkusuutlikumaks kasutuseks on määratud keskkonnamaksude suurenemine ja tööjõumaksude vähenemine. Viimane aitaks kaasa ettevõtete võimalusele investeerida teadus- ja arendustegevusse ning tööjõu paremale kaasatusele ja motiveeritusele, vähendades muuhulgas ümbrikupalkade maksmist, mis on mõnede teiste sektorite kõrval endiselt aktuaalne ka metsa raietega tegelevate ettevõtjate seas (Keskkonnainspeksioon ning Maksu- ja Tolliamet kontrollisid Saare maakonnas raielanke, Keskkonnainspeksioon, 30.01.2013.).

Metsandussektori kulutused teadus- ja arendustegevusele olid perioodil 2007–2011 456 000 kuni 2 020 400 eurot aastas (vt tabel 72). 2011. aastal koostatud hinnangus Eesti materjali ja tehnoloogiate programmide kohta on teadus- ja arendustegevuse osakaalu metsatööstuses hinnatud madalaks ja see on peamiselt seotud igapäevase tootmistegevuse ja tootearendusega (Kauhanen jt 2011). Ka teadusasutuste tegevust on hinnatud väikeseks võrreldes metsatööstuse osakaaluga majanduses. Näitena on toodud TTÜ materjaliteaduste osakond, kus on kuus inimest hõivatud komposiitmaterjali, nt puit-plastiku arendusega. Eesti Maaülikooli roll on määratletud puidu töötlemise ja tööstusprotsesside ning metsanduslase haridustegevuse elluviijana. Samuti on nimetatud ära tegevus rahvusvahelises programmis *Nordic – Baltic Network of Wood Material Science and Engineering*. Suurima väljakutsena on ära toodud riikliku rahastuse suurenemine, mis võimaldaks ellu viia teadustegevusi materjaliteaduste valdkonnas eesmärgiga kõrgetasemeliseks puitmaterjalide uuringuteks.

Vastu on võetud Eesti metsasektori uurimis- ja arendustegevuse strateegia 2008–2013, kuid hetkel puudub ülevaade strateegia täitmise edukusest.

Tabel 72. Ettevõtete kulutused teadus- ja arendustegevusele, tuhat eurot. Allikas: Eesti Statistikaamet.

	2007		2008		2009		2010		2011	
	EVS ⁴⁰	EVV ⁴¹	EVS	EVV	EVS	EVV	EVS	EVV	EVS	EVV
Põllumajandus, metsamajandus ja kalapüük	101,3	59,4	274,8	50,8	64	93,9
..puidutöötlemine, paberitootmine, trükindus ja paljundus	2020,4	30,8	456,6	6,1	321,3	413,3	1990,3	273,3	566,6	165,5

. Andmete avaldamist ei võimalda andmekaitse põhimõte.

2012 algatatud kõrgharidusreformi, teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia koostamine annavad võimaluse sihistada ja luua võimalused metsatööstuse arendamiseks, eelkõige puitmaterjalide kasutus- ja tootmisvõimaluste arendamisel (Tabel 83ja Tabel 84).

8.2.3. Puidu kasutamine ehituses ja süsiniku ladustamine

Puidu kasutus ehitistes on üheks võimaluseks vähendada ehitussektori süsinikuheitmeid ja samaaegselt väärtustada kohalikku toorainet. Järgnevalt käsitleme võimalikku puidukasutuse potentsiaali ehituses, seda nii siseriiklikul kui ka ekspordi tasandil.

Puidu kasutus siseriiklikult

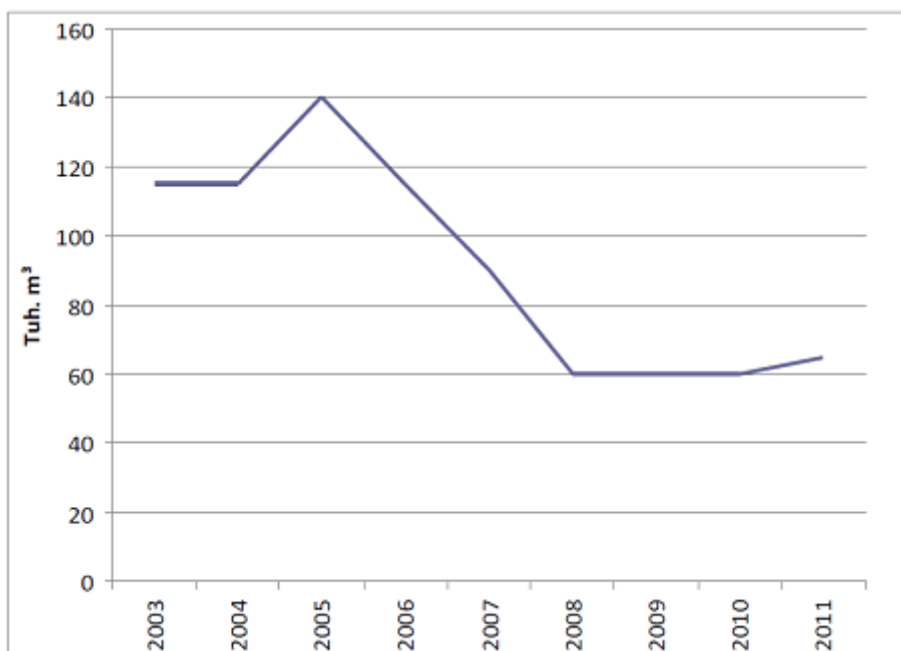
Hinnanguliselt on Eestis olemasolevates ehitistes seotud 7,6 miljonit tonni süsihappegaasi (Riistop 2012), millest enamus – 5,4 miljonit tonni – pärineb enne 1945. aastat rajatud hoonetes.

Aastast 2008 on puidu kasutuse ehituses hinnatud ligikaudu 60 000 m³/a (vt joonis 79, EMPL 2012).

Riistop (2012) on hinnanud eluruumideks ehitatavate puitmajade puidukuluks 0,2 m³/m², puidust mittelehoonetel 0,1 m³/m². Võimalik asendusefekt ehk ehitise süsinikujalajälje ja CO₂ emissiooni vähenemine seonduvalt puidu kasutamisega võib olla võrreldes teiste energiamahukamate materjalide kasutamisega mitmekordne (vt nt Sathre ja O'Connor 2010). Siinkohal on oluline osa ka Eestist väljaspool oleva reostuse või nn „reostuse ekspordi“ vähenemisel, kuna mitmed ehitistes kasutatavad detailid on toodetud teistes riikides.

⁴⁰ EVS – ettevõttesisesed kulutused

⁴¹ EVV – ettevõttevälised kulutused



Joonis 79. Puidu kasutamine ehituses, tuhat m³.

Allikas: EMPL 2012

Et olemasolevat elamufondi hoida ja säilitada, tuleks igal aastal juurde ehitada või rekonstrueerida minimaalselt 1/60 olemasolevast elamufondist – 670 000 m² (Peterson jt 2012). Aastal 2011 anti kasutusse 518 409 m² eluruumide pinda, sh uusehitistena 205 923 ja laiendamise kaudu 43 860 m², perioodil 2005 kuni 2010 oli see vahemikus 237 800 kuni 566 700 m². Ehkki elamufondi uuendamine võib jääda määratud vajadusest väiksemaks, on potentsiaalne puidukasutus (0,2 m³/m²) 60 000 – 120 000 m³/a, olenevalt renoveeritavate pindade osakaalust ja eeldusel, et uusehitistena rajatakse vähemalt pool vajalikust pinnast.

Mitteeluhuoneid lisandus perioodil 2005–2010 iga-aastaselt 50 000 – 300 000 m² (Toomark 2012). Arvestades ülaltoodud puiduvajadusega (0,1 m³/m²), moodustaks see puidukasutuse 5 000 kuni 30 000 m³/a.

Ehitiste puidus seotud CO₂ arvutamiseks on lähtutud Riistopi (2012) hinnangust keskmise puidu tiheduse kohta (435 kg/m³), puidu süsiniku sisalduseks on võetud 50% (mh lähtudes NIR 2012 kasutatavast meetodikast) ning süsinikust CO₂ massi saamiseks on see korrutatud 44/12-ga.

Seega on 65 000 – 150 000 m³ puidu kasutamisel ehitistes võimalik siduda 51 838 – 119 625 t CO₂/a. Teisalt, 2008. aastale eelnevad andmed näitavad oluliselt suuremat võimalikku puidukasutust, mis oli ka seotud tollase ehitusbuumi aegse olukorraga, kus valminud eluruumide pind 2007. aastal (500 000 m²) langes märgatavalt 2009. aastaks (200 000 m²) (vt Toomark 2012).

Puitehitised ekspordiks

Eestist eksporditi puitehitisi aastatel 2009–2011 vastavalt 133 000, 172 000 ja 202 000 m³ (EMPL 2012).

Arvutades sarnaselt ülaltoodule nendes toodetes seotud CO₂ kogust, on tulemuseks vastavalt 106 068, 137 170 ja 161 095 t CO₂⁴².

Puitmajade tootmis- ja ekspordimahud on pidevalt suurenenud, kasvades 91,2 miljonilt eurolt 2009. aastal 136,9 miljoni euroni 2010. aastal. Samuti on pidevalt tõusnud suuremat lisandväärtust andvate puitmajade osatähtsus, vaatamata mõningasele tagasilöögile 2009. aastal. 2010. aastal moodustas see 12,8% puidu ja puittoodete ekspordist (Aastaraamat Eesti Mets 2010).

Nii siseriikliku kasutamise kui ka ekspordi puhul on toodud mahtude juures võimalik toorainena kasutada Eestist pärinevat puitu kõigi metsanduse stsenaariumide korral ja puudub vajadus täiendava puidu impordiks.

Sotsiaalmajanduslik hinnang

Puitmajasektoris tegutseb Eesti Puitmajaliidu andmetel ligikaudu 140 ettevõtet (Eesti Puitmajaliit 2013). Töötajate arv oli 2011. aastal kogu sektoris 2910 inimest, müügitulu 219 miljonit eurot, tööjõukulu 16,5 miljonit eurot ning puhaskasum 7,8 miljonit eurot. Viimaste aastate arengud näitavad, et sektori müügitulu kasvab ca 15% aastas.

Ehitussektori osakaal SKP-st peaks moodustama minimaalselt 7,5–8%, seda eelkõige nõukogude ajast pärineva elamufondi ja taristu seisukorda arvestades; 2010. ja 2011. moodustas see vastavalt 5,8 ja 6,3%, ehitusbuumi ajal 2007. aastal oli vastav näitaja 9,3% (Peterson 2012). Ehitustööde kogumaksumus eluhoonete ja mittelehuonete rajamisel jooksevhindades oli perioodil 2005 kuni 2010 vahemikus 1275 kuni 2757 mln eurot (Statistikaamet 2012).

2011. aastal oli ehitussektoris 59 000 töötajat, kellest 35 500 tegutses hoonete ehitusel (2007. a ulatus see 50 000-ni 80 000-st). Eesti ehitussektoris prognoositakse aastateks 2012–2020 42 000 kuni 47 000 töötajat, juurde vajatakse 935 kuni 1200 oskustöölist aastas (3% kogu tööjõust). Probleemaatiliseks on hinnatud ehitussektori tööjõu olukorda – kutsekoolitusega on ligi 50% ehitustöölised ja järgneva 20 aasta jooksul vajab sektor senise tööliiskonna asendamist. See eeldaks 1300–1400 kutseharidusega ehitustöölise koolitamist aastas, hetkeseis on aga 900–1000. Ehitustöötajate erialase struktuuri alusel on neist ligi 7,3% ehituspusepad ning 2011. aasta seisuga õppis riikliku õppekava järgi seda eriala 224 õppurit. (Peterson 2012). Märgitud asjaolud näitavad vajadust ehitusalaste erialade populariseerimiseks ja vastavate võimaluste loomiseks, samuti täiendkoolituseks (vt tabel 84).

Ehkki ehitussektor on suuresti orienteeritud siseturule, aitaks kvaliteedi kasv oskustööjõu lisandumisel edendada muuhulgas nii puidukasutust kui ka sisenemist välisturgudele. Praegust ehitussektorit iseloomustab ka suhteliselt madal puidukasutus, kuid täpsema hinnangu andmiseks on vajalik ülevaate koostamine ehitistes kasutatavate materjalide kohta.

⁴² Nii siseriikliku kui ka ekspordiks minevate ehitiste juures tuleb arvestada, et ehitistes kasutatav puit pole üksnes Eestis raiatud ja seeläbi võib selle roll Eesti KHG bilansi hindamisel olla imporditud arvult väiksem.

Oluline on ka puidust materjalide laiem propageerimine, mis aitaks kaasa puidu kasutamise eelistamisele teiste energiamahukate materjalide asemel. Eesti Metsa ja Puidutööstuse Liit on puitehitiste tootmise ja kasutuse edendamiseks alustanud nn Puuinfo programmiga, loodud on Eesti Puitmajaliidu puitmaju eksportivate ettevõtete klaster, samuti on vastu võetud Eesti metsasektori uurimis- ja arendustegevuse strateegia 2008–2013. Kindlasti aitaks selle elluviimisele kaasa ka avaliku sektori tegevus, nt nii ametiasutustele kui ka riigiettevõtetele uute hoonete rajamisel eelkõige puidu eelistamine (üheks võimalikuks heaks näiteks oleks olnud Eesti Rahvamuuseumi kavandamine ja ehitamine puitmaterjalist).

Kõigi stsenaariumide korral eeldatakse puidu kasutamist ehitusmaterjalina võimaliku maksimaalse mahu ($150\,000\text{ m}^3\text{ a}^{-1}$) piires, arvestades Eesti elamufondi uuendamisvajadusi ja mitteeluhoonete ehitusmahte. Eksporditavates puitehitistes kasutava puidu mahu suurenemist prognoositakse 15% aastas kuni 2020. aastani, võttes aluseks 2011. aastal kasutatud puidukoguse – $202\,000\text{ m}^3$ (2020. aastal vastavalt $505\,000\text{ m}^3$). Seejärel puitehitiste tootmise maht stabiliseerub.

Ekspordipotentsiaal on vastavalt Eesti Puitmajaliidu hinnangule 15% aastase müügitulu kasvu korral 2020. aastal 420 mln eurot aastas, moodustades puidupõhistest toodetest suurima ekspordikäibega kaubagrupi ning suurendades ekspordi mahtusid 2011. aastaga võrreldes ligikaudu 200 mln eurot.

Seotava süsiniku maht Eestis ja ekspordiks kasutatavates hoonetes on vastavalt puidu kasutusele 2020. aastal ja edaspidi ($655\,000\text{ m}^3\text{ a}^{-1}$) $142\,000\text{ t C a}^{-1}$ või $522\,000\text{ t CO}_2\text{ a}^{-1}$.

8.2.4. Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused

Olulisemateks metsandusega seotud EL-i tasandi algatusteks on [Euroopa Liidu metsandusstrateegia](#) (Euroopa metsandusstrateegia: üldine raamistik. Euroopa Parlament, 2008) ja [Euroopa Liidu metsanduse tegevuskava](#) (2007-2011; European Union forest action plan. European Union, 2011). Käesolevas kontekstis on EL-i metsanduse tegevuskava tähtsamateks punktideks 6. (UNFCCC ja Kyoto protokollil alusel võetud kliimamuutuse leevendamist käsitlevate kohustuste täitmisele kaasaaitamine EL-is ja kliimamuutuse mõjudega kohanemise edendamine) ja 12. põhimeede (linnades ja linnade lähipiirkondades asuvate metsade potentsiaali uurimine). 2013. aasta kevade seisuga jätkuvad konsultatsioonid strateegia uuendamiseks ja uue tegevuskava koostamiseks, samuti tegeletakse liikmesriikidele siduvaid kohustusi andva kokkuleppe koostamisega.

Järgmised eesmärgid seatakse aastaks 2020, mille hulgas on kliimamuutuste leevendamine CO₂ sidumise ja süsiniku akumulierimise (puidu kui süsinikku akumulieriva materjali kasutamine) ning fossiilkütustele aseaine pakkumise (puidu eeliskasutamine teiste energiamahukate materjalide asemel) kaudu. Viidatud dokumendis on probleemide ja väljakutsetena nimetatud

- metsade kohandumist võimalike kliimamuutustega;
- optimaalse tasakaalu leidmist puidu raietele ja kasutuse määradele;
- metsade elurikkuse, süsiniku sidumise ning akumulierumise jt ökoloogiliste teenuste potentsiaali säilitamist või suurendamist;

- andmevahetuse ja andmete kogumise paremat koordineerimist EL-i üleselt;
- vajadust välja töötada meetmed ja regulatsioonid, mis võimaldavad toetada puidu ja puidust toodete kasutamist säästliku ja kliimasõbraliku materjalina, arvestades siinkohal võimalust asendada teisi süsinikuintensiivseid materjale.

Vajalike meetmetena on vastav töögrupp välja pakkunud riiklike strateegiate ja teadusuuringute teostamist kliimamuutustega kohanemiseks ning vajadusel ennetavate meetmete (sh metsa- majandusviiside muutmine) rakendamist.

Metsanduse ja laiemalt LULUCF-i sektori kui terviku osas on oluliseks alusdokumendiks ka **Euroopa Komisjoni ettepanek maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsandusega seotud tegevusest tuleneva kasvuhoonegaaside heite ja sidumise arvestuseeskirjade ja tegevuskavade kohta** (Proposal for a Decision on accounting rules and action plans on greenhouse gas emissions and removals resulting from activities related to land use, land use change and forestry. European Commission, 2012), mille üheks aluseks on detsembris 2011 Durbanis toimunud ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni 17. konverentsil tehtud otsused. Muuhulgas on Komisjoni ettepanekus märgitud:

„LULUCF sektor kujutab endast netoneeldajat, mis seob atmosfäärist kasvuhoonegaase määral, mis vastab märkimisväärsele osale EL-i koguheitest“.

Ettepanekuga reguleeritakse ja täpsustatakse LULUCF-i sektori süsinikureservuaaride ja kasvuhoonegaaside, puittoodetes seotud süsiniku koguse ja selle vabanemise, metsa majandamise alla kuuluva ala, sookuivendamise ja taas-soostamise ning looduslike häiringute arvestust. Energiamajanduse heitkoguste arvestust puudutab järgnev ettepaneku osa: liikmesriigid kajastavad arvestuses heidet raietoodetest, mis raiuti energia saamiseks ning võtavad arvestuse tegemisel aluseks kohese oksüdeerumise meetodi. Samuti kohustatakse liikmesriike koostama maakasutus- ja metsandussektori tegevuskavasid.

Üldiseks põhimõtteks on seatud, et maakasutus- ja metsandussektoris toimub inimtekkeline kasvuhoonegaaside heide ja sidumine selle võrra, kuidas muutub taimestik ja mullas talletunud süsiniku kogus. Eesti kontekstis on siinkohal väga oluline metsade ja nendes seotud süsiniku tagavara säilimine.

Ühtlasi sätestatakse tingimus, et juhul, kui ilmuvad paremad meetodid, mis võimaldavad liikmesriikidel võrdlustasemeid oluliselt täpsemini arvutada või kui liikmesriikidele kättesaadavate andmete kvaliteet oluliselt paraneb, edastab asjaomane liikmesriik Euroopa Komisjonile läbivaadatud võrdlustaseme ettepaneku, milles on viivitamatult arvesse võetud kõnealuseid muudatusi.

EL-i bioloogilise mitmekesisuse strateegia aastani 2020 (Meie elukindlustus, meie looduskapital: ELi bioloogilise mitmekesisuse strateegia aastani 2020. Euroopa Komisjon, 2011) üheks peaeesmärgiks on peatada 2020. aastaks EL-is bioloogilise mitmekesisuse vähenemine ja ökosüsteemi teenuste kahjustumine ja need võimaluste piires taastada, suurendades EL-i panust maailma bioloogilise mitmekesisuse vähenemise ärahoidmisesse. Selleks säilitatakse ja parandatakse 2020. aastaks ökosüsteeme ja ökosüsteemi teenuseid: luuakse roheline infrastruktuur ning taastatakse vähemalt 15% kahjustatud ökosüsteemidest. Metsade osas on seejuures sätestatud, et 2020. aastaks on kõigi riigimetsade ja selliste teatava suurusega (määrab kindlaks liikmesriik või piirkond ning see esitatakse

maaelu arengukavas) metsandusettevõtete jaoks, mida rahastatakse EL-i maaelu arengupoliitika raames, kehtestatud metsamajandamiskavad või samaväärsed vahendid, mis on kooskõlas metsade säästva majandamisega, et parandada mõõdetavalt selliste liikide ja elupaikade kaitsestaatust, mis sõltuvad metsandusest või mida see tegevusala mõjutab, ning ökosüsteemi teenuste pakkumist võrreldes EL-i 2010. aasta võrdlustasemega.

Eesti „Metsanduse arengukavas aastani 2020“ (MAK 2020) on seatud neli peamist eesmärki:

- pikaajalise konkurentsivõime tagamine;
- keskkonna parandamine ja kaitse;
- elukvaliteedi parandamine;
- kooskõlastamise ja teabevahetuse soodustamine.

MAK 2020-s on hinnatud selle vastavust ülaltoodud tegevuskavadega, mille kohaselt tuleb metsapoliitika kujundamisel üha enam arvestada valdkondadevaheliste teemade ning nendevahelise kooskõlastamise vajadusega, parandada metsandussektori konkurentsivõimet ja soodustada metsade head majandamist.

MAK 2020-le koostatud **keskkonnamõju strateegilise hindamise aruandes (KSH)** on esitatud Mart Külviku töödest *“Eesti ja rahvusvaheliste poliitikate vastavusest metsade kaitsele”* ja *„Rahvusvahelistest kohustustest metsade kaitse valdkonnas“* (Eesti Maaülikool, Tartu, 2009) pärinev järeldus **Eestis kehtiva metsaseaduse** ning rahvusvaheliste lepete vastavuse kohta: “Seadus reguleerib hästi metsa põhifunktsioone peale ühe – mets kui süsiniku sekvesteerija ja reservuaar on jäänud seaduses tähelepanuta. Sellest tulenevalt ei vasta Metsaseadus ka näiteks ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioonile (UNFCCC) ja Kyoto protokollile” (vt MAK KSH peatükk 4.3). KSH ei ole hinnanud raiemahtude suurendamise **mõju süsiniku reservuaarile ja selle muutustest lähtuvatele emissioonidele**, mis on käesoleva analüüsi keskseks kohaks, arvestades sh kasvuhoonegaaside aruandluse meetodikat ja E. Pärdi/Keskkonnateabe Keskuse poolt koostatud hinnangut tagavara muutustele, mis lähtub MAKi raames koostatud puidupakkimise prognoosidest.

Looduskaitse arengukava aastani 2020 (LAK 2020) peamiseks sihiks on seatud metsaelupaikade kaitse tagamine (sh rangelt kaitstavate metsade tüpoloogilise esinduslikkuse täpsustamine, vajakute hindamine ja realiseerimine, põlismetsaliikide elupaiganõudluse uurimine). Samuti on määratletud, et puitu varutakse viisil ja ulatuses, mis tagab metsade elustiku mitmekesisuse, tootlikkuse, uuenemisvõime, elujõulisuse ning potentsiaali praegu ja ka tulevikus. Majandatavates metsades on oluline täiendavate, metsaelustiku säilimist toetavate piirangute järgimine metsa majandamisel, nagu seemnepuude, elus ja surnud säilikpuude (elustikupuude) jätmine, monokultuurpuistute vältimine, metsade väetamisest loobumine, ohtlike taimekaitsevahendite (glüfosaatide) mittekasutamine, uute kuivendussüsteemide rajamise vältimine. Meetmetena arendatakse toetussüsteeme, mis kompenseeriksid metsapiirangutest tingitud kulud maaomanikele kaitsealadel väljaspool Natura 2000 alasid.

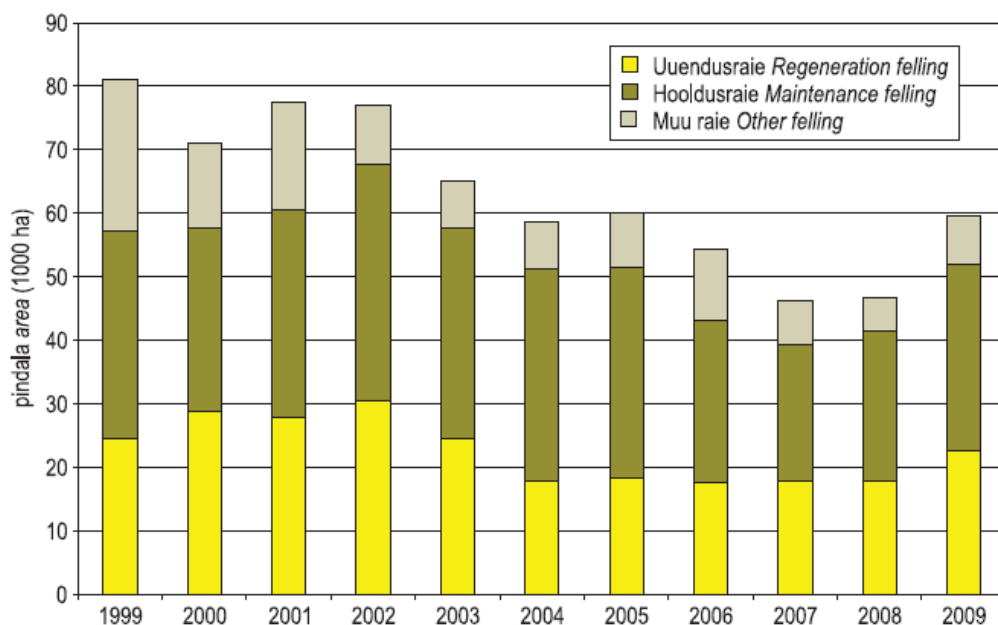
8.2.5. Stsenaariumid ja nende eeldused

Analüüsiks koostatud stsenaariumid lähtuvad kolmest raiestsenaariumist: 8, 12 ja 15 mln tm aastas. Neist esimene (raiemahd 8 mln tm aastas) stsenaarium lähtub viimase kümne aasta keskmisele ligilähedasele raiemahust ning ülejäänud põhinevad MAK 2020 raames määratletud raiemahtudel. Jätkusuutliku metsamajanduse peamiseks kriteeriumiks on pikas perspektiivis seatud metsaressursi võimalikult ühtlane kasutamine juurdekasvu ulatuses. MAK 2020 järgi on pikaajaliseks jätkusuutlikuks eesmärgiks kasutada 12–15 mln m³ metsamaterjali aastas. Täiendavalt käsitletakse analüüsis võrdlusena kahte äärmuslikku stsenaariumit: potentsiaalset raiemahtu 22 mln tm aastas ja 0 tm aastas. Alljärgnevalt antakse ülevaade metsade raiepotentsiaalset erinevate stsenaariumide korral.

Aastate 2009 ja 2010 **raiemahud** olid vastavalt 6,1 ja 6,6 mln tm a⁻¹ (NIR 2012) ning 2011. aasta raiemaht oli hinnanguliselt 7 mln tm (NIR 2013). Keskkonnateabe Keskus on 2010. ja 2011. aasta tegelikku raiemahtu hinnanud 9 mln tm-le (Keskkonnateabe Keskus 2012). Raiemahtude suurenemist võib takistada nii erametsaomanike vähene huvi oma metsade raie suhtes kui ka RMK raiemahtude vähenemine. Vastavalt riigimetsa seisundi ja puidukasutuse prognoosile aastateks 2011–2040 (Riigimetsa seisundi ja puidukasutuse prognoos aastateks 2011–2040. Keskkonnateabe Keskus 2011) väheneb RMK metsade raiutav tagavara 2,55-lt miljonilt tihumeetrilt 1,81 miljoni tihumeetrini ehk 29%. Aasta 2013 tulemused annavad võimaluse hinnata, kas 2012. aastal sisse viidud maksusüsteemi muudatused toovad kaasa raiete suurenemise erametsadest⁴³. Seniste raiemahtude põhjal ei ole tõenäoline, et raiemahud suureneksid 12 või 15 mln tihumeetrini aastas ilma olulise kokkuostuhindade tõusu või muude meetmete kasutuselevõtuta. Seega võib eeldada, et erametsaomanike metsa raie jääb senisele tasemele.

Alates 2007. aastast on raie mittemetsamaadel kasvanud hinnanguliselt ligikaudu 350 000 tm-ni aastas (EMPL 2012), käesolevas töös hinnatakse raiemahtude pikaajalist potentsiaali nendelt aladelt 250 000 tm/a. Sellele lisaks prognoositakse alates 2020. aastast perioodil 1990–2020 metsastunud maadel raie teostamist mahus 50 000 kuni 80 000 tm/a (peamiselt harvendusraie). Uuendusraie maht ja pindala oli perioodil 2000–2008 5,85 milj m³ ja 22 400 ha aastas (SMI 2000–2008). MAK 2020 eesmärgiks on seatud jõuda 2020. aastaks 10,1 milj m³ ja 34 500 ha aastas. Uuendusraiet lubavatele kehtivatele kriteeriumidele vastab praegu kolmandik metsadest ja veel 10% saavutab selle lähima kümne aasta jooksul (MAK 2020) (vt joonis 80).

⁴³ 2012. aastal muutunud tulumaksuseaduse üldpõhimõtte kohaselt saab nii raieõiguse kui ka metsamaterjali müügitulust maha võtta kulud, mis metsaomanik teeb metsa majandamiseks.



Joonis 80. Metsaraiete pindala aastatel 2000–2010.

Allikas: Aastaraamat Mets 2010, Keskkonnateabe Keskus

Üheks olulisemaks komponendiks raieresursside ja süsinikubilansi prognoosimisel on **muutus metsa ja selles seotud süsiniku tagavaras**. Selleks, et anda täpsem hinnang metsade tagavara muutumisele erinevate puidukasutuse stsenaariumide korral, koostas Keskkonnateabe Keskuse ekspert Enn Pärt vastava analüüsi, mida täiendati 2013. aastal, arvestades seniseid trende raiesmike uuenemisel.

Stsenaariumides pakutud raiemahtude 15 ja 22 mln tm/a puhul lähtuti aktiivse puidupakkumise optimaalsest ja maksimaalsest puidukasutusest, raiemahtude 8 ja 12 mln tm/a korral lähtuti mõõduka puidupakkumise optimaalsest puidukasutusest, sealjuures raiemahu 8 mln tm/a korral vähendati uuendusraiate võimalikku mahtu järgnevalt: männikud ja kuusikud 20%, kaasikud 40%, haavikud ja sanglepikud 50% ning hall-lepikud 60%. Vastavalt võimalikele muutustele raiemahtude osas, hinnati ümber ka puidupakkumise potentsiaal ja anti sellest lähtuvalt hinnang puidu kasutusele. Viidatud analüüsis võeti andmete aluseks SMI 2008 aasta aruanne, mille järgi on metsamaa pindala 2197,4 tuhat ha (eeldati, et see pindala ei muutu) ja kasvava metsa tagavara 442,5 miljonit tm (201 tm/ha). Võrreldes NIR 2012 toodud metsamaa pindalaga (2192,2 tuhat ha) on see 0,2% võrra suurem.

Metsamaa muutuste hindamisel prognoositi arenguid, kus jätkub rohumaade metsastumine viimase 20 aasta trendide jätkumisena (ca 1000 ha aasta), HIGH CO2 stsenaariumi korral võetakse metsamaad kasutusele põllumaadena. Emissioonid seonduvalt metsamaade muutmisega asustusaladeks on toodud alapeatükis „Asustusalad“.

Euroopa Metsainstituudi koostatud Euroopa metsainfo stsenaariumimudeli EFISCEN (*The European Forest Information Scenario Model*) tulemusi otsustati käesolevas töös mitte kasutada, vaid jääda Keskkonnateabe Keskuse koostatud analüüsi juurde. EFISCEN mudeli peamiseks puuduseks on see, et ta on arendatud ühealiste majandusmetsade jaoks ja kõrvalekalded sellest (nt erivanuselise

koosseisuga, majandamata või püsimetsa puistute esinemine, mis on just iseloomulikud Eestile) vähendavad mudeli abil leitud tulemuste usaldusväärsust (Mantau jt 2010, Švilponis 2011).

Võimalikke trende metsanduses võrreldi Soomega, kus puidu juurdekasv ja tagavara on olemasolevates metsades pidevalt suurenenud ning raiemaht on ca 2/3 juurdekasvust.

Analüüsi käigus täpsustati turvasmuldadelt lähtuvat emissiooni, mille osakaal metsamaadest on ligikaudu 22% (490 510 ha, NIR 2012). Arvestades Soome kasvuhoonegaaside aruandes 1990–2010 kasutatavaid **emissioonifaktoreid** (olenevalt kasvukohatüübist 1,85 – 4,26 t C ha⁻¹ a⁻¹ (statistiline veapiir ±9,1-25,7%)), on Eestis 2012. aastal kasutatud vaikumisi väärtus 0,16 t C ha⁻¹ a⁻¹ (±200%) tõenäoliselt alahinnatud. Vastav hinnang põhineb Rootsis ja Soomes läbi viidud mõõtmis- ja modelleerimistulemuste andmetel, mis sarnaste kliima tingimuste ja mullastiku omaduste juures on mitme- kuni mitmekümnekordsed võrreldes vaikumisi antud emissioonifaktoriga. 2013. aasta Eesti KHG aruande koostamisel on otsustatud üle minna Rootsi emissioonifaktoritele, millest on lähtunud ka käesolevas töös (vastavalt 0,57 t C ha⁻¹ a⁻¹).

Soome ja Rootsi KHG aruannetes 2010. aasta kohta on hinnatud mineraalmuldadel süsinikuvaru suurenemist vastavalt 0,09 ja 0,16 t C ha a⁻¹, hinnangud põhinevad vastavatel uuringutel ja Yasso07 mudeli alusel tehtud arvutustel (Rootsi NIR 2012, Soome NIR 2012). Ka siinkohal kasutatakse Keskkonnateabe Keskuse hinnangule tuginevalt Rootsi emissioonifaktorit.

Surnud puitu seotud süsiniku koguse muut oli perioodil 1990–2010 keskmiselt 0,04 t C ha⁻¹ a⁻¹. Keskkonnateabe Keskuse soovitusel kasutatakse emissioonifaktorit 0,05 t C ha⁻¹ a⁻¹, mis sisaldab ka osaliselt varise süsinikku, mida varasemalt ei ole arvestatud.

Biomassis seotud süsiniku arvutamisel lähtutakse NIR 2012 kasutatavast metoodikast.

Rohumaade metsastamisel on arvestatud, et 88% toimub mineraalmaadel ja 12% turvasmuldadel paiknevate rohumaade arvelt. Emissioonide arvestamisel on lähtutud Eesti NIR 2012 emissioonifaktorist -8,84 t CO₂ ha. Metsamaade põllumaadena arvelevõtmisel on arvestatud, et see toimub mineraalmuldadel, kasutatud on emissioonifaktorit 21,87 t CO₂ ha vastavalt Eesti NIR 2012 metoodikale.

Eesti NIR 2013 andmetel kasvab metsastunud maadel (ligikaudu 61 300 ha) enamuspuuliigi alusel mänd (26%), kuusk (24%) ja kask (50%). Kui eeldada, et juurdekasv metsastunud maadel on sarnane Eesti keskmisega (männil 4,45, kuusel 7,15 ja kasel 5,15 tm/a; Aastaraamat Mets 2010), on aastaseks juurdekasvuks vastavalt 334 000 tm ehk 130 000 t C⁴⁴ a⁻¹. Eesti KHG inventuuriaruannete põhjal on perioodil 2000–2010 olnud biomassi ja selles seotud süsiniku lisandumine aktiivne eelkõige metsastunud rohumaadel, olles keskmiselt 1,3 t C ha a⁻¹, kuid alates 2008. aastast on toimunud oluline langus ning 2010. aastal oli süsinikuvaru suurenemine vaid 0,15 t C ha a⁻¹.

Riikliku KHG inventuuriaruande (NIR 2012) põhjal oli metsastunud rohumaaid 24 210 ha, mis seovad 78% metsastunud maadel akumulunud süsinikust (-502 600 t C). Metsastunud põllumaadel (16

⁴⁴ Biomassis seotud süsinikuhulga (C) arvutamisel on arvestatud ka juurestikus ja okstes seotud osaga vastavalt NIR 2012 kasutatud metoodikale.

480 ha) lisandus 2011. aastal 66 510 t C, perioodi 2000–2010 keskmine süsinikusidumine oli 0,24 t C ha a⁻¹. Võimalik aastane juurdekasv põllu- ja rohumaadel on vastavalt 90 000 tm (35 000 t C) ja 121 000 tm (47 000 t C). Teiste maakateooriate arvel metsastunud maad moodustasid kokku 20 490 ha, biomassis lisanduva süsiniku hulk oli 2010. aastal 71 100 t ning perioodil 2000–2010 oli keskmiseks biomassi lisanduva süsiniku hulgaks 0,17–0,24 t C ha a⁻¹. Metsastunud aladel edasiste muutuste prognoosimisel lähtutakse seega eeldusest, et 2010–2050 on võimalik juurdekasv nendel aladel 334 000 tm ehk 130 000 t C a⁻¹ ja raiemahud jäävad 25% piiresse juurdekasvust ehk 83 500 tm/a. Süsiniku lisandumine biomassi jätkub tempos 0,21 t C ha a⁻¹.

Stsenaariumide hindamisel on lähtutud ka MAK 2020 metsamajandust käsitlevast osast, milles märgitakse muuhulgas, et stabiilne ja aktiivne kodumaise puidu kasutamine on nii metsasektori kui ka teiste sellega seotud sektorite jätkusuutliku arengu eelduseks.

Eesti metsadest pärineva **puidu kasutust** hinnati erinevates tööstussektorites ja tootegruppides lähtudes EMPL-i antud hinnangutest ja vastavast statistikast 2010. ja 2011. aasta seisuga (Aastaraamat Mets 2010, EMPL-i puidubilansi ülevaated (Švilponis 2012a ja 2012b), Eesti Statistikaamet, vt tabel 73). Eeldatakse, et puidu kasutus erinevates tootegruppides muutub vastavalt raiemahtude ja puidupakkumise muutumisele ning energiamajanduse vajadustele.

Tabel 73. Puit-, tselluloos- ja paberitoodete tootmine 2007–2011. Allikas: Eesti Statistikaamet.

	2007	2008	2009	2010	2011
Saematerjal, tuhat m ³	1554,7	1132,9	1127,7	1448,8	1503,5
sh okaspuu saematerjal, tuhat m ³	1438,1	994,3	1017,6	1318,6	1369,0
sh lehtpuu saematerjal, tuhat m ³	116,6	138,8	109,8	130,0	134,2
Liimitud vineer, tuhat m ³	35,5	..	21,8	39,1	42,5
Puitkiudplaadid, mln m ²	5,9	5,5	2,7	3,6	8,1
Puitlaastplaadid, tuhat m ³	275,4	251,0	133,5	204,3	206,9
Puidust ukсед, aknad, nende raamid, tuhat tk	3949,4	3932,7	3607,4	4146,7	5303,9
Liimpuit, tuhat m ³	240,5	183,3	220,9	289,3	329,1
Puidust kaubaalused, tuhat tk	3400,8	2813,8	1526,2	1608,8	1832,5
Puidust kokkupandavad ehitised, miljonit €	174,4	155,7	96,8	150,3	187,3
Tselluloos, tuhat t	64,0	61,6	60,5	72,8	70,6
Puitmass, tuhat t	121,2	138,6	138,6	148,0	150,8
Paber, tuhat t	61,7	60,5	57,9	69,5	67,6
Papp, tuhat t	10,4	7,9	3,9	6,6	6,4
Paberist, papist pakketaara, tuhat t	36,4	32,9	35,1	31,0	32,5
Etiketid, tuhat t	2,5	1,8	1,5	1,3	1,6
Paberist kantseleitarbed, miljonit €	28,64	20,1	18,6	17,7	17,7

BAU ja HIGH CO2 stsenaariumi puhul hinnatakse, et saetööstuse praegused vajadused on vastavalt tehtud investeeringutele kaetud. LOW CO2 stsenaariumi korral säilib ja tõenäoliselt suureneb vajadus toorme impordi järele. Toodangumahtude suurenemine on BAU stsenaariumi korral 2020. aastaks võimalik 80% võrra, misjärel raiutava puidu ressurss hakkab vähenema ja sellega seonduvalt kahanevad ka toodangumahud. Siiski jääb toodangu tase võrreldes 2010. aastaga 34% suuremaks.

HIGH CO₂ stsenaariumi korral on järgneva kümne aasta jooksul võimalik toodangumahte kasvatada 2,4 korda, seejärel hakkavad need ühes saadava puiduressursi vähenemisega langema, jäädes siiski kõrgemaks 2010. aasta tasemest. Kõigi stsenaariumide korral suureneb metsatööstuse ekspordipotentsiaal, samas suurenevad ka riskid toodete turustamisel ja pädeva tööjõu hankimisel. Sektor vajab olulisi investeeringuid HIGH CO₂ stsenaariumi realiseerumise korral.

Mahtude suurenemist prognoositakse sarnaselt saetööstuse arengutele – vastavalt suurematele raiemahtudele kasvab plaaditööstuse maht stsenaariumide BAU ja HIGH CO₂ korral, LOW CO₂ stsenaariumi puhul jääb see senisele tasemele või toimub kasv importtooraine mahu suurenemise ja eksporditava saematerjali vähenemise kaudu. Kahe esimese stsenaariumi korral vajab sektor lisainvesteeringuid, kuid olukorras, kus toimub saematerjali eksport, ei ole muutused raiemahtudes sektori arengule primaarse tähtsusega. Pigem on oluline puidu suurem väärindamine eksporditava toorme (töötlemata puit, saematerjal toorainena) arvelt, täiendava võimaluse annab imporditav materjal.

Käesolevas aruandes käsitletakse paberitööstuse tootmiskahtude ja lisandväärtuse jäämist senistesse piiridesse kõigi stsenaariumide korral. Tootearenduse, sh biokütuste koostootmise kaudu võib suurendada sektori lisandväärtust ja tooraine kasutamise osakaal oluliselt, seda soodustab ka kohaliku paberipuu olemasolu.

Seoses teiste sektoripõhiste stsenaariumide analüüsiga antakse hinnang **puidust toodetes seotavale süsiniku hulga**le, lähtudes muuhulgas Euroopa Komisjoni algatusest COM/2012/93 ja metsamaterjali transpordist tekkivatest emissioonidest.

Puidus seotud süsinikukoguse hindamisel lähtuti ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni jaoks koostatud aruandest (Submission of information ...), milles on hinnatud Eesti puidu päritolu ja sellest valmistatud puittoodetes seotud süsiniku kogust 2009. aastal 316 000 t, eeldusel, et imporditud osakaal on 15%. Aastal 2010 seotud süsinikukoguseks on vastavalt kasutatud metoodikale hinnatud 400 000 tonni.

Puittoodetesse seotud süsiniku ja vastavate emissioonide arvutamisel lähtutakse Kyoto protokollis metsanduse arvestusreeglite täpsustamisest ja vastavatest arvutustest perioodiks 2013–2020 (Report of the technical assessment of the forest management reference level submission of Estonia. UNFCCC 2011). Eesti referentstase metsa majandamise ja puittoodetes seotud süsiniku kohta on vastavalt UNFCCC kinnitatud arvutusele $-2,73 \text{ mln t CO}_2\text{-ekv a}^{-1}$, sh puittoodete arvestuslik mõju on hinnanguliselt $-999 \text{ 000 t CO}_2\text{-ekv a}^{-1}$. Arvutustes eeldatakse, et raiutava metsa pindala jääb konstantseks ja toodete struktuur praegusega sarnaseks kuni 2020. aastani. Ühtlasi arvestatakse puidus seotavat süsinikukogust alates 2010. aastast lähtuvalt sissevoolust ja vastava tootegrupi poolestusajast. Kuna puudub ülevaade senini Eesti puidust valmistatud toodetesse seotud süsiniku kogusest, arvestati 2010. aastal puittoodetes akumulieritud süsinikuvaru vaikumisi 0-ks ja käesoleva töö arvutused kirjeldavad prognoositavat akumulatsioonitempot. Puittoodetes seotud süsiniku arvutamisel lähtutakse viidatud raporti konversioonifaktoritest, mis on paberil 0,45 t C ühe tonni toote kohta, puitplaatidel 0,35, saepuidul 0,225 (okaspuu) ja 0,335 (lehtpuu).

Puittoodetest tuleneva heite suhtes kohaldatav esimese astme lagunemise funktsioon vastab riiklike KHG andmekogude koostamist käsitleva ÜRO valitsustevaheline kliimamuutuse nõukogu (IPCC) 2006. aasta suunistes esitatud valemile 12.1. Alltoodud valemit saab kasutada lisaks teadaoleva või prognoositava sissevoolu kaudu puittoodetes seotava süsinikukoguse arvutamisele ka vastupidi – vajamineva iga-aastase sissevoolu arvutamiseks, kui on teada soovitud puittootes seotud süsinikuvaru. Vaikimisi määratud asjaomane poolestusaeg põhineb COM/2012/93 juhistel (Proposal for a Decision on accounting rules and action plans on greenhouse gas emissions and removals resulting from activities related to land use, land use change and forestry. European Commission, 2012) ning on raietoodetel alljärgnev:

- 2 aastat paberil;
- 25 aastat puitplaatidel;
- 35 aastat saepuidul.

$$(A) \quad C(i+1) = e^{-k} \cdot C(i) + \left[\frac{(1 - e^{-k})}{k} \right] \cdot \text{Sisse-} \\ \text{vool}(i)$$

$$(B) \quad \Delta C(i) = C(i+1) - C(i),$$

i – aasta

$C(i)$ – raietoodete süsinikureservuaari süsinikuvaru alates aastast i , tuhat tonni C

k – esimese astme lagunemise funktsiooni lagunemiskonstant, väljendatuna aastates ($k \ln(2)$ HL, kus HL on raietoodete süsinikureservuaari poolestusaeg aastates)

Sissevool(i) – sissevool raietoodete süsinikureservuaari aastast i , tuhat tonni C a⁻¹

$\Delta C(i)$ – raietoodete süsinikureservuaari süsinikuvaru muutus aastast i , tuhat tonni C a⁻¹

Kliimamuutuste kontekstis on oluline **süsinikuvaru suurenemine puidust toodetes**, eelkõige pikaajalise kasutusega materjalides. Pikemas perspektiivis võib eeldada süsinikuvaru stabiliseerumist puittoodetes, kus seotud süsiniku hulk enam ei suurene, küll aga vajatakse täiendavat puitu, et asendada kasutusest väljaminevat puitu ja puittooteid uutega. Ideaalsetes tingimustes võetakse uus puit säästvalt majandatud metsadest, kus ka puidu biomassis seotud süsiniku hulk ei vähene. Samuti on oluline, et metsamuldades seotud süsiniku hulk ei väheneks, vaid oleks stabiilne ja metsade majandamisel rakendatav meetmeid selle taseme hoidmiseks. Võimalike kompenseerivate teguritena on nendelt aladelt raietud puidu puhul välja toodud kasutust pikaajalistes toodetes või biosöena põllumajandusmaadel, kuid see ei asenda siiski soode ja soomuldade rolli süsiniku siduja ja pikaajalise (tuhandete aastate kestel) talletajana.

Sathre ja O'Connor (2010) on analüüsinud erinevate materjalide ja fossiilsete kütuste asendamist puiduga ning leidnud, et väiksema energiakuluga puittoodete valmistamise, transpordi ja kasutamisega on võimalik oluliselt vähendada KHG emissioone. Need kahanevad ligikaudu 2,1 korda, kui energiamahukad materjalid ehituses asendatakse vastavalt ühe puidus seotud süsiniku tonniga, st emissioonid vähenevad 2,1 t C, kui võtta kasutusele üks tonn puitmaterjalist seotud süsinikku (t C).

Siiski varieerusid tulemused vahemikus 2,3 (st toimus süsiniku emissioon atmosfääri) kuni -15. See näitab, et efektiivsust on võimalik veelgi tõsta, samas on oht ka puidu kasutamisel emissiooni suurenemiseks võrreldes asendusmaterjalide kasutusega. Positiivse väärtuse ehk emissiooni põhjustas puitmaterjalide ladustamine prügilas, mis tõi kaasa metaani lendumise atmosfääri. Antud uurimus näitab, et hinnangute andmisel on oluline kogu toote eluea analüüs (vt näide 1) ja kasutuse määramine näiteks biokütusena pärast toote kasutusvõimaluste lõppemist. Biokütustena kasutamise korral määrati KHG vähenemise faktoriks 0,5 kuni 1.

Näide 1. Puittoodete elutsükli analüüsi üheks oluliseks osaks on **metsa ülestöötamise ja metsamaterjali transpordiga seotud süsiniku emissioon**. Selleks arvutati käesolevas analüüsis välja metsa ülestöötamise ja materjali veoga kaasnev diiselmootori kasutus ning sellest lähtuv CO₂ emissioon:

- lõppraie harvesteriga (tootlikkus 17,2 m³ h⁻¹ 12 l h⁻¹);
- väljavedu forvarderiga (15,9 m³ h⁻¹ 8,5 l h⁻¹) (Kilpeläinen jt 2011);
- transport (täiskoorem 44 t 57,25 l/100 km⁻¹, sh puidu mass 800 kg/tm; tühi koorem 45 l/100 km⁻¹).

Üks liiter diislikütust tekitab põlemisel ligikaudu 2660 g süsinikdioksiidi (Kasvuhoonegaasid ja liiklus 2012). Arvestades seda eeldust ja lähtudes eelviidatud uuringust, et raiemaht on 8,4 mln tm (6,72 mln t), transpordiks vajalik kilometraaž on 49 mln km ja kütusekulu on 20,1 mln l raie- ja väljaveole arvutatud kütusekulus, siis koguheide on 83 000 tCO₂a⁻¹ (vt tabel 74).

Tabel 74. Metsa ülestöötamise ja metsamaterjali transpordiga seotud süsiniku emissioon. Allikas: autorite arvutused.

	Läbisõit aastas (km)	Kütus (l)	CO ₂ heit- kogused (2660 g/l), t	Harvesteri kütuse- tarve l tootlikkus 17,2 m ³ h ⁻¹ 12 l h ⁻¹	CO ₂ heit- kogused (2660 g/l), t	Forwarderi kütusetarve l 15,9 m ³ h ⁻¹ 8,5 l h ⁻¹	CO ₂ heit- kogused (2660 g/l), t	Kokku CO ₂ heit- kogused, t
täiskoorem	24 569 943	12 144 923						
tühikoorem	24 569 943	8 700 217						
	49 139 886	20 845 140	55 448	5 860 465	15 589	4 490 566	11 945	82 982

Oluline on tagada, et energiamahukate materjalide ja fossiilkütuste asendamisel biokütuste ja puittoodetega säilib ka biomass ja mullastikus seotud süsinikuvaru. Vastasel korral on metsade süsinikubilans jätkuvalt negatiivne ja toimub CO₂ emissioon ning see ei leevenda pikas perspektiivis erinevate energia ja kliimapolitiikate eesmärke vähendada või pidurdada atmosfääris CO₂ kontsentratsiooni tõusu.

Alljärgnevalt antakse lühiülevaade stsenaariumidest, mida käesolevas töös metsamaa analüüsi raames põhjalikumalt vaadeldakse.

BAU stsenaarium

BAU stsenaariumi raames käsitletakse olemasoleva olukorra jätkumist 2012. aastal kehtivas seadusraamistikus ning arvestades MAK 2020 ja LAK 2020 eesmäärke.

Viimase kahekümne aasta raiete mahu põhjal võib prognoosida raiemahtude jäämist 7–9 mln m³ piirsesse, aastast juurdekasvu on hinnatud 12,175 mln m³ (NIR 2012), juurdekasvust väiksem raie on taganud ka metsanduse rolli süsiniku siduja ja akumulierijana. Seevastu riiklikud arengukavad on määratlenud järgnevas kümneks aastaks märksa suurema võimaliku raiemahu – 12–15 mln m³ aastas (MAK 2020). Stsenaarium lähtub MAK 2020 määratletud optimaalsest uuendus- ja harvendusraiate mahust 12 mln m³, antud mahtudeni jõudmist prognoositakse perioodil 2011–2020. Rangelt kaitstavate metsade osakaal on tõusnud 10%-ni metsamaa pindalast. Puidu kasutuse osas lähtutakse senistest trendidest ja eeldatakse mahtude suurenemist. Metsade tagavara väheneb, raiemahtudest tulenevat süsinikukadu biomassis kompenseerib teatud määral rohumaade arvelt lisanduv metsamaa (1000 ha aastas).

HIGH CO2 stsenaarium

HIGH CO2 stsenaarium lähtub hetkel kehtivatest raievanustest ja MAK 2020 määratletud maksimaalsest uuendus- ja harvendusraiate mahust 15 mln m³ (optimaalse raiemahu ülemine piir MAK 2020 alusel), antud mahtudeni jõudmist prognoositakse perioodil 2011–2020. Väheneb metsatagavara ja biomassis seotava süsiniku hulk. Raiemahtudest tulenevat süsinikukadu biomassis kompenseerib teatud määral rohumaade arvelt lisanduv metsamaa (1000 ha aastas), teisalt viiakse põllumajanduse intensiivistumise tõttu põllumaade alla tagasi 24 000 ha mineraalmuldadel paiknevat metsamaad, mis on samas suurusjärgus viimase 20 aasta jooksul toimunud metsastumisega. Puidu kasutuse osas eeldatakse mahtude hüppelist suurenemist.

LOW CO2 stsenaarium

Antud stsenaariumi kohaselt jääb raiemaht 8 mln tihumeetrini aastas. Oluline on metsade tagavara säilimine praegusel tasemel või suurenemine, et tagada biomassis seotava süsiniku koguse säilimine või suurenemine. Täiendava panuse annab rohumaade arvelt lisanduv metsamaa (1000 ha aastas). Süsinikuvoogude hindamisel lähtutakse metsakasutusele seotavatest (täiendavatest) piirangutest seonduvalt looduskaitsete vajakute katmise ja piirangute seadmisega – kaitstavate metsade osakaal on tõusnud 10%-ni metsamaa pindalast. Eelistatavalt kasutatakse puitu pikemaajalistes puittoodetes ja energeetikas. Metsatööstuse seniste mahtude säilimise juures tuleb ka tulevikus arvestada metsamaterjali impordiga.

Maksimaalse puidukasutuse stsenaarium

Maksimaalse puidukasutuse stsenaarium lähtub hetkel kehtivatest raievanustest ja potentsiaalsest raiemahust 22 mln m³, antud mahtudeni jõudmist prognoositakse perioodil 2011–2020. Väheneb metsatagavara ja biomassis seotava süsiniku hulk, raiega kaasnevad märkimisväärsed CO₂-

emissioonid. Raiemahtudest tulenevat süsinikukadu biomassis võib vähesel määral kompenseerida rohumaade arvelt lisanduv metsamaa (1000 ha aastas).

0-raie stsenaarium

0-raie stsenaariumi eelduseks on, et metsades raiet ei toimu ja selle tulemusel metsade tagavara läheneb praegustel metsamaadel maksimaalsele tagavarale. Täiendava panuse annab rohumaade arvelt lisanduv metsamaa. Metsamaadel seotava süsiniku abil saaks küll olulisel määral kompenseerida teiste sektorite KHG heitkoguseid, kuid raie lõpetamine võtaks metsatööstuselt ja energiamajanduse sektorilt võimaluse hankida kodumaist puitu.

8.2.6. Stsenaariumide rakendumisega kaasnevad riskid ja mõjud

Metsakahjustused ja kliimamuutus

Kõigi stsenaariumide korral on riskiks metsakahjustused. MAK 2020 on määratlenud järgneva: metsakaitseliste rakendusuringute maht on nii kahjustuste põhjuste, ulatuse kui ka vältimise ja tõrjevõtete aspektist pädevate otsuste langetamiseks ebapiisav. MAK 2020 raames koostati vastavasisuline hinnang M. Merenäkki poolt 2010. aastal – „Uuringud „Eesti metsade ressursianalüüsi“ tarbeks“. MAK 2020-s on selle kitsaskoha lahendamiseks planeeritud järgnev meede: juuremädanike levikust tuleneva majanduskahju analüüs, juhendmaterjalide koostamine ja kahjustuste vältimiseks ennetavate metsamajandusvõtete rakendamine, tähtaeg 2014.

Samuti on kõigi stsenaariumide osas riskiks äärmuslikest ilmastikunähtustest tingitud tormimurrud, mis võivad suurendada raiete koguseid, metsamajandust ja puittoodetesse seotava süsiniku mahtusid. Samuti esineb võimalus, et kliima muutusega kaasnevad metsade kahjustused, mistõttu otsustatakse raiemahte suurendada. Võimalik on raiemahtude teatav suurenemine soojemate ilmastikutingimuste ja sellest lähtuvalt suureneva juurdekasvu tõttu, samas võib soojenemisega kaasnev õhuniiskuse suurenemine oodatavat produktsioonitõusu vähendada või selle täiesti välistada (Tullus jt. 2012). Ka raiemahtude suurenemist võivad takistada äärmuslikud ilmastikuolud, näiteks külmade ja lumerohkete või soojade ja vihmaste talvede tõttu raskendatud ligipääs raiealadele.

Looduskaitse riskid

Paljude spetsialistide arvates on metsa-elupaikades, sarnaselt soo-elupaikadega, majandustegevusest lähtuv kiirete ja pöördumatute kahjustuste oht suurem, võrreldes teiste elupaigatüüpidega. Jätkusuutliku metsanduse tagamiseks on oluline analüüsida erinevate raiemahtudega kaasnevaid looduskaitse riskid. Keskkonnaministeerium esitas 2007. aastal Euroopa Komisjonile aruande, mille kohaselt ei ole 80% Eesti väärtuslike metsaelupaikade seisund soodne. Kuna MAK näeb ette raiemahtude suurendamist, siis kaasneb võimalik oht Natura inventeerimata ja väärtuslike metsaelupaiku hävimisele (MAK 2020 KSH). Metsamaastike fragmenteerumine ja kaitsealade isoleerumine on oluline keskkonnaprobleem, mis on äärmiselt negatiivset mõju avaldanud näiteks lendorava arvukusele (Timm ja Remm 2011), mistõttu tuleb otsida lahendusi metsakasutuse ruumiliseks planeerimiseks suuremal skaalal kui eraomandi piirid ja naabereraldised (Ülevaade Eesti

metsandusest 2009–2011. ELF, 2011). Antud teema on pälvinud laiemat tähelepanu ja Keskkonnaministeerium on võtnud eesmärgiks täiendada seiremetoodikat, hindamaks metsamajandamise mõjusid elurikkusele, mis hõlmaks ka tulundusmetsades toimuvat. Samuti on Tartu Ülikool hindamas seniste kaitsealade piisavust metsade loodusväärtuste kaitse tagamiseks ja algatatud on looduskaitse rakendusuuringud (Looduskaitse rakendusuuringud 2012). Täiendavalt on looduskaitse vajakute täitmiseks vajalik rangelt kaitstavate metsade tüpoloogilise esinduslikkuse täpsustamine, vajakute hindamine ja realiseerimine peamiselt olemasolevate kaitse- ja hoiualade arvelt 2020. aastaks.

Looduskaitse aspektist on oluline silmas pidada ka tingimust, et kui kaaluda võimalust suurendada raiemahtusid raievanuseid alandades, siis tuleks samal ajal suurendada rangelt kaitstavate metsade osakaalu, et säiliks metsadega seotud elurikkus (Lõhmus jt 2006), mis toob kaasa täiendavaid looduskaitse kulusid ning sellisel juhul väheneks ka potentsiaalne raiemaht.

Samuti on olulised raietüübist tulenevad looduskaitse riskid. Vastavalt MAK 2020 käsitletavale raiemahule 12–15 mln tm aastas suureneks uuendusraiate, sh lageraiete pindala poolteist kuni kaks korda, selle võimalike keskkonnamõjude osas on aga juba praegu mitmeid ohusignaale. Kuigi uuendusraiate pindala on vähenenud (vt joonis 80), on ilmnunud juhtumeid, kuidas praegune raie-tegevus metsaliikidele halvasti mõjub. Seega on olemasolevate teadmiste valguses raiemahtude hüppeline kasv problemaatiline.

Raietüübi ja rotatsiooniperioodi pikkuse mõju puistute süsinikusidumisele, puidupakkumisele ja metsade vanuselisele struktuurile

Eesti metsanduse planeerimisel on lisaks raiemahtude tõstmisele tehtud ettepanekuid ka raievanuste alandamiseks, mistõttu on alljärgnevalt antud teaduskirjandusele toetuv ülevaade lühikese ja pika rotatsiooniperioodi mõjust süsinikubilansile.

Raievanuste alandamise ja sellest tuleneva lühema rotatsiooniperioodi eeliseks peetakse suuremat majanduslikku kasu võrreldes pikema rotatsiooniperioodiga. Teisisõnu saab metsamaalt rohkem puitu, kuna mets raiutakse niipea, kui see saab raieküpseks ning seejärel pannakse kohe uus mets kasvama. Pikema rotatsiooniringi puhul läheb uue metsa kasvatamiseks kauem aega, kuna metsa ei pruugita raiuda kohe pärast raieküpsuse saavutamist. Samuti on vanemad metsad vastuvõtlikumad metsakahjustustele (nt mitmesugused seenhaigused), mis võivad vähendada puidu rahalist turuväärtust. Siinkohal on oluline märkida, et seenhaiguste levik sõltub lisaks metsa vanusele ka paljudest muudest teguritest (nt juurepessu levikut soodustab kevadsuvine raie ning see ohustab igas vanuseklassis puid) ning seega on vaja läbi viia täiendavaid uuringuid olukorra selgitamiseks ning võtta kasutusele preventatiivsed meetmed (Drenkhan jt 2008).

Samas on teatud eelised ka pikemal rotatsiooniperioodil, muuhulgas seoses süsinikusidumise ja kliimamuutuste leevendamise. Alljärgnev lühiülevaade on koostatud R. Olssoni (2011) kliimamuutusi ja metsandust käsitlevast töö „To manage or protect? Boreal forests from a climate perspective“ põhjal, mis põhineb peamiselt Rootsi metsanduse kogemustel ning mille väljaandmine toimus Rootsi Õhusaaste ja Kliima Sekretariaadi projekti raames. Rotatsiooniperioodi mõju metsade vanuselisele struktuurile ning puidupakkumisele on hinnatud Riigikontrolli 2010. aasta aruande

„Riigimetsa majandamise jätkusuutlikkus“ põhjal. Järgnevalt esitatakse taustainfo metsa peamiste süsinikuvarude kohta, käsitletakse lageraie ja harvendusraie mõju metsade süsinikubilansile, lühikese ning pika rotatsiooni efekti süsinikusidumisele ja kliimamuutuste leevendamisele, puidupakkumisele ning metsade vanuselisele struktuurile.

Raie käigus eemaldatakse metsast suur osa biomassis seotud süsinikust. Enamik metsas seotud süsinikust paikneb aga metsamullas (keskmiselt 5 kuni 10 korda rohkem süsinikku kui maapealses biomassis; hinnangud varieeruvad sõltuvalt allikast ja metsatüübist). Lageraie käigus eksponeeritakse vastav süsinikuvaru päikesekiirgusele ja hapnikule, mis põhjustab arvestatavaid emissioone. Vastav süsiniku lendumine võib jätkuda 15–20 aasta jooksul pärast raie teostamist ning selle kompenseerimiseks võib uuel metsapõlvkonnal kuluda 30–40 aastat, hoolimata metsauuenduse kiirusest (Grelle 2010 *op cit.* Olsson 2011). Seevastu harvendusraiel pole vastavaid mõjusid täheldatud (Lindroth 2009) ning metsade majandamine lageraiete asemel pideva väiksemahulise raie kaudu välistab suuremahulised lageraiest tulenevad emissioonid ning säilitab metsade pideva süsinikusidumisvõime. Samas muudaks vaid harvendusraie praktiseerimine keeruliseks raiejäätmete kogumise, mis raskendaks taastuenergeetika vajaduste täitmist puiduressursi osas. Rootsi näitel võib 10%-ne raie vähendamine suurendada süsiniku akumulierumist aastaks 2030 60% võrra (Olsson 2011). Harvendusraiate korral on raiejäätmete väljaviimata jätmine mullale heaks väetiseks, samuti on nende väljavedu ja kogumine ajamahukam, mistõttu ei pruugi see olla ka majanduslikult tasuv.

Luyssaert jt (2008) analüüsisid teaduskirjanduses ja andmebaasides avaldatud informatsiooni metsade süsinikuvoogude kohta (sh boreaalses kliimavööndis) ja jõudsid järeldusele, et metsad vanuses 15–800 aastat, ühes mullastikuga, on üldjuhul süsiniku sidujad. Kahesaja-aastaste ja vanemaaliste metsade puhul hinnati nende kogusidumist $2,4 \pm 0,8 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, sh $0,4 \pm 0,1$ seotakse tüvedes, $0,7 \pm 0,2$ varises ning $1,3 \pm 0,8 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ juurestikus ja mulla orgaanilise ainena. Vastav sidumise määr on samas suurusjärgus Eesti metsade keskmise juurdekasvuga seotava süsiniku hulgaga ($1,97 \text{ t ha}^{-1}$, arvestamata mullastikus seotava süsiniku hulka).

Modelleerimine on näidanud, et raieringi pikendamine 20% võrra suurendab 100-aastase perioodi jooksul süsinikusidumist biomassis 13% võrra ning mullas 10% võrra. Lühiajaliselt võib efekt olla isegi suurem. Ühelgi teisel majandamispraktikal pole nii suurt mõju metsade süsinikubilansile (Olsson 2011).

Rotatsiooni pikendamine vähendab energeetikaks ja puittoodeteks kasutatavat puiduhulka. Samas järeldub Soome majandamispraktikaid ja metsandusandmeid kasutavast modelleerimisuuringuist, et ka puittoodete asendusefekti arvesse võttes on süsinikusidumise maksimeerimiseks optimaalseim pikaajaline strateegia, millest lähtudes suurendatakse basaalpinda ning pikendatakse rotatsioone, et toota rohkem saepalki ning toetada pikaajaliste puittoodete kasutamist (Pingoud jt 2010). Rotatsiooniperioodi pikendamine ja süsiniku sidumine kasvavas metsas vähendab 100-aastase perioodi vältel emissioone rohkem kui rotatsiooniperioodi lühendamine (Olsson 2011). Lisaks näitavad Soomes tehtud puidukasutuse prognoosid (Asiakainen jt 2012), et puidu raiel juurdekasvu piires ei jätku metsade roll süsiniku sidujana, kuna see jääb nulli lähedaseks.

Rotatsiooniperioodi lühendamine nihutab metsade vanuselist struktuuri noorte metsade suunas. Raiutava puidu kogus ja saadav tulu sõltuvad suurel määral raiutava metsa vanusest. Kui

kahjustustega metsi mitte arvestada, siis kehtib reegel, et mida vanemates metsades raiet teha, seda suurem on raiest saadav tulu, sest vanadest metsadest raiutav puidukogus on suurem ning vanadest ehk jämedatest ja kõrgetest puudest saab palke ehk kallimat metsamaterjali rohkem kui noorematest puudest. Kõrgemad raievanused vähendavad suhteliselt ka taasmetsastamise kulusid. Mida nooremates metsades lageraieid tehakse, seda sagedamini tuleb raiesmikke taasmetsastada ja noori metsi hooldada. Kui näiteks teha lageraieid 100 aasta vanustes metsades, siis raiesmike taasmetsastamise ja noore metsa hooldamise kulusid tuleb kanda üks kord 100 aasta jooksul. Kui lageraieid teha näiteks 50 aasta vanustes metsades, siis taasmetsastamise ja noore metsa hooldamise kulutused tuleb teha kaks korda 100 aasta jooksul. Kuigi ka noorte metsade lageraietest saab tulu, millega taasmetsastamise kulusid katta, siis ei saa vältida nooremate metsade raiumisega kaasnevat pikaajalise metsamajandamise kulude kasvu (Riigimetsa majandamise jätkusuutlikkus. Riigikontroll, 2010).

Üldine reegel on, et kui vanade metsade pindala väheneb, siis raiemahtude säilitamiseks ja samasuguse puidukoguse saamiseks tuleb raiuda järjest nooremaid metsi, kuid kuna nende hektaritagavara on väiksem, siis tuleb sama puidukoguse saamiseks teha raieid suuremal pindalal. See omakorda tekitab olukorra, kus keskealistel metsadel on vähem võimalusi vanaks kasvada, mistõttu vanade metsade pindala väheneb veelgi (Riigimetsa majandamise jätkusuutlikkus. Riigikontroll, 2010).

Andmete vähesus vanemate metsade juurdekasvu kui ka raiejärgsete süsinikuvoogude kohta ilmestab taaskord vajadust vastavate riiklike andmete kogumise järele, et anda hinnang nende osakaalule süsinikubilansis. Senised andmed ja teadmised toetavad seisukohta, et raieringi lühendamine ei ole optimaalseim viis seniste metsamaade ja -ressurssi kasutamiseks.

Lisaks erinevatele metsamajandamisvõtetele (pikem rotatsioon, lageraiele harvendusraie eelistamine, raiemahtude hoidmine soovitatavates piirides) on tulundusmetsade süsinikusidumist võimalik suurendada ka sobivate puuliikide valikuga. Domineerivatest puuliikidest sõltub nii metsade süsinikubilanss kui ka võime kliimamuutustega kohaneda. R. Olssoni (2011) kliimamuutusi ja metsandust käsitlevas töös „To manage or protect? Boreal forests from a climate perspective“ tuuakse välja järgmist. Kuusikud ja kaasikud seovad suuremaid süsinikukoguseid kui männikud. Selle üheks põhjuseks võib olla kuuse ning kase lämmastikurikkam varis. Lõuna-Rootsis tehtud mõõtmiste alusel on kuusikute ja kaasikute süsinikuvaru mullas 33% kõrgem kui männikutes, Põhja-Rootsis kuni 65% kõrgem. Metsade süsinikusidumist võib seega suurendada kaskede ja kuuskede kasvu soodustamisega, näiteks raiesmike uuendamisel. Samas on muutuvate kliimatingimuste taustal männi eeliseks suur tormikindlus.

Metsamaadelt lähtuvad emissioonid vajavad täpsustamist vastavate rakendusuringute läbiviimisel, kuna võimalik viga näiteks mullastikus süsiniku sidumise või lendumise osas võib olla suur, samuti on hindamata raietegevusest lähtuvad emissioonid ja vanade metsade osa süsiniku sidumisel. Koguemissiooni võib omakorda mõjutada turvasmuldadel kuivenduse mõju ümberhindamine. Väljapakutud meetmete tulemustest lähtuvalt on võimalik korrigeerida ka käesoleva analüüsi tulemusi ja täpsustada võimalusi metsade kasutamiseks.

Arvestades viidatud argumente hõlmab **maksimaalse puidukasutuse stsenaarium (raieaht 22 mln tm/a)** tõsiseid riske. MAK 2020 andmetel akumulatsioon majandamisest väljas olevate metsade tõttu eelmise metsanduse arengukava kümneaastase perioodi (2000–2010) vältel vähemraiate tulemusena täiendavalt 44 milj m³ puidu raiepotentsiaal. Vastav akumulatsioon ei kajastu metsade tagavara suurenemist käsitlevas statistikas (vt tabel 68, joonis 74) ja antud ulatuses toimuv raie oleks tõenäoliselt kaasa toonud nii metsade tagavara vähenemise kui ka LULUCF-i sektori süsiniku siduva rolli viinud vastupidiseks nagu see oli intensiivsete raiete tõttu perioodil 2000–2003.

Stsenaariumide BAU ja HIGH CO2 puhul seab piirangud raiete metsa tagavara vähenemise prognoos ja rahvusvahelistes kokkulepetes sätestatud eesmärgid säilitada metsade süsinikuvaru. Raiete vähenemist riigimetsas on ennustanud ka RMK ning seni on eraomanike motiveeritus metsade raieks püsinud madal. Ka võivad suureneda vastuolud looduskaitse eesmärkidega – kaitstavad metsad fragmenteeruvad ja seeläbi ei suuda nad täita kaitse-eesmärke.

Stsenaariumi LOW CO2 korral on märkimisväärseks riskiks see, et eraomanikel ja riigil (RMK) on soov saada metsast suuremat puidutulu ja seetõttu ei õnnestu raieahte hoida 8 mln tm a⁻¹ piirides. Raieahtude suurenemist soosiks ka raievanuste võimalik alandamine, mistõttu ei oleks metsade süsinikuvaru säilimine ega looduskaitsete eesmärkide täitmine enam tagatud.

0-raie stsenaariumi analüüs saab olla ainult teoreetiline, kuna raiete lõppemise tõttu oleks selle majanduslik mõju väga negatiivne, eriti metsatööstusele ja metsamajandusele. Ebatõenäoliseks muudab selle stsenaariumi rakendumise ka see, et sel juhul oleks välistatud suuremahuline kodumaise biomassi kasutamine taastuvenergeetikas.

8.2.7. Majandusprognoos erinevate stsenaariumide korral

Eesti puidu kasutamise ja töötlemise baasil loodud maksutulu ja lisandväärtust on hinnatud vastavalt 8,9 ja 34,5 eurot ühe tm ümarpuidu kohta; 1 mln tm imporditud palkide abil puidukasutuse suurendamine annab majandusele täiendavat maksutulu 4 mln eurot, st 4 eurot 1 tm kohta (Hepner jt 2010). Järeldusena on välja toodud, et importtooraine kasutamine ei ole ärimajanduslikult kulukam kui kodumaise tooraine kasutamine. Makromajanduses väljendub kodumaise, metsades olemas oleva tootmisressursi asendamine välismaisega vähenevas lisandväärtuses, maksutuluses ning maksebilansi defitsiidi suurenemises (Hepner jt 2010).

Mikro- ja makroandmete kasutamise tulemusel saadud hinnangu kohaselt on MAK 2020 määratletud mõõduka stsenaariumi puidukasutuse korral ühe miljoni tihumeetri Eesti puidu väärindamisega seotud kogu metsasektoris 2350 töökohta (Hepner jt 2010):

- metsakasvatuses 290;
- metsavarumises 600;
- transpordis 170;
- puidu- ja paberitööstuses 970;

- bioenergeetikas 320;
- kokku 2350 töökohta.

Kui lähtuda töötajate arvu hindamisel Hepner jt (2010) koostatud analüüsist, siis HIGH CO₂ (15 mln tm a) korral on hõivatute arv kuni 29 400 inimest, BAU puhul 25 500 (12 mln tm a) ja LOW CO₂ puhul 17 100 (8 mln tm a). Võrreldes seda 2010. aasta raiemahu (7,1 mln tm) ja töötajate arvuga (29 700), on prognoositud mahud alahinnatud, teisalt suurendab hõivatute arvu imporditava puidu ja puittoodete maht (2,1 mln tm). Hinnates lisandväärtuse muutust proportsioonis raiemahtude suurenemisega ja eeldusel, et imporditava puidu ja puittoodete struktuur ei muutu, siis 2010. aasta vastava näitaja (578 mln eurot) korral suureneks lisandväärtus vastavalt 1221, 977 ja 651 mln euroni raiemahtude 15, 12 ja 8 mln tm a puhul. Samas toimub eeldatav kahanemine 2020. aasta järgselt seonduvalt vähenevate võimalike raiemahtudega BAU ja HIGH CO₂ stsenaariumi korral, viimasel juhul langeb see 2050. aastal 2010. aasta tasemeni.

Hinnang puiduressurssi kasutusele

LOW CO₂ stsenaarium

Puidu allikad: uuendus- ja harvendusraie – 8–8,4 mln tm/a; mittelikviidsete raidmete ja mittemetsamaal ja alates 1990. aastast metsastunud maadelt varutud puidu maht – 1,3 mln tm, sh kännud 0,15 mln tm ja puidu kogus mittemetsamaalt 0,3 mln tm (vt tabel 75); import – 1–2 mln tm, millest töötlemata puit moodustab kuni 1/3 (eeldatakse impordimahtude jäämist 2010. aasta tasemele). Võimalik tänasega sarnase tootestruktuuri säilimine, mis ei suurenda osakaalu SKPs. Samuti säilib hõivatute arv. Võimalused lisandväärtuse suurenemiseks: puitehitiste rajamise suurenemine Eestis ja ekspordi kasv. Importtooraine kasutuse suurenemine.

BAU stsenaarium

Puidu allikad: uuendus- ja harvendusraie – kuni 2020. aastani 12 mln tm/a, seejärel langeb 2050. aastaks 9 mln tm/a; mittelikviidsete raidmete ja mittemetsamaal varutud puidu maht – kuni 2020. aastani 1,8 mln tm/a, seejärel langeb 1,5 mln tm/a, sh kännud 0,15 mln tm ja puidu kogus mittemetsamaalt 0,3 mln tm (vt tabel 75); import – 1–2 mln tm (eeldatakse impordimahtude jäämist 2010. aasta tasemele). Võimalused lisandväärtuse suurenemiseks tulenevad esimese 10–20 aasta jooksul toormemahtude suurenemisest, puitehitiste rajamise suurenemisest Eestis ja vastava ekspordi kasvust. Samas ei ole raiemahtude jätkumine samas mahus võimalik, kuna raieks senise seadusandluse põhiselt sobiva puidu/metsa maht väheneb. Puidutööstuse mahtude säilitamiseks on oluline importtooraine kasutuse suurenemine 30 aasta perspektiivis. Prognoositakse tööhõive suurenemist, kuid raiemahtude vähenemisel kahaneb ka hõivatute arv.

HIGH CO₂ stsenaarium

Puidu allikad: uuendus- ja harvendusraie – kuni 2020. aastani 15 mln tm/a, seejärel langeb 2050. aastaks 8,1 mln tm/a; mittelikviidsete raidmete ja mittemetsamaal varutud puidu maht – algselt 2,6 mln tm, misjärel langeb 1,5 mln tm-ni/a, sh kännud 0,15 mln tm ja puidu kogus mittemetsamaalt 0,3 mln tm (vt tabel 75); import – 1–2 mln tm (eeldatakse impordimahtude jäämist 2010. aasta

tasemele). Võimalused lisandväärtuse suurenemiseks tulenevad esimese 10–20 aasta jooksul toormemahtude suurenemisest, puitehitiste rajamise suurenemisest Eestis ja ekspordi kasvust. Samas ei ole raiemahtude jätkumine samas mahus võimalik, kuna raieks senise seadusandluse põhiselt sobiva puidu/metsa maht väheneb. Importtooraine kasutuse suurenemine 30 aasta perspektiivis. Prognoositakse tööhõive suurenemist, kuid raiemahtude vähenemisel kahaneb ka hõivatute arv.

Tabel 75. Teoreetiline puidukasutus erinevate stsenaariumide korral, energia potentsiaali arutamisel on lähtutud ENMAK-i vastavatest arvutustest – puidu keskmine energiasaldus 2 MWh/tm.

Teoreetiline puidukasutus LOW CO2 stsenaariumi korral				
Puidukasutus, tuhat tm	2010–2020	2020–2030	2030–2040	2040–2050
Saetööstus	3100	3100	3100	3100
Plaaditööstus (küttepuu)	440	440	440	440
Vineeri- ja spoonitööstus	210	210	210	210
Puitmassi- ja paberitööstus (paberipuu)	582	582	582	582
Graanuli- ja briketitootmine (küttepuu)	854	854	854	854
Muu mehhaaniline	120	120	120	120
Ekspordi potentsiaal (paberipuu)	1228	1228	1318	1318
Energeetika (küttepuu, jäätmed, raidmed)	2516	2516	2706	2706
Impordivajadus puidutööstusele	230	230	70	70
Tööstusjäägid	700	700	700	700
Kännud	150	150	150	150
Puit mittemetsamaalt, sh alates 1990. aastast metsastatud aladelt 83 500 tm/a	300	300	300	300
Energia potentsiaal, TJ	32 541	32 541	33912	33912
Energia potentsiaal koos eksporditava paberipuuga, TJ	41 380	41 380	43403	43403
Kogu puidu energeetiline potentsiaal, TJ	68 395	68 395	70418	70418
Teoreetiline puidukasutus BAU stsenaariumi korral				
Puidukasutus, tuhat tm	2010–2020	2020–2030	2030–2040	2040–2050
Saetööstus	4154	3946	3489	3116
Plaaditööstus (küttepuu)	590	560	495	442
Vineeri- ja spoonitööstus	281	267	236	211
Puitmassi- ja paberitööstus (paberipuu)	582	582	582	582
Graanuli- ja briketitootmine (küttepuu)	1495	1420	1255	1121
Muu mehhaaniline	161	153	135	121
Ekspordi potentsiaal (paberipuu)	2110	1975	1679	1437
Energeetika (küttepuu, jäätmed, raidmed)	4100	3895	3444	3075
Impordivajadus puidutööstusele	297	282	250	223
Tööstusjäägid	938	891	788	704
Kännud	150	150	150	150
Puit mittemetsamaalt, sh alates 1990. aastast metsastatud aladelt 83 500 tm/a	300	300	300	300
Energia potentsiaal, TJ	50 273	47 922	42 748	38 515
Energia potentsiaal koos eksporditava paberipuuga, TJ	65 465	62 144	54 839	48 861

Teoreetiline puidukasutus LOW CO2 stsenaariumi korral				
Puidukasutus, tuhat tm	2010–2020	2020–2030	2030–2040	2040–2050
Kogu puidu energeetiline potentsiaal, TJ	100 240	95 390	84 720	75 990
Teoreetiline puidukasutus HIGH CO2 stsenaariumi korral				
Puidukasutus, tuhat tm	2010–2020	2020–2030	2030–2040	2040–2050
Saetööstus	5580	4297	3460	2957
Plaaditööstus (küttepuu)	792	610	491	420
Vineeri- ja spoonitööstus	378	291	234	200
Puitmassi- ja paberitööstus (paberipuu)	582	582	582	582
Graanuli- ja briketitootmine (küttepuu)	1819	1401	1128	964
Muu mehhaaniline	216	166	134	114
Ekspordi potentsiaal (paberipuu)	2775	2003	1499	1197
Energeetika (küttepuu, jäätmed, raidmed)	5582	4298	3461	2959
Impordivajadus puidutööstusele	416	320	258	220
Tööstusjäägid	1260	970	781	668
Kännud	150	150	150	150
Puit mittemetsamaalt, sh alates 1990. aastast metsastatud aladelt 83 500 tm/a	300	300	300	300
Energia potentsiaal, TJ	65 600	51 257	41 903	36 291
Energia potentsiaal koos eksporditava paberipuuga, TJ	85 580	65 678	52 698	44 911
Kogu puidu energeetiline potentsiaal, TJ	130 854	101 502	82 360	70 875

Investeeringute maht ja tööhõive

Investeeringumahtude ja tööhõive hinnangutes lähtutakse Eesti Statistikaameti vastavasisulistest andmetest. Vajadusi hinnatakse lähtuvalt raiemahtude esialgsest suurenemisest, arvestades seejuures raiemahtude hüppelist suurenemist 2010. aastal ja selle mõjusid.

Metsamajandus. LOW CO2 stsenaariumi korral säilivad raiemahud ligikaudselt senisel tasemel ja investeeringute mahtu põhivarasse hinnatakse 2005–2011 aasta keskmise põhjal – 60 mln eurot aastas. Metsamajandus ja metsavarumisega seotud hõivatute arv jääb senisele tasemele, mis 2011. aastal oli 4422 inimest.

BAU stsenaariumi korral prognoositakse raiemahtude suurenemist 1/3 võrra aastaks 2020, seejärel toimub langemine ca 1% aastas. 2011. aastal toimus sektoris investeeringute hüppeline kasv 121 mln euroni, mille üheks põhjuseks võib pidada toimunud ja oodatavat raiemahtude ning kuivendustööde mahtude kasvu. Ka hõivatute arv suurenes ligi 800 inimese võrra 2011. aastal. Hindame investeeringute vajaduseks 90 mln eurot aastas vastavalt 2005–2011 aasta keskmisele investeeringute mahule ja raiemahtude suurenemisele 1/3 võrra. Samuti hindame hõivatute arvu suurenemist 1/3 võrra – 5900 inimeseni aastaks 2020, misjärel see stabiliseerub.

HIGH CO2 stsenaariumi korral suurenevad raiemahud võrreldes 2010. aastaga ligi kaks korda, vastavalt on hinnatud ka investeeringumahtude ja hõivatute arvu suurenemist aastaks 2020 – 8800 inimest ja 120 mln eurot. 2020. aastale järgnev raiemahtude langus keskmiselt 1,7% aastas toob

kaasa vastavalt hõivatute arvu ja investeerimisvajaduste languse, langedes 2050. aastaks taas praeguse taseme juurde – 4600 inimest ja 64 mln eurot aastas.

Puidutööstus. LOW CO2 stsenaariumi korral hinnatakse toodangumahtude suurenemist eelkõige saetööstuses (veerandi võrra), samuti muude puittoodete mahu suurenemist. Seonduvalt investeringute ja tehnoloogiate arenguga eeldatakse töötajate arvu jäämist senisele tasemele – 18 705 inimest 2011. aastal. Investeringute mahtu põhivarasse hinnatakse 2005–2011 aasta keskmise põhjal – 55 mln eurot aastas.

BAU stsenaariumi korral prognoositakse aastaks 2020 plaaditööstuse mahtude suurenemist 1/3 võrra ja saetööstuse mahtude kahekordistumist (võrreldes 2011. aasta mahtudega), seejärel aga toimub langemine ca 1% aastas. Investeringumahud suurenevad 2005–2011 aasta keskmisega võrreldes 50%, vastavalt 83 mln €/a, kuni 2020 aastani. Samuti tõuseb hõivatute arv, kasvades 28 000 inimeseni. Seejärel toimub langus 1% aastas, aastal 2050 on hõivatute arv 19 600 inimest ja investeringute maht 58 mln €/a.

HIGH CO2 stsenaarium toob kaasa investeringute mahu ja hõivatute arvu kahekordistumise, kuid need vähenevad peale 2020. a raiemahtude kahanemist ja saavutavad 2050. aastal praeguse taseme.

Tselluloosi- ja paberitööstus. Paberi ja pabertoodete tootmises hõivatute arvu suurenemist ei prognoosita ühegi stsenaariumi korral, samuti hinnatakse investeerimisvajaduste jäämist 2005–2011 aasta keskmisele tasemele, vastavalt 1350 inimest ja 14,5 mln eurot aastas.

Mööblitööstus. Hindame sektori jäämist senisele tasemele, võttes aluseks hõivatute arvu 2011. aastal (7400 inimest) ja investeringute keskmise perioodil 2005–2011 – 24 mln eurot aastas.

8.2.8. Modelleerimise tulemused

Vastavalt MAK 2020 raames koostatud puidupakkumise stsenaariumidele prognoositi erinevate metsanduse stsenaariumide korral võimalik raiemaht (vt tabel 76). Raiemahtude vähenemine on seotud küpsusvanustega – kui raiuda lähimal kümnel aastal 12 või 15 miljonit, siis järgnevatel perioodidel on vähem selliseid puistuid, mida oleks käsitletud stsenaariumides toodud raievanuste juures võimalik raiuda. Seeläbi alaneksid raiemahud HIGH CO2 ja BAU stsenaariumide korral pärast 2020. aastat, üksnes LOW CO2 stsenaarium tagaks püsiva ja ajas suureneva puidupakkumise. Maksimaalse puidukasutuse stsenaariumi (raieaht 22 mln tm aastas) korral on eeldatud, et suurte raiemahtudega alustatakse kohe perioodi algusest ja seetõttu pole lähtuvalt kehtivatest raiepiirangutest võimalik kehtivate raievanuste põhjal pärast 10-aastast perioodi (ehk alates 2020. aastast) jätkata raietega sellises mahus. Seonduvalt raiemahtude muutustega hinnati muutusi raiutava puidu sortimendi osas, nende kasutuse muutust ja energeetilist potentsiaali, tulemused on esitatud ja käsitletud metsanduse ja metsatööstuse sotsiaalmajandusliku analüüsi osas (vt ptk 8.2.2 ja 8.2.7).

Tabel 76. Raiemaht erinevate stsenaariumide korral.

	2011–2020	2021–2030	2031–2040	2041–2050
Uuendusraiate maht, mln tm				
BAU stsenaarium	9,6	9,1	8,1	7,2
HIGH CO2 stsenaarium	13,3	10,3	8,2	7,1
LOW CO2 stsenaarium	6,1	6,1	6,4	6,4
22 mln tm stsenaarium	20,0	8,0	7,1	6,6
Uuendus- ja harvendusraiate maht, mln tm				
BAU stsenaarium	12,0	11,4	10,1	9,0
HIGH CO2 stsenaarium	15,3	11,8	9,5	8,1
LOW CO2 stsenaarium	8,0	8,0	8,4	8,4
22 mln tm stsenaarium	22,0	10,0	9,1	8,6

Järgnevalt hinnati muutusi puistute tagavaras ja sellest lähtuvalt CO₂ emissioone (vt tabel 77). Tulemuste põhjal toimub metsamaadel, v.a 1990. aastast metsastunud aladel (61 290 ha 2010. aastal; Eesti NIR 2012), alates 2020. aastast kõigi raietsenaariumide korral metsa ja süsiniku tagavara vähenemine ning sellest lähtuvalt süsiniku lendumine. Ainult HIGH CO2 stsenaariumi korral hakkab alates 2040. aastast metsa tagavara taas suurenema, kuid teisalt prognoositakse samaaegselt raiemahtude vähenemist 15,3 lt mln tm-lt 8,1 mln tm-ni.

Maksimaalse puidukasutuse stsenaariumi (22 mln tm aastas) puhul hakkab tagavara kasvama juba 2030. aastast, selle peamiseks põhjuseks on tagavara järsk vähenemine perioodi alguses. Seetõttu langeb selle stsenaariumi puhul raiemaht 2021. aastaks 10 mln tm-ni (algsest 22 mln tm-lt) ning edasise analüüsiperioodi jooksul jääb BAU ning valdavalt ka HIGH CO2 stsenaariumi raietest madalamaks.

0-raie stsenaariumi puhul jätkub metsa tagavara kasv kogu analüüsiperioodi kestel ehk kui jätta metsades raie tegemata, suureneks 2050. aastaks metsade tagavara 569 mln tm-ni, seejuures jätkuks süsiniku sidumine kogu käsitletava perioodi vältel (vt tabel 78). Toodud hinnang on teoreetiline, kuna raietegevuse lakkamist ei peeta realistlikuks.

CO₂ bilanss alates 1990. aastast metsastunud maadel arvutati lähtuvalt võimalikust biomassi lisandumisest, vastavatest emissioonifaktoritest ja pindalalistest muutustest (vt tabel 79). Kõigi stsenaariumide korral prognoositi süsiniku lisandumist ja tagavara suurenemist, kuid selle roll muu metsamaa puistu tagavara vähenemisel (pindala 2010. aastal ja edaspidi 2 197 400 ha) on marginaalne (vt tabel 80).

Perioodil 2020–2040 ei ole käesoleva analüüsi valguses metsad ja metsastunud alad CO₂ sidujaks BAU ja HIGH CO2 stsenaariumide korral, CO₂ heide toimub perioodil 2020–2040 vastavalt 1,22 kuni 3,77 ja 0,50 kuni 9,75 mln t CO₂ a⁻¹. Seejärel muutuvad alad taas süsiniku sidujaks, mis on tingitud eelkõige vähenenud raiemahtudest, seeläbi metsadest eemaldatud biomassi ja süsinikukoguse vähenemisest ning kaasnevast tagavara suurenemisest. LOW CO2 stsenaariumi korral jätkub metsade tagavara vähenemine ja alates 2030. aastast muutuvad need alad süsiniku allikaks, vastavalt emissioonid

267 000 kuni 597 000 t CO₂ a⁻¹. Siiski on võimalik emissioon väike võrreldes teistes stsenaariumides perioodil 2020–2040 tekkivate kogustega.

Kõigi stsenaariumide korral on oluline roll biomassis seotud süsinikutagavara muutustes ja vastavates emissioonides, vastavalt LOW CO₂, BAU ja HIGH CO₂ stsenaariumide puhul 0,40 kuni 1,97, 0,03 kuni 4,85 ning -1,61 kuni 10,66 mln t CO₂ a⁻¹.

Täiendavate maade metsastamine aitaks kompenseerida süsiniku kadu, vajalik maht oleks halli lepa istanduste rajamisel LOW CO₂ stsenaariumi korral ligikaudu 45 000 ha. Teisalt ei pruugi ka antud juhul tagavara suurened, olenevalt raie intensiivsusest viiakse seotud süsinik taas atmosfääri, oluline on siinkohal taastumatute loodusvarade ja fossiilkütuste asendamine.

Raiemaht 22 mln tm aastas (sh uuendusraied mahus 20 mln tm) võimaldaks lihtsamalt suunata metsade vanuselist jaotust teoreetilise ideaali poole, kuid samas kaasnevad sellega esimese 10-aastase raieperioodi jooksul märkimisväärsed CO₂ emissioonid (19,2 mln t CO₂ a⁻¹, mis on ligilähedane Eesti summaarsele KHG emissioonile 2011. aastal – ilma LULUCF sektorit arvestamata oli emissioonide maht 21,2 mln t CO₂), lisaks väheneb kolmandiku võrra metsade tagavara (seniselt 443 mln tm-lt 303 mln tm-ni)⁴⁵ (vt tabel 78). Lähtuvalt kehtivatest raiepiirangutest pole võimalik kehtivate raievanuste põhjal jätkata pärast 10-aastast perioodi raietega sarnases mahus, prognoositud on uuendusraiate vähenemist perioodil 2020–2030 8 mln tm-ni, aastatel 2031–2040 7,1 ja ajavahemikus 2041–2050 6,6 mln-ni tm-ni aastas. Alates 2031. aastast prognoositakse metsade tagavara taassuurenemist ja CO₂ sidumist (-1,2 kuni -3,4 mln t CO₂ a⁻¹).

Juhul, kui raiemahud realiseeruvad BAU ja HIGH CO₂ stsenaariumidele vastavalt või kasvavad 22 mln tm-ni aastas, võivad need kaasa tuua lähimal kümnendil suurema puidukasutuse nii tööstuses kui ka energeetikas, samuti vajaduse vastavate investeeringute ja tööhõive suurendamise järele. Seevastu hilisemas faasis ehk alates 2020. aastast toimub puidukasutuse vähenemine tulenevalt raiemahtude langusest kehtivate raievanuste alusel. Seeläbi võivad ohtu sattuda puidutööstuse tehtud investeeringud, mis EMPL-i hinnangul ei ole siiski märkimisväärne risk (EMPL 2013). Tagasilöökk toimub tööhõive osas ning on suur tõenäosus kulutuste suurenemiseks looduskaitse eesmärkide täitmise saavutamiseks. Riskiks on ka võimalikud CO₂-maksud, mis tuleneksid suurenevast CO₂ lendumisest BAU ja HIGH CO₂ stsenaariumide korral perioodil 2020–2040.

Puidust toodetes seotud süsiniku kogust hinnati alates 2010. aastast, võttes aluseks ptk-s 8.2.5 toodud meetodika, sh arvestades puittoodetes seotud süsiniku hulka vastavalt erinevatele tootegruppidele ja nende süsinikureservuaari poolestusajale, vastav valem on esitatud ptk-s 8.2.5. Arvestuses (vt tabel 82) on 2010. aastal erinevatesse tootegruppidesse seotud süsinikukogus võetud vaikimisi 0-ks, kuna senini pole poolestusaega arvestades puittoodetesse seotud süsinikuvaru kohta arvet peetud. Kõigi stsenaariumide korral toimus puittoodetes seotud süsiniku koguse suurenemine (vt tabel 81 ja tabel 82). Võrreldes puittoodetes võimalikku seotava süsiniku hulka metsades (biomassis) seotud süsiniku tagavaraga perioodil 2010 kuni 2050, moodustab see LOW CO₂, BAU ja

⁴⁵ Vastav arvutus koostati E. Pärdi poolt lähtudes aktiivse puidukasutuse stsenaariumist vastavalt MAK 2020 raames koostatud puidu pakkumise stsenaariumidele (Pärt 2010a).

HIGH CO₂ korral vastavalt 14, 18 ja 22% (vt tabel 82). Puithoonetes (sh eksport kui ka sisemaine kasutus) seotava süsiniku mahtu hinnati kõigi stsenaariumide korral 2020. aastast edasi 655 000 m³ a⁻¹ – 142 000 t C a⁻¹ või 522 000 t CO₂ a⁻¹. Ehkki puidust toodetes seotud süsiniku hulk oli suurim BAU ja HIGH CO₂ korral, ei kompenseeri see võimalikku süsinikukadu ökosüsteemist ega ka raiemahtude vähenemist alates 2020. aastast. Juhul, kui suuremate raiemahtude korral on võimalik katta energiamajanduse puidu vajadus ja seeläbi vähendada vastavaid emissioone, toob see samal ajal kaasa LULUCF-i sektorist süsiniku lendumise.

Võrreldes CO₂ bilansi Eesti NIR 2012 kasutatud *Tier 1* emissioonifaktorite ja Rootsi KHG aruandluses kasutatavate faktoritega, on Rootsi lähenemise kasutamisel emissioonid orgaanilistelt muldadelt ligikaudu kolm korda suuremad, vastavalt 128 500 ja 454 800 t CO₂. Ühtlasi ei ole senini Eesti KHG aruandluses käsitletud mineraalmuldadelt emissiooni, kuid Rootsi EF-ide põhjal seovad need 1 mln t CO₂. Teatavasti plaanitakse ka Eesti NIR 2013 koostamisel kasutada Rootsi EF-i ning on ootuspärane, et naaberriikide andmete põhjal tehtavad korrektuurid põhjustavad KHG emissioonide hinnangutes edaspidi olulisi muutusi. Näiteks on mitmed teadusuuringud andnud vastakaid tulemusi turvasmuldade kasutamise ja sellest lähtuva süsinikubilansi hindamisel, mistõttu on Eestis läbiviidavate uuringute toimumine ja andmete kogumine võtmetähtsusega. Probleemaatilised on näiteks turvasmuldadel paiknevate metsade süsinikubilansi arvutused – Ojanen jt (2012) viisid läbi KHG mõõtmised 68-l kuivendatud turvasmuldadel asuval metsaalal, kus anti hinnang kogu ökosüsteemiülele KHG heitele, sh süsinikubilansile. Töö tulemusel leiti, et metsaad seovad süsinikku, kuid seda eelkõige puitu seotava süsiniku osakaalu tõttu. Ühtlasi on ka toiteainevaesemates kasvukohatüüpides metsakuivendamise korral võimalik turba süsiniku akumulatsioon jätkumine, seevastu toitainerikkamatel kasvukohatüüpides jätkub kuivenduse järgselt turba lagunemine, väheneb pinnase süsiniku tagavara ja ala kasutust ei hinnatud pikaajaliselt jätkusuutlikuks.

Toodud näide ilmestab KHG bilansi täpsustamiseks riigipõhiste mõõtmiste läbiviimise ning vastavate meetmete rakendamise vajalikkust, et tagada kas süsiniku akumulatsioon, sidumise suurendamine või vajadusel lendumise vähendamine.

Antud tulemustele tuginevalt hinnatakse KHG bilansi seisukohast kõige sobivamaks LOW CO₂ stsenaariumile vastavate raiemahtude edasist kavandamist, et tagada metsaressursi ühtlane kasutus ning välistada võimalikku CO₂ lendumise drastilist suurenemist metsamaadelt. Samuti kaasneksid LOW CO₂ stsenaariumiga väiksemad looduskaitselised probleemid. Juhul, kui energiamajanduses tekib suurem puidunõudlus, et asendada fossiilsete kütuste kasutamist, on metsanduse LOW CO₂ stsenaariumi rakendamisel vajalik täiendava puidu import (impordimaht oleks hinnanguliselt u 2,4–3,6 mln tm võrra aastas suurem kui seni). Kuigi väliskaubandusbilansi ja varustuskindlust arvestades oleks pigem soovitatav importimist vältida, on siinkohal oluline märkida, et impordivajadus tekib ka HIGH CO₂ (prognoositav impordimaht perioodil 2031–2040 on 2,3 mln tm aastas ja aastatel 2041–2050 2,9 mln tm aastas⁴⁶) ja maksimaalse puidukasutuse (22 mln tm aastas) stsenaariumi puhul (prognoositav impordimaht on sarnane HIGH CO₂ stsenaariumiga). Vaid BAU stsenaariumi

⁴⁶ Seejuures on arvestatud võimalusega kasutada paberipuud energeetiliste vajaduste katmiseks. Kui paberipuud ei saa energiamajanduses kasutada, siis tuleb puidu importimist juba varem alustada.

rakendumisel pole eeldatavasti import vajalik, kuid arvestades muid kaasnevaid riske, on KHG emissioone, looduskaitsete eesmärgi ja majanduslikku stabiilsust silmas pidades optimaalsemaks lahenduseks siiski LOW CO₂ stsenaarium.

Puidu impordi suurenemine kasvatab Eesti negatiivset kaubavahetusbilanssi, ühtlasi tuleks loobuda ka küttepuidu, saepuru ja puidujäätmete ekspordist (2010. a 87,6 mln eurot moodustades 8,2% puidu ja puittoodete ekspordist (Aastaraamat Eesti Mets 2010)). Samuti on problemaatiline tooraine hankimine, näiteks seenduvalt Venemaa Föderatsiooni tollipiirangute kui ka EL-i suunal ekspordiks eraldatud kvootide suurusega (EL-i eksporditava kuusepalgi kvoodiks oli 2011. aastal 5,96 miljonit m³ ja männipalgi kvoodiks 3,65 miljonit m³; Hepner 2012). Samas ei mõjuta täiendav import negatiivselt metsandussektori sotsiaalmajanduslikke näitajaid, seda ka olukorras, kus raiemahud ei suurene oluliselt võrreldes viimaste aastatega ja need püsivad LOW CO₂ pakutud tasemel – 8,1 kuni 8,4 mln tm a⁻¹. Kui puidukütuse import ei ole majanduslikult mõttekas, siis on energiasektori KHG heitkoguste vähendamise potentsiaali arvestades võimalik kasutada kodumaist hakkepuitu energiatootmisel suuremas koguses, kui lubaks aastane raiemaht, mis on seni taganud metsa rolli CO₂ sidujana. Kuigi raiemahu kasvamine suurendab märkimisväärselt metsanduse KHG emissioone, jäävad need kogu prognoosiperioodi jooksul summaarselt tõenäoliselt madalamaks võrreldes puidu koospõletuse tulemusel põlevkivienergeetikas ärahoitavate heitkogustega.

Tabel 77. Metsa ja süsiniku tagavara muutused stsenaariumide LOW CO2, BAU ja HIGH CO2 korral.

LOW CO2						BAU					HIGH CO2				
Metsa tagavara, mln tm															
Puuliik	2010	2020	2030	2040	2050	2010	2020	2030	2040	2050	2010	2020	2030	2040	2050
Mänd	170	157	149	141	135	170	151	138	127	121	170	132	110	98	98
Kuusk	79	76	72	69	68	79	72	66	63	63	79	62	53	51	55
Kask	113	116	117	114	112	113	109	102	96	96	113	103	94	90	91
Teised	81	91	92	92	89	81	76	69	73	79	81	69	63	70	77
Kokku	443	440	430	416	404	443	408	375	359	359	443	366	320	309	321
C tagavara, mln t															
Mänd	65	60	57	54	52	65	58	53	49	46	65	51	42	38	38
Kuusk	27	26	25	24	24	27	25	23	22	22	27	22	18	18	19
Kask	47	48	49	48	47	47	46	43	40	40	47	43	39	38	38
Teised	30	34	34	34	33	30	28	25	27	29	30	25	23	26	28
Kokku	170	169	165	160	155	170	156	144	138	137	170	141	123	119	123
Muutus		-1,1	-3,7	-5,4	-4,6		-13,2	-12,6	-6,3	-0,1		-29,1	-17,5	-4,4	4,4
Muutus CO₂ 10 a mln t		-4,0	-13,5	-19,7	-16,8		-48,5	-46,1	-23,1	-0,3		-106,6	-64,3	-16,1	16,1
Muutus CO₂ 1 a mln t		-0,4	-1,3	-2,0	-1,7		-4,8	-4,6	-2,3	0,0		-10,7	-6,4	-1,6	1,6
Emissioon 1000 t CO₂ a⁻¹		397,7	1345,2	1965,5	1682,0		4849,3	4608,7	2305,9	32,1		10 657,4	6426,5	1607,3	-1608,8

Tabel 78. Metsa ja süsiniku tagavara muutused maksimaalse puidukasutuse stsenaariumi (raiemahd 22 mln tm aastas) korral ja juhul, kui raiet ei toimu (0-raie stsenaarium).

Maksimaalse puidukasutuse stsenaarium (22 mln tm aastas)						0-raie stsenaarium					
Metsa tagavara, mln tm											
Puuliik	2010	2020	2030	2040	2050	2010	2020	2030	2040	2050	
Mänd	170	107	91	87	95	170	174	184	191	196	
Kuusk	79	47	45	50	57	79	87	93	97	100	
Kask	113	100	91	84	85	113	128	140	150	156	
Teised	81	49	58	74	83	81	105	115	119	117	
Kokku	443	303	285	295	320	443	494	532	557	569	

C tagavara, mln t											
Mänd	65	41	35	33	36	65	67	70	73	75	
Kuusk	27	16	16	17	20	27	30	32	34	35	
Kask	47	42	38	35	36	47	53	58	63	65	
Teised	30	18	21	27	31	30	39	42	44	43	
Kokku	170	117	110	113	122	170	189	204	213	218	
Muutus		-52,5	-7,3	3,2	9,2		19,4	14,6	9,7	4,7	

Muutus CO₂ 10 a mln t		-192,4	-26,6	11,7	33,9		71,2	53,6	35,7	17,3
Muutus CO₂ 1 a mln t		-19,2	-2,7	1,2	3,4		7,1	5,4	3,6	1,7
Emissioon 1000 t CO₂ a⁻¹		19 242,8	2664,7	-1165,2	-3385,1		-7121,8	-5358,5	-3565,1	-1733,3

Tabel 79. CO₂ emissioon alates 1990. a metsastunud maadel vastavalt Eesti NIR 2012 pindaladele ja pindalade muutusele erinevate stsenaariumide korral.

BAU, LOW CO2											
	biomass EF		surnud orgaaniline aine		turvasmuld		min muld ⁴⁷	org muld, ha	min muld, ha	Kokku	Kokku
	t C ha ⁴⁸	1000 t C kokku	t C ha EF	1000 t C kokku	t C ha EF	1000 t C kokku	1000 t C kokku			1000 t C	1000 t CO ₂
2010	0,21	-12,87	-0,30	-18,39	0,57	3,94	16,34	6910,00	54 380,00	-10,98	-40,26
2020	0,21	-13,08	-0,30	-18,69	0,57	3,94	16,34	7030,00	55 260,00	-11,49	-42,13
2030	0,21	-13,29	-0,30	-18,99	0,57	3,94	16,34	7150,00	56 140,00	-12,00	-44,00
2040	0,21	-13,50	-0,30	-19,29	0,57	3,94	16,34	7270,00	57 020,00	-12,51	-45,87
2050	0,21	-13,71	-0,30	-19,59	0,57	3,94	16,34	7390,00	57 900,00	-13,02	-47,74

HIGH CO2											
	biomass EF		surnud orgaaniline aine		turvasmuld		min muld ⁴⁹	org muld, ha	min muld, ha	Kokku	Kokku
	t C ha ⁵⁰	1000 t C kokku	t C ha EF	1000 t C kokku	t C ha EF	1000 t C kokku	1000 t C kokku			1000 t C	1000 t CO ₂
2010	0,21	-12,87	-0,30	-18,39	0,57	3,94	16,34	6910,00	54 380,00	-10,98	-40,26
2020	0,21	-11,30	-0,30	-16,14	0,57	3,94	9,11	7030,00	46 760,00	-14,38	-52,74
2030	0,21	-9,72	-0,30	-13,89	0,57	3,94	2,33	7150,00	39 140,00	-17,34	-63,58
2040	0,21	-9,93	-0,30	-14,19	0,57	3,94	2,33	7270,00	40 020,00	-17,85	-65,45
2050	0,21	-10,14	-0,30	-14,49	0,57	3,94	2,33	7390,00	40 900,00	-18,36	-67,32

⁴⁷ Emissioon arvatati vastavalt Rootsi NIR 2012 ja Eesti NIR 2013 kasutatavatele emissioonifaktoritele (EF), pindala muutusi ei arvestatud.

⁴⁸ 10 aastat, EF 2,1 t C ha

⁴⁹ Emissioon arvatati vastavalt Rootsi NIR 2012 ja Eesti NIR 2013 kasutatavatele emissioonifaktoritele (EF) ja metsastunud põllumaade pindala vähenemisele (2020 ja 2030).

⁵⁰ Kasutatud on perioodi 2000-2010 aasta keskmist biomassis lisanduva süsiniku kogust.

Tabel 80. Metsamaade, sh alates 1990. aastast metsastunud maade süsinikubilanss.

NIR 2011 pindalad ja kasutatud EF-d Eesti NIR (2011) ja Rootsi NIR (2012); metsade tagavara (Pärt 2012)					
LOW CO2	2010	2020	2030	2040	2050
Kasvava metsa tagavara (mln tm)*	443,0	440,0	430,0	416,0	404,0
Metsade pindala (1000 ha)	2253,5	2263,5	2273,5	2283,5	2293,5
Metsastunud maade pindala (1000 ha)**	61,3	71,3	81,3	91,3	101,3
Raiemaht (1000 tm)	6598,6	8000,0	8000,0	8400,0	8400,0
Biomassis seotud C (1000 t CO ₂)***	-1428,7	397,7	1345,2	1965,5	1682,0
C voog metsastunud maadel (1000 t CO ₂)**	-2403,8	-42,1	-44,0	-45,9	-47,7
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂)****	128,5	128,5	128,5	128,5	128,5
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂)****	NE	0,0	0,0	0,0	0,0
Surnud puit (1000 t CO ₂)**** *****	-309,1	-401,9	-401,9	-401,9	-401,9
Täiendavate rohumaade metsastumine (1000 t CO ₂)	NE	-88,4	-88,4	-88,4	-88,4
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-4013,2	-6,2	939,4	1557,8	1272,5
Rootsi NIR 2012/Eesti NIR 2013 kasutatud EF ja nendest lähtuv koguemissioon					
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂)	454,8	454,8	454,8	454,8	454,8
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂)	-1002,4	-1002,4	-1002,4	-1002,4	-1002,4
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-4689,2	-682,3	263,4	881,8	596,5
Puidust toodetes seotud C (1000 t CO ₂)	-1466,7	-1845,9	-1845,9	-1845,9	-1845,9
NIR 2011 pindalad ja kasutatud EF-d Eesti NIR (2011) ja Rootsi NIR (2012); metsade tagavara (Pärt 2012)					
BAU	2010	2020	2030	2040	2050
Kasvava metsa tagavara (mln tm)*	443,0	408,0	375,0	359,0	359,0
Metsade pindala (1000 ha)	2253,5	2263,5	2273,5	2283,5	2293,5
Metsastunud maade pindala (1000 ha)**	61,3	71,3	81,3	91,3	101,3
Raiemaht (1000 tm)	6598,6	11975,0	11400,0	10100,0	9000,0
Biomassis seotud C (1000 t CO ₂)***	-1428,7	4849,3	4608,7	2305,9	32,1
C voog metsastunud maadel (1000 t CO ₂)**	-2403,8	-42,1	-44,0	-45,9	-47,7
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂)****	128,5	128,5	128,5	128,5	128,5
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂)****	NE	NE	NE	NE	NE
Surnud puit (1000 t CO ₂)**** *****	-309,1	-401,9	-401,9	-401,9	-401,9
Täiendavate rohumaade metsastumine (1000 t CO ₂)	NE	-88,4	-88,4	-88,4	-88,4
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-4013,2	4445,4	4202,9	1898,2	-377,4
Rootsi NIR 2012/Eesti NIR 2013 kasutatud EF ja nendest lähtuv koguemissioon					
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂)	454,8	454,8	454,8	454,8	454,8
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂)	-1002,4	-1002,4	-1002,4	-1002,4	-1002,4
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-4689,2	3769,4	3526,9	1222,2	-1053,5
Puidust toodetes seotud C (1000 t CO ₂)	-1466,7	-2495,6	-2376,1	-2113,1	-1897,9

NIR 2011 pindalad ja kasutatud EF-d Eesti NIR (2011) ja Rootsi NIR (2012); metsade tagavara (Pärt 2012)					
HIGH CO2	2010	2020	2030	2040	2050
Kasvava metsa tagavara (mln tm)	443,0	366,0	320,0	309,0	321,0
Metsade pindala (mln ha)	2253,5	2255,0	2256,5	2266,5	2276,5
Metsastunud maade pindala (1000 ha)**	61,3	59,3	57,3	67,3	77,3
Raiemaht (1000 tm)	6598,6	15378,0	11800,0	9500,0	8100,0
Biomassis seotud C (1000 t CO ₂)***	-1428,7	10657,4	6426,5	1607,3	-1608,8
C voog metsastunud maal (1000 t CO ₂)**	-2403,8	-52,7	-63,6	-65,4	-67,3
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂)****	128,5	128,5	128,5	128,5	128,5
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂)****	NE	NE	NE	NE	NE
Surnud puit (1000 t CO ₂)**** *****	-309,1	-402,5	-403,2	-403,2	-403,2
Rohumaade metsastumine (1000 t CO ₂)	NE	-88,4	-88,4	-88,4	-88,4
Metsamaa põllumaa alla (1000 t CO ₂)	NE	185,9	185,9	0	0
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-4013,2	10428,2	6185,7	1178,8	-2039,2
Rootsi NIR 2012/Eesti NIR 2013 kasutatud EF ja nendest lähtuv koguemissioon					
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂)	454,8	454,8	454,8	454,8	454,8
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂)	-1002,4	-1002,4	-1002,4	-1002,4	-1002,4
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-4689,2	9752,1	5509,6	502,7	-2715,2
Puidust toodetes seotud C (1000 t CO ₂)	-1466,7	-3316,3	-2577,7	-2095,9	-1806,9
NIR 2011 pindalad ja kasutatud EF-d Eesti NIR (2011) ja Rootsi NIR (2012); metsade tagavara (Pärt 2012)					
0-raie stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
Kasvava metsa tagavara (mln tm)	443,0	494,0	532,0	557,0	569,0
Metsade pindala (mln ha)	2253,5	2254,5	2255,5	2256,5	2257,5
Raiemaht (1000 tm)	6598,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomassis seotud C (1000 t CO ₂)*	-3776,1	-7121,8	-5358,5	-3565,1	-1733,3
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂)	133,0	99,8	66,5	33,3	0,0
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Surnud puit (1000 t CO ₂)	-369,6	-413,3	-413,5	-413,7	-413,9
Rohumaade metsastumine (1000 t CO ₂)	NE	690,4	690,4	690,4	690,4
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-4012,7	-6744,9	-5015,0	-3255,1	-1456,7
Rootsi NIR 2012/Eesti NIR 2013 kasutatud EF ja nendest lähtuv koguemissioon					
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂)	1057,0	792,7	528,5	264,2	0,0
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂)	-1034,3	-1034,3	-1034,3	-1034,3	-1034,3
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-4123,0	-7086,2	-5587,3	-4058,4	-2491,0

* - SMI 2008. aasta aruanne

** - alates 1990. aastast metsastunud maad, 2010. a vastavalt Eesti NIR (2012) andmetele, alates 2020. aastast vastavalt Eesti NIR 2013 andmetele

*** - metsamaadel, v.a 20 aasta jooksul metsastatud maal seotud C hulk, vastavalt Eesti NIR (2012) on siit maha lahutatud seenduvalt biomassi eemaldamisega, sh raietega seotud süsiniku hulk

**** - vastavalt Eesti NIR 2012

***** - vastavalt Keskkonnateabe Keskuse uuendatud emissioonifaktorile kasutatud aastast 2020 0,05 t C ha/a

Tabel 81. Puittoodetes seotud süsinik, 1000 t C a⁻¹, 1000 t CO₂ a⁻¹. a – paber (2 a); b – puitplaat (25 a); c – saepuit (35 a), sulgudes vaikumisi määratud poolestusaeg vastavalt Euroopa Komisjoni algatusele COM/2012/93 (Proposal for a Decision on accounting rules and action plans on greenhouse gas emissions and removals resulting from activities related to land use, land use change and forestry. European Commission, 2012).

		2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium	a	29	29	29	29	29
	b	90	164	156	138	123
	c	281	488	463	410	366
	Kokku	400	681	648	576	518
HIGH CO2 stsenaarium	a	29	29	29	29	29
	b	90	221	170	137	117
	c	281	655	505	406	347
	Kokku	400	904	703	572	493
LOW CO2 stsenaarium	a	29	29	29	29	29
	b	90	123	123	123	123
	c	281	352	352	352	352
	Kokku	400	503	503	503	503
BAU stsenaarium	CO₂	1467	2496	2376	2113	1898
HIGH CO2 stsenaarium	CO₂	1467	3316	2578	2096	1807
LOW CO2 stsenaarium	CO₂	1467	1846	1846	1846	1846

Tabel 82. Teoreetiline süsiniku akumulatsioon puittoodetes vastavalt toodangu struktuurile ja poolestusajale, lähtudes COM (2012) 93 *final* juhistest.

	i	Paber			Puitplaat			Saepuit			Summa C(i+10)	ΔC (10 a)
		Sissevool (1000 t C 10 aasta jooksul)	Ci (1000 t C)	C(i+10) (1000 t C)	Sissevool (1000 t C 10 aasta jooksul)	Ci (1000 t C)	C(i+10) (1000 t C)	Sissevool (1000 t C 10 aasta jooksul)	Ci (1000 t C)	C(i+10) (1000 t C)		
BAU	2010	286	0	202	901	0	876	2814	0	2786	3864	2678
	2020	286	202	373	1642	876	2461	4879	2786	7562	10 396	5682
	2030	286	373	517	1559	2461	3944	4635	7562	12 003	16 464	7057
	2040	286	517	639	1379	3944	5231	4098	12 003	15 826	21 696	8028
	2050	286	639	742	1231	5231	6356	3659	15 826	19 139	26 237	8894
HIGH CO2	2010	286	0	202	901	0	876	2814	0	2786	3864	2678
	2020	286	202	373	2210	876	3014	6554	2786	9221	12 607	7325
	2030	286	373	517	1700	3014	4626	5046	9221	14 037	19 179	7973
	2040	286	517	639	1370	4626	5895	4063	14 037	17 785	24 318	8626
	2050	286	639	742	1170	5895	6952	3473	17 785	20 875	28 569	9329
LOW CO2	2010	286	0	202	901	0	876	2814	0	2786	3864	2678
	2020	286	202	373	1225	876	2056	3524	2786	6220	8649	4352
	2030	286	373	517	1225	2056	3219	3524	6220	9587	13 323	5592
	2040	286	517	639	1225	3219	4366	3524	9587	12 888	17 893	6795
	2050	286	639	742	1225	4366	5498	3524	12 888	16 124	22 364	7965

i – aasta; *C(i)* – raietoodete süsinikereservuaari süsinikuvaru, 1000 t C; Δ*C* – raietoodete süsinikereservuaari süsinikuvaru muutus 10 aasta jooksul, 1000 t C a⁻¹

8.2.9. Meetmed ja investeeringud

Peamiseks meetmeks metsade kasutusest pärinevate CO₂ heitkoguste vähendamisel perioodil 2020–2050 on raiemahtude hoidmine senisel tasemel (LOW CO₂ stsenaarium), ühtlasi tagab see stabiilse puiduressursi kasutamise, annab võimaluse seniste kasutusmahtude ja investeeringute põhiselt puidutööstuse jätkusuutlikuks arenguks ja minimeerib ohte bioloogilise elurikkuse olukorra edasisel halvenemisel. Vastav meede eeldab Eesti metsapoliitikat kujundava dokumendi – MAK 2020 – ümbervaatomist, eelkõige raiemahtude võimaliku suurenemise kavandamisega 12–15 mln tm-ni aastas.

Kõigi stsenaariumide korral on soovitavaks meetmeks pikaajaliste puittoodete kasutuse toetamine ja propageerimine, näiteks ehitussektoris. Ühtlasi suurendab see ka metsanduse rolli majanduses ja tööhõives (vt tabel 83, meede 6).

Samuti on oluline kõigi stsenaariumide korral lähtuda metsamajandamise mõju täpsustavate uuringute läbiviimisest ja tulemuste rakendamisest (vt tabel 83, meede 2), mis võib olla kuluefektiivsem kui hilisemate kahjude hüvitamine ja looduskaitsete tööde rahastamine. Samuti eeldab see toetusmehhanismide väljatöötamist metsaomanikele, võimalused nende kasutamiseks tekivad eelkõige LOW CO₂ korral, kus raiemahtude hoidmine 8 mln tm a⁻¹ juures aitab säilida elurikkuse hoidmiseks olulistel metsadel. Samuti on oluline täpsustada KHG bilansi hinnangut täiendavate uuringute abil (vt tabel 83, meetmed 3, 4, 7 ja 8), mille tulemuste rakendamine aitab kaasa metsamaade süsinikuvaru säilitamisele ja suurendamisele, samuti täpsustub riiklik KHG bilanss.

Kõigi stsenaariumide korral eeldatakse seniste siseriiklike ja EL-i toetuste jätkumist, samuti on oluline toetuste põhimõtete täiendamine vastavalt meetmetele 1–4.

Alljärgnevalt on põhjalikumalt lahti seletatud metsade kasutusest pärinevate CO₂ heitkoguste vähendamisele suunatud meetmete sisu.

- Metsade raie toimub mahus, mis tagab kasvava metsa ja selle süsiniku tagavara säilimise ning stabiilse kodumaise puidu kasutamise mahu. Lähtudes hetkel kehtestatud raievanustest, toob metsaraie mahus üle 8 mln tm kaasa puidu raie- ja kasutusmahtude olulise vähenemise järgneva 40 aasta jooksul. Eelkõige puudutab see okaspuude sortimenti, mille võimalik raiutav kogus väheneks 2050. aastaks 25–50% võrreldes perioodil 2010–2020 võimaliku raiutava kogusega. Seondult metsa tagavara vähenemisega kahandaks 8 mln tm-st suurem raie samuti metsade süsiniku tagavara. Raiemaht kuni 8 mln minimeerib võimalikke keskkonnamõjusid (vt ka Tabel 83, meede 2). Seega tuleks MAK 2020 eesmärgid ümber hinnata tagamaks raiemahtude kavandamisel metsade tagavara säilimine ja stabiilne kodumaise puidu kasutamise maht. (vt tabel 83, meede 1)
- Lähtuvalt uuringu „Kaitsealade piisavuse hindamine metsade loodusväärtuste kaitse tagamiseks“ (Looduskaitse rakendusuurinud 2012) ja teiste looduskaitsete analüüside tulemustest tuleb ajakohastada ja toetada järgnevaid olemasolevaid toetusmeetmeid: nõustamise ja koolituse pakkumise arendus nii erametsaomanikele, RMK-le ja konsulentidele; raietegevuse piiramisel toetuste väljatöötamine sarnaselt NATURA 2000 erametsatoetusele, eesmärgiks on katta saamata jäänud tulu ja/või tekkivad lisakulutused

seoses võetud keskkonnakaitselise kohustusega. Samuti eeldab see elurikkuse seire ajakohastamist vastavalt uuringutega ilmnevatele vajadustele. Meetme maksumuse hinnang põhineb Looduskaitse rakendusuringute senisel mahul (700 000 € – 3 aastat) ja eeldab ekspertide palgakulude ja sisseostetavate uuringute maksumuse katmist. Uurimistegevusega lisanduv info peaks täitma seniseid teadmislünki ning vastavad tulemused rakendumise seires, koolitustes ja toetusmehhanismide väljatöötamisel. (vt tabel 83, meede 2)

- Turvasmuldasid ei kuivendata, et nende süsinikuvaru säilitada. Turvasmuldadel asuvate kuivendussüsteemide rekonstrueerimisel tuleb läbi viia eelnev KMH, et hinnata KHG bilansi ja selle muutust seonduvalt kuivendustegevusega. Juhul, kui raieringi piires on KHG bilanss positiivne ehk atmosfääri viiakse rohkem süsinikku kui seda seotakse, välistada kuivendus ja kaaluda sooökosüsteemi taastamist koos vastavate toetusmeetmetega (taastamistegevuse hinnanguline maksumus on 1000 €/ha, meetme maksumuse hindamisel on võetud aluseks vastav hinnang Soomes (Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävän ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi. Maa- ja metsätalousministeriö, 2011)) Kuna hetkel puudub hinnang soometsade taastamise potentsiaali kohta kuivendatud aladel, siis meetme kogumaksumust pole määratud. (vt tabel 83, meede 3)
- Kasutusest väljas olevad põllu- või rohumaad tuleb metsastada, mis aitab suurendada metsade süsinikuvaru ja puidu kasutust. (vt tabel 83, meede 4)
- Eelkõige pikaealiste puittoodete kasutuse toetamine ja propageerimine, nt avaliku sektori hoonete ehitus puidust. Sisaldab investeringutoetusi puittoodete arendusse, töötlemise tehnoloogiasse ja toodete turustamisse. Regulaatiivsete meetmetena soovitame keskkonnahoidlike hangete korraldamisel luua võimalus kasutada ehitise süsiniku jalajälge ühe hinnatava parameetrina. Samuti nõuab Euroopa Ehitustoodete Määrus CPR 305/2011 keskkonnasõbralike ja teiseste materjalide kasutamist – selle nõude täitmiseks koostatakse arengukava, mis sisaldab meetmeid puitehituse arendamiseks. Siinkohal on oluline silmas pidada, et puittoodetes seotud süsinik ja selle kogus ei kompenseeri metsade süsinikuvaru vähenemist. Tegevuse maksumuse hindamise aluseks on Eesti maaelu arengukava 2007–2013 meetme „Metsandussaadustele lisandväärtuse andmine (arendusprojekti elluviimine)” taotluste maht 2,15 mln € 2010. aastal (Aastaraamat Mets 2010). (vt tabel 83, meede 5)
- Tuleb jätkata kliimamuutuste mõjude uuringutega, et hinnata võimalikke muutusi Eesti metsades, sh nende süsinikubilansis, haiguste levikust tingitud häiringutes ja võimalike sotsiaalmajanduslike mõjude osas. Meetme maksumuse aluseks on 6 aastat vältava analoogseid teemasid käsitleva teadusprojekti „Gloaalne soojenemine ja maastike aineriinge. Maastike struktuuri ja funktsioonide muutused seoses globaalse kliima soojenemise ja inimtegevusega ning aineriinge modelleerimine ja ökotehnoloogiline reguleerimine” kulud 60 000 eurot aastas. (vt tabel 83, meede 6)
- Uuringute läbiviimine, lähtudes sh Kyoto protokollari aruandluskohustustest, järgnevatel teemadel (vt tabel 83, meede 7; meetme maksumus põhineb TÜ geograafia osakonna poolt antud hinnangul):
 - metsastamine ehk AR-alade (*afforestation, reforestation*) kindlaksmääramine;

- raiealade mullaemissioon versus kasvava metsa mullaemissioon/sidumine;
- metsavarise ning metsamuldade kogused ja dünaamika;
- mulla süsinikuringe modelleerimine ja vastavate mõõtmiste läbiviimine, sh arvestades raieringi pikkust;
- Eesti metsale omaste (enamlevinud puuliikide) biomassifunktsioonide väljatöötamine;
- pool-looduslike ja looduslike rohumaade mulla süsinikuvarud ja dünaamika;
- karjatavate maade mullasüsiniku dünaamika;
- Eesti täieliku puidubilansi koostamine;
- puittoodetes säiliva süsiniku arvepidamine;
- puittoodete poollaguaja riigispetsiifiliste faktorite väljatöötamine;
- looduslike häiringute kohta andmete kogumine ja seire;
- looduspõhiste täiendav kaardistamine.

Lisaks ülaltoodud meetmetele tuleb säilitada senised siseriiklikud toetused:

- erametsaomanike nõustamine ja koolitamine;
- konsulentide koolitamine ja konsulentidele kutsekvalifikatsiooni omistamise ning konsulentide atesteerimise toetamine;
- erametsaomanike metsa majanduslike, ökoloogiliste, sotsiaalsete ja kultuuriliste väärtuste suurendamiseks tehtavate investeeringute ning metsakasvatustööde toetamine, sh pärandkultuuri ja vääriselupaikade säilitamise ning metsaparanduseks tehtavate tööde toetamine (võimalik kombineerida EL toetustega, toetuste põhimõtteid täiendada vastavalt ülaltoodud meetmetele 1–3, 6 ja 7, vt tabel 83);
- erametsaomanike metsanduslase ühistegevuse arendamine;
- metsakahjustuste ärahoidmisele ja nende leviku tõkestamisele suunatud toetused;
- metsamajandamiskavade koostamise toetamine (põhimõtteid täiendada vastavalt ülaltoodud meetmetele 1–3, 6 ja 7, vt tabel 83).

Kirjeldatud riigipoolne tugi peaks säilima vähemalt olemasoleval määral, kuluga 2,5 mln eurot aastas (vt tabel 83, meede 8).

Samuti tuleb säilitada EL-i toetused või EL-i toetuste puudusel tuua need siseriiklike toetuste alla:

- NATURA 2000 erametsa toetused;
- erametsaomanike koolitamise toetused ja nõuandeteenus;
- metsa majandusliku väärtuse parandamine;
- metsandussaadustele lisandväärtuse andmine;

- infrastruktuuri rekonstrueerimise toetused;
- kahjustatud metsa taastamine ja metsatulekahju ennetamine;
- kaitsemetsa rajamise toetus põllumajandusmaale.

Ülalmainitud riigipoolne tugi peaks säilima vähemalt olemasoleval määral, kuluga 11 mln eurot aastas, samas on oluline toetuse tingimuste ja põhimõtete täiendamine vastavalt ülaltoodud meetmetele 1–3, 6 ja 7 (vt tabel 83, meede 8).

Tabel 83. Metsamaadega seotud meetmed ja investeeringud.

	Tüüp	Olemasolev või kavandatav	Vajadus	Hinnanguline maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
Meede 1 – raiemahu piiramine 8 mln tm aastas	Regulatiivne	Kavandatav	Metsade süsinikuvaru, stabiilse puidukasutusmahu säilimine ja emissioonide vähendamine	NE	CO ₂ emissioonid metsamaadelt on minimeeritud. Puidukasutusmaht on stabiilne – 8 mln tm aastas.	Vastavad regulatiivsed muudatused seadustes
Meede 2 – looduskaitsete rakendus-uuringute läbiviimine	Investeering	Olemasoleva täiendamine	Metsamajandamise mõjude minimeerimine elurikkuse säilimiseks	100 000 €/a	Paraneb metsade elurikkuse kaitse ja metsaomanike teadlikkus senistest vajakutest. Täpsustavad võimalused ja majandusviisid metsade kasutusel nende looduskaitsete väärtuste säilimiseks. Vajadusel toetusmehhanismid saamata jäänud tulu hüvitamiseks metsaomanikele.	Rakendusuuringud, koolitused konsulentidele ja maakasutajatele, toetusmehhanismid, seire
Meede 3 – turvasmuldade kuivendamise peatamine	Regulatiivne/ investeering	Olemasoleva täiendamine	Metsamaade muldade süsinikuvaru säilitamine	NE	Turvasmuldade süsinikuvaru säilimine ja märgalade taastamine.	Rakendusuuringud, koolitused konsulentidele ja maakasutajatele, KMH regulatsiooni täiendamine, toetusmehhanismid
Meede 4 – rohumaade metsastamise toetamine (eeskätt turvasmuldadel)	Investeering	Olemasoleva täiendamine	Metsade süsinikuvaru ja puidu kasutuse suurendamine	Kajastatud põllu- ja rohumaade allpeatükis	Rohumaade metsastamine eelkõige turvasmuldadel.	Toetusmehhanismid
Meede 5 – puittoodete kasutuse toetamine ja propageerimine	Investeering/ regulatiivne	Olemasoleva täiendamine	Efektiivsem puidu kasutus	2,1 mln €/a	Suureneb puidu väärindamine ja säilib või suureneb osakaal SKP-s.	Toetusmehhanismid, rakendusuuringud, turundus, regulatsioonid riigihangete korraldamisel

	Tüüp	Olemasolev või kavandatav	Vajadus	Hinnanguline maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
Meede 6 – kliimamuutusi käsitlevate rakendus-uuringute läbiviimine	Investeering	Olemasoleva täiendamine	Preventiivsed meetmed kliimamuutustega kohanemiseks	50 000 €/a	Hinnang kliimamuutuste mõjust Eesti metsadele ja ennetavate meetmete väljatöötamine.	Rakendusuringud ja tulemuste rakendamine regulatsioonides või toetusmehhanismides
Meede 7 – C-ringet käsitlevate rakendus-uuringute läbiviimine	Investeering	Olemasoleva täiendamine	Maakasutuse jätkusuutlikkuse edendamine, KHG aruandluse täpsustamine ja riiklike kohustuste kvaliteetsem täitmine	600 000 €/a	Täpsustunud andmed võimaldavad arendada meetmeid maakasutuse jätkusuutlikkuse tagamisel. Paraneb KHG aruandluse kvaliteet.	Rakendusuringud ja tulemuste rakendamine regulatsioonides, KHG aruandluses
Meede 8 – erametsaomanike toetamine jätkusuutliku metsade kasutamise edendamiseks	Investeering	Olemasoleva täiendamine	Erametsaomanike toetamine	13,5 mln €/a	Jätkusuutliku metsade kasutamise edendamine, arvestades mh meetmete 1–3, 6 ja 7 tulemusi.	Toetusmehhanismid

Tabel 84. Ehitussektoriga seotud meetmed ja investeeringud.

Meede	Tüüp	Olemasolev või kavandata	Vajadus	Maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
Meede 1	Investeering haridussüsteemi arendusse	Olemasolev	Ehitustöölise kutseõpe	NE	Oskustöölise olemasolu ehitussektori vajaduste katmiseks, sh puidu kasutuseks ehituses	Riigieelarveliste vahendite suurendamine ehitusalaseks kutseõppeks
Meede 2	Investeering – ehitusettevõtjate tehnoloogilise investeeringu programm, teadmiste ja oskuste arendamise toetus ja arendustöötaja kaasamise toetus	EAS-i toetusprogrammide arendamine	Suurendada ehitusettevõtete kompetentsi energiasäästlike ehitiste rajamisel, samuti puidukasutuse osas	NE	Tagatud on ehitiste kvaliteet ja energiasäästlikkus	Toetuspakettide edasiarendus ja fokuseerimine ehitussektorile

Meetmete hinnanguline maksumus on kokku 16,35 mln € aastas. Soovitame meetmete rakendamist kõigi stsenaariumide korral. Näiteks uuringud aitaksid stsenaariumide korral hinnata nende mõjusid keskkonnale ja teha vastavaid korrekture, sh metsanduse arengukavade koostamise käigus lähtudes nende 10-aastastest etappidest. Siinjuures on oluline meetmes 8 toodud toetuste tingimuste ja põhimõtete täiendamine lähtuvalt meetmete 1–3, 6 ja 7 tulemustest ning vastavalt meetme mõjudest nende kogusumma korrigeerimine.

Süsinikukaubandus ja võimalik tulu raie asemel

Metsa majandamise puhastuluks on erametsades hinnatud 63 eurot hektari kohta 2010. aastal (Erametsade 2010.a. majandamise tegeliku ja arvestusliku tulususe arvutamine ja analüüs. Eesti Maaülikool, Metsanduse ja Maaehituse Instituut, 2011). Siinjuures ei ole arvutustes arvestatud halduskulu ega metsaomanike oma aega, mida nad kulutavad metsa majandamise korraldamisele.

Kui eeldada, et keskmine juurdekasv metsamaadel jääb kuni 2050. aastani 2010. aasta keskmisele tasemele – 5,2 tm ha/a (Aastaraamat Mets 2010), siis seotava C hulk on 1,97 t ha⁻¹ ja CO₂ kogus 7,23 t CO₂ ha⁻¹ (arvutatud keskmine erinevate puuliikide biomassis seotava süsiniku kohta vastavalt NIR 2012 metoodikale). Juhul, kui arvestada 1 t CO₂ sidumise müügihinnaks 7 eurot, on võimalik maksueelne tulu 51 € ha⁻¹, netosumma 40 € ha⁻¹. Olenevalt metsaomanike plaanidest on võimalikud täiendavad kulud või tulud (EMÜ 2011): metsamajanduslike tööde arvestuslik kulu on 7,8 €, maamaks 4,8 €, vajalikud investeeringud hinnanguliselt 10 €, toetused 4,3 € hektari kohta. Antud juhul jääks metsaomaniku puhastuluks 21,7 € ha⁻¹.

Kui aga üldse mitte raiuda, siis keskmine juurdekasv Eesti metsades väheneks. Arvestades vastavalt E. Pärt arvutustele hektaritagavara suurenemist järgneva 40 aasta jooksul 58 tm ha⁻¹, oleks võimalik puhastulu ilma täiendavate kuludeta 11 € ha⁻¹.

Kuna juurdekasv sõltub kasvukohatüübist ja metsade vanusest, siis peab tegeliku situatsiooni hindamisel lähtuma konkreetse metsakinnistu või eraldise juurdekasvust ja süsiniku sidumise potentsiaalset.

Üheks võimalikuks tuluks oleks võimalus müüa juba metsamaastikel akumulunud süsiniku säilitamise teenust, kus metsamaal süsinikuvaru hoidmisega hoitakse ära teatud ajaperioodil täiendavaid emissioone ning ühtlasi aidatakse kaasa metsade looduslikkuse taastumisele ja vanade metsade säilimisele.

Juhul, kui metsade raiel metsade üldtagavara ja süsiniku tagavara vähenevad, kaasneb sellega praeguse KHG aruandluse metoodikate põhiselt CO₂ emissioon. Kui rakendatakse CO₂ maksu, oleksid võimalikud kulud Eesti riigile ja metsaomanikele LOW CO₂, BAU ja HIGH CO₂ stsenaariumide korral miljonites eurodes – 2020. aastal vastavalt 2,7, 33,9 ja 74,6 mln eurot.

8.3. Märgalad

8.3.1. Hetkeolukord

Märgalad on Eestis olnud ulatuslikuks territoriaalseks ressursiks metsa- ja põllumajandusele, nende arendamise eesmärgil on kuivendatud ja kasutusele võetud ca 0,97 mln ha turbaaladid, sh metsamajanduslikul eesmärgil 560 000 ha (Pikk 1997), põllumajanduslikul eesmärgil 380 000 ha ning turbakaevandusaladena 30 000 ha (Paal ja Leibak 2011). Kui Eesti turbaaladest arvata maha need, kus kuivendamise tulemusena enam turba juurdekasvu ei toimu, on hinnanguliselt looduslikus seisundis⁵¹ soode pindala 233 000 ha (5,2% Eesti maismaa pindalast; aastatel 2009–2011 ELF-i läbiviidud soode inventuuri tulemusel), kusjuures nende pindala on 1950. aastatest vähenenud umbes 2,8 korda (Paal ja Leibak 2011). Nimetatud andmed täpsustuvad 2012. aasta käigus kogutud andmete töötlemisel.

Kuigi turba kaevandamine on turbaalade teistest mõjutajatest (metsandus ja põllumajandus) vähima osakaaluga, on allesjäänud soode kaitseks oluline, et kaevandusi ei laiendataks looduslikuna säilinud aladele. Senise tagasiside põhjal, sh 2012. aastal toimunud XII Balti Turbatootjate Foorumil, võib hinnata, et vastava tingimusega on leppinud ka turbakaevandamisega tegelevad ettevõtted. Teisalt võib oluliseks KHG emissiooniallikaks kujuneda põlevkivikaevanduste laienemine Virumaal seni looduslikena ning ka kuivendusest mõjutatud soode alla, mis võib mõjutada nende hüdrooloogilist režiimi ja sellest lähtuvalt tuua kaasa suurenevad CO₂ heitkogused. Käesolevas töös vastavaid arvutusi ei koostata, hinnangu andmine eeldaks vastavate KHG voogude kohta andmete kogumist välitööde käigus, samuti kaevanduste poolt mõjutatud alade ulatuse ja pindalade määramist.

Lisaks tuleb arvestada võimalusega, et edaspidi tuleb emissioone hinnata ka kuivendatud ja kuivenduse poolt mõjutatud aladelt (näiteks madalsood), mida märgalade kategoorias on ligikaudu 200 000 ha (märgalade kogupindala on NIR 2012 andmetel 499 110 ha). Võimalik emissioon kuivendatud aladelt on vahemikus 7,8–11,61 t CO₂ ha a⁻¹ (Salm jt 2009⁵²), koguväärtusena 1,560 kuni 2,320 mln t CO₂. Kuna need alad ei vasta metsamaa kriteeriumitele, siis puidus seotav süsinik ökosüsteemi tasakaalu tagasi sidujaks ei pööra ja turvasmuldadel toimub süsinikuvaru vähenemine. Pikaajaline süsiniku akumulatsioon soodes toimub kiirusega 18,5 (Turunen jt 2002) kuni 23 g C m⁻² a⁻¹ (Gorham 1995), samas võivad sood olla lühiajaliselt ka süsiniku emiteerijad, näiteks kuivema ja soojema ilmastiku korral. Seega on süsiniku sidumine Eesti looduslikuna säilinud soodes (hinnanguliselt 300 000 ha) eeltoodud andmetele tuginevalt 55 000 kuni 69 000 t C a⁻¹ (201 000 kuni

⁵¹ Looduslik soo on talle omase taimekooslusega maastik, kus alalise veerohkuse ja hapniku vaeguse tõttu mullas jääb osa orgaanilist ainet lagundamata ning see ladestub sobivate akumulatsioonitingimuste korral ajapikku soomulla ehk turbana (Kitse jt 1962).

⁵² Lähedased emissioonid mullahingamise kohta saadi ka Eestist kuivendatud siiresoodes ja rabades 12 kuu jooksul läbi viidud mõõtmiste käigus – keskmiselt 7044 kg CO₂ ha a⁻¹; antud uuringus osutasid ka looduslikud alad emissiooni allikaks – keskmiselt 5533 kg CO₂ ha a⁻¹. Siinses uurimistöös ei teostatud mõõtmisi pinnasesse ja biomassi seotava süsiniku kohta, mistõttu nende alade kogubilanssi ei hinnatud. Samas on mitmed teadustööd jõudnud tulemusteni, kus ka looduslikud sood võivad olla lühiajaliselt süsiniku emiteerijad, näiteks kuivema ja soojema ilmastiku korral. Toodud asjaolud näitavad vajadust mitmeaastaste komplekssete uuringute läbiviimiseks. (Salm jt 2012)

253 000 t CO₂ a⁻¹), mis ei pruugi kompenseerida turba kaevandamise käigus kaevandusaladelt ega ka teistelt kuivendatud aladelt eralduvaid CO₂ emissioone, samuti ka mitte turba kaevandamise käigus ökosüsteemist välja viidud süsinikku.

NIR 2012 põhiselt hinnati KHG emissioone turbakaevandamisaladelt, mis toimus aruande järgi 18 579 ha-l. Kaevandusalade pindala suurenes 2006. ja 2007. aastal, mil metsamaa arvelt rajati uusi kaevandusalasid, põhjustades biomassi kõrvaldamisega vastavalt 99 850 ja 150 400 t CO₂ emissiooni. Võimalike kaevanduste laiendamisel on oluline arvestada biomassis seotava süsiniku hulga vähenemisega, kui kaevandusalade laienemine toimub metsamaade arvelt.

Nii Eestis kui Soomes läbi viidud mõõtmiste alusel on põhjust hinnata hetkel aktiivsetelt turbakaevandusaladelt lähtuvaid CO₂ emissioone vähemasti kümme korda suuremaks (140 000 t CO₂ a) kui NIR 2012 esitatu ning vastavalt on seda käsitletud ka käesolevas analüüsis.

Perioodil 2005–2011 on turba kaevandamise mahud olnud 0,70–1,25 mln t (vt tabel 85), aastal 2012 prognoositakse mahtude langemist 0,6 mln t-ni (Turbaleht 2012). Suur kõikumine on seotud eelkõige ilmastikuoludega, väiksem maht on olnud põhjustatud sademeterohketest aastatest.

Tabel 85. Turba kaevandamismahud perioodil 2005–2010. Allikas: Eesti Statistikaamet.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Vähelagunenud turvas, tuhat tonni	414,7	550,6	385,1	350,1	380,4	399,3
Hästilagunenud turvas, tuhat tonni	658,9	706,2	515,7	352,2	461,9	524,2
Kokku	1 073,60	1 256,80	900,8	702,3	842,3	923,5

Turbatööstuse aastane käive on 80–100 mln eurot. Oluline on ka sektori sotsiaalmajanduslik mõõde, eriti maapiirkondades – turbatööstuses ja sellega seotud valdkondades saab peamiselt maapiirkondades tööd ligikaudu 1500 inimest (kaevandamine), ning ekspordi käive, mis moodustab üle 2/3 kogukäibest. Turbatööstuse tegelik tööhõive on Eesti Turbaliidu hinnangul läbi sidusettevõtete (transport, pakendamine jms) oluliselt suurem. Eesti Turbaliidu andmetel on liidu ettevõtete töötajate hulk vähenenud 990-lt inimeselt 2007. aastal 685 inimeseni 2011. aastal allhanke suurema kasutamise tõttu, mis soodustab maapiirkondades väikese ja keskmise suurusega ettevõtete teket.

8.3.2. Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused

Eesti riiklikud arengudokumendid ei näe ette kaevandusmahtude suurenemist. **Eesti keskkonnanstrateegias aastani 2030** on määratud vastav baastase (1,074 miljonit tonni aastas), mis vastab ligikaudu praegustele kaevandusmahtudele. Turvast käsitletakse **Looduskaitse arengukavas aastani 2020** taastumatu loodusvarana, millest lähtuvalt plaanitakse 2015. aastaks kaevandamismahtusid täpsustada.

Looduskaitse arengukava aastani 2020 on seadnud sihiks 10 000 ha ohustatud soolupaikade taastamise kaitstavatel aladel ja korrastatud jääksode pindalaks 1000 ha 2020. aastaks.

Koostamisel on baasdokument turbaalade kaitse ja säästliku kasutamise kohta, mille alusel plaanitakse teha Vabariigi Valitsusele ettepanek koostada vastav arengukava (Eesti turbaalade kaitse ja säästliku kasutamise alused). Nimetatud dokumendis käsitletakse turbakaevandamisega seotud protsesse ja nende mõjude minimeerimist, kuid 2013. aasta alguse seisuga on see veel ettevalmistamisel.

EL-i bioloogilise mitmekesisuse strateegia aastani 2020 (Meie elukindlustus, meie looduskapital: ELi bioloogilise mitmekesisuse strateegia aastani 2020. Euroopa Komisjon, 2011) üheks peaeesmärgiks on peatada 2020. aastaks EL-is bioloogilise mitmekesisuse vähenemine ning ökosüsteemi teenuste kahjustumine ja need võimaluste piires taastada, suurendades EL-i panust maailma bioloogilise mitmekesisuse vähenemise ärahoidmisesse. Samuti on 2020. aastaks eesmärgiks võetud säilitada ja parandada ökosüsteeme ja ökosüsteemi teenuseid: selleks luuakse roheline infrastruktuur ning taastatakse vähemalt 15 % kahjustatud ökosüsteemidest.

8.3.3. Stsenaariumid ja nende eeldused

Eestis tehtud mõõtmistele tuginevalt on emissioonid aktiivses kasutuses olevalt turba kaevandusalalt 6383 kg CO₂ ha⁻¹ a⁻¹. Täiendavalt võib ka lisada, et kaevandamisjärgselt, enne ala taastamist võib emissioon olla 10 431 kg CO₂ ha⁻¹ a⁻¹ (Salm jt 2012). Siinkohal on Eesti kasvuhooonegaaside aruandes arvatud väärtused (733 kg CO₂ ha⁻¹ a⁻¹; põhineb IPCC antud vaikimisi väärtusel) kindlasti alahinnatud. Soome KHG aruandes on Lõuna-Soome kohta kasutatav emissioonifaktor 9860 kg CO₂ ha⁻¹ a⁻¹, lisaks on hinnatud, et kaevandusaladest 2% katavad turba ladestamise all olevad alad, millelt on emissioonifaktor 293 955 kg CO₂ ha⁻¹ a⁻¹. Nimetatud andmetele tuginedes antakse hinnang CO₂ emissioonidele turbakaevandusaladelt. Samuti analüüsitakse võimalikke mõjusid turbakaevandusega tegelevale ettevõttele, sh tööhõivele, lähtudes kaevandusmahtude muutumisest erinevate stsenaariumide korral.

Ligikaudu 40% turba kaevandusmahust on vähelagunenud turvas, mida kasutatakse energeetikas. Hästilagunenud turvast kasutatakse kasvuturbana. Stsenaariumide korral eeldatakse, et suhe jääb sarnaseks, st energeetikas kasutatakse 30–40% kaevandusmahtudest. Vastavalt ENMAK-is koostatud hinnangule on turba energeetikas kasutamise potentsiaal LOW CO₂ ja BAU stsenaariumide korral 5 TJ, HIGH CO₂ stsenaariumi korral suureneb see vastavalt kaevandusmahtude kasvule 25% iga 10 aasta jooksul, saavutades aastaks 2050 12,5 TJ.

Alljärgnevalt antakse lühiülevaade stsenaariumidest, mida käesolevas töös märgalade analüüsi raames põhjalikumalt vaadeldakse.

BAU stsenaarium

Turbatööstuse mahud ei suurene ja kaevandusalade pindalad, millel põhineb maakasutuse emissioonide hindamine, ei kasva oluliselt võrreldes praegusega. Samuti jääb siseturu nõudluse osakaal – 1/3 – sarnaseks hetkeolukorraga. Turba aastane kaevandamise maht püsib keskmiselt 1 miljoni tonni piires. Sektori tööhõive ja maht jääb muutumatuks.

HIGH CO2 stsenaarium

NIR 2012 põhiselt hinnatakse KHG emissioone turbakaevandamisaladelt, mis toimus aruande andmetel 18579 ha-l. Kaevandusalade pindala suurenes 2006. ja 2007. aastal seonduvalt uute kaevandusalade avamisega ning ka edaspidi on näha suurenevat nõudlust turba kaevandamise järele ja seetõttu avatakse kaevandamiseks uusi alasid. Eeldatakse, et kaevandamismahud ja -alad kahekordistuvad 2050. aastaks nii sise- kui ka välisturu vajaduste katmiseks, sh säilivad peamiste kasutusladena aiandus ja energeetika. Turba aastane kaevandamismaht jõuab 2050. a 2 miljoni tonnini aastas, selleks suurendatakse igal kümnendil kaevandusalade pindala 25% (võrrelduna 2010. aasta pindalaga). Sektori tööhõive ja maht suureneb.

LOW CO2 stsenaarium

Turbatööstuse mahud ei suurene, kuid tehnoloogiate täienedes on võimalik vähendada kaevandusalade pindalasid neljakordselt. Kuna pindaladel põhineb ka maakasutuse emissioonide hindamine, vähenevad emissioonid võrreldes praegusega oluliselt. Samuti jääb siseturu nõudluse osakaal – 1/3 – sarnaseks praeguse olukorraga. Turba aastane kaevandamise maht püsib keskmiselt 1 miljoni tonni piires. Tööhõive väheneb, muud mahud jäävad samaks.

8.3.4. Stsenaariumide rakendumisega kaasnevad riskid ja mõjud

Kõik kolm käsitletavat stsenaariumit võimaldavad jätkata turba kaevandamist vähemalt senistes mahtudes, sh BAU ja LOW CO2 jäävad Eesti keskkonnanstrateegias aastani 2030 määratud baastasemele, s.o 1,074 miljonit tonni aastas (vt tabel 82). Turbakaevandamist on võimalik korraldada nõnda, et see ei laiene looduslikuna säilinud aladele. Võimalike vastuolude vältimise võimalikkust näitab ka ELF-i poolt läbiviidud turbamaardlatena arvel olevate alade kasutusvõimaluste uuring (Aljaste 2012), mille põhjal esineb juba praegu ulatuslikult kuivendatud ning kuivendustest mõjutatud soid, mille veerežiimi ja sookoosluste taastamist ei hinnata realistlikuks. Risk, et kaevandusalade laienemisest tulenevad emissioonid suurenevad, on reaalne juba praegu – Eesti NIR 2013 kavandis on kaevandusalade pindala võrreldes 2010. aastaga suurenenud 2011. aastaks 2320 ha võrra.

Tabel 86. Turba tootmine, tuhat tonni.

	2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium	924	1000	1000	1000	1000
HIGH CO2 stsenaarium	924	1155	1386	1617	1848
LOW CO2 stsenaarium	924	1000	1000	1000	1000

Vältimaks turbakaevandamisest tulenevaid täiendavaid emissioone, viiakse turbakaevandusalade sulgemise järel nendel läbi taastamistegevused, esmase eesmärgiga luua tingimused soode taastekkeks, sh süsiniku sidumiseks turbana. Teiseks võimalikuks maakasutuseks on mahajäetud kaevandusalade metsastamine, mis samuti võimaldab teatud määral kompenseerida kaevandamata turba jätkuval mineraliseerumisel atmosfääri lenduva süsiniku hulka. Mahajäetud alade kasutamine

põllu- või rohumana toob kaasa jätkuvalt suured emissioonid ja seeläbi välistatakse. Kaevandusalade laiendamisel lähtutakse põhimõttest, et samavõrra taastatakse kaevandusest mahajäetud soolasid või rakendatakse nende metsastamist. Seetõttu pole stsenaariumide puhul välja toodud täiendavaid emissioone kaevandamisest maha jäetud ja taastamata jääksoodest. Taastamise või metsastamisega seotud tegevusi finantseerivad turbakaevandusettevõtted.

Sektori arengut võivad kõikide stsenaariumide puhul mõjutada CO₂ maksu kehtestamine turbakaevandusaladele või turba kasutamisele väljaspool energeetika sektorit. Vastava maksu aluseks saab arvestada kasutatava turba (nt aiandusturvas) mineraliseerumisel atmosfääri paisatava CO₂ kogust massiühiku kohta teatud ajaperioodi jooksul. Sarnane käsitlus puidust toodete kohta on esitatud Euroopa Nõukogu ettepanekus maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsandusega seotud tegevusest tuleneva kasvuhoonegaaside heite ja sidumise arvestuseeskirjade ja tegevuskavade kohta (Proposal for a Decision on accounting rules and action plans on greenhouse gas emissions and removals resulting from activities related to land use, land use change and forestry. European Commission, 2012). Maksu kehtestamine üksnes Eestis pole mõistlik, vaid see peaks hõlmama kõiki turvast kaevandavaid riike vähemalt Euroopas, eelistatult aga globaalsel tasandil. Vastasel juhul väheneks Eesti turbatoodete konkurentsivõime rahvusvahelisel turul, kuna turbatööstuse globaalne mõju tervikuna ei väheneks, kuid Eesti majandus saaks kahjustatud.

Analüüs ei käsitlenud võimalikke emissioone teistelt kuivendusest mõjutatud märgaladelt (hinnanguliselt 200 000 ha), mille emissioon võib olla 1,56 kuni 2,32 mln t CO₂, lisaks 10 000 ha kaevandusest maha jäetud alasid, 104 000 t CO₂ a⁻¹. Olulised on valdkondlikud uuringud ja meetmete rakendamine, et peatada pinnases seotud süsinikuvaru vähenemine ja sellest lähtuv CO₂ emissioon. Kuivendatud aladel hüdroloogilise režiimi taastamine võib kaasa tuua CH₂ emissiooni suurenemise, mis siiski looduslikuna säilinud soodes ei vähenda nende võimet pikaajaliselt – tuhandeteks aastateks – olla süsiniku sidujaks.

Juhul, kui kliimaaruandluses hakatakse käsitlenema ka kuivendatud märgaladelt lähtuvaid võimalikke emissioone teistelt kuivendusest mõjutatud märgaladelt, muutub LULUCF-i koguvoog positiivseks (vastavat tulemust mõjutab ka metsaraie võimalik suurenemine). Riik peab seega leidma ressursse kuivendatud alade taas-soostamiseks.

HIGH CO₂ stsenaariumi puhul kahekordistuvad nii CO₂ emissioonid kaevandusaladelt (vt tabel 87 ja tabel 88), turba kaevandamise mahud (vt tabel 86) kui ka kaevandusalade pindalad (vt tabel 89). Hoolimata asjaolust, et looduskaitseliste konfliktide tekke oht on kaevandusalade laienemisel madal, võivad pingestuda suhted kohaliku kogukonnaga (nt Ess-soo juhtum, kus kohaliku kogukonna initsiatiivil vaidlustati kaevandusettevõttele antud load ja sooviti kaevanduse asemele rajada kohalik kaitseala (Ess-soo kohalik kaitseala 2012), analoogseid pöördumisi on tehtud seoses võimaliku Larvi soo kasutuselevõttuga). Mahtude suurenedes kasvab sektori käive proportsionaalselt, hõivatute hulk mõnevõrra vähem. Teatud määral võib töötajate hulka piirata tehnoloogiline areng, teisalt luuakse juurde võimalusi turba töötlemisel ja seotud sektorites (nt transport). Vastavalt emissioonifaktorite täpsustumisele ja kaevandusalade pindala laienemisele suureneb turbakaevandusaladelt pärineva CO₂ hulk võrreldes 2010. aastaga 18 korda. Oluline on kaevandamise järgselt luua tingimused nende alade soostumiseks või need metsastada, et vältida täiendavaid emissioone. Stsenaariumi

realiseerumist ei toeta praegused trendid turba kasutamisel ja kaevandamisel. Võimalik odavam turba pakkumine naaberriikidest pärsib samuti kaevandamismahtude suurenemist.

BAU stsenaariumi korral kasvavad CO₂ emissioonid kaevandusaladelt seonduvalt mõõtmisandmete täpsustamisega (vt tabel 87 ja tabel 88), kuid turba kaevandamise mahud ja kaevandusalad ei suurene. Uute kaevandusalade avamisel hoidutakse looduslikuna säilinud soodele laienemast, mistõttu on looduskaitselike konfliktide tekke oht kaevandusalade laienemisel madal, kuid suhted kohaliku kogukonnaga võivad pingestuda (nt Ess-soo juhtum, kus kohaliku kogukonna initsiatiivil vaidlustati kaevandusettevõttele antud load ja sooviti kaevanduse asemele rajada kohalik kaitseala (Ess-soo kohalik kaitseala. SA Keskkonnaõiguse Keskus, 2012), analoogseid pöördumisi on tehtud seoses võimaliku Larvi soo kasutuselevõttuga). Sektori käive ja hõivatute hulk ei muutu võrreldes praeguste väärtustega. Oluline on kaevandamise järgselt luua tingimused nende alade soostumiseks või need metsastada, et vältida täiendavaid emissioone. BAU stsenaariumi hinnatakse kõige reaalsemaks. Vähetõenäoline, kuid võimalik odavama turba pakkumine naaberriikidest võib samuti pärssida kaevandamismahtude suurenemist, mille tõttu paljud kaevandusalad võivad jääda ajutiselt kasutusest välja. Seevastu ei vähene nendelt CO₂ emissioonid, kui ei tegeleta aktiivselt kaevandusest rikutud soode taastamisega.

LOW CO₂ stsenaariumi puhul vähenevad nii CO₂ emissioonid kaevandusaladelt ja kui ka kaevandusalad, kuid turba kaevandamise mahud jäävad 1 mln t piiresse. Vähenemine on seotud tehnoloogilise arenguga, mille abil on võimalik turba ammutamine samas mahus väiksematel pindaladel⁵³. Sektori käive ei muutu võrreldes praeguste väärtustega, samas väheneb hõivatute hulk ligikaudu kahekordselt. See-eest võivad uued tehnoloogiad kaasa tuua suuremad CO₂ heitkogused seonduvalt nende energiamahukusega, mis läbi nende kasutuselevõttule peab eelnema vastav elutsüklianalüüs. Uued tehnoloogiad võimaldavad kaevanduse järgselt luua kiiremini tingimused nende alade taassoostumiseks ja täiendavate emissioonide vältimiseks. Vastavate tehnoloogiate kasutuselevõttu võivad toetada asjakohased muudatused regulatsioonides ja keskkonnatasude süsteemis, nt CO₂ maksu kehtestamine kaevandusaladele. LOW CO₂ ei hinnata kõige realistlikumaks, see on sõltuvuses tehnoloogiate arengust, mis lubaks jätkata senistes mahtudes turba kaevandamisega, kuid võimaldaks kaevandusalade pindala oluliselt vähendada. Lisaks võib selline kaevandamisviis olla energiamahukam ja kulukam, mistõttu ei leia rakendust.

8.3.5. Modelleerimise tulemused

Turbakaevandusaladelt lähtuvaid emissioone hinnati vastavalt Eestis läbiviidud mõõtmistulemuste andmetele (Salm jt 2012). Võrreldes uurimistulemusi Soomes läbi viidud mõõtmisandmete ja Soome riiklikus KHG aruandes kasutatavate emissioonifaktoritega, võivad emissioonid olla veelgi suuremad. Lähtuvalt eeltoodust on kõigi stsenaariumide puhul 2020. aasta emissioone hinnatud nii 2012. aasta Eesti kliimaaruandes kasutatavate emissioonifaktorite kui ka Eestis tehtud mõõtmisandmete alusel,

⁵³ Vastavate tehnoloogiate arendamist tutvustati näiteks Tallinnas XII Balti turbatootjate foorumil septembris 2012.

mis on esimestega võrreldes suurusjärgu võrra suuremad (vt tabel 87 ja tabel 88). Kuna CH₄ ja N₂O osakaalu on hinnatud ligikaudu 5–10% kaevandusaladelt lähtuvast CO₂, CH₄ ja N₂O koguemissioonist ümberarvestatuna CO₂ ekvivalentidesse, anti hinnang üksnes CO₂ emissioonile.

Kõige väiksema CO₂ lendumise toob kaasa LOW CO₂ stsenaarium, kuid on kaheldav, kas tehnoloogilised arengud siiski võimaldavad sellel realiseeruda. Turbakaevandamise suurenemisel, HIGH CO₂ stsenaariumi korral, suurenevad vastavalt kaevandusalade pindaladele ka emissioonid, kahekordistudes aastaks 2050. Kõige tõenäolisem on BAU stsenaarium, kus kaevandusmahud jäävad samale tasemele ja kaevandusalade pindalad ei suurene.

Tabel 87. Emissioonid NIR 2012 emissioonifaktorite alusel, tuh t CO₂ ekvivalent.

	2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium	13,62	13,62	13,62	13,62	13,62
HIGH CO ₂ stsenaarium	13,62	17,02	20,43	23,83	27,24
LOW CO ₂ stsenaarium	13,62	10,21	6,81	3,40	3,40

Tabel 88. Emissioonid Eesti uurimisandmete (Salm jt 2012) alusel, tuh t CO₂ ekvivalent.

	2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium	118,59	118,59	118,59	118,59	118,59
HIGH CO ₂ stsenaarium	118,59	148,24	177,88	207,53	237,18
LOW CO ₂ stsenaarium	118,59	88,94	59,29	29,65	29,65

Tabel 89. Kaevandusalade pindala, ha.

	2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium	18579	18579	18579	18579	18579
HIGH CO ₂ stsenaarium	18579	23224	27869	32513	37158
LOW CO ₂ stsenaarium	18579	13934	9290	4645	4645

Emissioonifaktorite täpsustamiseks on oluline viia läbi täiendavad kasvuhooonegaaside emissioonide mõõtmised Eestis, keskendudes mitte ainult kaevandusaladele, vaid kõigile kuivendusest mõjutatud aladele.

8.3.6. Meetmed ja investeeringud

Väljapakutud meetmed on suunatud eelkõige võimaliku märgaladelt lähtuva süsiniku lendumise vähendamisele, kuna märgalade ulatusliku kuivendamise tõttu võib eeldada, et see moodustab olulise osa maakasutusega (sh LULUCF) seotud koguemissioonist. Väljaspool kaevandusalasid toimuv süsinikukadu pole senini leidnud käsitlemist riiklikes KHG aruannetes. Märgalade taastamine, sh looduslikule märgalale omase süsiniku sidumise ja akumulierumise ennistamine, võimaldab

suurendada nende rolli võimalike kliimamuutuste leevendamisel. Vastavalt on planeeritud ka meetmed taastamistegevuste rahastamiseks.

Samuti on kavandatud meetmed Eesti põhiste andmete kogumiseks KHG bilansi täpsustamiseks, mis võimaldab täpsemini hinnata märgalade emissioone ja siduda seda riikliku aruandlusega. Väljapakutud meetmed on olulised kõigi stsenaariumide korral, et vähendada süsiniku lendumist nendelt aladelt ning on olulise mõjuga eeldusel, et ka turbakaevandusalade väliseid emissiooniallikaid, sh kuivendatud märgalaid, hakatakse kajastama KHG bilansis. Tõenäoliselt väheneb selle tõttu LULUCF-i roll CO₂ sidumisel.

Alljärgnevalt on põhjalikumalt lahti seletatud märgaladelt pärinevate CO₂ heitkoguste vähendamisele suunatud meetmete sisu.

- Teiste kuivenduse poolt mõjutatud märgalade, st turba kaevandusest välja jäänud märgalade süsinikubilansi hindamine ja sellest lähtuvalt meetmete rakendamine süsiniku emissioonide vähendamiseks ja sidumiseks. Potentsiaalselt võib LULUCF-i heitkoguste hulk suureneeda, kui arvestada kõigi kuivendatud märgalade pindalaga (ca 200 000 ha, emissioon 1,56 kuni 2,32 mln t CO₂ a; 10 000 ha kaevandamisest maha jäetud jääksoid, emissioon ca 104 000 t CO₂ a⁻¹). Juhul, kui CO₂ kauplemise süsteemi lisatakse ka kuivendatud märgalade emissioonid ja nende vähendamine alade taas-soostamise läbi, on võimalik, et Eestilt nõutakse välja kulud emissioonide eest, teisalt võib olla võimalik leida rahastust taas-soostamiseks. Kaevandusalade laiendamisel lähtutakse põhimõttest, et samavõrra taastatakse kaevandusest mahajäetud soolaladid või rakendatakse nende metsastamist. Näiteks iga avatava kaevandusalaga võrdsel pindalal tuleb enne loa andmist jääksoid korrastada. Võtta eesmärgiks jääksoid pindala vähendamine 5% aastas, mh kasutada selleks suunatult turba ressursimaksu. Võimalikuks meetme maksumuseks on hinnatud 100 mln € eeldusel, et ühe ha korrastamine koos ettevalmistavate kuludega maksab hinnanguliselt 1000 eurot (meetme maksumuse hindamisel on võetud aluseks vastav hinnang Soomes (Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävä ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi. Maa- ja metsätalousministeriö, 2011)). Tõenäoliselt on ½ aladest isetaastuvad seonduvalt kuivendussüsteemide amortiseerumisega ega vaja sekkumist. Seeläbi on hinnatud tööde mahtu 100 000 ha kohta, sh aktiivsed (ca 20 000 ha) ja mahajäetud kaevandusalad (10 000 ha). Tööde maksumus võib väheneda, kui kuivendatud alade kuivendussüsteemid amortiseeruvad, neid ei uuendata ja toimub looduslik taastumine; samuti võib kulud katta taastatavatel aladel vajalik raie ja puidu müügist saadav tulu. (vt tabel 90, meede 1)
- Kaevanduslubade väljastamise lõpetamine seni kaevandamata ja kuivendusest olulisel määral rikkumata soodele, lähtudes mh 2004. aastal Riigikogu poolt heakskiidetud kütuse- ja energiamajanduse pikaajalisest arengukavast. Sel viisil suunatakse kaevandamist rikutud soodele või mahajäetud, kuid ammendamata varuga aladele, säästmaks turbavarusid ja looduslikke soid. Meetme elluviimine ei eelda täiendavaid kulutusi ega investeeringuid. (vt tabel 90, meede 2)
- Kaevandusalade emissioonifaktorite täpsustamine vastavate rakendusuringute kaudu ja nende kasutamine. Meetme maksumus on hinnatud lähtuvalt vajadusest mõõtmis-

seadmetele (statsionaarsed ja portatiivsed KHG mõõteseadmed) ja sissetelitavatele töödele nende hooldamiseks ja palgakuludest vähemalt ühele eksperdile. (vt tabel 90, meede 3)

- CO₂ maksu kehtestamine turbakaevandusaladele või turba kasutamisele. Eeldab rahvusvahelise koostöö arendamist antud maksuregulatsiooni kehtestamiseks EL-i või globaalsel tasandil (vt ka ptk 8.3.5.). Meetme elluviimine eeldab täiendavaid regiooniüleseid sotsiaalmajanduslikke uuringuid ja vastava välis- ning keskkonnapoliitilise tegevuse algatamist. Maksumus sisaldab vastava eksperdi(tide) või ametniku(e) tasustamist ja uuringute läbiviimist. (vt tabel 90, meede 4)

Tabel 90. Märjaladega seotud meetmed ja investeeringud.

	Tüüp	Olemasolev või kavandata	Vajadus	Maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
Meede 1 – soode taastamine	Regulatiivne/ investering	Kavandata	Jääsoode taastamine ja emissioonide vähendamine	100 mln €	CO ₂ emissioonid märjaladelt minimeeritud jääsoode ja soode loodusliku KHG bilansi taastamise kaudu. 2040. a on taastatud või taastunud 200 000 ha kuivendusest mõjutatud märjalasid.	Vastavad regulatiivsed muudatused seadustes kaevandustegevuse laiendamisel ja ressursimaksude kehtestamisel, toetusmehhanismid jääsoode taastamiseks
Meede 2 – kaevandustegevuse suunamine rikutud ja/või mahajäetud aladele	Regulatiivne	Olemasoleva täiendamine	Looduslike soode säilimine ja rikutud aladele kaevandustegevuse suunamine	NE	Jääsoode pindala ei suurene looduslikuna säilinud alade arvelt.	Vastavad regulatiivsed muudatused seadustes kaevandustegevuse laiendamisel
Meede 3 – valdkondlike rakendusuringute läbiviimine	Investeering	Olemasoleva täiendamine	Maakasutuse jätkusuutlikkuse edendamine, KHG aruandluse täpsustamine ja riiklike kohustuste kvaliteetsem täitmine	20 000 €/a 200 000 € (seadmed)	Täpsustunud andmed võimaldavad arendada meetmeid maakasutuse jätkusuutlikkuse tagamiseks. Paraneb KHG aruandluse kvaliteet.	Rakendusuringud ja tulemuste rakendamine regulatsioonides ja KHG aruandluses
Meede 4 – CO ₂ maksu kehtestamine turba kasuta-	Regulatiivne	Kavandata	Turvasmuldade süsinikuvaru säilitamine ja emissioonide vähendamine	1 mln €	Keskonnatasude ja nende sihipärase kasutuse kaudu paranevad võimalused jääsoode taastamise rahastamiseks, samuti kliimamuutuste mõjude leevendamiseks ja emissioonide vähendamiseks.	Rahvusvahelisel tasandil kokkulepped vastavate keskkonnatasude kehtestamiseks

	Tüüp	Olemasolev või kavandatav	Vajadus	Maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
misele						

Meetmete hinnanguline maksumus on kokku 101,2 mln eurot, sellest 100 mln eurot sisaldab soode taastamist. Viimane on preventiivne meede, et vähendada võimalikke emissioone kuivendatud märgaladelt, mis mõjutaksid ühtlasi ka riiklikku KHG arvestust. Soovitame meetmete rakendamist kõigi stsenaariumide korral.

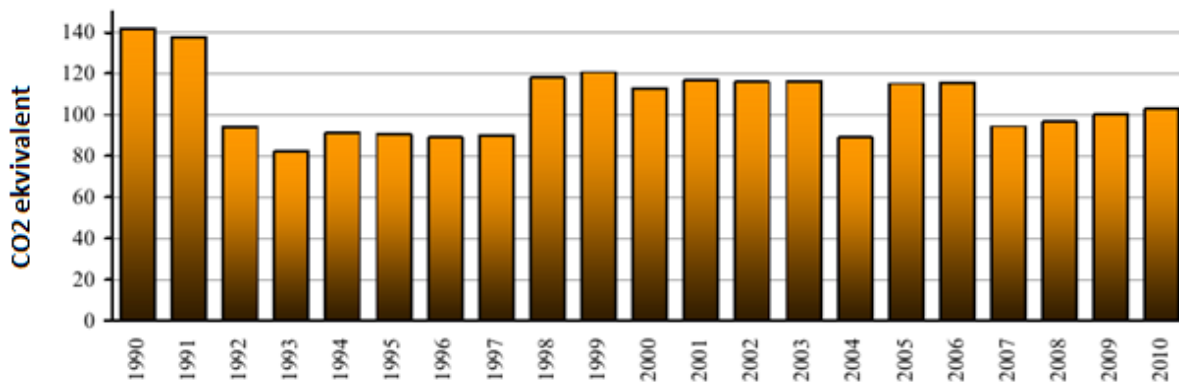
8.4. Põllumaa ja rohumaa

8.4.1. Hetkeolukord

NIR 2012 aruande alusel on Eestis **põllumaad** 1,078 mln ha. Sellest omakorda vähemalt 21 020 ha paikneb NIR 2012 andmetel orgaanilistel muldadel. Samas võib Põllumajandusuuringute Keskuse (PMK) hinnangul Eestis turbahorisondiga muldasid põllumajanduslikus kasutuses olla kuni 124 874 ha, millest 44 500 ha on põllukultuuride all. NIR 2012 aruande turvasmuldade hinnang põhineb SMI välitööde andmetel, PMK tugineb GIS analüüsile ning hindab reaalselt turvasmuldade pindala esitatust kolmandiku võrra väiksemaks, kuna 25–30%-l muldadest võib turvas praeguseks olla mineraliseerunud. Seetõttu lähtutakse käesolevas töös turvasmuldade pindala osas NIR 2012 aruande hinnangutest, mis põhinevad iga aasta uute vaatlustulemustega täiendataval andmestikul.

Eesti Statistikaameti andmetel oli 2010. aastal kasutatavat põllumajandusmaad 831 502 ha, millest põllumaa moodustas 640 038 ha. Kasutamata põllumaad oli 2010. aastal 109 440 ha. Ühtset pindalatoetust (ÜPT) taotleti 2012. aastal 912 000 ha-le, millest toetusaluse põllumaa ja lühiajalise kultuurrohumaa pindala oli 628 000 ha (PRIA 2013), ülejäänud moodustas püsirohumaa. Põllumaa pindala vähenes perioodil 1991–2005 ja on seejärel taas suurenema hakanud.

Kogu CO₂ emissioon põllumaadelt on võrreldes 1990. aastaga vähenenud 2010. aastaks 142 100 t-lt 103 200 t-ni (vt joonis 81; emissiooniallikad: tabel 91) – muutus on tingitud lupjamise vähenemisest, kuid kahanenud on ka viljapuuadade biomassi süsinikuvaru (NIR 2012).



Joonis 81. CO₂ emissioonid põllumaadelt ajavahemikus 1990–2010, 1000 t CO₂-ekv.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

Viljapuuadade pindala on 4000 ha, millest ca ¼ moodustavad väiksemad koduaiad ja ¼ suurtootjate aiandid. Kuna viljapuuadade pindala on vähenemas, kajastub see ka NIR-is – 2010. aastal vähenes nendes seotud süsinikuvaru võrreldes eelneva aastaga 25 400 t CO₂-ekv võrra (NIR 2012). Soome NIR (2012) käsitleb lisaks viljapuuadadele ka süsinikuvaru muutusi sõstrapõõsastes. Sellise täpsuseni pole Eesti kliimaaruandlus veel jõudnud, kuid vastavad andmed on Eesti Statistikaametil olemas.

Lupjamisega seonduvaid emissioone hinnati *Tier 1*⁵⁴ meetodika põhiselt. Võrreldes 1990. aastaga on mahud vähenenud drastiliselt ja seeläbi on kahanenud ka koguemissioon, mis 2010. aasta andmetel oli 730 t CO₂-ekv (NIR 2012). Samas on viimase kümne aasta jooksul olnud aastaid, kus lupjamisest põhjustatud emissioon on olnud suurusjärgu võrra kõrgem.

Orgaanilistel muldadel hinnati NIR 2012 süsiniku emissioone *Tier 1* meetodika põhiselt (emisioonifaktor 1,0 t C ha⁻¹ a⁻¹). Võrreldes 1990. aastaga on 2010. aasta emissioonid langenud põllumaade osakaalu 6,9% vähenemise tõttu orgaanilistel muldadel. Emissioonide suuruseks on 2010. aastal hinnatud 77 100 t CO₂-ekv.

Soome ja Rootsi NIR (2012) põhjal on põllumaad hinnatud samuti CO₂ emissiooni allikaks, oluline on orgaanilistelt muldadelt tulenev emissioon (vastavalt 4,9 ja 3,76 t C ha⁻¹ a⁻¹); mineraalmuldadel on Soome andnud hinnangu sidumise kohta (süsinikuvaru suureneb 0,09 t ha⁻¹ a⁻¹) ja Rootsi süsiniku lendumise kohta (C varu väheneb 0,01 t ha⁻¹ a⁻¹).

Tabel 91. KHG emissioonid põllumaadelt; „-“ – süsiniku sidumine, „+“ – süsiniku emissioon atmosfääri; ühik 1000 t CO₂-ekv. Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012).

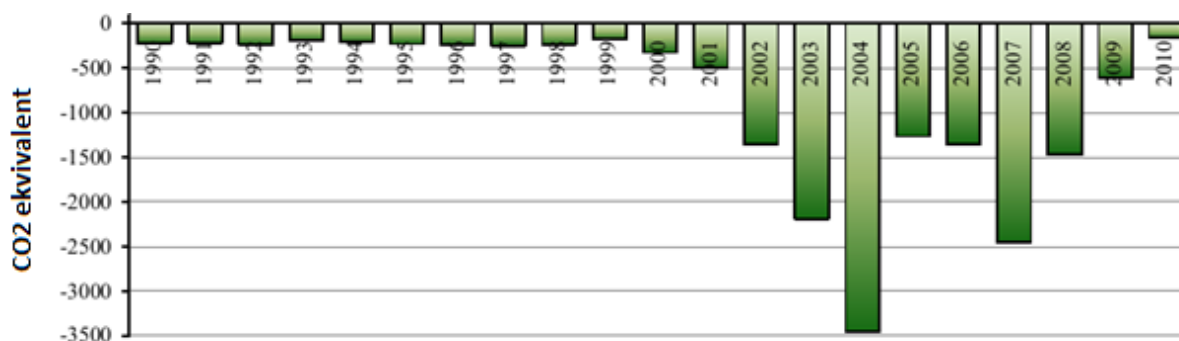
	IPCC Kategooria	Gaas	Baasaasta emissioonid 1990	Vaadeldava aasta emissioonid 2010
			CO ₂ -ekv	CO ₂ -ekv
5.B.1	Põllumaana säilinud alad – neto süsinikuvaru muutus biomassis	CO ₂	-0,49	25,40
5.B.1	Põllumaana säilinud alad – neto süsinikuvaru muutus org. muldades	CO ₂	82,75	75,15
5.B.2.2	Põllumaaks muudetud rohumaad – neto süsinikuvaru muutus org. muldades	CO ₂	0,00	1,92
5 (IV)	Lupjamine	CO ₂	59,84	0,73

Mulla orgaanilise süsiniku (edaspidi SOC-i) varud ja nende muutused sõltuvad peamiselt mulla veerežiimist, olles suuremad niisketes muldades – vastavalt on ka suuremad süsinikuemissioonid kuivendatud turvas- või gleimuldadel. Ühtlasi mõjutavad SOC-i varusid mulla savi- ja karbonaatide sisaldus ning kasutatav agrotehnoloogia (kuivendus, kasvatatavate kultuuride roteerumine). Näiteks põllumuldade SOC-i bilanssi on hinnatud negatiivseks teraviljade kasvatamisel, mis võimendub veelgi vahelharitavate kultuuride (nt kartul) kasvatamisel, vastavad väärtused on esitatud Kõlli jt (2011) artiklis. Kuna küntud taimkatteta turvasmullast võib SOC-i kadu olla kuni 3,9 t ha⁻¹ a⁻¹ (Kõlli jt 2011), ei tohiks turvasmuldadel kündmist soosida ega kuivendamist toetada. Ühtlasi peaks turvasmuld olema võimalikult minimaalse aja taimkatteta. Kogu külvikorra süsinikubilanssi aitab tasakaalustada põldheinte kasvatamine või lisatud orgaaniline süsinik (Kõlli jt 2011). Selliste meetmete hädavajalikkust rõhutatakse ka Euroopa Komisjoni ettepanekutes (COM(2012) 94 final).

⁵⁴ *Tier 1* meetodikat rakendatakse riigispetsiifiliste andmete puudumise või madala kvaliteedi korral ning meetodika seisneb IPCC (2006) poolt heaks kiidetud vaikumisi väärtuste kasutamises CO₂ emissioonide arvutamisel.

Üldmainitu tõttu on otstarbekas turvasmuldadel asuvad põllumaad võtta kasutusele püsirohumaadena või metsastada niisketele kasvukohtadele sobivate puuliikidega (mänd, kuusk, sanglepp, aru- ja sookask). Sihipäraste mulla süsinikuvaru taastamistegevustega võib saavutada aastase C-reservi kasvu 0,1-st 0,7 t-ni SOC ha⁻¹ (Kõlli jt 2011).

Rohumaade pindala on 1990. aastate algusest püsinud stabiilsena (ca 350 000 ha; NIR 2012) ja neid on senini hinnatud süsiniku sidujana (2010. aastal -160 000 t CO₂-ekv; vt tabel 92). Perioodi 1990–2010 jooksul on rohumaade süsinikusidumine varieerunud 160 000 t-st (2010) 3,45 mln t-ni CO₂-ekv (2004) (vt joonis 82). Peamiseks faktoriks on olnud biomassis seotava süsiniku hulk. Samuti on sisendiks täiendavate alade rohumaadena arvele võtmine, mis on 2010. aastal ainus rohumaid sidujaks määrav faktor – rohumaadena säilinud alade süsinikubilanss on biomassi vähenemise tõttu juba positiivne ja vastavalt on arvestatud CO₂ voog atmosfääri (NIR 2012). Teine asjaolu, mis nihutab rohumaade süsinikubilanssi näiliselt positiivse suunas, on võimalus nende alade kandmiseks NIR-i arvestuses mõne muu kategooria alla, näiteks juhul, kui rohumaa arvestatakse ümber metsamaaks. Metsamaana arvele võetud endised rohumaad suurendasid metsade süsinikusidumist 2010. aastal 1,87 mln t CO₂-ekv võrra (NIR 2012).



Joonis 82. Aastane muutus rohumaade süsinikusidumises ajavahemikul 1990–2010, 1000 t CO₂-ekv.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

Tabel 92. KHG emissioonid rohumaadelt; „-“ – süsiniku sidumine, „+“ – süsiniku emissioon atmosfääri; ühik 1000 t CO₂-ekv. Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012).

	IPCC Kategooria	Gaas	Baasaasta emissioonid 1990	Vaadeldava aasta emissioonid 2010
			CO ₂ -ekv	CO ₂ -ekv
5.C.1	Rohumaana säilinud alad – neto süsinikuvaru muutus org. muldades	CO ₂	33,52	31,10
5.C.1	Rohumaana säilinud alad – biomass	CO ₂	-249,43	141,58
5.C.1	Rohumaana säilinud alad – surnud puit	CO ₂	0,38	9,82
5.C.2	Rohumaaks muudetud alad – neto süsinikuvaru muutus biomassis	CO ₂	0,00	-341,90
5.C.2	Rohumaaks muudetud alad – neto süsinikuvaru muutus muldades	CO ₂	0,00	3,98
5.C.2	Rohumaaks muudetud alad – surnud orgaaniline aine	CO ₂	0,00	-5,33

Süsinikuvaru muutust on kliimaaruandes hinnatud rohumaana säilinud ja rohumaaks muudetud maadel lähtudes muudatustest biomassis, surnud puidu mahus ja mullas (v.a mineraalmuldadel). Biomassi ja surnud puidu osas kasutatakse muudatuste hindamiseks *Tier 2*⁵⁵ meetodikat, orgaanilistel muldadel *Tier 1* meetodikat, emissioonifaktoriga 0,25 t C ha⁻¹ a⁻¹ (NIR 2012), mida võib pidada alahinnatuks. Emissioonifaktor 0,25 t C ha⁻¹ a⁻¹ on üldistatud kogu külmale parasvöötmele (IPCC kliima tüüp c) ega arvesta kohalikke eripärasid. Rootsi ja Soome kliimaaruanded tuginevad aga kohapealsetele mõõtmistele, mistõttu on oma geograafilise läheduse tõttu ka Eestile laiendatavad. Võttes arvesse ka Eesti lõunapoolsemat paiknemist, võivad emissioonid olla veelgi suuremad. Rootsi NIR-is (2012) kasutatav emissioonifaktor oli 1,6 t C ha⁻¹ a⁻¹ ja Kõlli (2012) hindab kuivendatud orgaaniliste muldade süsinikukadu 2,5–3,5 t ha⁻¹ a⁻¹, mida ei suuda kompenseerida ka kultuuride kasvatamine. Soomes on kasutusel emissioonifaktorina 3,2 t C ha⁻¹ a⁻¹ (Maljanen jt 2007). Soome NIR (2012) põhjal on rohumaad seetõttu hinnatud CO₂ emissiooni allikaks, määravaks osutub orgaanilistelt muldadelt tulenev emissioon – sidumine toimub üksnes mineraalmuldadel. Kuna Soome emissioonifaktorite näol on tegemist kõige sarnasemates tingimustes läbi viidud uuringutel põhineva hinnanguga, plaaniti algselt neist lähtuda ka käesolevas töös tehtud arvutustes. Pärast Keskkonnateabe Keskusega konsulteerimist otsustati kasutada Rootsi NIR (2012) andmeid, kuna neid hinnati Eesti tingimustele sobivamaks. Rootsi NIR (2012) emissioonifaktorit Eesti NIR-is esitatud rohumaade turvasmulla pindalale rakendades võisid 2010. aasta emissioon kuivendatud orgaanilistelt muldadelt küündida 224 500 t CO₂-ekv-ni (Eesti NIR 2012 hinnang on vastavalt 35 100 t CO₂-ekv).

Rohumaadest 308 070 ha paikneb mineraalmuldadel (NIR 2012). Soome NIR 2012 on mineraalmuldade keskmiseks aastaseks süsinikuvaru kasvu väärtuseks esitatud 0,35 t SOC ha⁻¹, Rootsi NIR 2012-s 0,22 t SOC ha⁻¹. Kuigi Eesti NIR 2012 on mineraalmuldade emissioonide ja sidumise vahe hinnatud vaikumisi 0-ks, antakse käesolevas töös hinnang võimalikule süsinikubilansile Rootsi NIR emissioonifaktorite põhjal, mis kattub Kõlli jt (2011) andmetega. Võttes arvesse, et mineraalmuldadel asuvate rohumaade keskmine süsinikusidumine on 0,2 t SOC ha⁻¹ a⁻¹, seovad need aastas 61 614 t SOC (ca 226 000 t CO₂-ekv), mis tasakaalustaks kuivendatud orgaanilistelt muldadelt tulevaid emissioone. Samas toimub süsiniku akumuleerumine mineraalmuldadesse vaid nende mahutavuse piirini, mis on mullatüübispetsiifiline maksimaalne talletatav süsinikukogus. Mahutavuse piir on tasakaaluseisund, mille puhul süsiniku sisse- ja väljavoog on võrdsed ning täiendavat sidumist ei toimu. Täpsema hinnangu andmiseks on vajalikud täiendavad Eesti-põhised KHG mõõtmised ja pikaajaline süsinikuvaru seire, mis toimuks ka vastavalt eri tüüpi muldadel (Kõlli jt 2007).

NIR 2012 andmetel on Eestis rohumaad 346 330 ha – siinkohal on silmas peetud vaid alasid, mida ei künnta (poollooduslikud kooslused, põõsastikud, ranna- ja puisniidud jne). Lühi- ja pikaajalised kultuurrohumaad, mida kas või kord 5–10 aasta jooksul üles küntakse, liigitatakse NIR 2012 järgi põllumaa alla. Põllumaa mineraalmuldadel asub ligikaudu 200 000 ha püsirohumaad. Loodusliku ja pikaajalise kultuurrohumaad taotletud pindalade ning põllumassiivide sisse jäävate poollooduslike koosluste hooldamise toetustaotlusel esitatud pindalade summa 2012. aastal oli 300 272 ha (PRIA

⁵⁵ Tier 2 meetodika puhul kasutatakse CO₂ emissioonide arvutamisel riigispetsiifilisi andmeid ja/või emissioonifaktoreid. Eesti NIR-is on rohumaade biomass ja surnud puidu massi hindamisel SMI inventuuridel põhinevaid andmeid.

2012), mis on suurem kui Eesti püsirohuma säilitamise võetud kohustus EL-i ees (225 000 ha). Käesolevas töös eeldatakse samade tingimuste jätkumist aastani 2050. Ligikaudu 100 000 ha toetatud püsirohumaast paikneb NIR rohumaa kategoorias ning selle hulka kuulub ka 15 000 ha põllumassiivide sees asuvat toetatud poollooduslikku kooslust. Põllumassiividest väljaspool paikneb veel 12 000 ha poollooduslikku kooslust, mille hooldamiseks on PRIA-lt toetust taotletud.

Hinnanguliselt vajab Eesti kaitstavatel aladel säilitamist 60 000 ha erinevaid niidukooslusi. LAK 2020 on püstitanud eesmärgi suurendada hooldatavate poollooduslike koosluste pindala 2020. aastaks seniselt 27 000 ha-lt 45 000 ha-ni; ülejäänud 15 000 ha poollooduslike koosluste kaitse korraldamine on plaanitud lahendada aastaks 2030 (LAK 2020). Seeläbi on Eestis järgneva EL-i eelarveperioodi lõpuks hooldatud rohumaid (sh NIR mõistes põllumaa alla kuuluvaid püsirohumaaid) vähemalt 330 000 ha ning aastaks 2030 on korraldatud hooldatavate rohumade pindala laienemine 345 000 ha-ni.

8.4.2. Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused

Lähtudes [Maaelu Arengukava 2014–2020](#), [Ühtse Põllumajanduspoliitika](#) ning [Euroopa Liidu kliima- ja energiapoliitika 20/20/20](#) eesmärkidest, on põllumajandusmaa puhul sihiks seatud selle eesmärgipärase, mullaviljakust säilitava, keskkonnasõbraliku ning piirkondlikke eripärasid arvestava kasutamise tagamine. Probleemidena on muuhulgas loetletud happeliste muldade suur osakaal (lupjamisvajadusega muldade kaardistamisega on selgunud, et haritavast maast vajab lupjamist ligikaudu 300 000 ha), maakasutuse ühtse poliitika puudumine, andmebaaside mitteühilduvus ja järelevalve puudumine maa sihipärase kasutamise üle ning ohtude seas muldade kurnamine ebaefektiivsete tootmismeetodite tõttu (nimetatud probleemid on esitatud ka taustamaterjalides Eesti maaelu arengukava 2014–2020 eesmärkide seadmisel). Ka EL-i ettevalmistatava mullakaitse direktiivi ühe mullakaitse probleemina on esitatud orgaanilise aine vähenemine, mis on Eestis aktuaalne (Astover jt 2012).

Seeläbi on muldade kasutuse parandamiseks ennekõike oluline täiendada ja rakendada muldade orgaanilise aine seireandmeid ning täiendada vastavaid toetusmeetmeid või regulatsioone eesmärgiga tagada muldade orgaanilise süsiniku varude stabiilsus või suurenemine, seda eelkõige mineraalmuldadel. Siinjuures on oluline mullastikupõhise põlluharimise edasiarendamine ja põllumuldade osas arvestuse pidamine nendes toimuvate muutuste hindamiseks ning preventiivsete meetmete rakendamiseks (Kõlli ja Tamm 2012). Samuti on oluline jätkata uuringuid biosöe kasutuselevõtu ja võimaliku emissiooni vähendamise hindamiseks.

Põllumajandusuuringute Keskuse poolt läbi viidud seire tulemusena antakse ka hinnang minimeeritud harimise mõjule, mille käigus täheldati kõrgemat orgaanilise süsiniku sisaldust otsekülvi põldude pealmises 0–5 cm kihis, võrreldes huumushorisoni alumiste kihtidega. Sellisel orgaanilise aine kogunemisel on tähtsus eelkõige madalama viljakusega muldades, mistõttu on soovitatav rakendada otsekülvi. Teine oluline aspekt mullaviljakuse säilitamisel on liblikõieliste-rikka põldheina kasvatamise kaasamine erinevate põllumajandustoetuste meetmete (mahe ja keskkonnasõbralik majandamine) tingimustesse, mida hinnati tõenäoliselt kõige olulisema tähtsusega tegevuseks praegustest meetme määruses olevatest tegevusnõuetest (MAK 2012).

Mullaviljakuse ja süsinikuvarude säilitamist ning muldade happesuse vähendamist soodustab biomassist toodetud biosöe kasutus. Lupjamise asemel biosöe kasutamine võimaldaks vähendada ka lupjamisega seotud CO₂ emissioone, kuid vastava teabe vähesus toob esile vajaduse täiendavateks rakendusuringuteks. Samuti on vajalik uurida biosöe keskkonnamürke siduvaid omadusi ning kaasnevat mõju keskkonnale (Verheijen jt 2009). Vastavate uuringutega on Eestis alustatud ja nende jätkamist nähakse ette ka maaelu arengukava järgmise perioodi jooksul.

EL-i bioloogilise mitmekesisuse strateegia aastani 2020 (Meie elukindlustus, meie looduskapital: ELi bioloogilise mitmekesisuse strateegia aastani 2020. Euroopa Komisjon, 2011) üheks peaeesmärgiks on peatada 2020. aastaks EL-is bioloogilise mitmekesisuse vähenemine ja ökosüsteemi teenuste kahjustumine ja need võimaluste piires taastada, suurendades EL-i panust maailma bioloogilise mitmekesisuse vähenemise ärahoidmisesse. 2020. aastaks säilitatakse ja parandatakse ökosüsteeme ja ökosüsteemi teenuseid: selleks luuakse roheline infrastruktuur ning taastatakse vähemalt 15% kahjustatud ökosüsteemidest. Põllumajanduses on eesmärgiks suurendada 2020. aastaks võimalikult palju selliste põllumajanduslike rohumaade, põllumaade ja püsiluhtude all olevaid alasid, mida reguleeritakse ÜPP raames võetud bioloogilise mitmekesisuse meetmetega, et tagada bioloogilise mitmekesisuse säilimine ja parandada mõõdetavalt selliste liikide ja elupaikade kaitsestaatust, mis sõltuvad põllumajandusest või mida see tegevusala mõjutab, ning ökosüsteemi teenuste pakkumist võrreldes EL-i 2010. aasta võrdlustasemega, ja toetada seeläbi loodusvarade säästvat majandamist.

8.4.3. Stsenaariumid ja nende eeldused

Andmete puudumise tõttu ei ole Eesti NIR 2012 kajastanud süsinikuvarude muutumist **mineraalmuldadel**. Keskkonnateabe Keskus on käivitanud vastavad uuringud ja esialgsete tulemusteni jõutakse 2014. aastal. Põllumajandusuuringute Keskuse mullaseire büroo alustas 2005. aastal mulla viljakuse ja orgaanilise aine uuringut eesmärgiga hinnata keskkonnasõbralikku majandamist ja mahepõllumajanduslikku tootmist seatud eesmärkide täitmisel (MAK 2012). Nimetatud töö tulemusi kavandatakse kajastada 2013. aastal (P. Penu, kommentaar) – ka selle uuringu tulemused annavad võimaluse hinnata Eesti tingimustes erinevate maaharimisviiside mõju süsinikuvaru muutustele mineraalmuldadel ning teha ettepanekuid seniste põlluharimisviiside- ja toetussüsteemide täiendamiseks. Soomes on hinnatud mineraalmuldadel süsinikuvaru muutumist positiivseks, vastavalt 0,09 t C ha⁻¹, Rootsis negatiivseks – 0,01 t C ha⁻¹ (vastavad KHG aruanded 2012). Käesolevas töös hinnatakse võimalikke emissioone mineraalmaadel paiknevatel põllumuldadel vastavalt Rootsi NIR (2012) kasutatavale emissioonifaktorile.

Põllumaadest vähemalt 21 020 ha paikneb NIR 2012 andmetel **orgaanilistel muldadel**. Soomes ja Rootsis on hinnatud turvasmuldadel süsinikuvaru vähenevaks, vastavalt 4,9 ja 3,76 t C ha⁻¹ a⁻¹. Astover jt (2012) hinnangul võib taimkatteta (ülesküntud) kuivendatud turvasmuldadel olla aastane süsinikukadu kuni 5 t C ha⁻¹. Seeläbi on oht, et emissioonid on alahinnatud ja meetodikate täiendamisel need suurenevad olulisel määral. Erinevate stsenaariumide emissioonide arvutamisel on lähtutud nii Eesti NIR (2012) emissioonifaktoritest ja pindalahinnangutest kui ka Rootsi NIR (2012) kasutatud emissioonifaktoritest. HIGH CO₂ stsenaariumi osas on hinnatud põllumaade **pindalade suurenemist**, mis toimub mineraalmuldadel paiknevate rohu- ja metsamaade (16 500 ha rohumaad

ja 8500 ha metsamaad aastatel 2020 ja 2030 ehk kokku 20 aasta jooksul 50 000 ha) taas põllumaadena kasutuselevõtmise tõttu. Emissioonifaktoritena on arvestatud Rootsi NIR (2012) vastavaid väärtusi -0,5 ja 0,45 t C ha⁻¹. LOW CO2 stsenaariumis on võetud eelduseks, et põllumaa turvasmullad (21 020 ha) viiakse kahes osas aastatel 2030 ja 2040 rohumaa alla, mil nad emiteerivad veel 10 aastat kuivendatud rohumaa tasemel enne kui emiteerimine veerežiimi taastumise ja kündmise lõpetamise mõjul 0-i jõuab. Kompenseerimaks haritava maa vähenemist on vajadusel võimalik laiendada põllumaad kasutamata maade arvelt, mida on 110 000 ha⁵⁶.

Alates 1998. aastast on põllumajandustoetuste raames toetatud osaliselt põllumaade lupjamist, samas ei ole see peatanud maa taashapestumist. Seetõttu on planeeritud lupjamistõid teha vähemalt 25–30 tuhandel hektaril aastas, et hoida haritava maa põllumuldade reaktsiooni taimede kasvuks soodsal tasemel⁵⁷. Kolme stsenaariumi võrdluses eristub LOW CO2 stsenaarium (vt tabel 93), milles välistatakse turvasmuldade edasine kasutus põllumajandusmaana ja seeläbi väheneb ka lupjamistöde ala aastas ½ võrra (vastavalt 15 000 ha⁻¹ a⁻¹). Emissioonide osas antakse hinnang vastavalt NIR 2011 kasutatavale metoodikale – 2,2 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹. Antud stsenaariumis ei käsitleta eelpoolmainitud võimalust kasutada maade neutraliseerimisel biosütt, kuid juhul, kui selle kasutamine osutub võimalikuks, võib see emissioonid viia nullini.

Tabel 93. Emissioonid seonduvalt põllumaade lupjamisega, tuh t CO₂-ekv.

	2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium	0,73	67	67	67	67
HIGH CO2 stsenaarium	0,73	67	67	67	67
LOW CO2 stsenaarium	0,73	33	33	33	33

Viljapuuaedade pindala osas prognoositakse selle pindala püsimist edaspidi stabiilsena – 4000 ha, mis läbi muutusi nende süsinikuvarus ette ei nähta. Kuigi marjaaedade pindala on viimase kümne aasta jooksul vähenenud, prognoositakse nende pindala vähenemise peatumist ja alade süsinikuvaru säilimist. Mõlema osakaal oleks ka muutuste korral väheses tähtsusega kogu LULUCF sektorit arvestades.

Bioenergiaks vajaliku biomassi arvutamisel lähtutakse energeetika sektori prognoositavatest biogaasi ja puidu tarbimismahutest ning võetakse eelduseks, et kõigi kolme stsenaariumi puhul peab poollooduslikelt kooslustelt, kariloomadeta rohumaadelt ja kasutamata maadelt saadav biogaasi kogus moodustama 63% kõigist allikatest kokku toodetavast vajaminevast biogaasi kogusest ning haritavatelt põllumaadelt saadav biogaasi kogus 19%.

Alljärgnevalt antakse lühiülevaade stsenaariumidest, mida käesolevas töös põllu- ja rohumaaade analüüsi raames põhjalikumalt vaadeldakse.

⁵⁶ LOW CO2 stsenaariumi arvutustes on eeldatud, et rohumaaadeks muudetava põllumaa asemel võetakse harimise alla samas suurusjärgus maad kasutamata maade arvelt.

⁵⁷ Märgitud tegevus on määratletud Eesti maaelu arengukava 2014-2020 taustadokumentides.

BAU 1 stsenaarium (kasutatud on Eesti NIR 2012 pindalahinnanguid ja emissioonifaktoreid)

Olemasolev seadusandlus ja suunised, sh EL-i põllumajanduspoliitika, toetavad põllumaadet maakasutuse jätkumist praeguste pindalade piires. Põllumaa ja lühiajalise kultuurrohumaa pindala ei suurene üle seniste pindalatoetustega kaetud mahu – 628 000 ha, samuti ei harita üles kasutusest väljas olevaid põllumaid. Orgaaniliste muldade kuivendamine ja kasutus künnialuse maana põllumaadet toimub praegusega samas mahus. Oluliseks täiendavaks emissiooniallikaks on hinnatud põllumaade lupjamise lisandumine arvestades aastase vajadusega 30 000 ha, millest lähtuv emissioon on 66 600 t CO₂-ekv a⁻¹ (46% põllumaadelt arvestatavast emissioonist).

Nii põllumaadelt kui rohumaadet paiknevatest turvasmuldadest eralduvad emissioonid samal määral võrreldes 2010. a. Jätkub looduskaitseliste hooldustööde ja pindalatoetuse alt välja jäävate rohumaaade edasine võsastumine (pindala 234 000 ha). Süsiniku biomassi sidumine arvestatakse rohumaadet senise 20 aasta trendi põhjal (keskmiselt 0,69 t ha⁻¹ a⁻¹), põllumaadet -0,01 t ha⁻¹ a⁻¹. Samuti jätkub rohumaadet senise trendi kohaselt surnud puidus seotud süsinikuvarude tõus 0,01 t ha⁻¹ a⁻¹. Rohumaade pindala teiste maade arvelt edasi ei suurene ning metsastumise tõttu arvestatakse iga aasta keskmiselt 1000 ha rohumaa ümber metsamaaks. Seetõttu arvutatakse muldadest lähtuvad süsinikuvood⁵⁸, võttes arvesse, et orgaanilise mulla ja mineraalmulla suhe jääb samaks, kuid rohumaaade üldpindala pidevalt väheneb. Antud muudatusega suureneb metsamaal süsiniku sidumine, oluline mõju rohumaaade süsinikubilansile puudub.

Kuna EL-i Taastuvenergia Direktiivist tulenevalt on Eesti võtnud kohustuseks tõsta taastuvenergia osakaalu energia lõpptarbimisest 25%, sh transpordis kasutatavates kütustest peavad taastuvad energiaallikad moodustama 10%, võetakse kasutusele biomassiressursid kaitsealustelt poollooduslikele rohumaadelt ning kaitse alt välja jäävalt rohumaaalt. Poollooduslikele kooslustele (49 000 ha), mille teoreetilisest kasutatavast biomassist saab hinnanguliselt toota 72 mln Nm³ biogaasi, lisanduks aastaks 2030 täiendavalt 11 000 ha kaitsealuseid poollooduslike rohumaid, mille potentsiaalne toodang on praeguse seisuga hindamata. Täiendava biomassivaruna tuleb hinnata ka rohumaadet tekkivat võsa. Kuni 2220 ha-l haritavatel põllumaadet kultiveeritakse mitmeaastaseid energiakultuure (eelistatult ristikut koos karjamaa-raiheinaga või päideroogu), millest toodetava biogaasi energeetiline saak on kuni 0,13 PJ.

BAU 2 stsenaarium (kasutatud on Rootsi NIR 2012 turvas- ja mineraalmuldade emissioonifaktoreid)

Maakasutusviisid ja lupjamisega seonduvad emissioonid vastavad BAU 1 stsenaariumi kirjelduses toodud infole.

Kasutades Rootsi NIR (2012) emissioonifaktoreid põllumaade turvas- ja mineraalmuldadelt (vastavalt 3,76 ja 0,01 t C ha⁻¹ a⁻¹), on põllumaa koguemissioon võrreldes BAU 1-ga üle 3 korra suurem (103 asemel 354 000 t CO₂). Olulisim emissioon tuleneb põllumaadena kasutuses olevate turvasmuldade harimisest – 289 500 t CO₂-ekv. Kasutades Rootsi emissioonifaktorit 1,6 t C ha⁻¹ a⁻¹, hinnatakse

⁵⁸ Neid teemasid on käsitletud ka peatükis „Metsamaa“ (ptk 8.2).

emissioone kuivendatud orgaanilistest muldadest rohumaadel 2010. aastal 225 000 t CO₂-ekv. Mineraalmuldadel paiknevad rohumaad seovad 2010. aastal 226 000 t CO₂-ekv.

Rohumaade edasise võsastumise tõttu jätkub CO₂ sidumine biomassis senise trendi kohaselt 0,69 t ha⁻¹ a⁻¹. Surnud puidus seotud süsinikuvarude tõus jätkub senise trendi kohaselt 0,01 t ha⁻¹ a⁻¹. Rohumaad seovad 2010. aastal 197 000 t CO₂-ekv a⁻¹. Rohumaade pindala teiste maade arvelt edasi ei suurene ning metsastumise tõttu arvestatakse iga aasta keskmiselt 1000 ha rohumaad ümber metsamaaks. Seetõttu arvutatakse muldadest lähtuvad süsinikuvood, võttes arvesse, et orgaanilise mulla ja mineraalmulla suhe jääb samaks, kuid rohumaade üldpindala pidevalt väheneb.

LOW CO₂ 1 stsenaarium (kasutatud on Eesti NIR 2012 pindalahinnanguid ja emissioonifaktoreid)

Põllumajandustegevuse osas vaadatakse üle eelkõige turvasmuldade kasutus ja võimalikud alternatiivid süsinikuemissiooni vähendamisel, sh rohumaade osakaalu suurendamine, biogaasi tootmiseks toorme kasvatamine, turvasmuldadel asuvate põldude kündmata jätmise või võimalikult maapinnalähedane kündmine ning kuivenduse mõju vähendamine vältimaks turvasmuldade edasist degradeerumist. Seniste teadmiste põhjal on mulla süsinikuvarude säilitamiseks kõige otstarbekam kõigi turvasmuldadel paiknevate põllumaade (21 020 ha) muutmine rohumaadeks, kus ei toimu kündmist ega täiendavat kuivendamist (võimalik CO₂ lendumise vähendamine 77 000 t-lt 0-ni). Ka juba olemasolevatel orgaanilistel muldadel paiknevatel rohumaadel (38 260 ha) lõpetatakse kuivendamise toetamine ja maaharimisel järgitakse veerežiimi hoidmist tasemel, mis tagab mullastiku süsinikubilansi tasakaalu, mistõttu turvasmuldadel paiknevate rohumaade CO₂-emissioonid langevad 0-tasemele. Orgaanilistest põllumuldadest viiakse 50% üle rohumaad alla aastal 2030, mil nende C-emissioon väheneb rohumaade 2010. aasta tasemele (EF – 0,25 t C ha⁻¹ a⁻¹) ning 10 aastaga saavutatakse 0-tase. Ülejäänud 50% orgaanilisi põllumaid viiakse rohumaade alla aastal 2040. Jätkub 234 000 ha looduskaitsete hooldustööde ja pindalatoetuse alt välja jääva rohumaad metsastumine tempoga 1000 ha a⁻¹.

Toetuse maksmise aluseks on edaspidi biomassi kasutamine. Vältimaks haritava põllumaa pinna vähenemist, tuleb võimalusel kasutusele võtta mineraalmuldadel paiknevad kasutamata maad, mida on kuni 110 000 ha. Üheaastaste energiakultuuride kasvatamisele eelistatakse mitmeaastaste energiakultuuride kasvatamist, mis toob kaasa vastavatel aladel mulla orgaanilise süsiniku varu tõusu kuni 2,2 t SOC ha⁻¹ a⁻¹ (Kõlli jt 2011), võrreldes senise kaoga keskmiselt 0,17 t SOC ha⁻¹ a⁻¹ (Don jt 2012).

Suurenenud taastuvenergia vajaduse rahuldamiseks võetakse kasutusele biomassiresursid kaitsealustelt poollooduslikelt rohumaadelt (teoreetiline biogaasi kogus 72 mln Nm³; 1,56 PJ), püsirohumaadelt (114 mln Nm³; 2,46 PJ), säilitamiskohustusega sidumata rohumaadelt (199 mln Nm³; 4,29 PJ) ning kasutamata maadelt, mis põllumaa laienemisest üle jäävad (ligikaudu 90 000 ha). Kuna maa on defitsiit, on eeldatav reaalne kasutatav biomassikogus rohumaadelt 50% teoreetilisest seega kokku oleks rohumaade energeetiline potentsiaal 4,16 PJ. Aastaks 2050 kasvatatakse kuni 71 000 ha kasutamata põllumaal ristikut (teoreetiline biogaasikogus 193 mln Nm³; 4,16 PJ) ja teisi mitmeaastasi energiakultuure. Haritava põllumaal kultiveeritakse ristikut jt sobivaid energiakultuure kuni 42 000 ha-l, mille teoreetiline biogaasi saak ulatub 113 mln Nm³ ja 2,44 PJ-ni. Täiendava biomassivaruna tuleb hinnata ka rohumaadel tekkivat võsa.

LOW CO2 2 stsenaarium (kasutatud on Rootsi NIR 2012 turvasmuldade emissioonifaktoreid)

Maakasutusviisid vastavad LOW CO2 1 stsenaariumis toodud ülevaatele, ainus erinevus seisneb kasutatava põllumaa orgaanilise mulla emissioonifaktoris (vastavalt Rootsi NIR 2012 – 3,76 t C ha⁻¹ a⁻¹). Rohumaade energeetiline potentsiaal on sama, mis LOW CO2 1 stsenaariumis.

HIGH CO2 ja 2 stsenaariumid

Seoses teravilja ja võimalikult ka teiste põllumajandussaaduste hindade tõusuga maailmaturul on tõenäoline künnimaade osakaalu suurenemine (eeskätt võetakse taas kasutusse endised põllumaad, mis on 1990. aastast rohumaaks muutunud või metsastunud – vastavalt 17 000 ja 32 000 ha) ning praeguste põllumajandusmaade intensiivsem väetamine. Samuti jätkub turvasmuldadel olevate põllumajanduslike maade intensiivne kasutus ning turvasmuldade degradeerumise peatamiseks meetmeid ei rakendata (emissioon säilib 77 000 t CO₂ a praegusi Eesti NIR 2012 väärtusi kasutades, Rootsi NIR 2012 EF-i kasutamisel püsib see aga 289 500 t CO₂ juures). Rohumaade kategooriasse kuuluvate alade koguemissiooni määrab jätkuvalt kuivendatud orgaanilistelt muldadelt tulev emissioon ja mineraalmuldade (Rootsi NIR hinnangutest lähtuva HIGH CO2 stsenaariumi puhul) ning biomassi juurdekasvu kaudu toimuv sidumine. Kuni 32 400 ha mineraalmuldadel asuvaid rohumaad (50% 2020 ja 50% 2030), mis vahemikus 1989–2010 põllumaadest rohumaadeks muutunud, haritakse taas üles ja arvestatakse põllumaa kategooria alla. Rootsi NIR 2012-s hinnatakse rohumaad põllumaaks muutmise korral süsiniku kadu mineraalmuldadel 0,5 t C ha⁻¹. Jätkub 234 000 ha looduskaitsete hooldustööde ja pindalatoetuste alt välja jääva rohumaad võsastumine, iga aasta metsastub senise trendi jätkudes 1000 ha rohumaad. Biogaasi vajaduse täitmiseks kasutatakse LOW CO2 stsenaariumis loetletud ressursse, kasutamata maadel kultiveeritakse minimaalselt energiakultuure. Maksimaalselt 30 000 ha-l haritavaal maal kasvatatakse energiakultuure, mille biogaasi saak ulatub 78 Nm³ ja 1,7 PJ-ni.

8.4.4. Stsenaariumide rakendumisega kaasnevad riskid ja mõjud

Erinevate stsenaariumide rakendumise tõenäosus ja võimalike takistuste esilekerkimine sõltuvad suuresti ülejäänud EL-i ja maailma majandusarengutest ning poliitilistest suundumustest. Näiteks võimalik CO₂-emissioonide maksustamine paneks Eesti olukorda, kus HIGH CO2 stsenaariumi rakendumine oleks pikas perspektiivis majanduslikult kõige kulukam ja ohustaks Eesti konkurentsivõimet. Ühtlasi määrab madalasüsinikumajandusele ülemineku hõlpsuse ja ajutiste negatiivsete mõjude ulatuse see, kui efektiivselt suudetakse põllumajanduses täiustada toetussüsteeme ja soodustada taastuvenergia tootmist, mis on vajalik energiakultuuride kasvatamise tasuvuse suurendamiseks. Nii energia- kui ka muude kultuuride viljelemist kasutusest väljas olevatel maadel võib raskendada toetusmeetmete puudumine ning biokütuste kasutust mittesoosiva energeetika areng ja sobiva logistika puudumine. Turvasmuldade intensiivsest harimisest loobumine ei pruugi olla vastuvõetav maaomanikele ja eeldab selgitustööd ning selleks kvaliteetsete Eestis tehtud mõõtmistel põhinevate andmete olemasolu. Välja pakutud meetmete realiseerimine EL-i rahastusest eeldab vastavaid läbirääkimisi järgmise EL-i eelarveperioodi põllumajanduspoliitika kujundamisel ning sõltub mh teiste liikmesriikide seisukohtadest ja ettepanekutest. Seetõttu on

rahvusvahelise koostöö edendamine ning keskkonnaprobleemide osas ühtsema arusaama kujundamine eelduseks ülalmainitud muudatuste elluviimisel.

Aastast 2020 võib EL-i põllumajandustoetuste maht olulisel määral väheneda ja jääda edaspidi marginaalseks, mis omakorda eeldab konkurentsitingimuste karmistumist Eesti põllumajandusettevõtja jaoks, võrreldes EL-i lõunapoolsete riikidega. Teisalt võib rahvastiku kasvu ja äärmuslike ilmastikuolude jätkumisest tulenevalt eeldada põllumajandustoodete hindade tõusu, mis peaks kompenseerima vähenevad toetused. Samas aitaks toetuste jätkamine ja sidumine eespool kirjeldatud meetmete eesmärkidega kaasa mullaviljakuse ja ühtlasi nende süsinikuvaru säilimisele. Teisalt võivad need aspektid muutuda põllumajandustoodete hinna kasvades talunikele vähem oluliseks ja nendest loobumisel ei järgita ka maaharimisviise põlluviljakuse säilimiseks.

Põllumajanduse **tööhõive** on olnud pidevas languses. Võrreldes 2005. aastaga (22 600 inimest), oli töötajate arv 2010. aastaks langenud ligikaudu kolmandiku võrra (17 200 inimest); samuti oli põllumajanduslike majapidamiste arv (pindala vähemalt 1 ha põllumajandusmaad või kus toodeti põllumajandussaadusi peamiselt müügiks) vähenenud 2010. aastaks 29% võrra 19 700-le. Kogu põllumajandusmaa kasutus on samal ajal suurenenud 13% ja eeldatavasti jätkub Eestis suhteliselt kiire põllumajanduse kontsentreerumine suurematesse majapidamistesse (MAK 2020). Tööjõu hõivatuse suurenemist ei prognoosita ühegi stsenaariumi korral eeldusel, et see on 2000–2010 toimunud intensiivistumise tõttu saavutanud oma miinimumi (tööjõukasutus 100 ha põllumajandusmaa kohta oli 2010. aastal 1,9 inimest). Majandusülevaade on antud ptk.-s põllumajandus.

Riskid, mis kaasnevad BAU stsenaariumi realiseerumisega

Turvasmuldade jätkuva samaväärse kuivendamise ja kündmisega võivad mulla orgaanilise süsiniku kaod ulatuda $4 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Rootsi NIR 2012), mis lisaks täiendavatele CO₂-emissioonidele toob kaasa muldade väljakurnamise orgaanilisest süsinikust, orgaanilises aines talletunud toitainete leostumise ja pikas perspektiivis saagi võimaliku vähenemise. Selle riski ainuvõimalik ärahoidmine on kuivendatud turvasmuldade püsirohumaade alla viimine ehk LOW CO₂ stsenaariumi rakendamine.

Rohumaade jätkuv võsastumine ning vastava biomassi (võsa, hein) ebapiisav kasutamine (nt bioenergia tootmiseks) toovad lisaks taastuvenergiALE ülemineku aeglustamisele kaasa Euroopas ja Eestis praeguseks haruldaseks muutunud poollooduslike koosluste kiire kadumise. Selle vältimiseks tuleb analüüsida rohumaade biomassi kasutamise võimalusi ning toetada bioenergia võrgustike arendamist.

Riskid, mis takistavad BAU stsenaariumi realiseerumist

Teravilja ja teiste põllumajandussaaduste hindade tõus võib põhjustada täiendava rohu- ja metsamaade põllumaadena kasutuselevõtu, mis suurendab muldade süsinikuvaru kadu ja degradeerumist veelgi ning põhjustab turvasmuldade ülesharimisest tulenevate CO₂-emissioonide suurenemist, s.t realiseerub HIGH CO₂ stsenaarium. Seda on võimalik vältida rohumaade biomassi kasutamise toetamise ning turvasmuldadel põlluharimise (kündmise ja kuivendamise) toetamise lõpetamise või koguni maksustamise/keelamisega.

Riskid, mis kaasnevad LOW CO2 stsenaariumi realiseerumisega

LOW CO2 stsenaariumides ette nähtud rohumaade kuivendamise vähendamine ning sellest tulenev loodusliku veerežiimi taastumine võivad esile kutsuda täiendavad metaaniemissioonid, kuid kuna neid liigitatakse sel juhul looduslikeks mitte antropogeenseteks, siis KHG aruandluses nad rohumaade koguemissioonis ei kajastu. Samas on IPCC ekspertide poolt hetkel väljatöötamisel täpsemad juhised märgalade taastamisest ja kuivendamise lõpetamisest tingitud KHG voogude hindamiseks, juhend avaldatakse eeldatavalt 2013. aastal (IPCC, 2011).

Sotsiaalmajanduslikult võib problemaatiliseks osutada turvasmuldade põllumaana kasutamise lõpetamine, kuna kasutamata põllumaa, millega turvasmullad vajadusel asendatakse, on enamuses ilmselt madala mullaviljakusega, raskesti ligipääsetav või fragmenteerunud ja seetõttu ka kasutusest välja jäänud. Ühtlasi ei pruugi mineraalmaadel paiknevad kasutamata põllumaad olla majapidamiste tasemel vaadelduna kättesaadavad (ei paikne piisavalt lähedal). Seda probleemi on võimalik pehmendada metsastamise või turvasmuldadele sobilike mitmeaastaste energiakultuuride rajamise toetamisega.

Riskid, mis kaasnevad HIGH CO2 stsenaariumi realiseerumisega

Täiendavate rohu- ja metsamaade põllumaadena kasutuselevõtmine suurendab muldade degradeerumist ja süsinikuvaru kadu veelgi ning põhjustab turvasmuldade ülesharimisest tulenevate CO₂-emissioonide suurenemist. Kui lähtuda võimalusest, et CO₂-emissioonid maksustatakse, võib see kaasa tuua täiendava kulu (täpsem hinnang meede 2 all). Ühtlasi võib muldade degradeerumine põhjustada saagi vähenemist, mis omakorda vähendab põllumajandustootjate konkurentsivõimet. Muldade degradeerumist on võimalik vältida rohumaade biomassi kasutamise toetamise ning turvasmuldadel põlluharimise (küändmise ja kuivendamise) toetamise lõpetamise või koguni maksustamise/keelamisega.

8.4.5. Modelleerimise tulemused

Hinnangu andmisel lähtuti Rootsi NIR 2012 emissioonifaktorite kasutamisel saadud tulemustest. Põhjuseks on asjaolu, et Eesti NIR (2012) emissioonid on alahinnatud ja 2013. aastal koostatavates hinnangutes on ka Keskkonnateabe Keskus võtnud kasutusele Rootsi NIR (2012) emissioonifaktorid. Kui Eesti NIR 2012 järgi on põllu- ja rohumaade süsinikubilanss kergelt negatiivne (-58 100 t CO₂-ekv), siis täpsustatud emissioonifaktorite korral muutub süsinikubilanss positiivseks – kokku emiteerisid põllu- ja rohumaad 2010. aastal 156 600 t CO₂-ekv.

Oluliseks süsiniku lendumise allikaks on turvasmuldade kasutus. Põllu- ja rohumaade emissioonide (ümberr)hindamisel suurenesid põllumaade osas emissioonid üle kolme korra (103 000-st kuni 354 000 t-ni CO₂-ekv) ning põllumajanduslikult kasutatavate turvasmuldade pindalahinnangute täpsustamisel võivad edaspidises aruandluses suurenedagi. Täiendavalt toimub mineraalmuldade kasutamisega kaasnev emissioon, mis on küll väikese osatähtsusega, moodustades BAU stsenaariumi korral 38 800 t CO₂. Biomassis on arvestatud biomassi vähenemisega kõigi

stsenaariumide korral. Samuti tõuseb kõigi stsenaariumide korral põllumaadelt pärinev emissioon lupjamise intensiivistumise tõttu. Põllumaade turvasmuldadelt lähtuva CO₂ heite vähendamist on prognoositud LOW CO₂ stsenaariumis, mille käigus võetakse need kasutusele looduslike püsirohumaadena. Põllumaade puhul tasub madalate KHG heitkogustega majanduse poole liikumiseks kahtlemata eelistada LOW CO₂ stsenaariumit, kuigi märgatav emissioonide langus on tõenäoline alles aastaks 2040, mis ajaks võiks kõigil küntavatel ja kuivendatavatel orgaanilistel muldadel olla taastunud rohumaale omane kamar ja kuivendamisele eelnenud veerežiim. Kaasnevat võimalikku majanduslikku kahju põllumajandustootjatele aitavad pehmed vastavate aladele metsa, rohumaad või pikaealise energiakultuuri-istanduse rajamisest toodetava biomassi müük (eelduseks on toimiv taastuenergia taristu) ning täiendavad toetusmeetmed.

BAU ning HIGH CO₂ stsenaariumid CO₂ heite poolest suuresti ei erine, mõlemaga kaasneb pikas perspektiivis ka muldade (eriti turvasmuldade) väljakurnamine ning sellega tõenäoliselt kaasnev saakide vähenemine ja majanduslik kahju.

Rohumaade kogubilanss on CO₂ sidumise kasuks, kuid seda vähendab orgaanilistelt muldadelt lähtuv emissioon. Kõigi kolme stsenaariumi korral näib süsiniku sidumine 2020. aastaks hüppeliselt kasvavat. Selle põhjuseks on asjaolu, et 2010 aastal on kasutatud vastava aasta teadaolevat biomassi süsinikuvaru muutust, edaspidi aga 20 aasta muutuste keskmist. Sarnane olukord esineb surnud puidu süsinikuvaru muutuste kirjeldamisel. Tegelik sidumine võib mõlemal juhul palju väiksem olla või toimuda hoopis süsinikuvaru vähenemine ja kaasnev CO₂ heide.

Kõige rohkem seovad rohumaad süsinikku LOW CO₂ stsenaariumi korral, isegi kui algul CO₂-te emiteerivad orgaanilised põllumullad rohumaade alla arvata. Suur süsinikusidumisvõime osutub võimalikuks vaid eeldusel, et välditakse turvasmuldadel paiknevate rohumaade täiendavat kuivendamist ning taastatakse juba kuivendatud rohumaade looduslik niiskusrežiim.

Tabel 94. Põllumaade CO₂-emissioonid erinevate stsenaariumide korral, lähtudes erinevatest pindalahinnangutest ja emissioonifaktoritest.

Eesti NIR 2012 pindalad ja kasutatud EF-d					
HIGH CO2 1	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (1000 ha)	1078	1103	1128	1128	1128
Orgaanilise mulla pindala (1000 ha)	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Põllumaa laiendamisest tulenev emissioon	NE	NE	NE	NE	NE
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	NE	NE	NE	NE	NE
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0
Lupjamine (1000 t CO ₂ -ekv)	0,2	66,6	66,6	66,6	66,6
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	25,4	40,4	41,4	41,4	41,4
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	102,6	184,0	184,9	184,9	184,9
Eesti NIR 2012 pindalad ja kasutatud EF-d					
LOW CO2 1	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (1000 ha)	1078	1078	1067	1057	1057
Orgaanilise mulla pindala (1000 ha)	21,0	21,0	10,5	0	0
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	NE	NE	NE	NE	NE
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	77,0	77,0	38,5	0,0	0,0
Lupjamine (1000 t CO ₂ -ekv)	0,2	33	33	33	33
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	25,4	39,5	39,1	38,8	38,8
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	102,6	149,8	110,6	71,8	71,8

Eesti NIR 2012 pindalad ja Rootsi NIR 2012 EF-d					
HIGH CO2 1	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (1000 ha)	1078	1103	1128	1128	1128
Orgaanilise mulla pindala (1000 ha)	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Põllumaa laiendamisest tulenev emissioon	0,0	16,2	16,2	0,0	0,0
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	38,8	38,8	39,7	40,6	40,6
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	289,5	289,5	289,5	289,5	289,5
Lupjamine (1000 t CO ₂ -ekv)	0,2	66,6	66,6	66,6	66,6
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	25,4	40,4	41,4	41,4	41,4
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	353,9	451,5	453,3	438,0	438,0
Eesti NIR 2012 pindalad ja Rootsi NIR 2012 EF-d					
LOW CO2 2	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (1000 ha)	1078	1078	1016	953	953
Orgaanilise mulla pindala (1000 ha)	21,0	21,0	10,5	0	0
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	38,8	38,8	36,8	34,9	34,9
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	289,5	289,5	144,8	0,0	0,0
Lupjamine (1000 t CO ₂ -ekv)	0,2	33	33	33	33
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	25,4	39,5	37,2	34,9	34,9
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	353,9	401,1	251,8	102,9	102,9

Eesti NIR 2012 pindalad ja kasutatud EF-d					
BAU 1	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (1000 ha)	1078	1078	1078	1078	1078
Orgaanilise mulla pindala (1000 ha)	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	NE	NE	NE	NE	NE
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0
Lupjamine (1000 t CO ₂ -ekv)	0,2	66,6	66,6	66,6	66,6
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	25,4	39,5	39,5	39,5	39,5
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	102,6	183,1	183,1	183,1	183,1

Eesti NIR 2012 pindalad ja Rootsi NIR 2012 EF-d					
BAU 2	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (1000 ha)	1078	1078	1078	1078	1078
Orgaanilise mulla pindala (1000 ha)	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Mineraalmulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	289,5	289,5	289,5	289,5	289,5
Lupjamine (1000 t CO ₂ -ekv)	0,2	66,6	66,6	66,6	66,6
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	25,4	39,5	39,5	39,5	39,5
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	353,9	434,4	434,4	434,4	434,4

Tabel 95. Rohumaade CO₂-emissioonid erinevate stsenaariumide korral, lähtudes erinevatest pindalahinnangutest ja emissioonifaktoritest.

1) Eesti NIR 2012 pindalad ja kasutatud EF-d					
1	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (ha)	346330	320330	294330	284330	274330
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	35,1	34,1	33,0	32,0	31,0
Mineraalmulla sidumine (1000 t CO ₂ -ekv)	NE	NE	NE	NE	NE
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	-200,3	-804,6	-739,3	-714,2	-689,1
Sidumine surnud puidus (1000 t CO ₂ -ekv)	4,5	-9,1	-8,4	-8,1	-7,8
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-160,7	-779,7	-714,6	-690,2	-665,9

4) Rootsi NIR 2012 EF-d					
2	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (ha)	346330	320330	294330	284330	274330
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	224,5	218,0	211,5	205,0	198,5
Mineraalmulla sidumine (1000 t CO ₂ -ekv)	-225,9	-207,7	-189,4	-182,9	-176,4
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	-200,3	-804,6	-739,3	-714,2	-689,1
Sidumine surnud puidus (1000 t CO ₂ -ekv)	4,5	-9,1	-8,4	-8,1	-7,8
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-197,3	-803,4	-725,6	-700,1	-674,7

2) Eesti NIR 2012 pindalad ja kasutatud EF-d

LOW CO2 1	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (ha)	346330	336330	336840	337350	327350
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	35,1	0,0	9,6	9,6	0,0
Mineraalmulla sidumine (1000 t CO ₂ -ekv)	NE	NE	NE	NE	NE
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	-200,3	-844,8	-846,1	-847,4	-822,2
Sidumine surnud puidus (1000 t CO ₂ -ekv)	4,5	-9,6	-9,6	-9,6	-9,3
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-160,7	-854,4	-846,0	-847,3	-831,6

3) Eesti NIR 2012 pindalad ja kasutatud EF-d

BAU 1	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (ha)	346330	336330	326330	316330	306330
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	35,1	34,1	33,0	32,0	31,0
Mineraalmulla sidumine (1000 t CO ₂ -ekv)	NE	NE	NE	NE	NE
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	-200,3	-844,8	-819,7	-794,6	-769,4
Sidumine surnud puidus (1000 t CO ₂ -ekv)	4,5	-9,6	-9,3	-9,0	-8,7
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-160,7	-820,3	-795,9	-771,5	-747,1

5) Rootsi NIR 2012 EF-d

LOW CO2 2	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (ha)	346330	336330	336840	337350	327350
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	224,5	0,0	61,7	61,7	0,0
Mineraalmulla sidumine (1000 t CO ₂ -ekv)	-225,9	-219,4	-212,9	-206,3	-199,8
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	-200,3	-844,8	-846,1	-847,4	-822,2
Sidumine surnud puidus (1000 t CO ₂ -ekv)	4,5	-9,6	-9,6	-9,6	-9,3
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-197,3	-1073,8	-1006,9	-1001,7	-1031,4

6) Rootsi NIR 2012 EF-d

BAU 2	2010	2020	2030	2040	2050
Kogupindala (ha)	346330	336330	326330	316330	306330
Orgaanilise mulla emissioon (1000 t CO ₂ -ekv)	224,5	218,0	211,5	205,0	198,5
Mineraalmulla sidumine (1000 t CO ₂ -ekv)	-225,9	-219,4	-212,9	-206,3	-199,8
Sidumine biomassis (1000 t CO ₂ -ekv)	-200,3	-844,8	-819,7	-794,6	-769,4
Sidumine surnud puidus (1000 t CO ₂ -ekv)	4,5	-9,6	-9,3	-9,0	-8,7
Koguvoog (1000 t CO ₂ -ekv)	-197,3	-855,8	-830,3	-804,9	-779,5

8.4.6. Meetmed ja investeeringud

Valdav osa meetmetest on suunatud põllu- ja rohumaade muldade süsinikuvaru ning viljakuse säilitamisele. Seonduvalt biomassi kasutuse vajadustega energeetikas, kavandatakse vastavaid meetmeid kasutamata põllumaade kasutuselevõtuks. Samuti vajab täiendavalt hindamist kasutamata maade ning rohumaade biomassi tootmispotentsiaal, antud tegevus nõuab vastavaid rakendusuringuid, mis kätkeksid endas ka väliinventuure.

Kasutamata põllumaade biomassi kasvatamise potentsiaal bioenergia tootmiseks ning võimalikud meetmed põllumaadelt tulevate emissioonide vähendamiseks

Aastal 2012 oli ES andmetel mineraalmuldadel ligikaudu 110 000 ha kasutamata maad, mida säilitatakse heades põllumajandus- ja keskkonnatingimustes ning mis on seega sobiv **energiakultuuride kasvatamiseks**.

Kasutamata maade pindala hindamiseks on rakendatud ka alternatiivset meetodikat, mille kohaselt kogu põllumaast (NIR järgi) lahutatakse PRIA ÜPT-ga kaetud alad (ENMAK 2030+) ning kasutamata maa pindalaks saadakse 163 000 ha. Käesoleva töö koostajate arvates tekitab kahe raskesti ühilduva andmestiku ühte arvutusse koondamine liigset ebamäärasust: PRIA ÜPT-ga kaetud aladest paikneb osa püsirohumaad NIR rohumaade all, osa NIR põllumaade all ning maa toetuseta jäämine ei tähenda alati, et see on kasutamata. Ühtlasi ei ole kõik põllumaad PRIA registris. Seetõttu on antud analüüsis lähtutud kliimaaruande koostajatelt (Keskkonnateabe Keskus) pärinevatest andmetest.

Hinnanguliselt on 2020. aastal umbes 5%-l haritaval maal ja 20%-l kasutamata maal võimalik energikultuuride kasvatamine biogaasi tootmiseks (ENMAK 2030+). Kuna maa on defitsiit, eeldab ENMAK-i töörühm, et aastaks 2050 tarvitatakse biogaasi tootmiseks kuni 50% kasutamata põllumaast ehk 60 000 ha. Biogaasi tootmise toormena soovitatakse kasvatada päideroogu ja ristikut, mille keskmine saagikus on ligikaudu 9 t ha⁻¹ kuivainena (Kallaste jt 2012). Päideroog on kohastunud lühikese vegetatsiooniperioodi ja madalate temperatuuridega, on vastupidav põua ja üleujutuste suhtes, kasvab hästi enamikul muldadest, kuid suurim saak tuleb niisketelt huumuserikastelt muldadelt (Don jt 2012). Soostunud ja soomuldadele peetakse kõige sobivamaks paju ja halli leppa, üleüldiselt soovitatakse energikultuuride (paju, halli leppa, hübriidhaava, päideroo ja ida-kitseherne) kasvatamisel kombineeritud maakasutust (Uri jt 2011; Kukk jt 2009). Kombineeritud kasvatamine ning kultuuride roteerimine on soositav nii elurikkuse kui mullaviljakuse säilitamise seisukohast ning leevendab muldade hapestumist.

Eestis kasvatatakse Don jt (2012) andmetel praegu bioenergiaks teravilju (nisu ja oder), kartulit, paju ja maisi, mille biomassitoodang on 2,3 ja 2,0 nisul ja odral (energiat vastavalt 26 ja 23 GJ ha⁻¹ a⁻¹), 13,3 kartulil (39 GJ ha⁻¹ a⁻¹), 5,0 pajul (90 GJ ha⁻¹ a⁻¹) ning 21,3 t ha⁻¹ a⁻¹ maisil (82 GJ ha⁻¹ a⁻¹). Eesti mõõtmiste põhjal on hinnatud nelja-aastase raieringiga paju tootlikkust aga 11 t kuivmassis ha⁻¹ a⁻¹ ja energeetilist väärtust 170 GJ ha⁻¹ a⁻¹, nagu kirjeldavad Luud ja Ani (2005).

Erinevate Euroopas tehtud inventuuride põhjal kaotavad üheaastaste kultuuridega põllud mulla orgaanilist süsinikku (SOC) keskmiselt 0,17 t ha⁻¹ a⁻¹ (623 kg CO₂-ekv ha⁻¹ a⁻¹) – eriti suured kaod on kartuli ja maisi kasvatamisel (Ciais jt 2010). Mulla süsinikuvarude vähenemist põhjustab ka teraviljade

kasvatamine. Mineraalmuldadel ületab rohumaade süsinikusidumisvõimet (ca 0,2 t SOC ha⁻¹ a⁻¹) vaid mitmeaastaste kõrreliste kasvatamine ning sõnnikuga väetamine (Kõlli jt 2011), ent viimasega võivad kaasnedä täiendavad N-emissioonid.

Ka Don jt (2012) ülevaate põhjal peaks eelistama pigem mitmeaastaste rohttaimede (nt päideroo), energiavõsa (SRC – *short rotation coppice*) või -metsa (SRF – *short rotation forestry*) (paju jt kiirekasvuliste puuliikide) kasvatamist, kuna nende saagikus ületab või on samaväärne üheaastaste kultuuridega, ent vajalikud lämmastikväetiste kogused ning kultiveerimisega kaasnevad N₂O ja CO₂ emissioonid on tunduvalt madalamad. Näiteks SRC vähendas N₂O emissioone keskmiselt 64% võrreldes üheaastaste energiakultuuridega, päideroog kuni 95% võrreldes nisu ja maisiga (Don jt 2012). Soomes olid kuivendatud turvasmuldadele rajatud päiderooskasvanduste N₂O emissioonid vaid 300 kg CO₂-ekv ha⁻¹ a⁻¹, mis moodustab üheaastaste kultuuride emissioonidest ainult kümnendiku (Hyvönen jt 2009). Eestis tehtud uuringud näitavad, et päideroo kasvatamine jääkturbasoodes muudab (vähemalt lühiajaliselt) need süsiniku emiteerijatest süsiniku sidujateks (Mander jt 2012).

Väiksemad N₂O emissioonid tulenevad lisaks efektiivsemale lämmastikukasutusele ka harvemast kündmisest (v.a liigniisketel muldadel) ja põllutöomasinatega liiklemisest ning talvisest saagikoristusest. Püsikutest energiakultuurid tõstavad maa-alust biomassi ning mulla süsinikuvaru: Eestis on põldheina kasvatamisel SOC-i hulga tõusuks hinnatud kuni 2,2 t C ha⁻¹ a⁻¹ (Kõlli jt 2011), halli lepa kultiveerimisel talletub mulla pindmisesse kihti kuni 4,8 t C ha⁻¹ a⁻¹ (Uri jt 2011). Selle süsinikureservi hilisemal ülesharimisel (paju puhul nt 25–30 aasta pärast) vallanduva süsiniku vähendamiseks soovitavad Don jt (2012) kändude jm järgijäeva kohapealse taimemassi maassekündmist ning roteeruvat põllupidamist. Püsikute ja üheaastaste kultuuride roteerimine on sobiv meetod ka toiduks kasvatatavatel aladel SOC-i taastamiseks. Halli lepa jt atmosfäärset lämmastikku fikseerivate taimede kasvatamine suurendab ka mulla lämmastiku ja risosfääri protsesside toetamise kaudu fosfori kättesaadavust. Lämmastiku leostumine või emiteerumine N₂O-na on halli lepa kultiveerimisel energiametsana Eestis läbi viidud mõõtmiste põhjal kaduvväikese osakaaluga (Uri jt 2011).

Rohumaade biomassi tootmise potentsiaal ning võimalikud meetmed rohumaadelt tulevate emissioonide vähendamiseks

PRIA andmetel kuulub 170 000 ha püsirohumaadest (kokku 300 000 ha) loomapidajatele ning on seega ilmselt karjatatavad või kasutusel silo tootmiseks. Püsirohumaadest 115 000 ha kuulub omanikele, kel pole loomi. Ülejäänud 15 000 ha püsirohumaade kohta teave puudub. Seega on niitmiskõlbulikke hooldatavaid rohumaaid koos 2030 aastaks lisanduvate hooldatavate poollooduslike kooslustega 160 000 ha, kokku biomassi tootmise potentsiaaliga alasid koos kasutamata maadega (mida on 110 000 ha) 270 000 ha. Ülejäänud rohumaade puhul on teadmata nende seisukord ja niitmiskõlbulikkus, samuti tuleb arvestada võimalike täiendavate emissioonidega kasutamata põllumaade ülesharimisel. Tõenäoliselt on säilitamiskohustusega sidumata rohumaad, mida oli 2010. aasta seisuga ligikaudu 234 000 ha, võsastunud või võsastumas ning on tõenäoline, et rohumaade pindala väheneb eelkõige metsastumise tõttu ka edaspidi.

Don jt (2012) hinnangul ei ole rohumaade ülesharimine energia- vm kultuuride tootmiseks jätkusuutlik, kuna sellega kaasnevad mullas seotud süsiniku kaod, mida ei tasakaalusta ka vastavate

maadelt potentsiaalselt toodetud biomass biokütuste tootmiseks. Sama rõhutatakse ka Euroopa Komisjoni ettepanekutes (Accounting for land use, land use change and forestry (LULUCF) in the Union's climate change commitments (COM(2012) 94 final). European Commission, 2012). Seega on 346 330 ha rohumaadelt ning nendelt põllumaade alla rühmitatud püsirohumaadelt, mida on Eestis võetud kohustuseks säilitada (200 000 ha), mulla süsinikuvarude seisukohast mõeldav vaid maapealse biomassi kogumine ja sellest bioenergia tootmine (põletamine, biokütus) või nende alade karjatamine. SMI andmetel kasvab põõsastikes 2,4 miljonit tm (32 tm/ha) ja looduslikul rohumaal 4,5 miljonit tm (17 tm/ha) puitu, mida oleks teoreetiliselt võimalik bioenergiaks kasutada (v.a puisniitudel ja -karjamaadel). Väljastpoolt metsamaad (põõsastik, rohumaa, trassid) on viimastel aastatel raiutud 100–200 000 tm puitu aastas, mis moodustab keskmisena 2% raiemahust (Pärt 2010). Täiendava hinnangu andmist takistab andmete puudumine või vähesus biomassi kasutuse ja juurdekasvu kohta.

Looduskaitse eesmärkidel niidetavatelt poollooduslikelt rohumaadelt kogutud biomassile pole looduskaitseala valitsejal ega maaomanikul sageli kasutust, samuti võib selle tarvitamist loomasöödana takistada heina madal kvaliteet, rohumaade asukoht või kaugus. Lamminiitudelt (20 000 ha) on teoreetiliselt võimalik kokku saada rohelist biomassi 369 216 tonni märgkaalus, puisniitudelt (8000 ha) 60 025 tonni rohelist biomassi märgkaalus ja pärisaruniitudelt (21 000 ha) 171 831 tonni rohelist biomassi märgkaalus (Heinsoo jt 2010). Puis-, pärisaru- ja lamminiitude energeetiline potentsiaal oli vastavalt 29, 47 and 104 GJ/ha. Keskmise biogaasitook niiduheina silo rohtsest biomassist on 119 m³/t (kääritusperioodiga 28 päeva) (National Report 2010 ref. Oja, 2010), seega võimalik teoreetiline biogaasi kogus neilt aladelt võib ulatuda kuni 72 mln Nm³ ⁵⁹.

Ülalmainitud tootlikumatelt poollooduslikelt kooslustelt kogutavale biomassile lisanduvad 11 000 ha hindamata potentsiaaliga poollooduslike kooslusi, mille hooldus korraldatakse 2030. aastaks, 201 000 ha toetuse alt välja jäävaid rohumaad ja põõsastikke (praeguse seisuga on neid 234 000 ha), 110 000 ha kasutamata maadelt ja 115 000 ha kariloomadeta püsirohumaadelt tulevad biomassikogused. Arvestusega, et looduslike rohumaade produktsioonitase on 7,3 t/ha biomassi (märgkaalus) (National Report 2010), on saadav teoreetiline biomass ülejäänud rohumaadelt (kokku 327 000 ha) 2,4 mln t. Keskmise biogaasi toodang rohttaimse biomassi silost on 135,5 m³/t (National Report 2010 ref. Oja, 2010). Seega oleks 49 000 ha-st hinnatud potentsiaaliga poollooduslikest kooslustest ülejäänud rohumaade arvelt võimalik toota biogaasi kokku ligikaudu 323 mln Nm³. See on aga teoreetiline kogus, reaalselt kasutatava biogaasi mahuks hinnatakse aastaks 2050 vaid ligikaudu 50% teoreetilisest kogusest (ENMAK 2030+). Ühtlasi saaks rohumaadelt ja põõsastikest (v.a puisniitudelt ja -karjamaadelt) ka kuni 6,9 mln tm puitu aastase kasutusmahuga 150 000 kuni 200 000 tm, mida on teoreetiliselt võimalik kasutada bioenergia tootmiseks.

⁵⁹ Nm³ – normaalkuupmeeter, gaasi ruumala standardrõhu ja -temperatuuri tingimustes

Energiapuidu kasvatamine

Suureneva nõudluse korral on võimalik energiapuidu vajadust katta halli lepa, hübriidhaava või paju kasvatamisega. Vastav analüüs „Kiirekasvuliste metsakultuuride kasvatamine kui alternatiivne maakasutusviis” on koostatud H. Tulluse (2005) poolt, mille põhjal on antud alljärgnev lühiülevaade.

Võrreldes halli leppa alternatiivsete energiavõsa põõsaliikidega (pajudega) on halli lepa kui kodumaise ja loodustekkeliste puhtpuistute puuliigi eeliseks suurem haiguskindlus ja vastupidavus erinevatele kahjustajatele, samuti positiivne mõju mulla lämmastiksisalduse suurendamisel ja süsiniku talletamisel (4,8 t C ha⁻¹ a⁻¹, Uri jt 2011). Puistu energeetiliseks potentsiaaliks on hinnatud 119 GJ ha⁻¹ a⁻¹ 14-aastase raietsükli korral (Luud ja Ani 2005).

Raieküpseks peetakse 25–30-aastaseid hall-lepikuid, minimaalseks raieringiks on soovitatud 8–10 aastat. Viimasel juhul tuleb kasutada hakkpuidu tehnoloogiat ja võsakombaine ning kasutust leiab kogu maapealne biomass, hinnanguliselt 45 t kuivaine biomassi hektari kohta. 25–30-aastaste hall-lepikute hektaritagavara on hinnatud 200 tm, valdav osa puidust sobib hakkpuiduks lisaks halupuudele ja saepalgile. Võimalik raiemaht 10-aastase raietsükli korral on 10 000 ha kohta 370 000 tm, 20-aastase ja 30-aastase puhul vastavalt 1 100 000 ja 1 900 000 tm, positiivse mõjuna avaldub ka mullas seotud süsinik 48 000 t aastas (vt tabel 96).

Kompenseerimaks metsamaadelt raietega seonduvaid positiivseid emissioone, on võimalik 20-aastase raietsükli korral vähendada metsandusega seotud süsiniku lendumist, rajades halli-lepa istandused LOW CO₂, BAU ja HIGH CO₂ stsenaariumide (emissiooniks arvestatud keskmiselt 0,6, 3,5 ja 7,0 mln t CO₂ a⁻¹) korral vastavalt 22 000, 127 000 ja 255 000 ha-l. Siiski ei kata see energiamajanduse vajaduse rahuldamiseks vajamineva biomassi hulka LOW CO₂ ja HIGH CO₂ stsenaariumide korral, mis läbi tuleb vastavate stsenaariumide rakendamisel osa puitu importida.

Tabel 96. Hall-lepikute juurdekasv, biomassis ja mullas seotava süsiniku ning CO₂ maht ning võimalik raiemaht. Allikas: Tullus 2005.

Puistu vanus	Juurdekasv tm/a		Biomassis seotava süsiniku hulk ⁶⁰ , t C/a, 10 000 ha	Mullas seotud süsinik, t C/a, 10 000 ha	Kokku CO ₂ , t/a	Võimalik raiemaht erineva puistu vanuse korral (10 000 ha)		
	ha	10 000 ha				10 a	20 a	30 a
0...10	3,7	37 000	13 636	48 000	226 000	370 000		
11...20	7,3	73 000	26 904	48 000	274 649		1 100 000	
21...30	8,0	80 000	29 484	48 000	284 108			1 900 000

Potentsiaalseks riskiks halli lepa puistute rajamisel on maaomanike vähene huvi ja valmisolek põllu- või rohumaa metsastamise ning puuistanduse rajamisega kaasneva majandusliku riski võtmiseks. Võrreldes rohumaa majandamisega, on metsa majandamise (kultuurpuistu) tulusust hinnatud 43%

⁶⁰ Biomassis seotava süsiniku hulka on arvatud tüves, okstes ja juurestikus seotav süsinik vastavalt Eesti NIR 2012 kasutatavale meetodikale.

väiksemaks (Sirgmetts ja Kaimre, 2010). Puistu rajamise ja hooldamise kuludeks on 2005. aasta hindade alusel ligikaudu 900 eurot hektari kohta, võimalik maksueelne tulu oli 2012. aasta hindades 28 €/tm (puidu hind ilma käibemaksuta lõpplaos, Hepner 2012).

Pajuenergiavõsade energeetiline tootmine ületab Põhjamaade, eeskätt Rootsi kogemuste põhjal oluliselt halli leppa ($170 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ 4-aastase raietsükli puhul), kuid pajuistandike rajamiseks vajalik maapinna ettevalmistus, umbrohtude keemiline tõrje, istandike väetamise vajadus ja mitmesuguste seenhaiguste ning putukkahjurite masspaljunemise riskid annavad ökoloogilise eelise hallile leppale. Pajuistandike massiline rajamine ja põlluharimisest tuntud intensiivmeetoditega majandamise vajadus võib Eestis tekkida siis, kui energiapoliitikas toimub suuremahuline üleminek seniselt fossiilsete kütuste kasutamisel energeetilise biomassi kasvatamisele. (Tullus 2005)

Alljärgnevalt on põhjalikumalt lahti seletatud põllu- ja rohumaadelt pärinevate CO₂ heitkoguste vähendamisele suunatud meetmete sisu (sulgudes meetme nr, vt tabel 97). Järgnevate tegevuste maksumusele on antud esialgne hinnang ning ses osas on iga konkreetse meetme puhul vajalik edasine analüüs ja tegevuskavade koostamine.

- Põllumajanduse otsetoetustest loobumine ja toetuste sidumine meetmetega, mis tagab avalike hüvede, sh mullaviljakuse ja süsinikuvarude säilimise või viib nende parandamisele. Vastava meetme kasutamist eeldatakse LOW CO₂ stsenaariumi korral, kus põllumajanduslikud toetused on seotud eelkõige avalike hüvede tagamisega.
- Turvasmuldadel paiknevate põllumaade (21 020 ha) kasutuselevõtt rohumaadena või metsastamine. Täiendavate turvasmuldadel paiknevate maade kasutuselevõtt põllumaana keelustada. Maa kasutusviisi muutmiseks on plaanitud ühekordne toetusmeede 2000 eurot ha kohta, kokku 42 mln eurot 20 aasta jooksul (analoogne MAK 2004–2006 meetmele 2.6. „Kaitsemetsa rajamise toetus põllumajandusmaale“; kui lähtuda võimalusest, et emissioonid turvasmuldade kasutusest maksustatakse CO₂ maksuga 7 €/t CO₂, siis iga-aastane kulu võib ulatuda 2 mln euroni). Planeeritavas Maaelu Arengukavas 2014–2020 nenditakse, et kui turvasmuldade ülesharimise keeld saab olema heade põllumajandus- ja keskkonnatingimuste (HPK) nõue, siis ei saa nende alade rohumaade alla viimise eest toetust anda. Meetme rakendamine LOW CO₂ stsenaariumi korral. (vt tabel 97, meede 1)
- Eesmärgiga säilitada põllu- ja rohumaade süsinikuvaru, tuleb süsinikubilansi täpsemaks hindamiseks hakata Eestis läbi viima KHG mõõtmisi ja teostada pikaajalist süsinikuvaru seiret, mis toimuks vastavalt eri tüüpi muldadel. Saadud andmetest lähtudes töötada välja mullatüüpipõhised meetmed mulla süsinikuvaru hoidmiseks ning arendada põllumajanduse nõuandesüsteemi ja toetuste põhimõtete väljatöötamist. Meede eeldab Keskkonnateabe Keskuse võimekuse suurendamist, koostööd teadusasutustega ja ühisuuringute läbiviimist. Meetmes nimetatud uuringute teostumist eeldatakse kõigi stsenaariumide korral, uuringute tulemuste kasutust LOW CO₂ stsenaariumi korral (vt tabel 97, meede 2)
- Põllumajanduspraktikate parandamine, et säilitada muldade süsinikuvaru ja viljakust ning vähendada muldade kasutusest tulenevaid KHG emissioone (vt tabel 97, meede 3). Meetme rakendamine LOW CO₂ stsenaariumi korral. Meede sisaldab endas alljärgnevat tegevusi:

- Viljavahelduse järgimine põllumaadel. Süsiniku sisend- ja väljundvoogude arvestamine seonduvalt erinevate kultuuride (sh püüdekultuurid) kasvatamisega ning külvikordade standardite väljatöötamine koos vastava aruandlusega (mulla orgaanilise süsiniku bilansi arvestus) mulla kaitse kohta. Orgaaniliste väetiste kasutamise tõhustamine.
 - Kuivendamine. Tavaliselt valitakse kuivendamiseks alad, kus mulla huumusesisaldus on suur, mistõttu võib selle bilanss muutuda negatiivseks (vt ka Astover jt 2012). Kriteeriumiks vastavate toetuste väljamaksmisel ja tulemuslikkuse hindamisel oleks mulla orgaanilise aine minimaalse kulumise ja maksimaalse taastootmise tagamine. Senini kuivendamata aladel seda läbi ei viida.
 - Põllumassiivide mullastikupõhise majandamise ja vastava nõuandesüsteemi arendamine.
 - Rohumaade kuivendussüsteemide korrastamisel jälgida, et teatud ajal aastast esineks ka kõrge veetase, mis aeglustab SOC-i mineraliseerumist; lamminiitude puhul tuleks eelistada pigem pinnapealset kuivendamist (regulatiivne meede, eeldab vastavate juhendite väljatöötamist, töötatakse välja aastaks 2015).
 - Turvasmullal paikneva rohumaade uuendamine kündmisega ei ole lubatud. Kultuurrohumaade uuendamine on lubatud otsekülvi, kamarasse külvi või pealekülvi teel. Looduslike rohumaade uuendamine ei ole lubatud.
 - Turvasmuldadel vältida rohukamara ning mulla ülemiste kihtide (epipedoni) kahjustamist ülesharimise või raskete põllutöömasinatega liiklemisega.
- Rohumaade ning kasutusest välja jäänud põllumaade kasutuspotentsiaali hindamine energiakultuuride kasvatamiseks, vastavate toetus- ja konsultatsioonimeetmete väljatöötamine. Rohumaade hooldamisel toetuse maksamise tingimuseks peab üldjuhul olema biomassi kasutusse võtmine eesmärgiga suurendada kohaliku taastuva ressursi kasutust. Meetme rakendumine kõigi stsenaariumide korral. (vt tabel 97, meede 4)
 - Rakendusuuringud biosöe kasutuselevõtuks eesmärgiga suurendada või stabiliseerida muldade süsinikuvaru ja vähendada lupjamisega seotud emissioone. Meetme rakendumine kõigi stsenaariumide korral. (vt tabel 97, meede 5)
 - Kasutusest väljas olevate põllumajandusmaade kasutuselevõtu toetamine senistest vahenditest (ÜPP). Taastuenergia nõudlusele vastamiseks võetakse kogu võimalik pind kasutusele energiakultuuride kasvatamiseks. Maksumuse hindamisel on lähtutud senisest EL-i praktikast toetada energiakultuuri kasvatajaid 45 €/ha, mida siinkohal plaanitakse rakendada esimese 5 aasta jooksul pärast energiakultuuriistanduse rajamist. (vt tabel 97, meede 6)

Meetmete rakendamine aitab kaasa põllumajandustoetuste suundumusele liikuda pindalapõhiselt toetuselt avalike hüvede säilitamisele, mille hulgas on ka põlluviljakuse ning põllumuldade süsiniku sidumisvõimet toetavate maaharimisviiside viljelemine. Ühtlasi on see üheks võimaluseks kasutada otsetoetuste raames väljamakstud raha sihipärasemalt ja näiteks otsetoetustest loobumisel suunata vabanevad vahendid tegevustesse, mis toetavad ühe peamise põllumajandusliku ressursi –

põllumajandusmaa – degradeerumise vähendamist. On ka teoreetiline võimalus, et põllumajandusmaade kasutusest tulenevad emissioonid maksustatakse CO₂-maksuga, mis aitab pidurdada sektori heitkoguseid. Vastavad muudatused toetussüsteemides või täiendavad keskkonnatasud peaksid olema rakendatud vähemalt kogu EL-i üleselt, et vältida ebavõrdust toetuste tingimustes. Toetused moodustasid 2010. aastal keskmiselt 30% Eesti põllumajandustootjate sissetulekutest (Aamisepp ja Metveev 2011) ja ümberstruktureerimine vaid Eesti tingimustes vähendaks Eesti konkurentsivõimet tõenäoliselt oluliselt. Kasutusest väljas olevatele maadele põllumajandustoetuste võimaldamine eeldab täiendavaid läbirääkimisi EL-i tasandil, kuna põllumajanduslikus kasutuses oleva maa pindala suureneb ühes toetuse soovijatega.

Tabel 97. Meetmed põllu- ja rohumaa süsinikuvaru ja viljakuse säilitamiseks ning CO₂ emissioonide vähendamiseks.

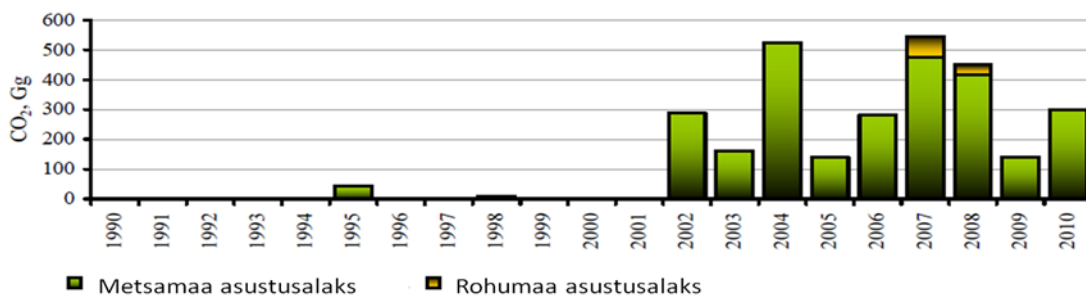
	Tüüp	Olemasolev või kavandata	Vajadus	Maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
Meede 1 – Põllumaa turvasmuldade kasutuselevõtt rohumaana või metsastamine	Regulatiivne ja fiskaalne	Soovitav	Turvasmuldade süsinikuvaru säilimine ja emissioonide vähendamine	42 mln €, perioodil 2030–2050 2,1 mln €/a	Turvasmuldade edasine kasutus põllumajanduses vaid rohumaana, 2030 – põllumaana kasutuses 21 020 ha, 2050 – 0 ha	Toetusmehhanismid maaomanikele maakasutuse muutmiseks, eeldatavalt EL-i vahenditest
Meede 2 – Mulla süsinikubilansi uuringute toetamine ja maakasutajate, PM konsulentide vastaval teemal koolitamine	Investeering	Olemasoleva täiendamine	Põllu- ja rohumaa süsinikuvaru ja viljakuse säilimine	300 000 €/a	Täpsustunud andmed võimaldavad arendada meetmeid mulla viljakuse ja süsinikuvaru säilitamiseks; paraneb KHG aruandluse kvaliteet	Rakendusuuringud; koolitused põllumajanduskonsulentidele ja maakasutajatele
Meede 3 – olemasolevate teadmiste rakendamine põllumajanduspraktikate parandamiseks	Regulatiivne	Olemasoleva täiendamine	Põllu- ja rohumaa süsinikuvaru ja viljakuse säilimine	Ei eelda täiendavaid kulutusi	Põllumajanduspraktikate paranemine mulla süsiniku ja viljakuse säilimiseks; riigi ja EL vahendite eesmärgipärane kasutus – eelnimetatud avalike hüvede säilimine	Toetusmehhanismide täiendamine; põllumajandusliku nõuandesüsteemi vastav arendus; koolitus; meetme 1 elluviimine
Meede 4 – biomassi ressursi hindamine ning toetus-	Investeering ja regulatiivne	Olemasoleva täiendamine, soovitatav	Biomassi ja maaressursi kasutuse optimeerimine, sh täiendavate ressursside leidmine	1 mln €	Kaardistatud on kasutamata põllumaa, samuti rohumaa biomassi ressurss, välja on töötatud toetusmehhanismid selle kasutusse võtmiseks	Toetusmehhanismide täpsustamine; piirkondlike vajaduste kaardistamine

	Tüüp	Olemasolev või kavandata	Vajadus	Maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
meetmete väljatöötamine selle maksimaalseks kasutamiseks			energeetikaks			
Meede 5 – rakendus-uuringud biosöe kasutamise kaasnemate mõjude väljaselgitamiseks	Investeering	Olemasoleva täiendamine	Põllu- ja rohumade süsinikuvaru ja viljakuse säilitamine või suurendamine	0,5 mln €	Biosöe kasutusvõimaluste selgitamine	Rakendus-uuringud
Meede 6 – Kasutamata põllumaade ülesharimise toetamine	Regulatiivne ja fiskaalne	Soovitav	Soodustada energiakultuuride kasvatamist	5 mln €/a 5 aasta jooksul pärast istandiku rajamist	110 000 ha maad võetakse kasutusse senini kasutamata põllumaade arvelt, aitab kompenseerida turvasmuldade kasutuse vähendamist põllumaadena	Toetusmehhanismid, eeldatavalt EL vahenditest.

8.5. Asustusalad

8.5.1. Hetkeolukord

Asustusalad moodustavad ligikaudu 6,5% Eesti pindalast ja on alates 1970. aastatest pidevalt suurenenud peamiselt metsamaade, vähemal määral põllu- ja rohumaade arvelt. Seeläbi on viimasel kümnendil iga-aastane CO₂ emissioon atmosfääri toimunud mahus 100–500 tuhat t (vt joonis 83).



Joonis 83. CO₂ emissioon asustusaladelt seonduvalt rohu- ja metsamaade asustusaladeks muutmise perioodil 1990–2010, 1000 t CO₂-ekv.

Allikas: Riiklik KHG inventuuriaruanne (NIR 2012)

8.5.2. Arengut mõjutavad Eesti ja EL-i algatused

Üleriigilises planeeringus „Eesti 2030+“ antud prognooside põhisel koondub rahvastik jätkuvalt linnadesse ja linnade lähiümbrusesse, mistõttu Tallinna, Tartu ning Pärnu ja arvatavasti ka Narva eeslinnade uusasumid tõenäoliselt kasvavad. Eestis on läbi viidud vaid mõned uuringud ja koostatud suunavad juhised, mis aitaksid kaasa asustusaladel rohealade säilimisele või rajamisele (näit. „Tallinna rohealad“, Viimsi valla mandriosa üldplaneeringu teemaplaneering „Miljööväärtuslikud alad ja rohevõrgustik“, „Harku valla rohevõrgustiku tuumalade ja koridoride uuring“). Teisalt pole nimetatud dokumendid tagatiseks asustusaladel nn roheline infrastruktuuri säilimisele ega takistuseks ka asustusalade (senisele) laienemisele metsamaa vm maa arvelt. Lähtudes jätkusuutlike Euroopa linnade Leipzigi hartas toodud põhimõtetest, peaksid liikmesriigid siduma kliimakaitse kui üldeesmärgi linnaarenguga. Siinjuures on käsitlemist leidnud järgnev: hästi kavandatud ning planeeritud linnaarendus võimaldab majanduskasvu madalate süsiniku heitkogustega, keskkonnakvaliteedi parandamist ja täiendavat süsinikusidumist rohealade poolt.

8.5.3. Stsenaariumid ja nende eeldused

Asustusalade puhul hinnatakse biomassis seotava süsiniku hulka ja selle muutusi tuginedes NIR 2012 ja Keskkonnateabe Keskuse hinnangutele ning senistele trendidele. Välja töötati kaks stsenaariumi – senist emissioonitaset säilitav BAU stsenaarium, mida kasutatakse ühtlasi ka HIGH CO₂ stsenaariumi

koondarvutustes, ning LOW CO₂ stsenaarium. Viimase osas eeldati asustusalade laienemise aeglustumist 2020. a järgselt ja edasise laienemise peatumist alates 2030. a. BAU ja HIGH CO₂ stsenaariumides võeti emissiooni arvestamisel eelduseks, et asustusalade laienemine jätkub senisel tasemel ning jätkuvalt väheneb ka süsinikukogus biomassis ja surnud orgaanilises aines (250 000 a⁻¹). Ühtlasi eeldati, et laienemine toimub eelnevate aastatega sarnasel pindalal.

Alljärgnevalt antakse lühiülevaade stsenaariumidest, mida käesolevas töös asustusalade analüüsi raames põhjalikumalt vaadeldakse.

BAU stsenaarium

Urbaniseerumine koondab rahvastikku jätkuvalt linnadesse ja linnade lähiümbrusesse, mistõttu Tallinna, Tartu ning Pärnu ja arvatavasti ka Narva eeslinnade uusasumid tõenäoliselt kasvavad (Eesti 2030+). Maakasutuse muutus asustusalade pindala suurenemise osas jätkab senist trendi (vahemikus 0,5–0,7% aastas) metsa- ja põllumaade arvelt, mis omakorda toob kaasa süsiniku sidumise võime vähenemise eelkõige metsamaadel ja asustusaladelt lähtuva emissiooni suurenemise. Vastavalt kaasneb maakasutuse muutustega asustusalade kasuks CO₂ heide atmosfääri vahemikus 100 000 kuni 500 000 t CO₂ aastas. Asustuse planeerimisel on oluliseks aspektiks ka asustusaladel paiknevates parkides ja muudel rohealadel biomassis seotava süsiniku hulk.

LOW CO₂ stsenaarium

Asustusalade osakaal suureneb senisest trendi järgides orienteeruvalt aastani 2020, misjärel on tegevused suunatud pigem asustustumstri tihenemisele, mitte ruumilisele laienemisele. Antud suundumusi toetavad planeerimise protsesside paranemine, sh EL-i suuniste rakendamine – näiteks Leipzigi hartas toodud põhimõtted, mille kohaselt liikmesriigid peaksid siduma kliimakaitse kui üldesmärgi linnaarenguga ja hästi kavandatud ning planeeritud linnaarendus võib võimaldada majanduskasvu madalate süsiniku heitkogustega, keskkonnakvaliteedi parandamist ja süsiniku heitkoguste vähendamist (Leipzigi harta 2007). Teadliku linnahaljastuse käsitluse läbi tõuseb rohealade (sh pargid, kõrghaljastus) potentsiaal süsiniku sidumisel.

8.5.4. Stsenaariumide rakendumisega kaasnevad riskid ja mõjud

Kaks koostatud stsenaariumi on vastandlikud – BAU toob kaasa suuremad emissioonid, LOW CO₂ käigus on hinnatud emissioonid nulliks (vt tabel 98).

Antud sektori osas puudub andmestik ja käsitlus asustusaladel paiknevate rohealade rollist süsiniku sidujana või nende vähenemisega kaasnevatest emissioonidest. Pärt (2010a) on hinnanud, et asustusaladest pindalaga 165 tuhat ha moodustavad rohealad vähemalt 20% ning väga ligikaudse hinnangu alusel kasvab seal 3–5 miljonit tm puitu. Hinnangu andmine rohealadel kasvavas biomassis seotud süsiniku ja selle tagavara muutuste kohta, samuti mullastikus seotava või vabaneva süsiniku osas, eeldab täiendavaid uuringuid ja teabe kogumist.

BAU stsenaarium lähtub senistest arengutrendidest, mille põhjal suurenevad asustusalad aastas 0,6% (vt tabel 99) ning kasv toimub jätkuvalt metsa- ja rohumaade arvelt. Nimetatud tendentside jätkumist

iseloostavad ühe näitena ka Tallinna keskkonnastrateegias toodud hinnangud ja väljakutsed (Tallinna Keskkonnastrateegia 2011):

- haljastuse vähenemine väärtustamine linnaruumis ning olemasoleva kõrghaljastuse ja rohealade tähtsuse vähenemine seoses arendustegevusega;
- suurenenud on ehitamise soov metsaaladele jt rohealadele – planeerimise kaudu on enamiku tagastatud kinnistute esialgset sihtotstarvet praeguseks muudetud ning neist on saanud elamumaad;
- ebapiisav rohevõrgustiku sidusus ja toimimine.

Samas on pakutud välja ka meetmeid, mis soodustaksid haljastuse osakaalu säilimist või ka suurendamist ning toetaksid LOW CO₂ stsenaariumi realiseerumist. Murettekitavate tendentside süvenemist kinnitab ka asjaolu, et Eestis on omavalitsuse tasandil vähe rohealade käsitlevaid teemaplaneeringuid (Tuul 2011), mis tagaksid nende alade säilimise. Näiteid on vaid üksikuid („Tallinna rohealad”, Viimsi valla mandriosa üldplaneeringu teemaplaneering „Miljööväärtuslikud alad ja rohevõrgustik”, „Harku valla rohevõrgustiku tuumalade ja koridoride uuring”) ja ka nende koostamine on toonud kaasa hulga vaidlustusi eelkõige arendajate ja maaomanike poolelt.

Vastavalt NIR 2012 on alates 2002. aastast eelpool nimetatud kahe maakategooria muutumise tõttu olnud aastane emissioon üle 100 000 t CO₂, ületades kahel aastal ka 500 000 t CO₂ piiri. Seniste trendide jätkudes prognoositakse CO₂ emissiooni maakasutuse muutustega seonduvalt keskmiselt 250 000 t ja asustusala suurendamist 2050. aastaks 26% võrra. Teatud määral võib emissiooni kompenseerida rohealade arvestamine edaspidise kasvuhoonegaaside aruande koostamise käigus, kuid seonduvalt rohealade vähenemisega, sh (vanade) puude raiega, võib mõju olla minimaalne või ka negatiivne.

LOW CO₂ stsenaariumi kohaselt jätkub asustusala laienemine seniste trendide põhjal kuni 2020. aastani, tuues endaga kaasa sarnaselt BAU stsenaariumiga CO₂ emissiooni. Seejärel, asustusala laienemise peatumisel ei lisandu enam täiendavaid emissioone maakasutuse muutuste tõttu. Rohealadel toimiva CO₂ emissiooni või sidumise arvestamiseks on vajalik vastava keskkonnainfo kogumine, mis eeldab riigilt ja omavalitsustelt selleks täiendavaid ressursse. Samas eeldatakse, et vastava arvestuse olemasolu ja planeerimispraktika täiendamine võimaldavad hoida süsinikubilansi tasakaalus või ka positiivsena. Viimast toetab rohealade laiendamine ja noorte puistute rajamine, mis nende vananedes peaks jõudma siiski tasakaaluseisundisse, kus puistus ja mullas seotud süsinikutagavara on stabiilne, arvestades sealhulgas ka raiete toimumist juurdekasvust väiksemas mahus. Rohealade, sh süsiniku tagavara, säilitamine või suurendamine nõuab nii täiendavaid regulatsioone kui ka fiskaalmeetmeid (nt maamaksu langetamine rohealadel, toetusmeetmed rohealade rajamiseks). Asustusala laiendamise peatamine eeldab ka täiendavaid meetmeid, kus maakasutuse muutmise eelduseks on näiteks vastava maa-ala taastamine arendaja kuludega või täiendavate rohealade rajamine. Vastavate tegevuste ja eemärkide elluviimiseks on kavandatud meetmed 1, 2 ja 3.

8.5.5. Modelleerimise tulemused

BAU stsenaariumi puhul eeldati asustusalade pidevat laienemist teiste maakasutuskategooriate arvelt, millega kaasnes 2010. aastaga võrreldes sarnane emissioon – 250 000 t CO₂ a⁻¹. Sarnast trendi eeldatakse ka HIGH CO₂ stsenaariumi korral. LOW CO₂ stsenaarium nägi ette asustusalade laienemise peatumise 2030. aastaks, mis läbi ka emissioonid nendelt aladelt vähenesid nullini. Eesmärgiga vähendada asustusalade laienemisest tingitud emissioone on soovitatav lähtuda LOW CO₂ stsenaariumis seatud eesmärkidest ja meetmetest.

Tabel 98. Emissioonid asustusaladelt, 1000 t CO₂ a⁻¹ ekvivalent.

	2010	2020	2030	2040	2050
BAU ja HIGH CO ₂ stsenaarium	298,4	250,0	250,0	250,0	250,0
LOW CO ₂ stsenaarium	298,4	298,4	0,0	0,0	0,0

Tabel 99. Asustusalade pindala, 1000 ha.

	2010	2020	2030	2040	2050
BAU ja HIGH CO ₂ stsenaarium	300,7	318,7	337,9	358,1	379,6
LOW CO ₂ stsenaarium	300,7	318,7	320,0	320,0	320,0

8.5.6. Meetmed ja investeeringud

Koostatud meetmed aitavad ellu viia LOW CO₂ stsenaariumi eesmärgiga peatada asustusalade laienemine teiste maakategooriate arvelt ning soodustada asustusaladel rohevõrgustike ja kõrghaljastuse säilimist või rajamist. BAU ja HIGH CO₂ stsenaariumide korral aitaksid meetmed kaasa mõjude leevendamisele. Et hinnata meetmete efektiivsust, on oluline andmete kogumise täiendamine, et täpsustada KHG bilanssi asustusaladel.

Alljärgnevalt on põhjalikumalt lahti seletatud asustusaladelt pärinevate CO₂ heitkoguste vähendamisele suunatud meetmete sisu.

- Asustusalade planeerimise reguleerimine ja arendamine, et toetada rohevõrgustike ja kõrghaljastuse säilimist või rajamist ning vähendada ja stabiliseerida asustusalade laienemist (eelkõige) nende maakasutuse kategooriate arvelt, mille süsinikuvaru ja sidumise potentsiaal on säilinud. Maakasutuse muutmise eelduseks on samaväärse maa-ala taastamine arendaja kuludega või täiendavate rohealade rajamine. Meede on planeeritud regulatiivsena ja täiendavaid kulusid pole ette nähtud. (vt tabel 100, meede 1)
- Rohevõrgustike ja kõrghaljastuse rajamise ning säilimise tõhustamine, meetodikate ja andmehalduse täiendamine seotud ja seotava süsiniku kohta. Meetme maksumuseks on hinnatud vähemalt ühe täiskohaga eksperdi palgafond ja tööde teostamise kulud. (vt tabel 100, meede 2)

- Maamaksu langetamine rohealadel, et soodustada ja toetada maaomanike huvi nende alade vastavaks kujundamiseks, riiklikud toetusmeetmed rohealade rajamiseks (eelkõige nõustamisteenus) ja vastav teavitustegevus. Eeldatud on kampaaniakulude katmist ja nõustamisteenuste eest tasustamist (võimalik taotleja omavalitsus, arendaja, maaomanik). (vt tabel 100, meede 3)

Tabel 100. Asustusaladega seotud meetmed ja investeeringud.

	Tüüp	Olemasolev või kavandatav	Vajadus	Maksumus	Eeldatavad tulemused	Vajalikud tegevused
Meede 1 – maakasutus	Regulatiivne	Kavandatav	Rohevõrgustike ja kõrghaljastuse säilimine ning rajamine	NE	Asustusalade laienemine rohevõrgustike arvelt väheneb, mh säilib nende süsinikuvaru ja sidumise potentsiaal	Vastavad regulatiivsed muudatused seadustes
Meede 2 – rakendus-uuringud	Investeering	Olemasoleva täiendamine	Maakasutuse jätkusuutlikkuse edendamine, KHG aruandluse täpsustamine ja riiklike kohustuste kvaliteetsem täitmine	30 000 €/a	Täpsustunud andmed võimaldavad arendada meetmeid maakasutuse jätkusuutlikkuse tagamiseks; paraneb KHG aruandluse kvaliteet	Rakendus-uuringud ja tulemuste rakendamine regulatsioonides ja KHG aruandluses
Meede 3 – rohevõrgustumine	Regulatiivne/ investeering	Kavandatav	Maakasutuse jätkusuutlikkuse edendamine	30 000 €/a	Paraneb inimeste, sh arendajate teadlikkus rohealade potentsiaalset süsiniku sidumisel ja akumuleerumisel ning arendustegevusega kaasneb ka rohealade rajamine ja säilimine	Teavitustegevus, nõustamisteenus

Meetmete hinnanguline maksumus on kokku 60 000 € aastas. Soovitame meetmete rakendamist kõigi stsenaariumide korral, kuid BAU ja HIGH CO2 stsenaariumide korral eeldame, et neid ei rakendata, mis läbi ei ole antud juhul ka täiendavaid kulusid.

8.6. Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektori peamised järeldused

Kogu sektoris toimuvat CO₂ sidumist või lendumist määravad muutused biomassis seotud süsinikuvarus ja seda kujundav raie metsamaal. Oluline komponent CO₂ emissioonide kujunemisel on ka muldade kasutus ja kaitse, eelkõige turvasmuldade puhul. Kasutamata põllu- ja rohumaad annavad täiendava ressursi biomassi kasvatamiseks, mis on kasutatav energia toorainena. Koostatud analüüs andis ka kinnitust Eesti põhiste mõõtmisandmete vajaduse järele, et täpsustada seniseid hinnanguid KHG voogude hindamise kohta.

Soovitame hoida metsade raie mahus, mis tagab kasvava metsa ja selles seotud süsiniku tagavara säilimise ning minimeerib võimaliku CO₂ lendumise metsamaadelt. Sel moel säilib stabiilse kodumaise puidu kasutamise maht ning väheneb võimalik kahju keskkonnale (LOW CO₂ stsenaarium). Hinnates lisandväärtuse muutust proportsioonis raiemahtude suurenemisega ja eeldusel, et imporditava puidu ja puittoodete struktuur ei muutu, siis 2010. aasta vastava näitaja (578 mln eurot) korral suureneks lisandväärtus vastavalt 1221, 977 ja 651 mln euroni raiemahtude 15 (HIGH CO₂), 12 (BAU) ja 8 (LOW CO₂) mln tm aastas puhul. Samas toimub eeldatav kahanemine 2020. aasta järgselt seonduvalt vähenevate võimalike raiemahtudega BAU ja HIGH CO₂ stsenaariumi korral, viimasel juhul langeb see 2050. aastal 2010. aasta tasemeni.

Peamiseks meetmeks metsade kasutusest pärinevate KHG heitkoguste vähendamisel perioodil 2020–2050 on raiemahtude hoidmine senisel tasemel (LOW CO₂ stsenaarium), ühtlasi tagab see stabiilse puiduressursi kasutamise, annab võimaluse seniste kasutusmahtude ja investeeringute põhiselt puidutööstuse jätkusuutlikuks arenguks. Juhul, kui energiamajanduses tekib suurem puidunõudlus, et asendada fossiilsete kütuste kasutamist, on metsanduse LOW CO₂ stsenaariumi rakendumisel vajalik täiendava puidu import (hüppelist ressursivajaduse kasvu ei leevendaks ka põllumajanduslikust kasutusest väljas olevate maade metsastamine). Samuti on oluline puidu ja puidust materjalide impordi jätkumine senisel tasemel või ka mõningane suurenemine. Samas ei mõjuta täiendav import negatiivselt metsandussektori sotsiaal-majanduslikke näitajaid, seda ka olukorras, kus raiemahud ei suurene oluliselt võrreldes viimaste aastatega ja need püsivad LOW CO₂ pakutud tasemel – 8 kuni 8,4 mln tm a⁻¹. Kõigi stsenaariumide korral on soovitavaks meetmeks pikaajaliste puittoodete kasutuse toetamine ja propageerimine, näiteks ehitussektoris. Ühtlasi suurendab see ka metsanduse rolli majanduses ja tööhõives.

Soovitatava puidu sisseveo abil saab vähendada raiemahtude tõusuga kaasnevaid negatiivseid mõjusid Eesti loodusele, lisaks muule põhjustab raiemahu suurendamine metsandussektoris märkimisväärseid KHG emissioone. Kui puidukütuse import ei ole majanduslikult mõttekas, siis on energiaspektori KHG heitkoguste vähendamise potentsiaali arvestades võimalik kasutada kodumaist hakkepuitu energiatootmisel suuremas koguses, kui lubaks aastane raiemaht, mis on seni taganud metsa rolli CO₂ sidujana. Kuigi see tähendaks märgatavalt suuremat metsanduse KHG heidet, jääks see tõenäoliselt kogu prognoosiperioodi silmas pidades summaarselt madalamaks võrreldes puidu koospõletuse tulemusel põlevkivienergeetikas ärahoitavate heitkogustega.

Oluliseks süsinikuheiteallikaks on turvasmuldade kasutus, millest pärinevad emissioonid suurenesid Rootsi NIR (2012) emissioonifaktorite väärtusi kasutades metsa-, põllu- ja rohumaadel vastavalt 128-lt 445-le, 77-lt 290-le ja 35-lt 225-le tuhandele t CO₂ a⁻¹. LOW CO₂ stsenaariumi raames rakenduvate meetmete korral hinnati võimalikuks turvasmuldadelt lähtuva CO₂ lendumise olulist vähendamist, seevastu BAU ja HIGH CO₂ meetmete puhul emissioonid ei vähenenud.

Teine oluline komponent turvasmuldade osas puudutab kuivendatud märgalaid, millest KHG aruannetes analüüsitakse senini vaid turbakaevandusalasid. KHG aruandlus ei käsitle võimalikke emissioone teistelt kuivenduse poolt mõjutatud märgaladelt, mida Eestis on hinnanguliselt 200 000 ha koguemissiooniga 1,56 kuni 2,32 mln t CO₂. Omaette meetmena on määratletud märgalade taastamine, eesmärgiga ennistada looduslikele aladele omane süsiniku sidumine ja akumulatsioon.

Ka metsamaadest pärinevad emissioonid vajavad täpsustamist – kui Eesti NIR 2012 andmetel asub turvasmuldadel 22% ehk 491 280 ha ja nendest on kuivendatud 45% ehk 221 076 ha (NIR 2012, vastava pindala kohaselt on arvestatud ka emissioon), siis samal ajal on hinnatud kuivendatud soometsade pindalaks 560 000 ha (Pikk 1997, Ilomets 2009). Metsamaa turvasmuldadest lähtuvate emissioonide täpsustamine vajab vastavaid rakendusuringuid, milleks on planeeritud asjakohased meetmed.

Tähtsamad meetmed põllu- ja rohumaade emissioonide vähendamisel on järgnevad:

- põllumajanduse otsetoetustest loobumine ja toetuste sidumine meetmetega, mis tagab mullaviljakuse ja süsinikuvarude säilimise või suurenemise (ühtlasi avalike hüvede säilimise ja vajadusel nende tagamise toetamise);
- turvasmuldadel asuvate haritavate põllumaade viimine püsirohumaade alla (võimalik efekt CO₂ lendumise vähendamisel ligikaudu 300 000 t CO₂ a⁻¹);
- põllumassiivide mullastikupõhise majandamise ja vastava nõuandesüsteemi arendamine.

Asustusala laienemisega seonduvaid emissioone aitab vähendada planeerimise reguleerimine ja arendamine eesmärgiga toetada rohevõrgustike ja kõrghaljastuse säilimist või rajamist ning vähendada asustusala laienemist (eelkõige) nende maakasutuse kategooriate arvelt, mille süsinikuvaru ja sidumise potentsiaal on säilinud (võimalik CO₂ emissioonide vähenemine LOW CO₂ stsenaariumi korral 250 000 t a⁻¹).

LULUCF meetmete kogumaksumus stsenaariumide kaupa (vt tabel 101) ja stsenaariumide kulutõhusus (vt tabel 102) on toodud alljärgnevalt. Esitatud maksumuste puhul tuleb arvestada, et olulised muutused CO₂ hinnas, riikide majandusarengus, teadus- ja arendustegevuses lähema 40 aasta jooksul võivad neid hinnanguid märkimisväärselt muuta.

Tabel 101. LULUCF sektori stsenaariumide kogumaksumus, mln €.

Meede/Stsenaarium	BAU	HIGH CO ₂	LOW CO ₂
Meede 1	0	0	42
Meede 2	10,5	10,5	10,5
Meede 3	0	0	0

Meede/Stsenaarium	BAU	HIGH CO2	LOW CO2
Meede 4	1	1	1
Meede 5	0,5	0,5	0,5
Meede 6	0	0	25
Kokku	12	12	79

Tabel 102. LULUCF sektori stsenaariumide kulutõhusus.

Stsenaarium	KHG vähenemine võrreldes 2010. aastaga		Meetmepaketi maksumus	
	tuh t CO ₂ -ekv	%	mln €/a	Vähendamise kulu €/t CO ₂ -ekv
BAU stsenaarium	-8	-20	12	1500
HIGH CO2 stsenaarium	-8	-20	12	1500
LOW CO2 stsenaarium	-27	-67,5	79	2926

Lisaks CO₂-heite vähendamisele võimaldab käesolevas peatükis välja pakutud meetmete rakendamine saavutada kokkuhoidu ka looduskaitsete kulutuste osas (eelkõige vähendada metsade ja märgalade elustiku kaitseks tehtavaid kulutusi) ning tagada nn ökosüsteemi teenuste jätkuvat kvaliteeti. Ökosüsteemi teenused hõlmavad nii varustavaid teenuseid (säätliku kasutamisega saavutatav turba- ja puiduvarude püsiv kättesaadavus); reguleerivaid teenuseid (muldade süsinikuvaru ning viljakuse säilimine, asustusaladel rohealade laiendamisest tulenev õhu kvaliteedi paranemine, kuivendamata märgalade veepuhastus- ning veesäilituspotentsiaal, mis vähendab ka üleujutuste riske); elu toetavaid teenuseid; ning kultuurilisi teenuseid (puhkealade küllaldane kättesaadavus ning positiivne mõju rahvatervisele, turismi edendamise, laialdased võimalused teadustöök). Hetkel ei ole Eestis ökosüsteemi teenuste võrreldavaid väärtusi hinnatud. LAK 2020-s on eesmärgiks seatud 2018. aastaks hinnata ökosüsteemide seisund ja kaardistada nende poolt pakutavad hüved ning 2020. aastaks hinnata looduse hüvede väärtused ning nendega arvestada riiklikes ja kohalikes otsustusprotsessides ning aruandlussüsteemides (LAK 2020).

Kuna käesolevas uuringus vaadeldakse võrdlemisi pikka perioodi, jääb sellesse ajavahemikku väga palju määramatust, eriti ressursside hindade ning potentsiaalsete kulude ja tulude osas. Seetõttu on lisaks meetmete maksumusele antud alljärgnevalt ka hinnang stsenaariumide väliskuludele. See võimaldab selgemalt illustreerida ühiskondlikku kokkuhoidu ehk sisuliselt tulu, mis saavutatakse KHG heitkoguste kärpimisega.

Hinnanguliste väliskulude arvutamisel ja sealhulgas heitkoguste vähendamise piirkulude hindamisel tuginetakse antud uuringus erinevate stsenaariumide lõikes leitud KHG heitkoguste prognoosidele ning rahvusvaheliselt tunnustatud hinnangutele CO₂ ekvivalenttonni väliskulu hinna määramisel (Stern, ExternE jt). Alljärgnevalt on näidatud väliskulude väärtuste vahemikud analüüsiperioodi jooksul eurodes ühe CO₂ ekvivalenttonni kohta (Handbook on estimation ... 2008), millest lähtutakse stsenaariumide väliskulude hindamisel. Kuna erinevate uuringute puhul on hinnangud väliskulu määradele väga erinevad, siis on käesolevas hinnangus arvestatud tagasihoidliku CO₂ väliskulu

määraga, mis vastab määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskmistele väärtustele vastaval aastal (vt tabel 103).

Tabel 103. KHG väliskulu määrad, €/tonni CO₂-ekv. Allikas: Handbook on estimation ... 2008.

Aasta	2010	2020	2030	2040	2050
Madal	7	17	22	22	20
Keskmine	25	40	55	70	85
Kõrge	45	70	100	135	180
Määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskväärts	16	28	38	46	52

Väliskulude mahu leidmiseks korrutati sektori KHG heitkogus väliskulu määraga. Alljärgnevalt on esitatud KHG heitkogustega kaasnevad hinnangulised väliskulud LULUCF-i sektori BAU ja LOW CO₂ stsenaariumide lõikes (vt tabel 104).

Tabel 104. LULUCF-i sektori KHG heitega seotud hinnanguline väliskulu, tuhat €/a.

Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU stsenaarium	-36 832	104 104	133 076	56 304	-53 352
LOW CO ₂ stsenaarium	-36 832	-27 076	-16 340	736	-15 496

Kuivõrd väliskulud on otseselt seotud emissioonide mahuga, ilmneb siinkohal eriti selgelt säästlikumate stsenaariumide eelis. Seejuures on vajalik arvestada, et heitkoguste langus ei pruugi tähendada väliskulude vähenemist vaadeldaval perioodil. See on tingitud ühe tonni KHG väliskulu määra tõusust ajas, mis on omakorda põhjustatud akumulieruva KHG kahjuliku toime suurenemisest.

9. SEKTORIÜLESED STSENAARIUMID

Sektoriülese ehk tervet majandust hõlmava konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas liikumise majanduslikult optimaalseima ja ressursisäästlikuima teekonna kujundamisel on arvestatud ühelt poolt KHG emissiooni vähendamise võimalustega ning teiselt poolt sotsiaal-majanduslike aspektidega. Seega on üldise (globaalse) elukeskkonna ja -kvaliteedi paranemise ning loodusväärtuste säilimise kõrval oluline ka piirkondliku arengu tõhustamine ja tasakaalustamine, tööhõive suurendamine ja majandusliku konkurentsivõime kasv ning meetmete rakendamiseks vajalike rahaliste vahendite olemasolu lähtuvalt riigieelarve kulude-tulude tasakaalu põhimõttest. Lisaks tuleb arvestada, et KHG heitkoguste kärpimisele suunatud sammud ei vastandu sotsiaalmajanduslikele aspektidele ega ohusta Eesti majanduse jätkusuutlikku arengut, vaid pigem aitavad need kaasa ressursside efektiivsemale ja säästlikumale kasutusele, millel on pikaajalises perspektiivis majanduse kui terviku konkurentsivõimele positiivne mõju.

9.1. Stsenaariumid

Sektoriüleste stsenaariumide modelleerimiseks 2050. aastani lisati LEAP mudelisse lisaks energeetika ja transpordisektorile ka tööstuslike protsesside, põllumajanduse, jäätmemajanduse ning maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektorites prognoositavad KHG emissioonid. Erinevate sektorite tarbeks loodud stsenaariumide hulgast valiti sektoriüleste stsenaariumide koosseisu oma lähtetingimustelt ja eeldatavate tulemuste põhjal sobivaimad sektorite tarbeks koostatud stsenaariumid, mis summeerituna moodustavad vastava sektoriülese stsenaariumi. Sektoripõhiste stsenaariumide omavahelise kombineerimise tulemusel moodustus kolm sektoriülest stsenaariumi – BAU, Optimaalne ja Madalsüsinik (vt tabel 105).

Tabel 105. Sektoriüleste stsenaariumide vastavus sektoripõhiste stsenaariumidele.

Stsenaarium/ sektor	Energia- majandus	Transport	Tööstuslikud protsessid	Jäätme- majandus	Põllu- majandus	Metsandus	Maakasutus, maakasutuse muutus
BAU	BAU	BAU	BAU	BAU	BAU	BAU	BAU
Optimaalne	HIGH CO2	LOW CO2 SHIFT	HIGH CO2	LOW CO2	LOW CO2	LOW CO2	LOW CO2
Madalsüsinik	LOW CO2	LOW CO2 TECH	LOW CO2	LOW CO2	LOW CO2	LOW CO2	LOW CO2

Sektoriüleused stsenaariumid BAU ja Madalsüsinik koostati kooskõlas sektoripõhiste BAU ja LOW CO2 stsenaariumidega. **Sektoriülene BAU stsenaarium** moodustub kõigi sektorite BAU stsenaariumide summast ehk rakenduvad kõikides sektorites modelleeritud BAU stsenaariumid vastavalt tehtud eeldustele. Selle stsenaariumi kohaselt jätkub vaadeldava perioodi kestel areng praeguste trendide järgi ja KHG heitkoguste vähendamisele senisest suuremat tähelepanu ei pöörata.

Energiamajanduses tähendab selline areng energia lõpptarbimise kasvu vastavalt SKP ja rahvaarvu prognoosile, energiamahukuse vähenemist ning elektri- ja soojusenergia osakaalude osas perioodi 2000–2011 trendi jätkumist. Selle tulemusena kasvab Eestis pidevalt elektrienergia tarbimise osakaal summaarses lõpptarbimises ja soojuse osakaal väheneb. Elektri tootmiseks kasutatakse olemasolevaid tootmisvõimsusi, millele lisanduvad 2018. aastaks üks 270 MW põlevkivi energiablokk, 900 MW elektrituulikuid, 900 MW maagaasil ja põlevkiviõlil töötavaid gaasiturbiine ning 2030. aastaks valmiv 600 MW võimsusega tuumajaam.

Energiamajanduse BAU stsenaariumi võimalik tootmisprofiil lähtub kehtivast Elektrimajanduse arengukavast aastani 2018 (ELMAK), kus on riigi poolt eelistatuima arengustsenaariumi koosseisus ära märgitud nii olemasolevatele põlevkivi keevkihtplokkide võimsusele lisanduva kahe uue põlevkivi keevkihtploki rajamine kui ka Eestisse või naaberriikidesse tuumajaama rajamine. Aastaks 2025 nähakse ELMAK-is ette kokku 920 MW põlevkivi keevkihtplokkide ja 600 MW võimsusega tuumajaama või osalust tuumajaamas. Antud analüüsi eeldustes on tuumajaama rajamise aega edasi lükatud, kuna vastavaid ELMAK-is kavandatud ettevalmistavaid tegevusi pole ellu viidud.

Arvestades praegust seisust, kus elektrituru avanemise tõttu muutunud olukorras on varustuskindluse tagamisel riigisiseste tootmisvõimsuste olemasolu kõrval kasvanud välisühenduste tähtsus ja kogu piirkonnas asuvate tootmisvõimsuste olemasolu, ei ole elektrimajanduse BAU stsenaariumi realiseerumine (üheaegselt nii tuumajaama kui ka kahe uue põlevkiviploki rajamine Eestis) tõenäoline, kuid erinevate arenguteede võrdlemisel on kehtivale riiklikule arengudokumendile tugineva stsenaariumi kasutamine kohane.

Elektrienergia eksport kahaneb oluliselt ning import jääb 2011. aasta tasemele. Soojuse tootmisel katlamajades jäävad kütuste osakaalud 2011. aasta tasemele nagu ka kaod elektrivõrkudes ja soojustrassides.

Kõikide teiste sektorite areng BAU stsenaariumis lähtub praegustest trendidest. Transpordisektori energiatarbimine kasvab jätkuvalt ning diislikütuse osakaal suureneb 70%-ni. Tööstussektori tootmismaht kasvab vastavalt nõudluse prognoosile ning süsinikumahuka tootmisega ettevõtetele ei rakendata rangemaid tingimusi kui EL-i suunised ette näevad. Jäätmemajanduses kasvab jäätmete kehtivalt tarbimise suurenemisest majanduskasvu tingimustes, kuid samas väheneb oluliselt jäätmete prügilasse ladestamine seoses lähima 5–10 aasta jooksul tehtavate tehnoloogiliste valikute ja investeeringutega.

Ka põllumajandussektoris jätkuvad senised trendid, mis toob kaasa kariloomade arvukuse suurenemise. Põllu-, heina- ja metsamaade osakaal jääb samale tasemele ning jätkub turvasmuldade kasutamine põllukultuuride kasvatamiseks. LULUCF sektoris jätkuvad BAU stsenaariumi puhul praegused trendid: raiemahud kasvavad kuni 9 mln tm aastas, turba kaevandamine jääb praegusele tasemele, märgalade osas muudatusi ei toimu ning eeldatakse kasutusest väljas olevate põllumaade vähesel määral metsastumist (ja metsastamist) ja asustusala laienemist.

Sektoriülese stsenaariumi Madalsüsinik koostamisel on kõikides sektorites arvestatud teekonnaga, mille puhul oleks KHG heitkoguste vähendamine maksimaalne. Sellest tulenevalt moodustub stsenaarium Madalsüsinik kõigi sektorite LOW CO2 stsenaariumide summast, kusjuures

transpordisektori stsenaariumidest valiti sektoriülesesse analüüsi LOW CO2 TECH stsenaarium kui käsitletud võimalustest kõige enam KHG vähenemisele suunatud stsenaarium.

Stsenaariumi Madalsüsinik kohaselt vähenevad KHG heitkogused, jäätmete ja majanduse energiamahukus, tugeva arengu läbivad elektritransport, ühistransport ja kergliiklus ning põllumajanduses laieneb keskkonnasõbralike maaviljelusmeetodite kasutamine. Selline areng annab kokkuvõttes parima tulemuse KHG heitkoguste vähendamisel, kuid samas vajab see teiste stsenaariumidega võrreldes suuremaid riigipoolseid kulutusi erinevate meetmete rakendamiseks. Seetõttu kasvavad riigieelarve kulud ja väheneb riigi võimekus tegeleda muude probleemide (nt sotsiaalküsimused) leevendamisega. Samas aitab stsenaarium Madalsüsinik kõige enam kaasa Eesti ja EL-i kliima- ja energiapoliitika eesmärkide täitmisele, sh tagab ainsana EL energiamajanduse teekaardis 2050 ette nähtud elektritootmise dekarboniseerimise ja aitab võrreldes teiste stsenaariumidega pikas perspektiivis enim kaasa majanduse konkurentsivõime kasvule, vähendades SKP energiamahukust, kasvatades ressursitootlikkust ja toetades innovatsiooni.

Sektoriülene stsenaarium Optimaalne kirjeldab teekonda, mille puhul on kõikides sektorites arvestatud nii KHG heitkoguste vähendamise eesmärgiga kui ka sotsiaalmajanduslike aspektidega. Seega on elukeskkonna ja -kvaliteedi paranemise ning loodusväärtuste säilimise kõrval tähtsustatud ka piirkondlikku arengut, tööhõivet, konkurentsivõime kasvu ning KHG emissioone vähendavate meetmete rakendamiseks vajalike rahaliste vahendite mõõdukust. Siinjuures on oluline märkida, et konkurentsivõimet käsitletakse käesolevas analüüsis pikaajalise kontseptsioonina, kuivõrd vaatluse all on ligi 40 aasta pikkune periood. Teisisõnu vaadeldakse konkurentsivõimet kui riigi (ettevõtete) edukust eksportturgudel (kuid ka riigisiselt, konkureerides teiste riikide firmadega), mille tagab pikas perspektiivis innovatiivne ja keskkonnasäästlik tootmine (Viiding 2013), et tarbijale suudetaks pakkuda parimaid lahendusi võimalikult väikeste keskkonnakuludega.

Mainitud kaalutlustest tulenevalt valiti stsenaariumi Optimaalne koosseisu igast sektorist sobivaim stsenaarium. Energiamaajanduse puhul liideti sektoriülesesse stsenaariumisse HIGH CO2 stsenaarium, kuna eeldati, et kõrge CO₂ kvoodi hinna puhul on motivatsioon kasvuhoonegaase vähendada suurem ja sedavõrd tuleb riigil rakendada vähem meetmeid ning riiklike meetmete maksumus on seega madalam kui teistes stsenaariumides. Sarnasel põhjusel kasutati ka tööstuslike protsesside puhul HIGH CO2 stsenaariumit. Samuti on nende sektorite puhul oluline märkida, et LOW CO2 stsenaariumi realiseerumine ehk teistest stsenaariumidest järsem KHG heitkoguste vähendamine eeldab märkimisväärset hüpet tehnoloogilises võimekuses (nt CCS tehnoloogia laiem kasutuselevõtt, uute toorainete kasutamine tööstuslikes protsessides jne) ning tõenäoliselt suuri kulutusi nii ettevõtetele kui ka ühiskonnale tervikuna. Sama kehtib transpordi puhul LOW CO2 TECH stsenaariumis, mis näeb küll ette KHG heitkoguste suurt vähendamist, kuid teisalt vajab realiseerumiseks väga suuri investeeringuid. Seetõttu on transpordi puhul sektoriülesesse stsenaariumi Optimaalne hõlmatud LOW CO2 SHIFT stsenaarium, kus toimub ulatuslik ühistranspordi ja kergliikluse arendamine ja planeerimine ning biokütuste arendamine lähtuvalt säästlikkuse kriteeriumitest. Kõik rakendatavad meetmed on ressursimahukad ning aeglase mõjutoimega, kuid viivad pikas perspektiivis nii sektori KHG heitkoguste kui ka inimestest ohustavate faktorite vähenemiseni.

Sektoriuüleses stsenaariumis Optimaalne iseloomustab Eesti energeetikasektorit mõõdukas energiamahukuse vähenemine ning tagasihoidlik üleminek elektriküttele ja -transpordile. Lisaks olemasolevatele elektri tootmisvõimsustele lisandub üks põlevkivienergiaplokk. Seejuures kasutatakse keevkihttehnoloogiat kasutavates energiaplokkides kuni 50% ulatuses puiduhaket. Täiendavalt rajatakse biomassil ja biogaasil koostootmisjaamasid, elektrituulikuid ning päikesepaneele. Taastuvenergia tootmisvõimsuste arendamisel ja rajamisel on osaliselt aluseks TE100 kava. Kaod elektrivõrkudes ja soojustrassides vähenevad ning elektrienergia netoeksport on aasta lõikes null.

Jäätmemajanduse, põllumajanduse ja LULUCF-i sektoritest kaasatakse sektoriülesesse stsenaariumi vastavad LOW CO₂ stsenaariumid, sest valdkondlike ekspertide hinnangul aitavad need koosmõjus kaasa KHG heitkoguste vähendamisele ja ressursisäästlikkuse tõusule.

Optimaalse stsenaariumi rakendumise tulemusena kasvab Eestis jäätmeteke lähi- ja keskperspektiivis ning väheneb vaadeldava perioodi viimases dekaadis tänu jäätmetekke vältimise meetmetele. Lisaks investeeritakse taastuvenergia toetuskeemi tõttu suuremas mahus erinevate tehnoloogiate, sh jäätmete energiakasutuse (biogaasi tootmise) arendamisse. Põllumajanduses kariloomade arvukus suureneb veidi, kuid olulist kasvu haritava põllumajandusmaa kogupindalas ei toimu. Järjest enam võetakse kasutusele keskkonnasõbralikke viljelusmeetodeid ja tehnoloogiaid. Turvasmullad viiakse haritavate maade kategooriast rohumaade alla ning täiendavalt võetakse kasutusele kasutamata maid.

LULUCF-i sektori metsanduse osa analüüsi tulemustele tuginevalt hinnatakse KHG bilansi seisukohast kõige sobivamaks LOW CO₂ stsenaariumile vastavate raiemahtude edasist kavandamist, et tagada metsaresursi ühtlane kasutus ning välistada võimalikku CO₂ lendumise suurenemist metsamaadelt. Samuti kaasneksid LOW CO₂ stsenaariumiga väiksemad looduskaitseprobleemid. Juhul, kui energiamajanduses astutakse samme, et asendada fossiilsete kütuste kasutamist suuremahulise puidu koospõletuse kaudu, kahekordistuks energiamajanduse summaarne puidu vajadus võrreldes praegusega ehk ulatuks käsitletava perioodi jooksul u 8–9 mln tm-ni aastas. Samas on Optimaalse stsenaariumi eeldatav keskmine raiemaht u 8–8,4 mln tm aastas, mistõttu tuleb kütusena kasutada ka energiavõsa ja muud biomassi ning täiendava puidu vajaduse rahuldamiseks on vaja põhjalikult kaaluda võimalust suurendada importi (impordimaht oleks u 2,4–3,6 mln tm võrra aastas suurem kui seni).

Kuigi väliskaubandusbilanssi ja varustuskindlust arvestades oleks pigem soovitatav importimist vältida, on siinkohal oluline märkida, et impordivajadus tekib ka HIGH CO₂ ja aktiivse puidukasutuse (22 mln tm aastas) stsenaariumi puhul. Vaid BAU stsenaariumi rakendumisel pole eeldatavasti import vajalik, kuid arvestades muid kaasnevaid riske, on KHG emissioone, looduskaitse eesmärke ja majanduslikku kasu silmas pidades metsanduses optimaalsemaks lahenduseks siiski LOW CO₂ stsenaarium. Puidu sisseveo abil saab vähendada raiemahtude tõusuga kaasnevaid negatiivseid mõjusid Eesti loodusele, lisaks muule põhjustab raiemahu suurendamine metsandussektoris märkimisväärseid KHG emissioone. Kui puidukütuse import ei ole majanduslikult mõttekas, siis on energiasektori KHG heitkoguste vähendamise potentsiaali arvestades võimalik kasutada kodumaist hakkepuitu energiatootmisel suuremas koguses, kui võimaldaks aastane raiemaht, mis on seni taganud metsa rolli CO₂ sidujana. Kuigi raiemahu tõusevad märgatavalt ka emissioonid, jäävad need

kogu prognoosiperioodi jooksul summaarselt tõenäoliselt madalamaks võrreldes puidu koospõletuse tulemusel põlevkivienergeetikas ärahoitavate heitkogustega.

9.2. Stsenaariumide rakendumisega kaasnevad riskid ja mõjud

9.1.1. Kasvuhoonegaaside heitkogused

KHG heitkoguste prognoosimiseks modelleeriti sektoriüleseid stsenaariume LEAP tarkvaras, võttes arvesse sektoripõhiseid tulemusi ning kombineerides erinevaid stsenaariumeid vastavalt esitatud seostele. Modelleerimise tulemusena ilmnes, et vaadeldava perioodi lõpuks ehk aastaks 2050 vähenevad Eesti KHG heitkogused võrreldes 1990. aastaga stsenaariumides BAU, Optimaalne ja Madalsüsinik vastavalt 49%, 75% ja 87% (koos LULUCF-iga 37%, 68% ja 84%). Kui võrdlusaastaks on 2010, siis vähenevad emissioonid stsenaariumides Optimaalne ja Madalsüsinik 50% ja 74% (koos LULUCF-iga 45% ja 72%), kuid BAU stsenaariumis KHG heitkogused suurenevad umbes 1% (koos LULUCF-iga 8%) aastaks 2050 (vt tabel 106 ja tabel 107).

Tabel 106. Eesti KHG heitkoguste prognoos ilma LULUCF-ita, mln t. Allikas: NIR 2012, LEAP.

	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
BAU	40,86	17,22	20,52	23,09	19,38	20,37	20,73
Optimaalne				16,21	11,97	11,06	10,31
Madalsüsinik				11,15	8,92	7,63	5,35
KHG heitkoguste vähenemine 1990. aasta tasemega võrreldes							
BAU	0%	-58%	-50%	-43%	-53%	-50%	-49%
Optimaalne				-60%	-71%	-73%	-75%
Madalsüsinik				-73%	-78%	-81%	-87%

* NIR väärtused

Tabel 107. Eesti KHG heitkoguste prognoos koos LULUCF-iga, mln t. Allikas: NIR 2012, LEAP.

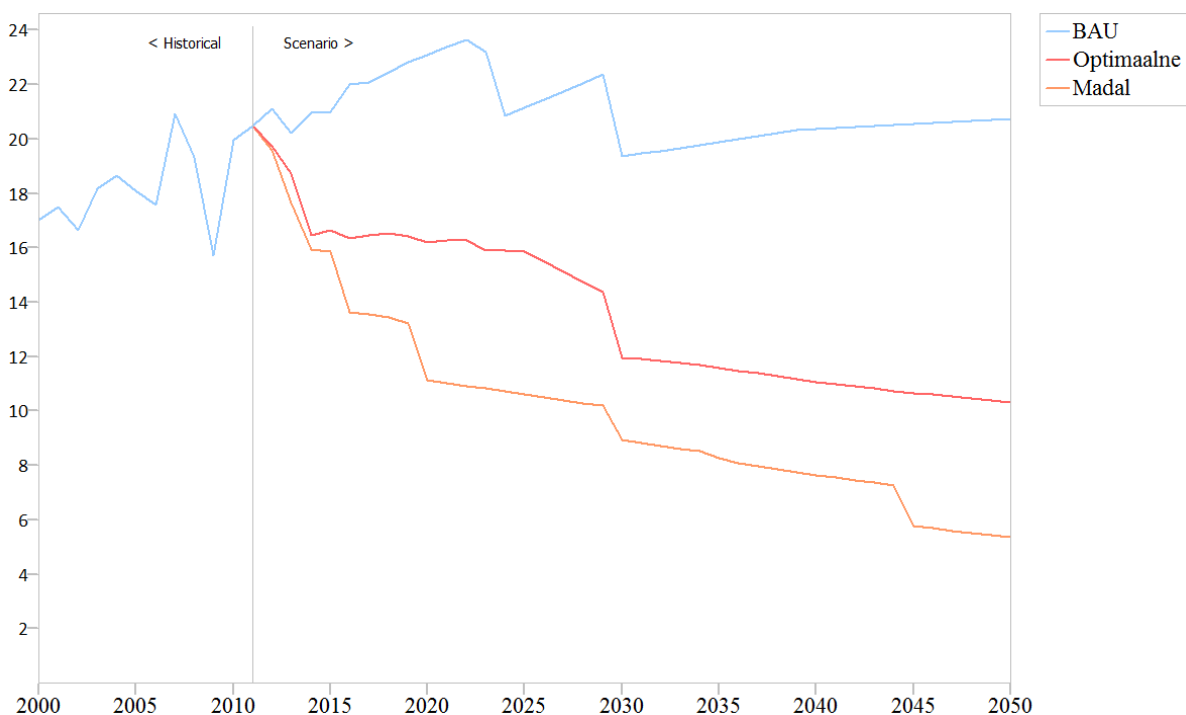
	1990*	2000*	2010*	2020	2030	2040	2050
BAU	31,52	21,7	18,22	26,80	22,88	21,60	19,70
Optimaalne				15,25	11,54	11,08	10,01
Madalsüsinik				10,18	8,49	7,65	5,05
KHG heitkoguste vähenemine 1990. aasta tasemega võrreldes							
BAU	0%	-31%	-42%	-15%	-27%	-31%	-37%
Optimaalne				-52%	-63%	-65%	-68%
Madalsüsinik				-68%	-73%	-76%	-84%

* NIR väärtused

Modelleerimise tulemustest selgub, et stsenaariumis Madalsüsinik oleks LULUCF-i arvesse võtmata võimalik saavutada 2020. aastaks KHG heitkoguste vähenemine 73% (vähenemine 9,4 mln t CO₂-ekv), 2030. aastaks 78% (11,6 mln t CO₂-ekv), 2040. aastaks 81% (12,9 mln t CO₂-ekv) ja 2050. aastaks 87% (15,2 mln t CO₂-ekv), võrreldes 1990. aasta tasemega (vt tabel 106 ja joonis 84). Koos LULUCF-iga oleks emissioonide vähenemine 2020. aastaks 68%, 2030. aastaks 73%, 2040. aastaks 76% ja 2050. aastaks 84% (vt tabel 107 ja joonis 85). Madalsüsiniku stsenaariumis väheneksid KHG heited 2050. aastaks 5,4 miljoni tonnini (LULUCF-iga 5,1 mln t) ning kahanemine saavutatakse läbi järk-järgulise, pideva emissioonide vähenemise. Kõige suurem emissioonide vähenemine toimuks perioodil 2010–2020.

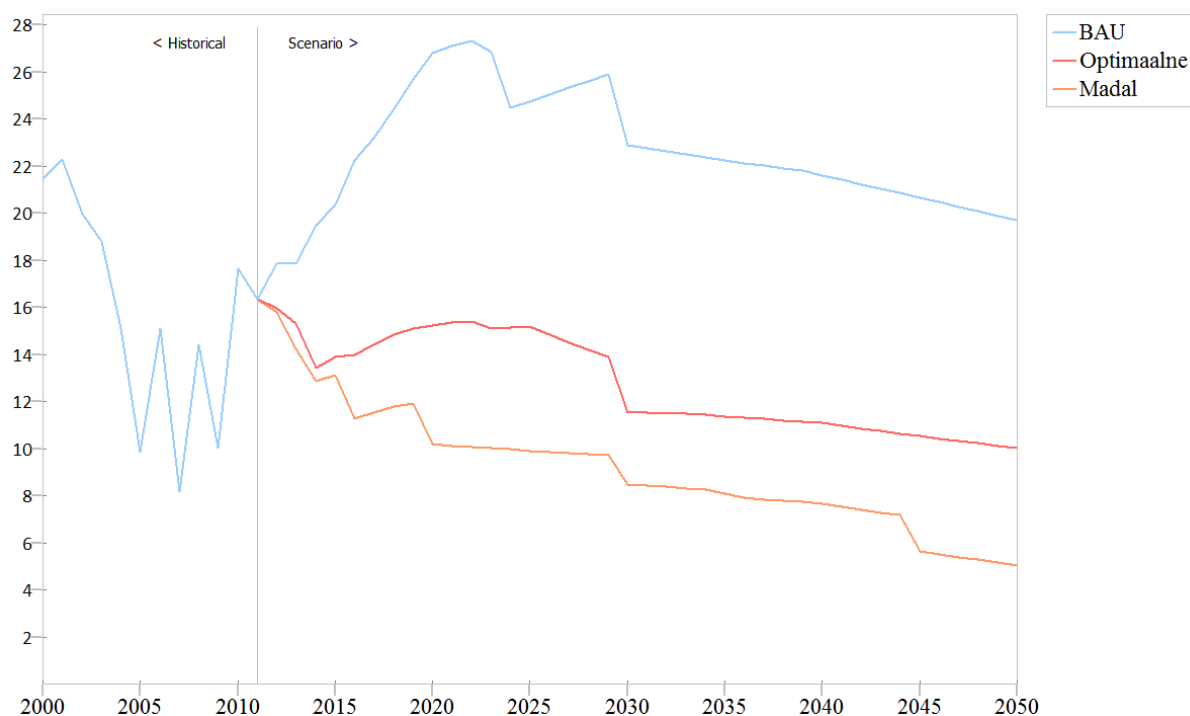
Stsenaariumis Optimaalne alanevad emissioonid 2050. aastaks 10,3 miljoni tonnini (koos LULUCF-iga 10,0 mln t) ning seejuures saavutatakse võrreldes 1990. aasta tasemega emissioonide vähenemine 75% (koos LULUCF-iga 68%). Emissioonide alanemine toimub ühtlaselt ja peamiselt perioodil 2010–2030 (42% ilma ja 37% koos LULUCF-iga arvestades). Alates 2030. aastast KHG heitkoguste vähenemine aeglustub (vt tabel 106, tabel 107, joonis 84 ja joonis 85).

BAU stsenaariumis kasvaksid Eesti KHG emissioonid 2020. aastaks 23,1 miljoni tonnini CO₂-ekv (LULUCF-iga 26,8 mln t) ning seejärel väheneksid 2050. aastaks 20,7 miljoni tonnini (LULUCF-iga 19,7 mln t). See tähendaks, et 1990. aasta tasemega võrreldes saavutatakse heidete alanemine 49% (LULUCF-iga 37%) ning heited oleksid 2050. aastaga võrreldes 2010. aastaga samal tasemel. Stsenaariumides BAU ja Optimaalne saavutatakse heitkoguste suurim vähenemine 2030. aastaks, misjärel emissioonid kahanevad vaid vähesel määral (vt joonis 84 ja joonis 85).



Joonis 84. Eesti KHG heitkoguste prognoos ilma LULUCF-ita, mln t.

Allikas: LEAP



Joonis 85. Eesti KHG heitkoguste prognoos koos LULUCF-iga, mln t.

Allikas: LEAP

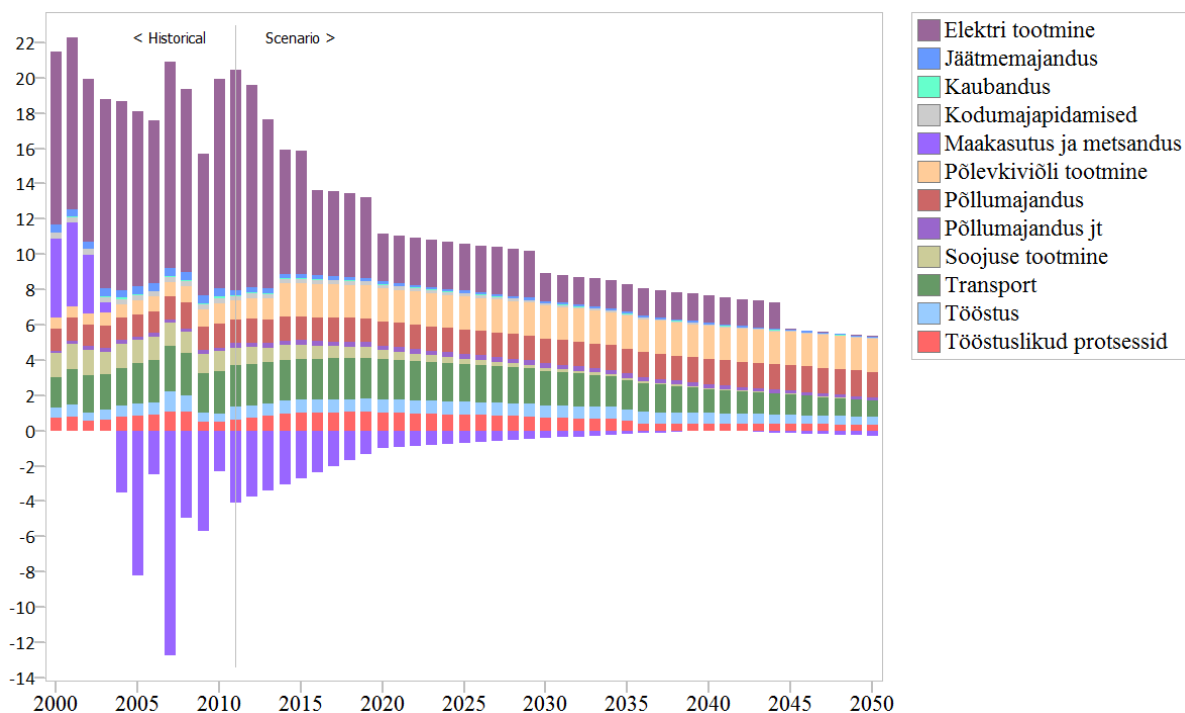
Sektoripõhisest analüüsist selgub, et Madalsüsiniku stsenaariumis on perioodil 1990–2050 suurim emissioonide muutus maakasutuses ja metsanduses (LULUCF) 97% ning energetikas (v.a transport) 92% (vt tabel 108 ja joonis 86). Kõige suurem KHG heitkoguste vähenemine (12,3 mln t) võrreldes 2010. aastaga toimub energiatööstuses (vt tabel 109). Väikseim on heidete alanemine põllumajanduses (58%) ja transpordis (63%). Seejuures põllumajanduses toimub ainsana pidev emissioonide suurenemine. Jäätmemajanduses ja tööstuslike protsesside sektoris saavutatakse heitkoguste alanemine vastavalt 82% ja 69% ulatuses. Madalsüsiniku stsenaariumis oleks võimalik saavutada 2050. aastaks ka 91% emissioonide kokkuhoid, kui rakendada põlevkiviõlitööstuses süsiniku kinnipüüdmise ja salvestamise tehnoloogiat CCS, mis vähendab stsenaariumi Madalsüsinik emissioone veel 1,7 mln t võrra.

Tabel 108. KHG heitkoguste vähenemine sektorite lõikes stsenaariumi Madalsüsinik järgi võrreldes 1990. aasta tasemega. Allikas: LEAP.

	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Energiamajandus (v.a transport)	33,45	-61%	-54%	-81%	-86%	-87%	-92%
Transport	2,49	-32%	-4%	-8%	-21%	-43%	-63%
Tööstusprotsessid ja lahustid	1,07	-31%	-52%	-4%	-34%	-63%	-69%
Põllumajandus	3,465	-63%	-61%	-61%	-60%	-59%	-58%
LULUCF	-9,337	-148%	-75%	-90%	-95%	-100%	-97%
Jäätmemajandus	0,381	10%	24%	-59%	-68%	-76%	-82%
Kokku koos LULUCF-iga	31,52	-31%	-44%	-68%	-73%	-76%	-84%
Kokku ilma LULUCF-ita	40,86	-58%	-51%	-73%	-78%	-81%	-87%

Tabel 109. Stsenaariumi Madalsüsinik KHG heitkogused, tuh t. Allikas: LEAP.

	2010	2020	2030	2040	2050
1. Energia	17 620	8596	6695	5727	3488
1.A.1 Energiatööstus	14 202	5066	3620	3475	1920
1.A.1 Töötlev tööstus	465	741	703	594	433
1.A.3 Transport	2380	2275	1968	1356	926
1.A.4 Muud sektorid	573	514	404	302	209
2. Tööstusprotsessid ja 3. Lahustid	516	1 028	703	397	331
4. Põllumajandus	1344	1366	1399	1416	1461
5. Maakasutus ja metsandus	-2302	-967	-430	16	-298
6. Jäätmemajandus	472	156	122	90	68
Kokku koos LULUCF-iga	17 650	10 179	8489	7646	5050
Kokku ilma LULUCF-ita	19 952	11 146	8919	7630	5348



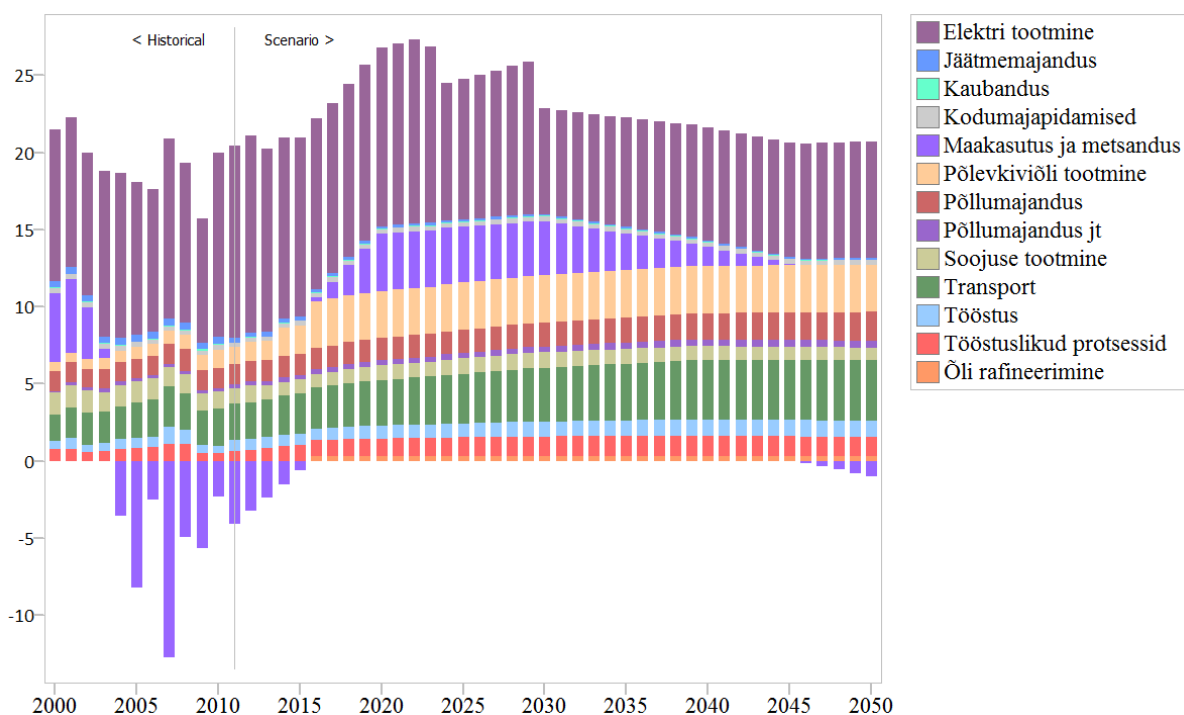
Joonis 86. Stsenaariumi Madalsüsinik KHG heitkogused, mln t.

Allikas: LEAP

Võrreldes 2010. aastaga toimub BAU stsenaariumis heidete suurenemine 20,0 mln t CO₂-ekvivalendilt (koos LULUCF-iga 17,7 mln t) 20,7 mln tonnini (19,7 mln t LULUCF-iga) (vt tabel 110). Seejuures järjepidev heidete alanemine toimub vaid energiatööstuses ja jäätmemajanduses. LULUCF mõjutab olulisel määral BAU (vt joonis 87 ja tabel 110) stsenaariumi emissioone. Kui 2010. aastal oli LULUCF summaarsete heitkoguste vähendaja, siis BAU stsenaariumis on LULUCF aastatel 2015–2045 emiteerija. LULUCF sektori heited moodustavad 2020. ja 2030. aastal 15% kogu KHG heidetest.

Tabel 110. BAU stsenaariumi KHG heitkogused, tuhat t. Allikas: LEAP.

	2010	2020	2030	2040	2050
1. Energia	17 620	20 316	16 390	17 221	17 491
1.A.1 Energiatööstus	14 202	15 879	11 218	11 566	11 719
1.A.1 Töötlev tööstus	465	836	969	1049	1058
1.A.3 Transport	2380	2945	3479	3840	3940
1.A.4 Muud sektorid	573	656	724	766	774
2. Tööstusprotsessid ja 3. Lahustid	516	1161	1303	1347	1271
4. Põllumajandus	1344	1438	1556	1696	1865
5. Maakasutus ja metsandus	-2302	3718	3502	1224	-1026
6. Jäätmemajandus	472	171	128	110	100
Kokku koos LULUCF-iga	17 650	26 804	22 879	21 598	19 701
Kokku ilma LULUCF-ita	19 952	23 086	19 377	20 374	20 727



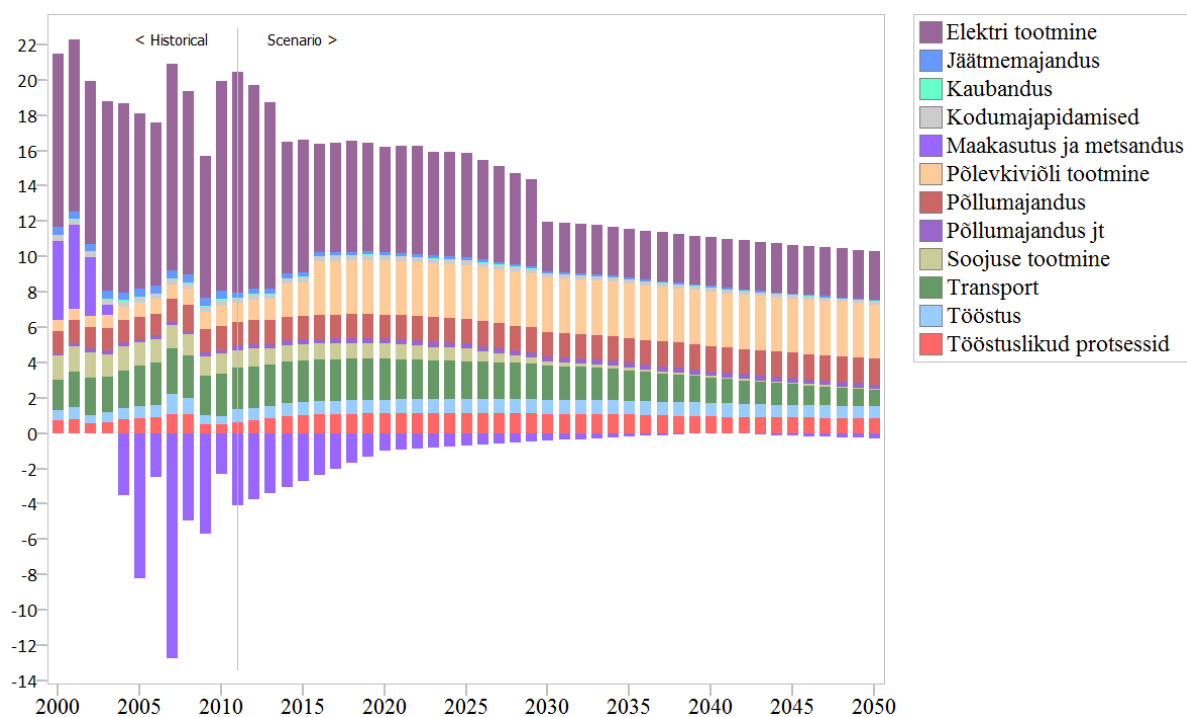
Joonis 87. BAU stsenaariumi KHG heitkogused, mln t.

Allikas: LEAP

Aastaks 2050 vähenevad KHG heitkogused stsenaariumis Optimaalne võrreldes 2010. aastaga 10,3 mln t CO₂-ekvivalendini (LULUCF-iga 10 mln t). Suurim heidete vähenemine toimub energeetikas, eelkõige energiatööstuses (vt tabel 111). Tööstuses ja põllumajanduses KHG-de heited kasvavad pidevalt ning kõigis teistes sektorites vähenevad. Tähelepanuväärne on, et kui aastal 2010 vähendab LULUCF summaarseid heitkogused oluliselt, siis järk-järgult see mõju väheneb ning aastal 2050 on Eesti summaarne KHG emissioon LULUCF-iga ja LULUCF-ita praktiliselt sama (10 ja 10,3 mln t CO₂-ekv).

Tabel 111. Optimaalne stsenaariumi KHG heitkogused, tuhat t. Allikas: LEAP.

	2010	2020	2030	2040	2050
1. Energia	17 620	13 580	9400	8618	7929
1.A.1 Energiatööstus	14 202	9897	6052	5913	5915
1.A.1 Töötlev tööstus	465	790	815	772	662
1.A.3 Transport	2380	2302	1968	1422	926
1.A.4 Muud sektorid	573	591	565	511	426
2. Tööstusprotsessid ja 3. lahustid	516	1110	1045	938	851
4. Põllumajandus	1344	1366	1399	1416	1461
5. Maakasutus ja metsandus	-2302	-967	-430	16	-298
6. Jäätmemajandus	472	156	122	90	68
Kokku koos LULUCF-iga	17 650	15 245	11 536	11 078	10 011
Kokku ilma LULUCF-ita	19 952	16 212	11 966	11 062	10 309



Joonis 88. Optimaalne stsenaariumi KHG heitkogused, mln t.

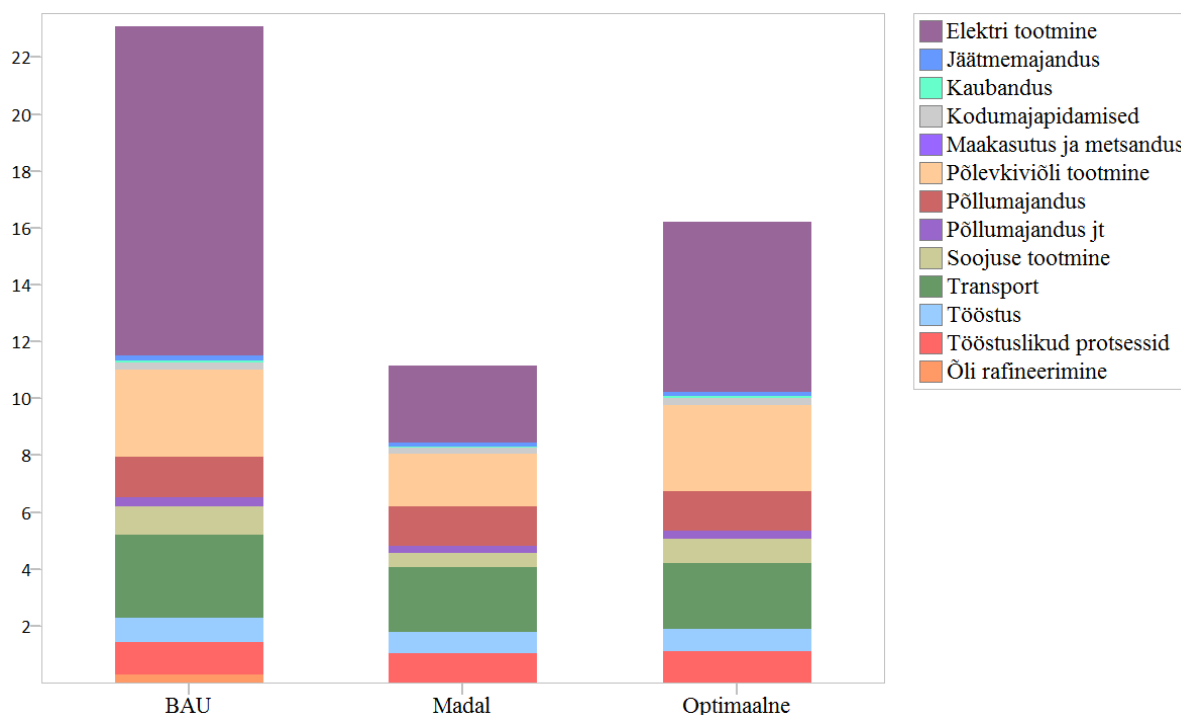
Allikas: LEAP

Tabel 112. Heitkoguste muutus kümneaastaste perioodide kaupa, tuh t. Allikas: LEAP.

Ilma LULUCF-ita	2020	2030	2040	2050
BAU	+3134	-3709	+997	+353
Optimaalne	-3740	-4246	-904	-753
Madalsüsinik	-8806	-2227	-1289	-2282
Koos LULUCF-iga	2020	2030	2040	2050
BAU	+9154	-3925	-1281	-1897

Optimaalne	-2405	-3709	-458	-1067
Madalsüsinik	-7471	-1690	-843	-2596

2020. aastaks oleks võimalik KHG emissioone (ilma LULUCF-ita) vähendada stsenaariumis Optimaalne 16,2 miljoni tonnini ning stsenaariumis Madalsüsinik 11,2 miljoni tonnini, samas kui BAU stsenaariumi heitkogused kasvaksid 23,1 miljoni tonnini (vt joonis 89). 2010. aastaga võrreldes oleks emissioonide vähenemine stsenaariumis Optimaalne 19% ja stsenaariumis Madalsüsinik 44%, BAU stsenaariumis toimuks aga kasv 16%. BAU stsenaariumis on heidete kasvu peamiseks põhjuseks, et LULUCF muutub süsiniku sidujast emiteerijaks ning samuti kasvavad põlevkiviõli tootmise emissioonid. Stsenaariumides Optimaalne ja Madalsüsinik toimub suurim KHG heite vähenemine elektri tootmisel. Stsenaariumis Optimaalne väheneb elektri tootmise heide 2010. aastaga võrreldes 5,9 mln t ja Madalsüsiniku stsenaariumis 9,2 mln t võrra. See on tingitud elektri ekspordimahtude vähenemisest ning puidu koospõletusest põlevkiviga 50% ulatuses keevkiht-energiaplokkides. Stsenaariumis Madalsüsinik on lisaks eeldatud tolmpõletusplokkide sulgemist.

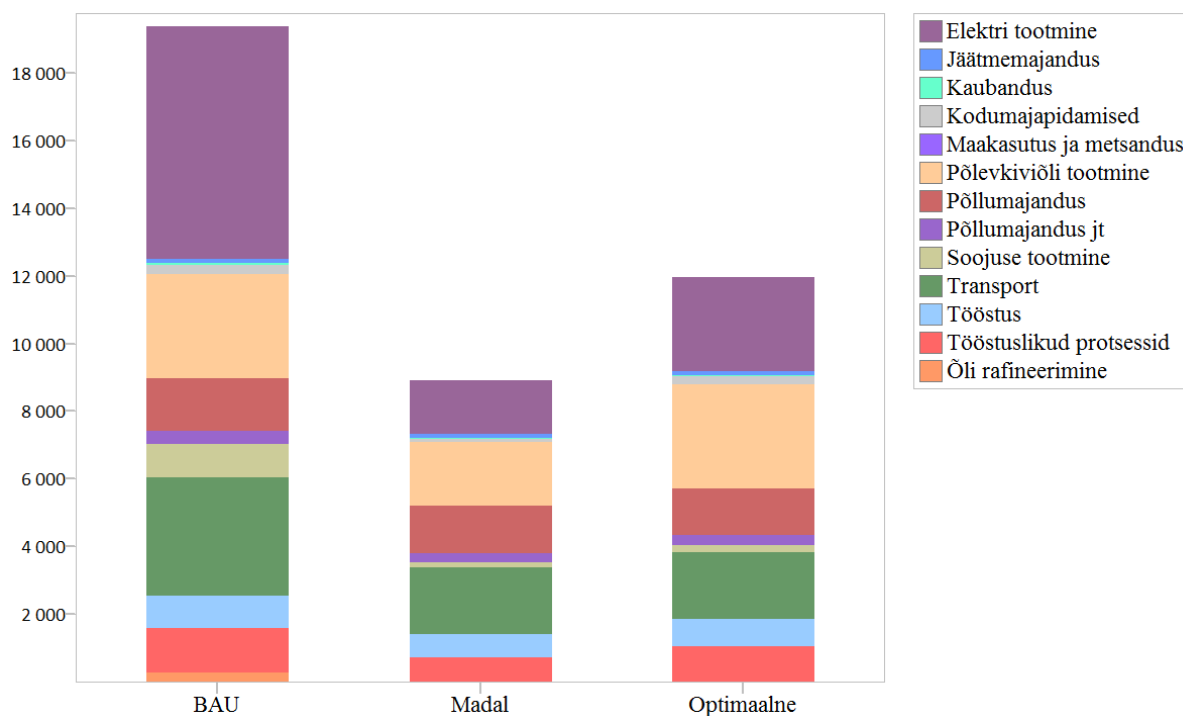


Joonis 89. KHG heitkogused 2020. aastal (ilma LULUCF-ita).

Allikas: LEAP

2030. aastaks oleks võimalik KHG heitkoguseid (ilma LULUCF-ita) vähendada Optimaalne stsenaariumis 12,0 miljoni tonnini, Madalsüsiniku stsenaariumis 8,9 miljoni tonnini ning BAU stsenaariumis 19,4 miljoni tonnini (vt joonis 90). 2020. aastaga võrreldes oleks emissioonide vähenemine Optimaalne stsenaariumis 26% ja Madal stsenaariumis 20% ja BAU stsenaariumis 16%. BAU stsenaariumis vähenevad elektri tootmise emissioonid 4,7 mln t ja Optimaalne stsenaariumis 3,2 mln t võrra, mis saavutatakse tolmpõletus-energiaplokkide sulgemisega. Optimaalne stsenaariumis vähenevad ka heited LULUCF-ist 0,6 mln t, soojuse tootmisest 0,5 mln t ja transpordist 0,3 mln t võrra. Madalsüsiniku stsenaariumis alanevad elektri tootmise emissioonid 1,1 mln t võrra, kuna

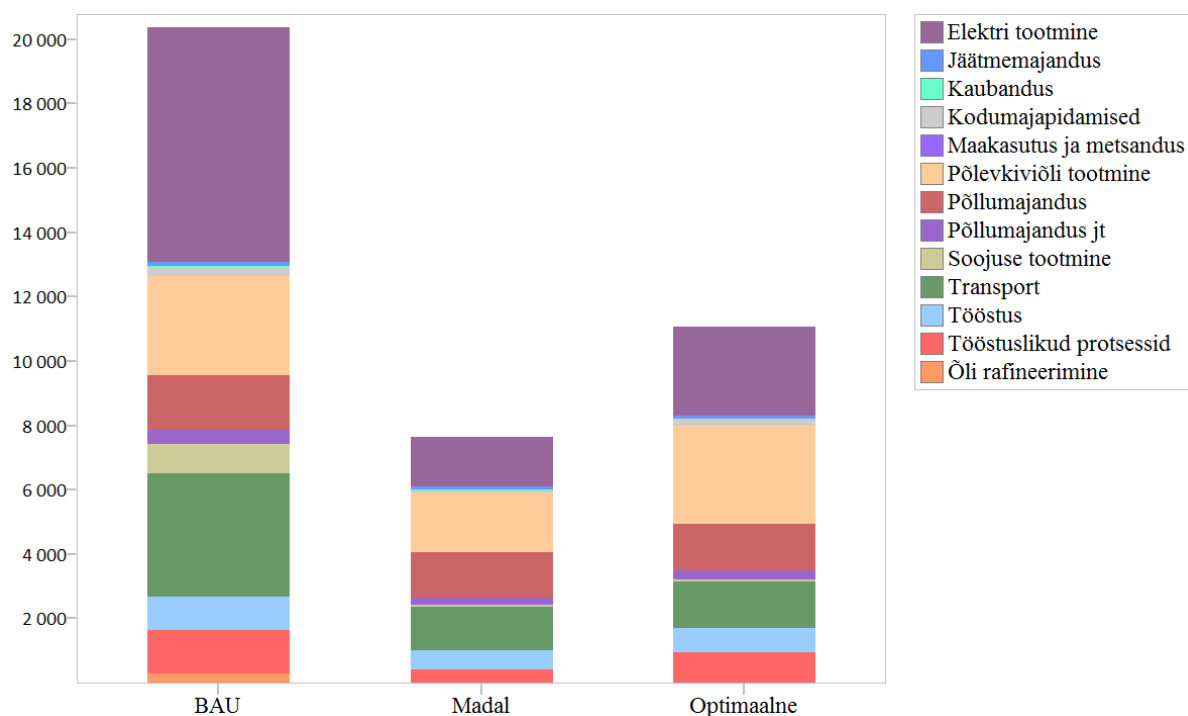
keevkihttehnoloogial energiaplokkid töötavad piiratud kasutustundidega ning kasutavad 50% ulatuses puitu. Lisaks vähenevad heited LULUCF-ist 0,6 mln t ning soojuse tootmisest, transpordist ja tööstuslikest protsessidest 0,3 mln t.



Joonis 90. KHG heitkogused 2030. aastal (ilma LULUCF-ita).

Allikas: LEAP

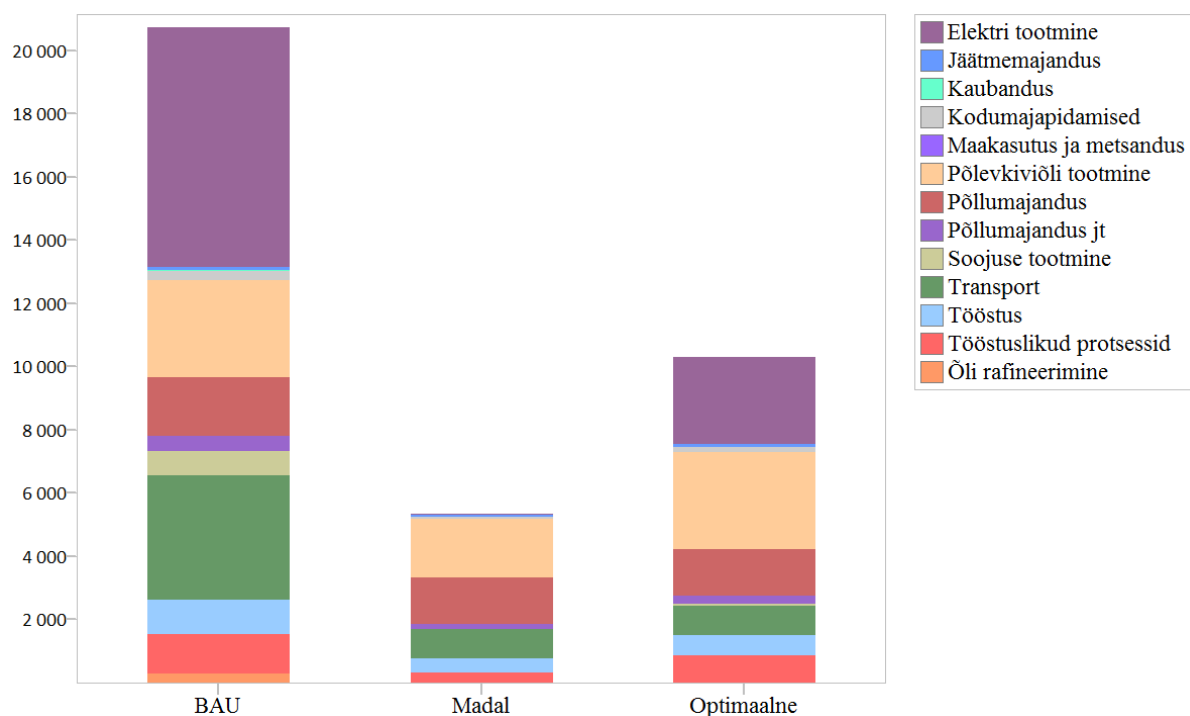
2040. aastaks oleks võimalik KHG heitkoguseid (ilma LULUCF-ita) vähendada stsenaariumis Optimaalne 11,1 miljoni tonnini ja Madalsüsiniku stsenaariumis 7,6 miljoni tonnini, samas kui BAU stsenaariumi heited kasvaksid 20,4 miljoni tonnini (vt joonis 91). 2030. aastaga võrreldes väheneksid Optimaalse stsenaariumi emissioonid 8%, Madalsüsiniku stsenaariumis 14% võrra ning BAU stsenaariumis kasvaksid 5%. BAU stsenaariumis kasvab heide elektri tootmisest 0,3 mln t, põllumajanduses 0,2 mln t, soojuse tootmisest ja transpordis 0,1 mln t. Stsenaariumis Optimaalne saavutatakse 2020. aastaga võrreldes emissioonide vähenemine transpordis 0,5 mln t ning LULUCF-is 0,3 mln t. Madalsüsiniku stsenaariumis tuleneb suurim heidete vähenemine elektri tootmisest, kus emissioonid kahanevad 1,5 mln t võrra põlevkivi-energiaplokkide sulgemise tõttu. Samuti väheneb transpordisektori heide 0,5 mln t, LULUCF-i heide 0,3 mln t, tööstussektorist 0,2 mln t ning soojuse tootmisest, kodumajapidamistes ja tööstuslikest protsessidest 0,1 mln t võrra.



Joonis 91. KHG heitkogused 2040. aastal (ilma LULUCF-ita).

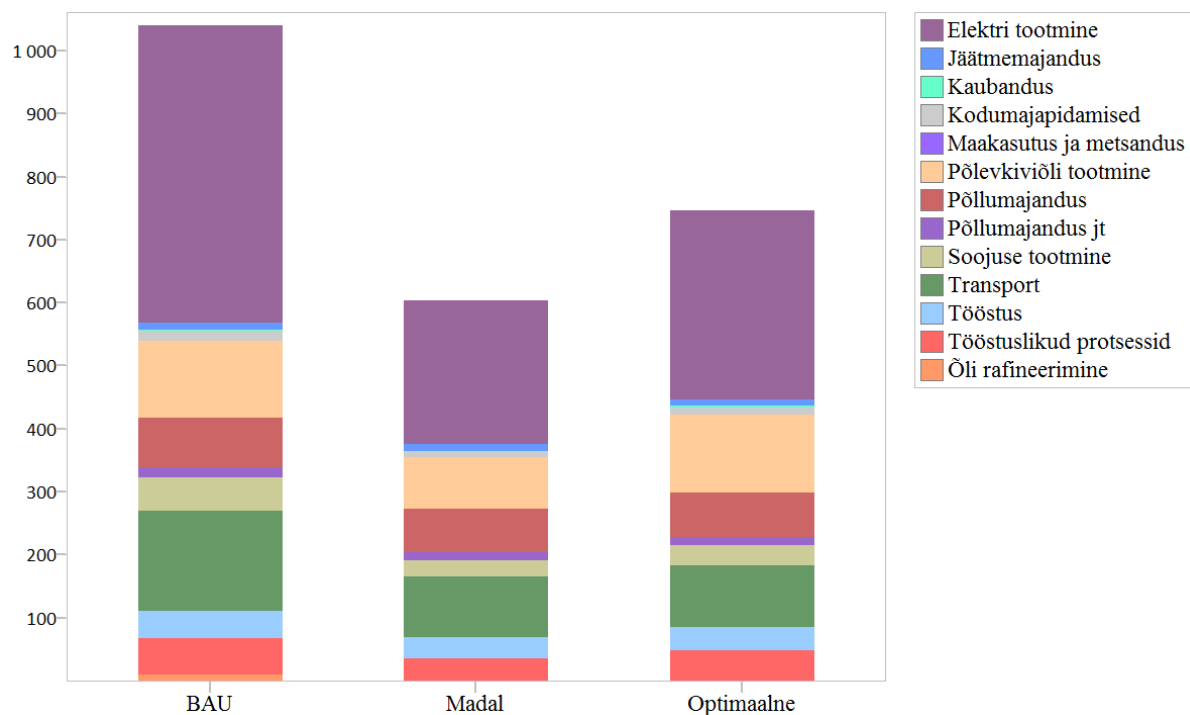
Allikas: LEAP

2050. aastaks oleks võimalik KHG emissioonid (ilma LULUCF-ita) vähendada stsenaariumis Optimaalne 10,3 miljoni tonnini ja stsenaariumis Madalsüsinik 5,4 miljoni tonnini, samas kui BAU stsenaariumi heitkogused kasvaksid 20,7 miljoni tonnini (vt joonis 92). 2040. aastaga võrreldes väheneksid stsenaariumi Optimaalne emissioonid 7% ja Madalsüsiniku emissioonid 30% võrra ning BAU stsenaariumis kasvaksid 2%. BAU stsenaariumis kasvab heide elektri tootmisest 0,3 mln t, põllumajanduses 0,2 mln t, soojuse tootmisest ja transpordis 0,1 mln t. Optimaalne stsenaariumis saavutatakse 2020.a võrreldes emissioonide vähenemine transpordis 0,5 mln t ning LULUCF-is 0,3 mln t. Madalsüsiniku stsenaariumis tuleneb suurim heidete vähenemine elektri tootmisest, kus emissioonid kahanevad 1,5 mln t võrra põlevkivi-energiaplokkide sulgemise tõttu. Samuti väheneb transpordisektori heide 0,5 mln t, LULUCF-i heide 0,3 mln t, tööstussektorist 0,2 mln t ning soojuse tootmisest, kodumajapidamistes ja tööstuslikest protsessidest 0,1 mln t võrra.



Joonis 92. KHG heitkogused 2050. aastal (ilma LULUCF-ita).

Allikas: LEAP



Joonis 93. Kumulatiivsed KHG heitkogused perioodil 2000–2050, mln t (ilma LULUCF-ita).

Allikas: LEAP

Suurimad erinevused stsenaariumide vahel tulenevad Madalsüsiniku ja Optimaalne stsenaariumis oluliselt madalamatest KHG heitkogustest elektri tootmisel, põlevkiviõli tootmisel ja transpordis. Alates aastast 2030 mõjutab KHG emissiooni vähenemist olulisel määral ka heitkoguste vähendamine soojuse tootmisel ja tööstussektoris.

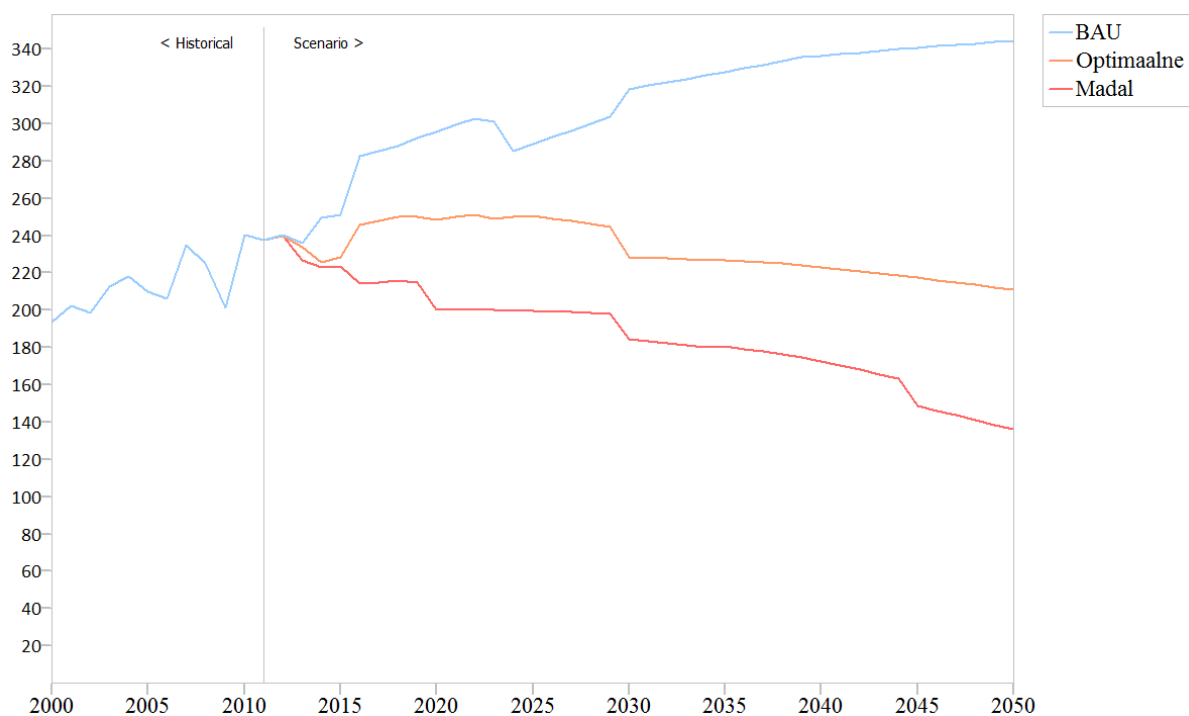
Perioodi 2000–2050 kumulatiivsete KHG heitkoguste analüüsist (vt joonis 93) lähtub, et stsenaariumi Optimaalne emissioonid on 28% ja stsenaariumis Madalsüsinik 42% madalamad kui BAU stsenaariumis. Seejuures on märgatav elektri tootmise ja transpordi sektori heidete vähenemine.

9.1.2. Ressursisäästlikkus

Lähtuvalt primaarenergia tarbimise prognoosist on ressursisäästlikumaks stsenaariumiks Madalsüsinik, kus primaarenergia tarbimine väheneb 2050. aastaks 136 000 TJ-ni, mis tähendab 2010. aastaga võrreldes vähenemist 43% võrra. Stsenaariumis Optimaalne väheneb primaarenergia tarbimine 2050. aastaks 211 000 TJ-ni ehk on 12% madalam 2010. aasta tasemest. Samas aga BAU stsenaariumis kasvab primaarenergia tarbimine 47%, saavutades 2050. aastaks taseme 345 000 TJ (vt joonis 94). BAU stsenaariumis kasvab ka sõltuvus imporditavatest kütustest, kuna kasvab mootori-kütuste tarbimine ning elektri tootmiseks kasutatakse uraani, mis on imporditav kütus (vt joonis 96). Stsenaariumis Optimaalne väheneb sõltuvus imporditavatest kütustest, kuna suureneb puidu, tuuleenergia ja biogaasi kasutamine energeetikas ning transpordis asendatakse fossiilsed kütused osaliselt biodiisli ja biogaasiga (vt joonis 97). Madalsüsiniku stsenaariumis on kohalike kütuste osakaal kõige suurem, kuna primaarenergia tarbimine väheneb ning imporditavate kütuste nagu maagaas, diiseli-kütus, bensiin, kerge kütteõli ja kivisüsi tarbimine kahaneb, sest need asendatakse puidu, biogaasi, biodiisli, tuuleenergia, päikeseenergia ja olmejäätmetega (vt joonis 98).

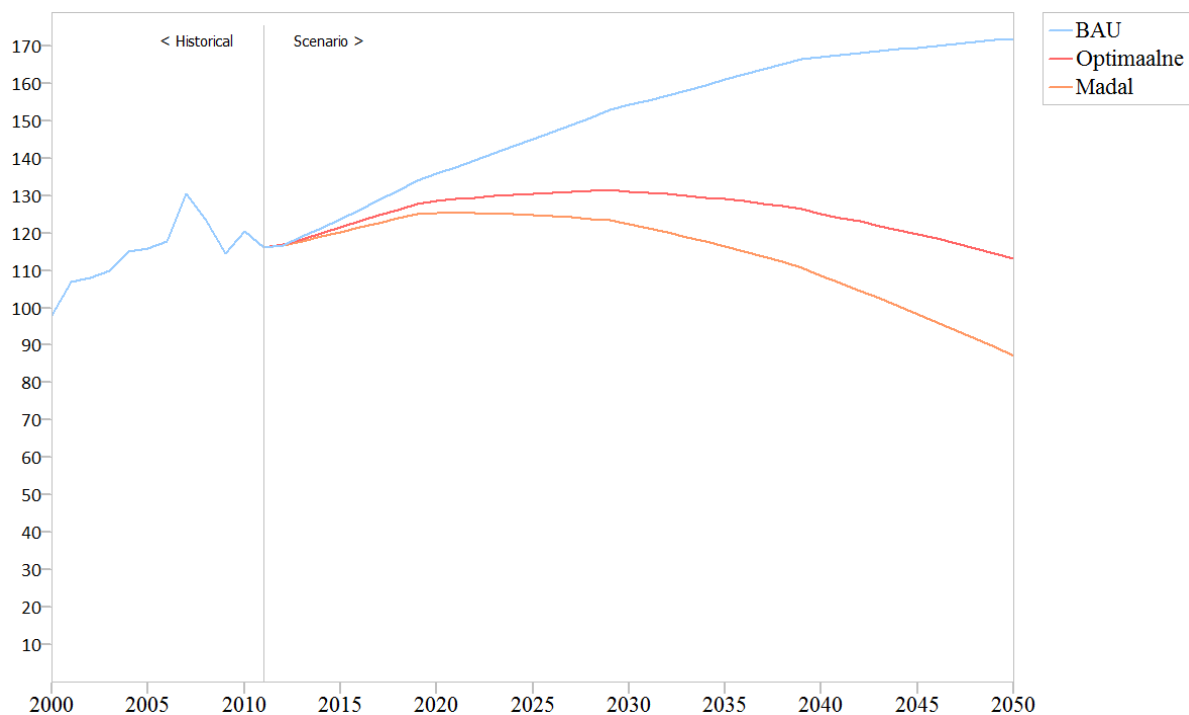
Energia lõpptarbimise prognoosist on näha (vt joonis 95), et energiasäästu meetmete rakendamise tõttu väheneb energia lõpptarbimine Madalsüsiniku stsenaariumis 87 000 TJ-ni, mis on 27% võrra madalam kui 2010. aastal. Stsenaariumis Optimaalne väheneb 113 000 TJ-ni ehk 6%, samas aga BAU stsenaariumis kasvab 172 000 TJ-ni ehk 44%.

Energiamajanduse puiduvajadus kasvab stsenaariumis Optimaalne 2016. aastaks 58 000 TJ-ni (7,9 mln tm) ja 2030. aastaks 68 000 TJ-ni (9,3 mln tm), kuid langeb 2050. aastaks 60 000 TJ-ni (8,2 mln tm). Madalsüsiniku stsenaariumis kasvab puidu vajadus 2025. aastaks 64 000 TJ-ni (8,8 mln tm), kuid väheneb 2050. aastaks 34 000 TJ-ni (4,6 mln tm). LULUCF-i arvutused aga põhinevad raiemahul 8 mln tm aastani 2030 ja 8,4 mln tm aastani 2050. Kuid seejuures väheneb elektri jaamade põlevkivivajadus 2020. aastaks stsenaariumis Optimaalne 58 800 TJ-ni (6,6 mln t) ja stsenaariumis Madalsüsinik 24 900 TJ-ni (2,8 mln t) ning 2050. aastaks stsenaariumis Optimaalne 24 900 TJ-ni ja stsenaariumis Madalsüsinik 0 TJ-ni.



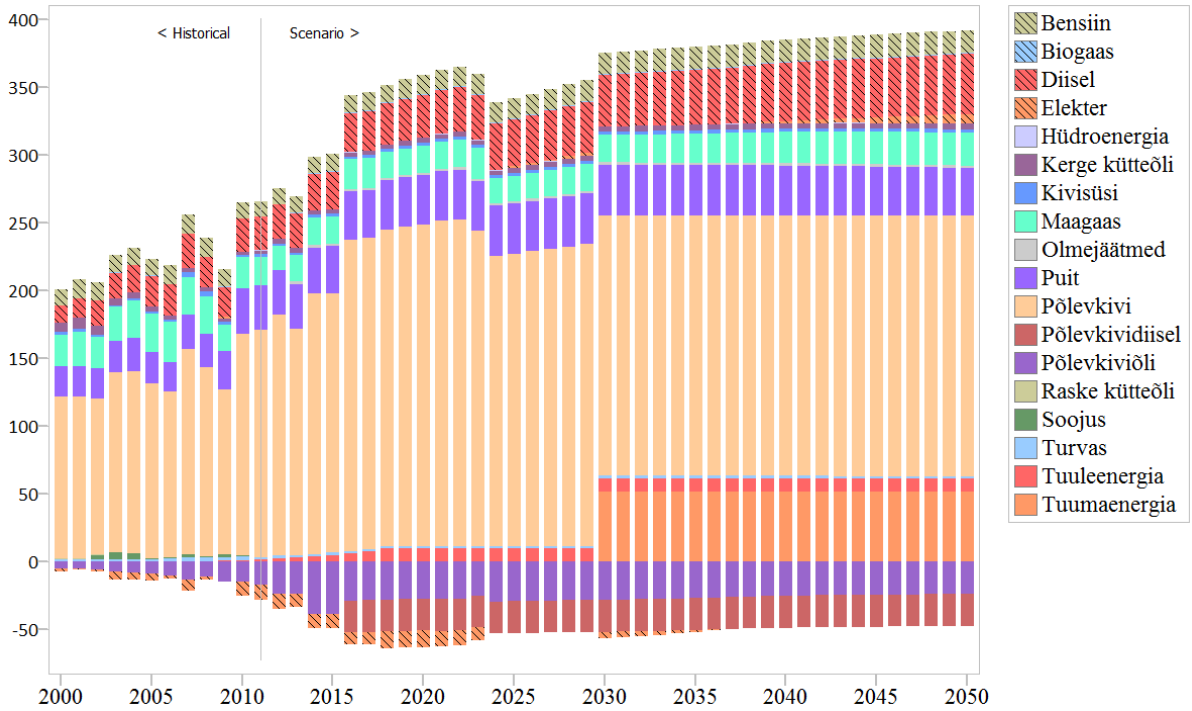
Joonis 94. Primaarenergiaga varustatus, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



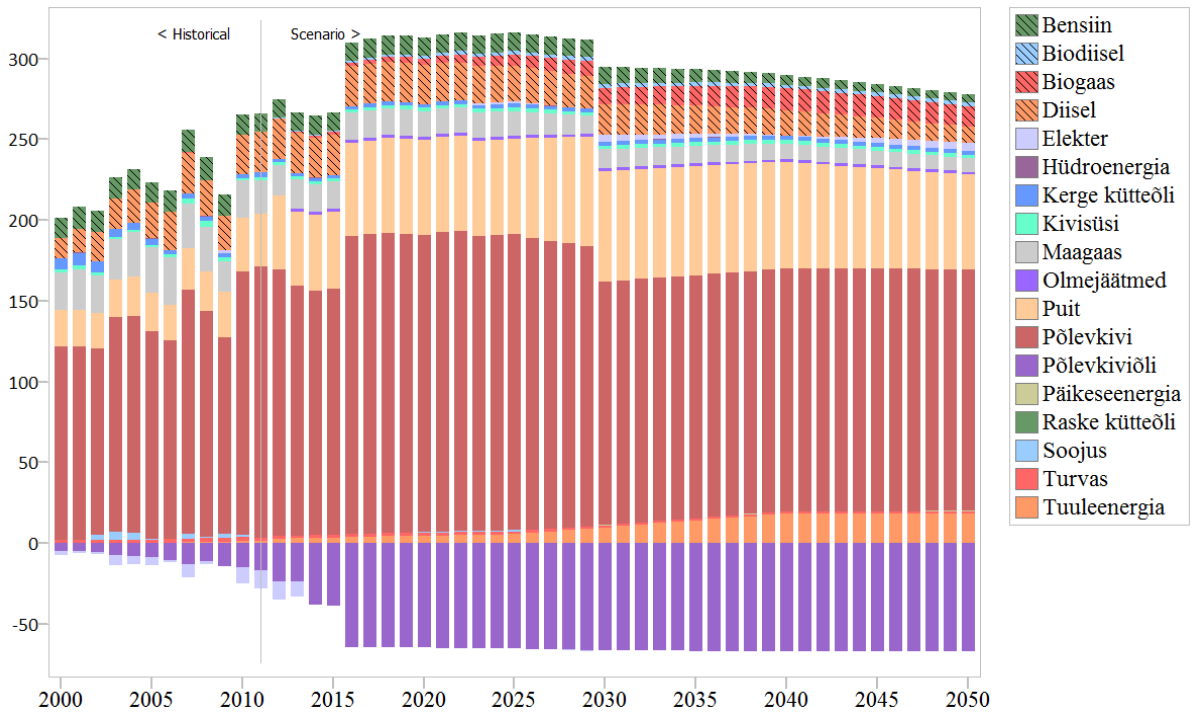
Joonis 95. Energia lõpptarbimine, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



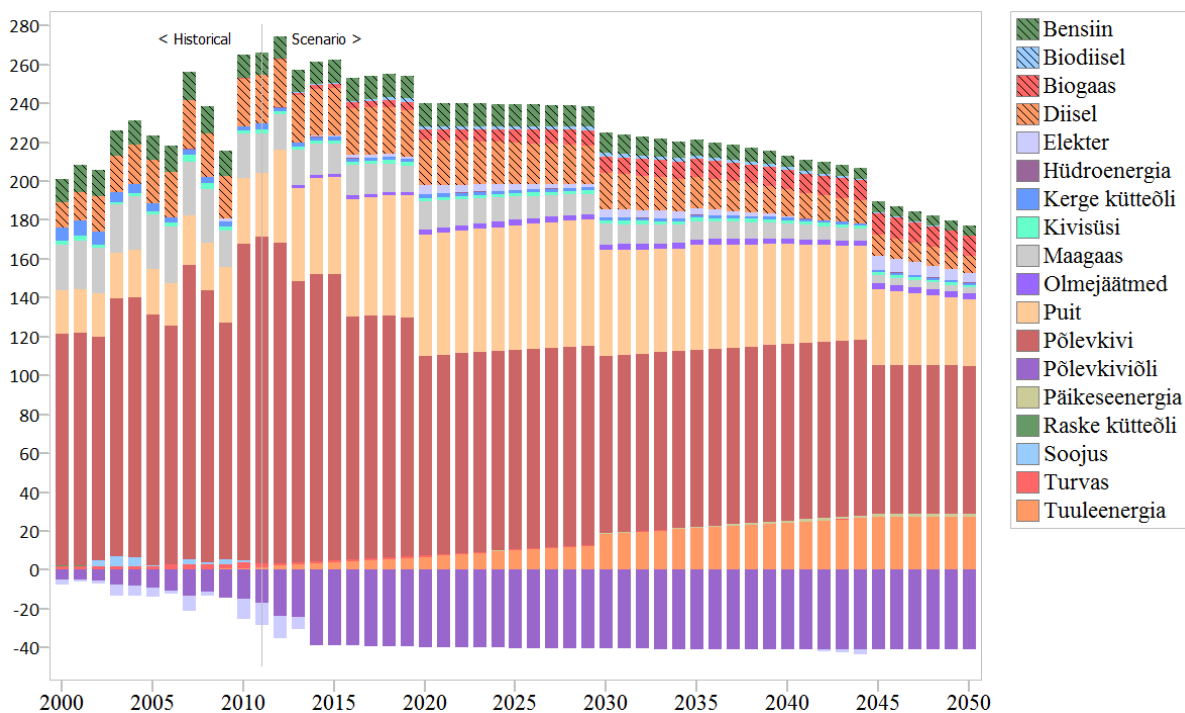
Joonis 96. BAU stsenaariumi primaarenergia tarbimine kütuste lõikes, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 97. Optimaalne stsenaariumi primaarenergia tarbimine kütuste lõikes, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 98. Madalsüsiniku stsenaariumi primaarenergia tarbimine kütuste lõikes, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

Käsitlevat essursivalik põhineb paljuski ENMAK-il ja ressursse puudutavaid küsimusi on põhjalikumalt analüüsitud sektoripõhiselt energiamajanduse peatükis (vt ptk 3).

9.1.3. Sotsiaalmajanduslikud mõjud

Sektoritevaheline koosmõju on vahetu ja suur metsanduse-põllumajanduse ja energiatööstuse vahel, kuna just LULUCF ja põllumajandus peavad andma suure osa taastuvkütustest, biomassist energiatööstusele. Nõrgem on koosmõju põllumajanduse, jäätmemajanduse, LULUCF-i ja transpordisektori vahel ning see sõltub peamiselt sellest, kas ja kui suures ulatuses minnakse meetmete rakendamisel üle biogaasi kogumisele ja surugaasi müümisele autokütusena. Kõikide teiste sektorite vahel on koosmõju väiksem. Näiteks jäätmesektoris toodetud jäätmekütus leiab kasutust energiatööstuses vähendades vajadust muude kütuste kasutamise järele. Tööstuse ja energiatööstuse vahel esineb koosmõju, kus taastuvenergialahendused ja energiasäästumeetmed käivitavad nõudluse vastavate toodete-teenuste järele, ühtlasi asub tööstus eeldatavalt taastuvenergiatootmise ja energiasäästuseadmeid tootma. Sektoritevaheline koosmõju ilmneb ka transpordi ja energiatööstuse vahel, seda eelkõige Madalsüsiniku stsenaariumis.

Stsenaariumide realiseerimiseks rakendatakse kõikides sektorites erinevaid meetmeid, mis avaldavad nii sektorisiselt kui ka eri sektorite koostoimel mõju majanduse kasvutempole, lisandväärtuse tekkele, konkurentsivõimele, töökohtade loomisele ja hindadele. Neis stsenaariumides (ja sektorites), kuhu riik läbi riigipoolsete meetmete rakendamise raha paigutab (energiasektoris, tööstuses ja

põllumajanduses) on kõigi stsenaariumide realiseerimisel positiivne sotsiaalmajanduslik mõju (majandustegevus saab tõe kasvuks), BAU stsenaariumis väiksem ja Madalsüsiniku stsenaariumis kõrgem. Ulatuslik panustamine transpordisektorisse mõjutab pigem sotsiaalseid aspekte nagu inimeste harjumused, rahvatervis, aga ka transpordi hindasid, linnaplaneerimist ning linnaruumis avalduvate keskkonnamõjude suurust ja ulatust.

Näiteks stsenaariumi Madalsüsinik teostumisel sõltub transpordisektor kõige rohkem elektri- ja vesinikutehnoloogiate arengutest, mille läbimurret eeldatakse alles pärast 2030. aastaid. Vähemalt selle ajani on tegemist väga kapitalimahuka stsenaariumiga, mille eelisteks on imporditavast kütustest sõltuvuse vähenemine, väiksem välisõhu saaste ja müra. Väikese riigina on Eestil tehnoloogilise innovatsiooni juurutamine võrdlemisi lihtne, kuid uute tehnoloogiate läbimurruks ning oluliselt ökonoomsema autopargi saavutamiseks on vaja kogu transpordi maksusüsteemi reformida, mis võib ajutiselt mõnda ühiskonnarühma valusalt puudutada ja stsenaariumi teostumist aeglustada.

Madalsüsiniku stsenaarium eeldab ka tugevat vajadust transporti ja sundliiklust vähendavate meetmete järele, ühistranspordi ja kergliikluse planeerimise ning liikluskultuuri „revolutsiooni“. Need on võrdlemisi aeglaselt mõjuvad ning järjepidavust eeldavad meetmed, mis toovad riigile ja kohalikele omavalitsustele kaasa suured rahalised kohustused ning mõjutavad linnaplaneerimist, ehitust ning energia planeerimist. Autode ühiskasutus ning uued ühistranspordi tehnoloogilised lahendused eeldavad nii tarbijate hoiakute ja teadlikkusele suunatud tegevuste rõhutamist kui kaasaegse jalgrattakultuuri ja kompaktse linnalise asustumistri juurutamist. Samas väärtustab Madalsüsiniku stsenaarium kõige rohkem autovabamat planeerimiskultuuri ja kogu avaliku ruumi kvaliteedi hüppelist paranemist, mille eeliseks on Eesti linnade atraktiivsuse ja konkurentsivõime kasv üle maailma kõrge haridustasemega noorte ja neid väärtustavate ettevõtete hulgas.

BAU stsenaariumi rakendumisel kasvab transpordis fossiilsete energiaallikate kasutus kauba- ja reisijate veos, sõltutakse imporditavatest kütustest, suurenevad transpordi nõudluse kasvust tingitud müra, välisõhku saasteainete heitmine ja ka KHG-de emissioon. Energiamahuka transpordisüsteemi tõttu oleks BAU stsenaariumi rakendumisel Eesti majandus palju tundlikum ja haavatavam kütusehindade heitlikkuse ja kasvu tõttu. Kogu energeetikasektor oleks sõltuv imporditavatest kütustest ning kõikumistest kütuse- ja energiahindadest, mis tooks kaasa ka negatiivsed mõjud äritegevuse stabiilsusele ja konkurentsivõimele. LULUCF-ist ja põllumajandusest saadavale biomassile tuleks leida muu kasutust kui biokütuste tootmine ja arendamine, mis tähendab, et need taastuvad energiaallikad võivad saavutada suurema osatähtsuse kas energiatööstuses või ekspordis. Autostumise ja maanteevedude kasv soodustab ka valglinnastumist, autost sõltuvuse, teehoiukulude, kodumajapidamiste transpordikulutuste ning ummikutega seotud kulude kasvu. Istuv eluviis suurendab ühtlasi ka rahvatervisega seotud probleeme ja kulutusi. Laste ja alaealiste iseseisev liikumine on piiratud.

Nii stsenaariumide Madalsüsinik kui Optimaalne puhul on biokütuste arendamise ja sellega seotud eesmärkide seadmisel oluline arvestada biokütuste säästlikkuse kriteeriumitega. Ühtlasi ilmneb neis stsenaariumides transpordisektori sõltuvus energiatööstusest, põllumajandusest ja LULUCF-ist, sest just põllumajandus ja LULUCF (osaliselt ka jäätmemajandus) on sektorid, mis peavad pakkuma küllaldaselt taastuvaid energiaallikaid nii energia kui biokütuste tootmiseks. Nõudluse suurenemine

võib mõjutada tarbija jaoks kütuse- ja energiahindasid. Biokütuste kõrge osakaalu saavutamise hind on palju kõrgem, kui transpordi energiatõhusust tervikuna ei tõsteta ja võib tekkida oht, et kulu- tõhusamaid meetmeid nagu sõiduautode kütusetarbimise vähendamine ning ühistranspordi- ja kerg- liikluse arendamine jäävad tahaplaanile. Seega ei tohiks ühistranspordile kui sõiduautodest energia- ja keskkonnasäästlikumale liikumisviisile panna sõidu- või veoautodest kõrgemaid taastuvenergia kasutamise kohustusi, sest ilma vastavate toetusteta võib see ühistranspordi hinda tarbijale tõsta või vähendada investeeringuid ühistranspordi teenuse kvaliteedi tõstmisesse.

Üks olulisemaid koosmõjusid, millega tuleb kõikides stsenaariumides arvestada, esineb energiamajanduse ja metsanduse vahel. Kuna mitmes elektri tootmise stsenaariumis on ette nähtud puidu koospõletamist põlevkiviga, siis on üheks suureks riskiks piisava puiduressursi olemasolu. ENMAK-i ressurside töörühma aruande põhjal on puiduressursi potentsiaal 49 000 TJ ehk 6,7 mln tm, mis on madalam nii Optimaalne kui Madalsüsiniku stsenaariumide puiduvajadusest. BAU stsenaariumis ilmneb siiski mõningane puidu puudujääk ning selle üheks saamise võimaluseks oleks energiavõsa kasvatamine rohumaadel, mille aastane puiduressurss oleks olenevalt raietsükli pikkusest 0,4-1,9 mln tm (vt ptk 8).

Piiratud puiduressursi korral tuleks eelistada puidu kasutamist koostootmisjaamas, mitte puidu suuremahulist koospõletust. Puidu kättesaadavust energeetikasektori jaoks mõjutab oluliselt puidu- tööstuse areng ja ressursivajadus, mis võib energeetikas viia alternatiivsete energiaallikate eelistamiseni ja energiahindade kasvuni. Kõigis modelleeritud stsenaariumides kasvab elektri tarbimine praegusest tasemest kõrgemale ja soojuste tarbimise vähenemise tõttu langeb koostootmise potentsiaalne toodang, mistõttu kasvab vaid elektrit tootvate tootmiseseadmete vajadus. Madalsüsiniku stsenaariumis suurendab seda omakorda ka transpordi elektrifitseerimine. Tootmis- seadmete võimsuse vajadus sõltub aga lisaks tarbimise kasvule ka kasutatava tehnoloogia eripärast – milline on selle maksimaalne kasutatavustegur ning kui hästi tootmine vastab tarbimisprofiilile. Seetõttu vajab koostootmise pikaajalise potentsiaali hinnang Eestis täiendavat detailset analüüsi, selgitamaks välja koostootmise potentsiaal igas kaugküttepiirkonnas ning ka lokaalküttes suuremates tööstus- ja kaubandusettevõtetes, lähtuvalt erinevatest elektri ja soojuste koostootmistehnoloogiate kasutusvõimalustest ning soojuskoormuse katmise osast.

Energeetikasektor sõltub lisaks eelpool mainitud transpordisektori vajadustest ja LULUCF-i poolt pakutavatest energiaallikatest ka jäätmemajandusest ja põllumajandusest. Jäätmed on muutumas üha olulisemaks ressursiks nii energiamajanduses kui ka tööstuses. Madalsüsiniku ja Optimaalne stsenaariumis üha suurenev jäätmete taaskasutus aitab küll vähendada vajadust fossiilsete kütuste järele ning ühtlasi alandada energiahindasid, kuid jäätmetekke vähenemine võib omakorda viia nõudluse kasvu toimele hinnatõusuni. Jäätmete liigiti kogumise ja ringlussevõtu süsteemi arendamise vajadus eeldab siiski üldiste jäätmekäitluskulude mõningast tõusu (eelkõige elanikkonnale), seda eriti tänaste väga madalate jäätmekäitluskuludega võrreldes. Põllumajandussektori sisendina energeetikasse nähakse eelkõige veise- ja seasõnnikust biogaasi tootmist, mida Madalsüsiniku stsenaariumi rakendumisel on vaja ka transpordisektorisse. Nõudluse kasv viib kütuse- ja energia- hindade tõusuni ning tarbijate kulutuste suurenemiseni.

Kõikide stsenaariumide realiseerumist mõjutavad ka väljaspool riiki tehtavad otsused ja muutused, sh muutused EL-i heitkogustega kauplemise turul ja CO₂ kvoodi hinnas. Kõrge CO₂ kvoodi hind motiveerib ettevõtteid KHG vähendamiseks vajalikke investeeringuid tegema ja see annab tõuke majanduse kasvuks. Energiasektoris, kus prognoositakse kõige suuremaid muutusi, on enamike stsenaariumide (v.a BAU) rakendumisel näha pika-ajalises perspektiivis väga selget positiivset mõju energiahindadele – elektri ja sooja hind langeb ning energiasäästumeetmete rakendamise tulemusel langevad nii ettevõtete, avaliku sektori kui kodutarbijate energiakulud. Nii põlevkivist elektri tootmise kui ka CCS tehnoloogia kasutuselevõtt sõltuvad olulisel määral CO₂ hinnast. Mida kallim on CO₂ kvoodi hind, seda konkurentsivõimelisem on CO₂-vähese energia tootmine ja müük ning seda vähem toodetakse põlevkivist toodetud elektrit, kuna võrreldes teiste tehnoloogiatega elektri tootmisel on põlevkivielektri CO₂ heitkoguste tase üks kõrgematest.

CO₂ kvoodi hinnast lähtuvalt avalduvad ka koosmõjud tööstuse ja energeetika vahel, eelkõige süsiniku püüdurseadmete tehnoloogia maksumuses ja kulutõhususes. Süsiniku püüdurseadmete paigaldamine põlevkivi keevkiht-põletustehnoloogial energiablokkidele vähendaks CO₂ heitkoguseid märgatavalt, ühtlasi väheneks tööstuse keskkonnamõju ning negatiivne mõju rahvatervisele ja elukeskkonnale. Samas on CCS tehnoloogia turule tuleku ja maksumuse osas suur määramatus, mistõttu on raskesti prognoositav selle mõju tootmishindadele ja konkurentsivõimele. Energy Roadmap 2050 tehnilise aruande põhjal on oodata, et CCS tehnoloogia laialdasemal kasutuselevõtul kujuneb ärahoitava CO₂ emissiooni maksumuseks 30–45 €/t CO₂ kohta ning sellele lisanduvad transpordi ja salvestuse kulud 10 €/t CO₂. Oluliseks riskiallikaks on ka CO₂ sidumise protsent. Stsenaariumide modelleerimisel eeldati, et püütakse kinni 90% süsinikust, kuid juhul, kui protsessi efektiivsus on vaid 85%, oleksid nii KHG emissioonid kui ka tehnoloogia kasutuselevõtu maksumused modelleeritust kõrgemad.

Eesti majanduskasv on viimasel aastakümnel olnud tänu liitumisele Euroopa Liiduga, valitsuse poolt rakendatud liberaalsele majanduspoliitikale ning järjepidevalt rakendatud konservatiivsele eelarve ja rahanduspoliitikale suhteliselt kõrge. Kiirele väljumisele 2009. aasta majandus- ja rahanduskriisist on kaasa aidanud ekspordile suunatud ettevõtete ja energiasäästumeetmete toetamine riigieelarve vahenditest ja EL-i struktuurifondidest. Tänapäevastele majandusprognoosidele toetudes võib eeldada, et Eesti majanduse SKP kasv jätkub mõõdukal kasvu tasemel. Samas ei saa välistada, et mõnel aastal kasvab majandus ning seetõttu ka tarbimine ja KHG heitkogused prognoositust tunduvalt kiiremini või aeglasemalt. SKP kasv omakorda mõjutab kõikides stsenaariumides nii energia tarbimist, tootmist kui ka KHG heitkoguseid, mis toob kaasa olulised muutused kõikide sektorite ressursikasutuses, energiaefektiivsuses ja ettevõtete konkurentsivõimes.

Stsenaariumide realiseerumisega kaasnevad võimalikud riskid sõltuvad EL-i ja riikliku tasandi eesmärkide ja kohustuste rangusest. See on omakorda tihedalt seotud energia- ja tööstussektorit puudutava üldise arenguga maailmas võimaliku süsinikulekke kontekstis. Kui EL-i tasandi nõuded ja kohustused on rangemad kui mujal maailmas kehtestatud KHG heitkoguste vähendamist puudutavad regulatsioonid, siis võib väheneda siinsete ettevõtete konkurentsivõime.

Kõikides sektorites rakendatavad ja soovitatavad meetmed aitavad kaasa nii KHG-de vähenemisele kui sektorite arengule. See toob kaasa nii töökohtade loomise, tootlikkuse kasvu kui ka konkurentsi-

võime suurenemise. Stsenaariumide rakendumine võib lisaks mitmetele positiivsetele mõjudele kaasa tuua ka maksu- ja hinnatõusu, kuid selle nii pikaks ajaks etteprognoosimine on võimatu ning sõltub paljuski EL-is ja Eesti rakendatavatest poliitikatest, muudatustest maailmaturul ja EL heitkogustega kauplemise süsteemis. Selleks, et kuidagi hinnata erinevate stsenaariumide mõju, on järgmises alapeatükis hinnatud kõikide stsenaariumide maksumust ja kulutõhusust.

9.1.4. Maksumus ja kulutõhusus

Stsenaariumide kulutõhususe hindamiseks ja iga kulutatud euroga saavutatava KHG vähendamise osas odavaima stsenaariumi väljaselgitamiseks kogu vaadeldaval perioodil leiti sektoriüleste stsenaariumide meetmete rakendamise kogukulud, seejärel aastakeskmised kulud ja jagades aastakeskmised kulud vähendatud KHG väärtusega, saadi iga vähendatud heitetonni kohta tehtav kulu. Mida odavam oli KHG heite vähendamine, seda kulutõhusam oli valitud stsenaarium. Esitatud maksumuste puhul tuleb arvestada, et olulised muutused CO₂ hinnas, riikide majandusarengus, teadus- ja arendustegevuses lähema 40 aasta jooksul võivad neid hinnanguid märkimisväärselt muuta.

Sektoriülestest stsenaariumidest osutus kõige odavamaks rakendada BAU stsenaarium, kus riigi poolt võetavate KHG vähendamise erimeetmete kulu aastani 2050 oli u 515 mln eurot. Kogumaksumuselt järgnes stsenaarium Optimaalne kogukuluga u 615 mln € ja kõige kallimaks osutus stsenaariumi Madalsüsinik realiseerumine, kus riigipoolsete erimeetmete kogukulu oli u 811 mln € aastas (vt tabel 116).

Stsenaariumide kulutõhususe võrdluses osutus parimaks Madalsüsiniku stsenaarium, kus 1 tonni CO₂-ekv vähendamise kuluks kujunes 55,41 €. Suhteliselt sarnane tulemus saadi stsenaariumi Optimaalne puhul (1 t CO₂ vähendamise hind 60,62 €). Kulutõhususelt madalaimaks osutus BAU stsenaarium (1 t CO₂ vähendamise hind 1183,13 €). Tähelepanuväärne on, et Madalsüsiniku stsenaariumi elluviimisel rakendatavate meetmete tulemusel vähendatakse KHG-sid perioodi lõpuks üle 30 korra enam kui BAU stsenaariumi puhul, kuigi Madalsüsiniku stsenaariumi elluviimiseks tehtavad kulutused on vaid poole kallimad BAU stsenaariumi kuludest. Vaatamata stsenaariumide Optimaalne ja Madalsüsinik üsna võrdsetele kulutõhusustele, vähendatakse Madalsüsiniku stsenaariumis KHG emissiooni ligi 1,4 korda (4,5 mln t CO₂-ekv) enam kui stsenaariumis Optimaalne. Stsenaariumide maksumused ja kulutõhusus on esitatud alljärgnevas tabelis (vt tabel 116).

Sektoriteüleste stsenaariumide rakendamisega saavutatava tulu leidmiseks leiti, kui palju võiks riik ja emissioonikaubanduse skeemi kaasatud ettevõtted teoreetiliseks saada tulu vähendatud KHG õiguste (kvootide) müügist, nii nagu ettevõtted teenisid erakorralist tulu 2005–2007 üle jäänud EUA-de⁶¹ müügist ja riik perioodil 2008–2012 kokkuhoitud AAU-de⁶² müügist või ühistäitmisel osalenud

⁶¹ EU Allowance Unit

⁶² Assigned Amount Unit

ettevõtted ERU-de⁶³ müügist. Et stsenaariumide rakendamisega saavutatava tulu suurus sõltub eelkõige EL heitkogustega kauplemise turul EL poliitikameetmete rakendamise mõjukusest ja ettevõtetele eraldatavast kvoodi hulgast tulenevast EUA-de pakkumise ja nõudluse vahekorrad ning sellest tulenev hinnatase ja Euroopa Komisjoni initsiatiivil ette valmistavate meetmete mõju pole teada, siis on ka stsenaariumide realiseerimisega kaasneda võiva tulu määramatus ülisuur. Seda võimendab veelgi kauplemissüsteemist välja jäävate sektorite KHG heitkoguste potentsiaalne hind (käesolevas analüüsis eeldatakse, et neis sektorites lubatakse mahtu kasvatada, mistõttu pole võimalik konkreetset tulu välja tuua).

Tabel 113. Sektoriüleste stsenaariumide rakendamisega kaasneda võiv tulu, mln €.

Tulu stsenaariumide realiseerimisest, mln €					
Stsenaarium	Sektoriülene CO ₂ vähendus 1990. a võrreldes tuhat t CO ₂ /a	EUA müügitulu 2012 keskmise hinnaga 5 €/t	EUA müügitulu 2020 prognoositud hinnaga 14 €/t	AAU müügitulu 2008–2012 keskmise hinnaga 6 €/t	AAU müügitulu 2013. a pakutava hinnaga 0,1 €/t
BAU	20 953	105	293	126	2
Optimaalne	33 768	169	473	203	3
Madalsüsinik	40 819	204	571	245	4

Kasvuhoonegaaside vähendamise tulu ühiskonnale ei piirdu ainult võimaliku kokkuhoitud heitmekvootide müügituluga. Nii tähendab süsinikuvähesema või süsinikuvaba kütuse kasutamine elektri ja sooja tootmisel reeglina ka tootmisega kaasnevate teiste keskkonda paisatavate heitkoguste ja sealjuures ka inimese tervisele ohtliku reostuse keskkonda viimise langust. Keskkonda viidud väiksemad heitkogused tähendavad omakorda, et negatiivsed muutused keskkonnakvaliteedis on väiksemad ning keskkonnakvaliteedi kahanemisega kaasnev summaarne mõju ühiskonnale ja majandustegevusega kaasnevad väliskulud, mida kogu ühiskond solidaarselt katab, on väiksemad.

Energia tootmisega kaasnevad igasuguse kütuse kasutamisel ja igasuguse tootmistehnoloogia puhul lisaks ressursi- ja tootmiskuludele ka tootmise väliskulud. Reeglina on fossiilkütuste kasutamise väliskulu kõrgem kui taastuvate kütuste kasutamisel. Väliskuludeks (*external cost*) loetakse ühe inimgrupi tegevuse mõju teisele inimgrupile, mida esimene grupp arvestab ja kompenseerib vaid osaliselt (ExternE 2005 meetoodika). Mõistet „väliskulu” hakati kasutama selleks, et eristada inimtegevuse kahjuliku keskkonnamõju (nt õhu, vee ja pinnase saastamine või jäätmete ladustamine) tagajärjeks olevaid kulusid (nt keskkonnakvaliteedi halvenemisest ning ökosüsteemi teenuste kahanemisest tulenev kahju inimese tervisele ja varale), mida ei arvestata (jäävad „väljapoole”) toodangu omahinna ja tootmise majandusliku efektiivsuse arvutamisel. Negatiivse keskkonnamõjuga põhjustatud kahjusid ei kannaks selle kahju tekitaja, vaid selle mõju piirkonnas elavad inimesed või ühiskond tervikuna, kaasa arvatud ka järgmised põlvkonnad.

Elektritootmise väliskulusid vaadeldakse reeglina eraldi nende tekkimise koha järgi tehnoloogilises protsessis:

⁶³ Emission Reduction Unit

- esimesse rühma kuuluvad põhivahendite soetamise ja hooldamisega tekkinud väliskulud ehk lühidalt põhivahendite väliskulud;
- teise olulise rühma moodustavad energiakandja väliskulud, mis näiteks fossiilkütuste puhul koosnevad kütuste kaevandamise, töötlemise ja transpordi väliskuludest (uule-, päikese- ja hüdroenergia puhul need väliskulud puuduvad);
- kolmas väliskulude rühm on elektritootmise väliskulud – selle tehnoloogilise protsessi enda heitkoguste, kiirguse, müra ja teiste keskkonnamõjudega seotud väliskulud (need väliskulud on suurimad fossiilkütustel ja väikseimad päikese- ja tuuleenergia kasutamisel).

Detailsem väliskulude liigitamine on enamasti tehtud elektritootmise olulusringi mõju hindamisel (*Life Cycle Analysis, LCA*), aga hindamisel kaetavate aspektide nimistu ja ulatus sõltub kasutatud meetodikast.

Illustreerimaks KHG vähendamise ja madala süsinikusaldusega majanduseni jõudmiseks rakendatavate stsenaariumide realiseerimisega kaasnevat kasu ühiskonnale elektritööstuses, on kõige ilmekam võrrelda elektritootmise väliskulude vähenemist põlevkivist toodetud elektri asendamisel samas mahus tuuleparkide poolt toodetud elektriga. Teadaolevalt tuulegeneraatoritega elektri tootmisega heitmeid keskkonda ei kaasne. Kui lähtuda väliskulude võrdlusarvutuses Euroopa Komisjoni poolt laialdaselt kasutatud ExternE meetodikaga leitud elektritootmise väliskulude väärtustest ja Euroopa Keskkonnaagentuuri poolt 2008. aastal arvatud vaikeväärtustest (*External costs of ... 2008*) ning arvestada Eesti elektrimajanduse väliskulude arvutamise meetoodika tulemusi, siis võib väita, et põlevkivist elektri tootmisel ühiskonnale tekitatav väliskulu on 18,0 euro senti iga toodetud kWh kohta ja tuulegeneraatoritega toodetud elektri väliskulu 0,5 euro senti.

Riigipoolsete meetmete rakendamisega väheneks põlevkivist toodetud elektri osakaal ja seetõttu tähendaks väliskulu vähenemine iga asendatud kWh põlevkivist tootmata jäänud elektrikoguse kohta (0,18-0,005) ühiskonnale saavutatud kasu 0,175 euro väärtuses. Madalsüsiniku stsenaariumi rakendumisel nähakse võrreldes BAU stsenaariumiga aastaks 2050 energiasektoris ette olulisel määral põlevkivist elektritootmise asendamist taastuvallikatest elektri tootmisega. Nii on BAU stsenaariumis taastuvelektri osakaal 2050. aastaks 20% ja stsenaariumis Madalsüsinik 98% kodumaisest elektri tarbimisest. BAU stsenaariumi kohaselt rajatakse aastaks 2050 Eestis tuuleparke 900 MW võimsuses, stsenaariumi Madalsüsiniku kohaselt aga 2200 MW mahus.

Kuna käesolevas uuringus vaadeldakse võrdlemisi pikka perioodi, jääb sellesse ajavahemikku väga palju määramatust, eriti ressursside hindade ning potentsiaalsete kulude ja tulude osas. Seetõttu on lisaks meetmete maksumusele antud alljärgnevalt ka hinnang stsenaariumide terviklikele väliskuludele. See võimaldab selgemalt illustreerida ühiskondlikku kokkuhoidu ehk sisuliselt tulu, mis saavutatakse KHG heitkoguste kärpimisega.

Hinnanguliste väliskulude arvutamisel ja sealhulgas heitkoguste vähendamise piirkulude hindamisel tuginetakse antud uuringus erinevate stsenaariumide lõikes leitud KHG heitkoguste prognoosidele ning rahvusvaheliselt tunnustatud hinnangutele CO₂ ekvivalenttonni väliskulu hinna määramisel (Stern, ExternE jt). Alljärgnevalt on näidatud väliskulude väärtuste vahemikud analüüsiperioodi jooksul eurodes ühe CO₂ ekvivalenttonni kohta (*Handbook on estimation ... 2008*), millest lähtutakse

stsenaariumide väliskulude hindamisel. Kuna erinevate uuringute puhul on hinnangud väliskulu määradele väga erinevad, siis on käesolevas hinnangus arvestatud tagasihoidliku CO₂ väliskulu määraga, mis vastab määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskmistele väärtustele vastaval aastal (vt tabel 114).

Tabel 114. KHG väliskulu määrad, €/tonni CO₂-ekv. Allikas: Handbook on estimation ... 2008.

Aasta	2010	2020	2030	2040	2050
Madal	7	17	22	22	20
Keskmine	25	40	55	70	85
Kõrge	45	70	100	135	180
Määrade „Madal“ ja „Keskmine“ keskvääratus	16	28	38	46	52

Väliskulude mahu leidmiseks korrutati sektori KHG heitkogus väliskulu määraga. Alljärgnevalt on esitatud KHG heitkogustega kaasnevad hinnangulised väliskulud sektoriüleste stsenaariumide lõikes (vt tabel 115).

Tabel 115. Sektoriülese KHG heitega seotud hinnanguline väliskulu, tuhat €/a.

Stsenaarium	2010	2020	2030	2040	2050
BAU	282 400	750 512	869 402	993 508	1 024 452
Optimaalne	282 400	426 860	438 368	509 588	520 572
Madalsüsinik	282 400	285 012	322 582	351 716	262 600

Kuivõrd väliskulud on otseselt seotud emissioonide mahuga, ilmneb siinkohal eriti selgelt säästlikumate stsenaariumide eelis. Seejuures on vaja arvestada, et heitkoguste langus ei pruugi tähendada väliskulude vähenemist vaadeldaval perioodil. See on tingitud ühe tonni KHG väliskulu määra tõusust ajas, mis on omakorda põhjustatud akumuleeruva KHG kahjuliku toime suurenemisest.

Ühiskonnale KHG vähendamise meetmete rakendamise kaudu tekkivat kasu võib kajastada ka meetmete rakendamise tulemusena ärahoitud heitkoguste näol. Eesti Energia AS 2011. aasta keskkonnanaruandes toodud põlevkivist elektri tootmisega kaasneva keskkonnamuutuse arvnäitajad on järgmised:

- toodeti 10,4 TWh (10 400 GWh) elektrit;
- kasutati 15,8 miljonit tonni põlevkivi;
- õhku paisati 56,8 tuhat t SO₂, 12,8 tuhat t NO_x, 28,3 tuhat t lendtuhka, 1,6 tuhat t lenduvaid orgaanilisi ühendeid, 12,3 miljonit tonni CO₂;
- ladestati 7,1 miljonit tonni põlevkivi lend. ja koldetuhka, kaevandamise tulemusel ladestati puistangutesse 2,6 miljonit tonni aherainet;
- Eesti Energia kaevandustest ja karjäärdest pumbati välja kokku 245,6 miljonit kuupmeetrit vett;
- elektriijaamades kasutati kokku 1 mld m³ jahutusvett ja 3 mln m³ vett tootmisvajaduseks.

Põlevkivi osakaalu vähenemisel elektri tootmisel langevad vastava osakaalu võrra ka elektritootmisega kaasnevad heitkogused õhku, veekasutus ja tekkivad jäätmekogused.

Sarnaselt energiatööstuses kaasnevate positiivsete muutustega toob KHG vähendamisele suunatud meetmete rakendamine ühiskonnale laialdast kasu nii heitkoguste ja jäätmete vähenemise, ressursikasutuse tõhususe tõusu ning väliskulude vähenemise ka tööstuses, transpordis, põllumajanduses ja metsanduses. Samas on siinkohal oluline tähelepanu pöörata sellele, et ka taastuvatel energiaallikatel ja muudel säästlikumatel lahendustel on omad mõju, mille suuruse selgitamiseks on vaja läbi viia olelusringi hindamine.

Optimaalse stsenaariumi rakendamise eelduseks on EL heitmekaubanduse turul CO₂ lubatud heitkoguste kõrge hind, mille tulemusena turupõhine surve suunab ettevõtteid ise radikaalseid meetmeid rakendama ja tegema investeeringuid KHG vähendamiseks, et olla konkurentsivõimelised. Sedavõrd vähem on tarvis KHG vähendamise saavutamiseks kehtestada riigipoolseid survevahendeid või anda riigipoolseid toetusi, mistõttu selle stsenaariumi rakendamine on riigile odavam. Vabaturu tingimustes, mida stsenaarium Optimaalne arvestab, on konkurentsivõimelisemad need ettevõtted ja tooted-teenused, mille tootmiseks-pakkumiseks kulutatakse vähem loodusvarasid, energiat ja mille tootmise käigus emiteeritakse vähem kasvuhoonegaase. CO₂ kõrge hind lisandub tootmiskuludele ja kasvatab toodete-teenuste hinda ning seega on konkurentsivõimelisemad need tootjad, kelle toodete tootmisega kaasneb vähem KHG emissioone.

Kogu majandust haaravatest stsenaariumidest kulutõhusaima Optimaalse stsenaariumi elluviimiseks ja stsenaariumi vaheetappides prognoositud KHG vähendamise tulemuste saavutamiseks tuleb rakendada kõiki soovitatud poliitikameetmeid ja sellises mahus nagu kirjeldatud sektoripõhiseid stsenaariumeid – energiasektoris HIGH CO₂, transpordisektoris LOW CO₂ SHIFT, tööstuslikes protsessides HIGH CO₂, jäätmesektoris LOW CO₂, põllumajanduses LOW CO₂, metsanduses ja maakasutuses LOW CO₂ stsenaariumi – käsitlevates peatükkides eespool. Optimaalse stsenaariumi elluviimiseks vajalike meetmete detailne loend ja eeldatav rakendamise ajakava on toodud allpool (vt tabel 117).

Tabel 116. Sektoriüleste stsenaariumide maksumus ja kulutõhusus.

Stsenaarium/ sektor	Energiamajandus		Transport		Tööstuslikud protsessid		Jäätmemajandus		Põllumajandus		LULUCF		Sektorite ülene maksumus mln €/a	Sektorite ülene CO ₂ vähendus 2010.a. võrreldes tuhat tCO ₂ /a	Sektorite ülese vähenduse kulu €/tCO ₂
	CO ₂ vähendus tuhat tCO ₂ -ekv	Maksumus mln €/a	CO ₂ vähendus tuhat tCO ₂ -ekv	Maksumus mln €/a	CO ₂ vähendus tuhat tCO ₂ -ekv	Maksumus mln €/a	CO ₂ vähendus tuhat tCO ₂ -ekv	Maksumus mln €/a	CO ₂ vähendus tuhat tCO ₂ -ekv	Maksumus mln €/a	CO ₂ vähendus tuhat tCO ₂ -ekv	Maksumus mln €/a			
BAU	-2920	239	1560	248	756	0	-346	5	523	11	-8	12	515	-435	1183,13
Optimaalne	-8750	289	-1454	223	336	4	-369	8	119	12	-27	79	615	-10 145	60,62
Madalsüsinik	-12 720	422	-1454	274	-184	15	-369	8	119	12	-27	79	811	-14 635	55,41

Tabel 117. Stsenaariumi Optimaalne rakendamise meetmed ja ajakava.

Meede	Maksumus	2012–2020	2021–2030	2031–2040	2041–2050	Rakendamise viis
Elektri tootmisvõimsuste tasuvusuuring 2050. aasta perspektiivis	150 000 €	Uuring viiakse läbi	Uuringu-tulemusi kasutatakse	Uuringu-tulemusi kasutatakse	Uuringu-tulemusi kasutatakse	Ühekordne, uuring viiakse läbi aastal 2014 ja tulemusi rakendatakse edaspidi energiapoliitika kavandamisel
Toetus kuni 5 MW elektrilise võimsusega koostootmisjaama rajamise teostatavus- ja tasuvusuuringu projektide koostamiseks	2,5 mln €	Investeeringu-toetuste maksmine	-	-	-	Vahendid nähakse ette struktuurivahendite rakendamise kavas 2014-2020, projektide toetuse koraldajaks Keskonnainvesteeringute Keskus (KIK)
Investeeringutoetused kuni 5 MW elektrilise võimsusega taastuvatel energiaallikatel koostootmisjaamade rajamiseks	57 mln € aastas	Investeeringu-toetuste maksmine	-	-	-	Vahendid nähakse ette struktuurivahendite rakendamise kavas 2014-2020, projektide toetuse koraldajaks KIK
Energiaühistute loomise toetamine	50 tuh € aastas	Regulatsiooni täiendamine ja iga-aastane toetuste maksmine	Iga-aastane toetuste maksmine	Iga-aastane toetuste maksmine	Iga-aastane toetuste maksmine	Energiaühistute tegutsemiseks vajaliku regulatsiooni loomine, loodavate ühistute koolitamine, teavitus ühistute loomise tingimustest ja ühistute tegevuse parimast kogemusest; koraldajaks sihtasutus KREDEX
Taastuvallikatest elektri toetuskeemi muutmine nii, et toetusi ei maksa elektritarbija, vaid maksed tehakse riigieelarvest ja toetatava taastuvelektri koguse ülempiiri kaotamine	65 mln € aastas	Regulatsiooni täiendamine, iga-aastane toetuste maksmine	Iga-aastane toetuste maksmine	Iga-aastane toetuste maksmine	Iga-aastane toetuste maksmine	Elektriturseaduse muutmine, riigieelarve planeerimine selliselt, et fossiilkütuste subsidiumid lõpetatakse ja vabanevatest vahenditest makstakse taastuenergia investeeringutoetusi
Investeeringutoetus hoonete soojustamiseks	200 mln € aastas	Iga-aastane toetuste maksmine	Iga-aastane toetuste maksmine	Iga-aastane toetuste maksmine	Iga-aastane toetuste maksmine	Investeeringutoetuste maksmine 2014-2020 struktuurivahenditest, hiljem riigieelarvest läbi sihtasutuse KREDEX
Toetus taastuenergiale üleminekuks	10 mln € aastas	Iga-aastane	Iga-aastane	Iga-aastane	Iga-aastane	Investeeringutoetuste maksmine 2014-2020

Meede	Maksumus	2012–2020	2021–2030	2031–2040	2041–2050	Rakendamise viis
kodumajapidamistes		toetuste maksmine	toetuste maksmine	toetuste maksmine	toetuste maksmine	struktuurivahenditest, hiljem riigieelarvest läbi sihtasutuse KREDEX
Kütusteaktsiisi erisuste kaotamine, taastuvkütuste aktsiisivabastus ja kütuste maksustamisel KHG heite arvestamine	Ei ole eraldi kulu, vaid tavapärane seadusloometöö	Regulatsiooni muutmine	-	-	-	Vastavate seaduste muutmine, taastuvkütuste aktsiisivabastuse tarbeks Euroopa Komisjonilt riigiabi loa saamine; korraldajaks Rahandusministeerium
Demonstratsioonprojektid mikrokoostootmise ja kütuseelementide kasutamiseks eramutes ja kontorihoonetes	77 000 € aastas	lga-aastase investeeringutoetuse maksmine	lga-aastase investeeringutoetuse maksmine	lga-aastase investeeringutoetuse maksmine	lga-aastase investeeringutoetuse maksmine	Investeeringutoetuste maksmine 2014-2020 struktuurivahenditest, hiljem riigieelarvest läbi sihtasutuse KREDEX
Energiateenindusettevõtete (<i>Energy Service Company</i> , ESCO) teenuste tellimise/energiaaudutite toetamine	2 mln € aastas	lga-aastane toetuste maksmine	lga-aastane toetuste maksmine	lga-aastane toetuste maksmine	lga-aastane toetuste maksmine	Investeeringutoetuste maksmine 2014-2020 struktuurivahenditest, hiljem riigieelarvest läbi sihtasutuse KREDEX
Säästlike taastuvkütuste segamiskohustus (10% mahust)	Ei ole eraldi kulu, vaid tavapärane seadusloometöö	Regulatsiooni muutmine	-	-	-	Vedelkütusteseaduse muutmine; korraldaja Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium
Biometaani tanklavõrgu rajamise investeerimistoetused	5 mln € aastas	lga-aastase investeeringutoetuse maksmine	-	-	-	Investeeringutoetuste maksmine 2014-2020 struktuurivahenditest; korraldajaks KIK
Sõiduautode energiaklassimärgise väljatöötamine ja kasutuselevõtt	Ei ole eraldi kulu, vaid tavapärane seadusloometöö	Regulatsiooni väljatöötamine	-	-	-	Koostöös Euroopa Komisjoniga üle-euroopalise autode energiamärgise väljatöötamine ja rakendamine Eestis, sh interneti müügiportaalides ja autoreklaamides; korraldajaks Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium ja Maanteeamet.
Energiaklassist ja CO ₂ heitest sõltuva sõidukite registreerimismaks ja soodustused	Ei ole eraldi kulu, vaid tavapärane seadusloometöö	Regulatsiooni väljatöötamine	-	-	-	Regulatsiooni väljatöötamine; korraldajaks Rahandusministeerium koos Maksu- ja Tolliametiga
Energiaklassist sõltuv sõidukite	Ei ole eraldi kulu, vaid	Regulatsiooni	-	-	-	Regulatsiooni väljatöötamine; korraldajaks

Meede	Maksumus	2012–2020	2021–2030	2031–2040	2041–2050	Rakendamise viis
aastamaks	tavapärane seadusloometöö	väljatöötamine				Rahandusministeerium koos Maksu- ja Tolliametiga
Kütuseaktsiisi arvestuspõhimõtete muutmine – energiasalduse ja CO ₂ heitest sõltuv maksumäär	Ei ole eraldi kulu, vaid tavapärane seadusloometöö	Regulatsiooni väljatöötamine	-	-	-	Kütuseaktsiisi seaduse muutmise. Korraldajaks Rahandusministeerium
Sõiduautode ja veokite kilomeetripõhised ja sõiduki energiatõhususest sõltuvad teekasutustasud (sh ummikumaks Tallinnas)	Ei ole eraldi kulu, vaid tavapärane seadusloometöö	Regulatsiooni väljatöötamine	-	-	-	Regulatsiooni väljatöötamine. Korraldajaks Rahandusministeerium koos Maksu- ja Tolliametiga
Riigi ja kohalike omavalitsuste transpordi ja teehoiu investeerimis- ning rakenduskavades tuleb senisest rohkem arvestada säästva transpordi eesmärkide ja investeringutega ja nende täitmist seirata	158 mln € aastas eraldisi teehoiuvahendeist	Iga-aastane teehoiukulu	Iga-aastane teehoiukulu	Iga-aastane teehoiukulu	Iga-aastane teehoiukulu	Riiklike ja kohalike transpordi ja teehoiu- ja arengukavade ümbervaatamine. Liikuvuskavade koostamine linnapiirkondades
Reisirongiliikluse kiiruste tõstmine ja ühendamine regionaalse ühistranspordi, kergliikluse ja pargi ja reisi infrastruktuuriga	15 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Raudteelõikude remont. Transpordiühenduste ja liinimaršruutide planeerimine et ühildada eri ühistranspordi sõitu.
Raudtee elektrifitseerimine rahvusvahelistel suundadel	90 mln € aastas 12 aasta jooksul	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	-	-	Elektriraudtee liinide ehitus
Liikluse rahustamine elamupiirkondades	4,3 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Linnade teehoiukavade täiendamine, liiklusmärkide ja teetõkete paigaldamine
Aastaringsest kasutatavate jalgrattateede võrgustiku väljaehitamine	8,6 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Teede projekteerimine ja ehitus
Rahvusvahelise kaubaveo arendamine mere-raudteevedudena	5 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	-	-	Sadamate raudteeinfrastruktuuri väljaehitamine ja uute terminaalide

Meede	Maksumus	2012–2020	2021–2030	2031–2040	2041–2050	Rakendamise viis
						ühendamine raudteega
Trammiliinide arendamine Tallinnas	40 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	-	-	Trammiteede ehitus, uue veermiku soetamine
Autode energiamärgise süsteem	50 000 €	Ühekordne kulu	-	-	-	Määruse eelnõu koostamine ja vastuvõtmine, teavituskampaania läbiviimine
Säästvad liikuvuskavad suuremates linnapiirkondades	57 000 € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Perioodiliselt uuendatavate omavalitsuste meetmekavade koostamine
Isikliku auto vabad arenduspiirkonnad linnades	140 000 € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Ruumiplaneeringute uuendamine, ühistranspordipeatuste rajamine, liiklust piiravate märkide paigaldamine
Kõndimist ja jalgrattakasutust soodustavad tegevusprogrammid	85 000 € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Teavituskampaaniate ja -ürituste korraldamine
Kergliikluse auditid linnades	85 000 € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Perioodiliste auditite läbiviimine ja tulemuste arvestamine liikluskavade koostamisel
Üleriigiliste planeerimissuuniste väljatöötamine energiatõhusa transpordi ja liikuvuse planeerimiseks	500 000 €	Juhendite koostamine	-	-	-	Juhendmaterjalide koostamine ja tutvustamine projekteerijatele ja omavalitsuste ehitus- ja planeerimisametnikele
Tõmbekeskuste ja inimeste liikumist eeldavate arenduste planeerimine reisirongi teeniduspiirkonda	5 mln €	Ühekordne kulu maakonna teemaplaneeringu koostamiseks	-	-	-	Maakondade teemaplaneeringute koostamiseks riigihangete läbiviimine
Rahvusvahelised linnaruumi ideekonkursid linna avaliku ruumi ja liikluslahenduste innovaatiliste lahenduste rakendamiseks	3 mln €	Kuni 10 konkursi läbiviimine	Kuni 10 konkursi läbiviimine	Kuni 10 konkursi läbiviimine	-	Vanade tööstuspiirkondade uuendamiseks rahvusvaheliste arhitektuuri- ja ruumiplaneerimiskonkursside korraldamine
Parkimiskorralduse põhimõtete ja parkimisnormi kaasajastamine	Ei ole eraldi kulu, vaid tavapärase seadusloome- ja planeerimistöö	Parkimis-korralduse täiendamine	Parkimis-korralduse täiendamine	Parkimis-korralduse täiendamine	Parkimis-korralduse täiendamine	Ruumiplaneerimisel parkimispiirangute kavandamine

Meede	Maksumus	2012–2020	2021–2030	2031–2040	2041–2050	Rakendamise viis
Liikuvuskorralduse kavad suuremates asutustes, haridus- ja tervishoiuasutustes	57 000 € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Kavade koostamine ja rakendamine
Kergliikluse ja ühistranspordi edendamise kampaaniad	30 000 € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Autovabade päevade korraldamine linnades
Linnatänavate standardi uuendamine ja täiendamine jalgrattateede ja –radade projekteerimisnõuetega	50 000 €	Ühekordne kulu standardi koostamisel	-	-	-	Kergliiklust arvestavate linnatänavate ehitusstandardi uuendamiseks riigihanke läbiviimine
Harjumaa ühistranspordivõrgu integreerimine ja ühtne piletisüsteem	3 mln	Veebipõhise piletisüsteemi käivitamine	-	-	-	Vastavate IT lahenduste väljaehitamiseks riigihanke korraldamine
Säästva liikuvuse ja maakasutuse planeerimismudeli väljatöötamine (autost sõltuvuse vähendamine)	100 000 €	Ühekordne kulu	-	-	-	Asustustihedust ja töökohti arvestava tarkvara väljatöötamiseks riigihanke korraldamine; korraldaja Siseministeerium.
Säästlikkuse kriteeriumitele vastavate biokütuste tootmispotentsiaali, maksumuse ja transpordis kasutamise tasuvuse väljaselgitamine	30 000 €	Ühekordne kulu	-	-	-	Uuringu läbiviimiseks riigihanke läbiviimine; korraldaja Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium.
Autode ühiskasutuse IKT lahendused	100 000 € ühekordne ja 25 000 € iga-aastane	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	IKT lahenduste väljatöötamine ja teenuse tellimine MTÜlt teavituskampaaniate korraldamiseks ja süsteemi käigushoidmiseks
Autode jagamise IKT lahendused	100 000 € ühekordne ja 25 000 € iga-aastane	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	IKT lahenduste väljatöötamine ja teenuse tellimine MTÜlt teavituskampaaniate korraldamiseks ja süsteemi käigushoidmiseks
Jalgrataste ühiskasutuse IKT lahendused	100 000 € ühekordne ja 25 000 € iga-aastane	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	IKT lahenduste väljatöötamine ja teenuse tellimine MTÜlt teavituskampaaniate korraldamiseks ja süsteemi käigushoidmiseks
Nõudebusside, jagatud koolitaksode jt IKT lahendused	100 000 € ühekordne ja 25 000 € iga-aastane	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	IKT lahenduste väljatöötamine ja teenuse tellimine MTÜlt teavituskampaaniate korraldamiseks ja süsteemi käigushoidmiseks

Meede	Maksumus	2012–2020	2021–2030	2031–2040	2041–2050	Rakendamise viis
Ettevõtete toetamine üleminekul vähemsaastavatele energiaallikatele	1 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Toetuste andmine läbi KIK-i
Ettevõtete toetamine investeeringute tegemisel uutesse ja säästlikumatesse tehnoloogiatesse	1,5 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Toetuste andmine läbi EAS-i
Ettevõtete toetamine investeeringute tegemisel heitgaaside filtritesse, emissioonide kogujatesse jt heitgaase puhastavatesse tehnoloogiatesse	1,5 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Toetuste andmine läbi KIK-i
Jäätmetekke vältimise kava koostamine ja rakendamine	40 mln €	Kulu jaguneb vastavalt jäätmekava rakendus- plaanile	-	-	-	Jäätmetekke vältimise kava meetmete elluviimine
Investeeringute toetamine jäätmete liigiti kogumiseks ja taas-kasutamiseks rõhuga biolagunevate jäätmete käitlemise edendamisele	430 000 € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Toetuste andmine läbi KIK-i
Teadus- ja arendustoetus	1 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Toetuste andmine läbi PRIA
Koolitus- ja nõuandetoetus	1 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Toetuste andmine läbi PRIA
Põllumajandustaristu investeerimistoetus	5 mln € aastas	Iga-aastane kulu	-	-	-	Toetuste andmine läbi PRIA
Loomakasvatusehitiste rajamise toetus	13 mln € aastas	Iga-aastane kulu	-	-	-	Toetuste andmine läbi PRIA
Põllumajanduslik keskkonnatoetus	14 mln € aastas	Iga-aastane kulu	-	-	-	Toetuste andmine läbi PRIA
Noortalunike alustustoetus	2,8 mln € aastas	Iga-aastane kulu	-	-	-	Toetuste andmine läbi PRIA
Väikeste toidutootmisettevõtete arengutoetus	1,3 mln € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Toetuste andmine läbi PRIA

Meede	Maksumus	2012–2020	2021–2030	2031–2040	2041–2050	Rakendamise viis
Põllumajanduskultuuride saagikindlustus	300 000 € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Toetuste andmine läbi PRIA
Mahepõllunduse ja Põllumajanduse keskkonnahoiu arengukavade väljatöötamine ja uuendamine	20 mln €	Koostamine ja uuendamine 5 a kaupa	Koostamine ja uuendamine 5 a kaupa	Koostamine ja uuendamine 5 a kaupa	Koostamine ja uuendamine 5 a kaupa	Arengukava koostamiseks riigihanke korraldamine; korraldaja Põllumajandusministeerium
Kohaliku ja kvaliteetoidu alane teavitus	570 000 € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Kampaaniate korraldamine; Põllumajandusministeerium ja Põllumajanduskaubanduskoda, ühistud jne.
Kompostikasutuse alane regulatsioon ja pilootprojektide toetamine	10 mln €	Kulu jaguneb perioodile 2014–2020	-	-	-	Põllumajandusministeerium korraldab regulatsiooni väljatöötamise ja toetab pilootprojekte
Toetused maaomanikele maakasutuse muutmiseks, eeldatavalt EL-i vahenditest	6 mln € aastas	Kulu jaguneb perioodile 2014–2020	-	-	-	Toetuste andmine PRIA kaudu
Rakendusuringud; koolitused põllumajanduskonsulentidele ja maakasutajatele.	300 000 € aastas	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Iga-aastane kulu	Toetuse andmine nõustamiseks loodud sihtasutuste kaudu
Toetusmehhanismide täiendamine; põllumajandusliku nõuandesüsteemi vastav arendamine; koolitus	Ei ole täiendav kulu	-	-	-	-	Erialastes koolitusprogrammides mullaharimise ja metsanduspraktikas sobivate süsinikku siduvate meetodite tutvustamine
Toetusmehhanismide täpsustamine; piirkondlike vajaduste kaardistamine	1 mln €	Ühekordne kulu	-	-	-	Reeglite ja nõuete täpsustamine riigipoolsete põllumajandus- ja metsandustoetuste saamisel
Rakendusuringud biosöökasutuselevõtuks	500 000 €	Ühekordne kulu	-	-	-	Uuringu läbiviimiseks riigihanke korraldamine
Toetused energiakultuuride	3,6 mln € aastas	Kulu jaguneb	-	-	-	Toetuste andmine läbi PRIA

Meede	Maksumus	2012–2020	2021–2030	2031–2040	2041–2050	Rakendamise viis
kasvatamisele		perioodile 2014–2020				

10. ETTEPANEKUD TÄIENDAVATEKS UURINGUTEKS

Kuigi käesolev uuring on äärmiselt mahukas ja võrreldav tervikanalüüs on seni Eesti kohta puudunud, ilmnesid töö käigus selgelt mitmed uuringuvajadused edaspidiseks. Alljärgnevalt on toodud lühike ja kindlasti mitte ammendav nimekiri teemadest, mis vajaksid edasist põhjalikku analüüsi:

- süsinikulekke oht, mis tuleneb Eesti paiknemisest EL-i piiri ääres ja naaberriigi ehk Venemaa territooriumil kehtivatest tunduvalt leebematest keskkonnanõuetest ning CO₂ hinna ja piirangute puudumisest;
- Eesti elektri tootmiseseadmete konkurentsivõime elektrituru tingimustes;
- päikesekollektoritega toodetud soojuse mõju ülejäänud soojamajandusele, Eesti koostootmispotentsiaalile ning elektri tarbimisele;
- soojuse hinna languse mõju tarbimisele;
- soojuse lokaaltootmise mõju tarbimisele;
- elektri tootmise prognoositav hind;
- turvasmuldade, erodeeritud ja happeliste muldade keskkonnasõbraliku kasutamise võimalused;
- emissioonifaktorite määramine erinevat tüüpi põllumuldade (mineraalmullad, turvasmullad) jaoks;
- sõnnikukäitlusest ja ladustamisest tulenevate emissioonide, sh ka CO₂ kadude hindamine;
- erinevate taimede reaktsioon muutuvatele kliimatingimustele ning sellest tulenevad muutused KHG-de emissioonis (toitainete sidumine, bilanss);
- biogaasi tootmine sõnnikust, põllumajandusjätmetest (olelusringi analüüs, tasuvus-analüüs jne);
- biosöe kasutamise mõju emissioonidele;
- orgaaniliste ja mineraalväetiste kasutamise keskkonnamõjud läbi olelusringi analüüsi (k.a toitainete bilanss, sidumine taimede poolt, lendumise vähendamine, leostumine, erosioon jne);
- keskkonnasõbralike maaviljelusmeetodite täiendav uurimine;
- puidu importimise majanduslikud mõjud;
- jne.

VIIDATUD ALLIKAD

1. **Aamisepp, M., Matveev, E.** (2011) Põllumajandus ja maaelu 2011. Maamajanduse Infokeskus. http://www.agri.ee/public/juurkataloog/TRUKISED/trykis_aastaraamat_2011_EST.pdf
2. Aastaraamat Eesti Mets 2010. Keskkonnateabe Keskus. Tartu 2012.
3. Accounting for land use, land use change and forestry (LULUCF) in the Union's climate change commitments (COM(2012) 94 final). European Commission, 2012. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0094:FIN:EN:PDF>
4. Agriculture and climate change. Agriculture and Rural Development, European Commission. http://ec.europa.eu/agriculture/climate-change/index_en.htm
5. **Aljaste, A.** (2012) Melioreeritud turbamaardlate kasutusvõimaluste hindamine. Piloottprojekt. Eestimaa Looduse Fond. http://www.elfond.ee/images/stories/Melioreeritud_turbamaardlate_projekti_koondylevaade.pdf
6. **Arvanitakis, A.** (2013) Whither / whiter the EU ETS? http://www.publicconsulting.at/uploads/1_point_carbon_market_andreas_arvanitakis_20130124.pdf
7. **Asikainen, A., Ilvesniemi, H., Sievänen, R., Vapaavuori, E., Muhonen, T.** (2012) Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 240, 211 s.
8. **Astover, A., Kölli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E.** Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele, 2012.
9. Barclays slashes CO2 price view, says sell EUAs. <http://www.pointcarbon.com/news/1.1929692>
10. **Birkmose, T., Pedersen, T.R.** (2009) Contribution of biogas plants to nutrient management planning. Anaerobic digestion: Opportunities for Agriculture and Environment, 19-26.
11. Carbon Pollution Reduction Scheme. <http://www.climatechange.gov.au/government/reduce/carbon-pricing/cprs-overview.aspx>
12. **Ciais, P., Wattenbach, M., Vuichard, N. et al** (2010) The European carbon balance Part 2: croplands. *Global Change Biology*, 16, 1409–1428.
13. Climate Change 2007: Working Group III: Mitigation of Climate Change. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch7s7-4-5.html
14. Creating a Biobased Economy. *Biomass Magazine*, June 16, 2011. <http://biomassmagazine.com/articles/7103/creating-a-biobased-economy>
15. Doha amendment to the Kyoto Protocol, 8 December 2012. http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/kp_doha_amendment_english.pdf

16. **Don, A., Osborne, B., Hastings, A., Skiba, U., Carter, M.S., Drewer, J., Flessa, H., Freibauer, A., Hyvönen, N., Jones, M.B., Lanigan, G.J., Mander, Ü., Monti, A., Njakoudjomo, S., Valentine, J., Walter, K., Zegada-Lizarazu, W., Zenone, T.** (2012) Land-use change to bioenergy production in Europe: implications for the greenhouse gas balance and soil carbon. *Global Change Biology Bioenergy*, 4: 372-391.
17. **Drenkhan, T., Hanso, S., Hanso, M.** (2008) Effect of the stump treatment with *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* root rot in Estonia. *Baltic Forestry* 14 (1): 16-25.
18. EC 2009. The role of European agriculture in climate change mitigation. The Commission staff working document, Brussels.
19. EEA 2012. Monitoring CO₂ emissions from new passenger cars in the EU: summary of data for 2011. European Environmental Agency.
20. EEA andmebaas – Euroopa Keskkonnaagentuuri KHG ja õhusaaste heitkoguste andmebaasid <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers>
21. Eesti elektrimajanduse arengukava aastani 2018. Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium
22. Eesti Elektrisüsteemi tarbimisnõudluse rahuldamiseks vajaliku tootmisvaru hinnang. Elering, 2012
23. Eesti elektritarbimine aastatel 2005–2015. Tallinna Tehnikaülikool, Elektroenergeetika instituut 2004
24. Eesti Energiamaajanduse arengukava 2020
25. Eesti maaelu arengukava 2007–2013 http://www.agri.ee/public/juurkataloog/MAAELU/MAK/2012/MAK2007_muudatustega_07_20_1209.pdf
26. Eesti maaelu arengukava 2014–2020 eelnõu seisuga 01.05.2012 <http://www.agri.ee/mak2014-2020/>
27. Eesti metsanduse arengukava aastani 2020 https://www.riigiteataja.ee/aktiivisa/3180/2201/1003/Eesti_%20metsanduse_arengukava.pdf
28. „Eesti metsanduse arengukava aastani 2020“ keskkonnamõju strateegilise hindamise aruanne. OÜ Hendrikson & Ko, 2010. http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1140221/MAK_KSH_aruanne_avalik_ustamisele_21-09-10.pdf
29. Eesti piimanduse strateegia 2012–2020 http://www.agri.ee/public/juurkataloog/ARENDUSTEGEVUS/strateegia_Eesti_piimandus_2012_2020.pdf
30. Eesti Statistikaameti andmebaas <http://pub.stat.ee/px-web.2001/dialog/statfile2.asp>
31. Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsioonistrateegia 2014-2020 koostamise ettepaneku heakskiitmine. RT III, 03.07.2012.

32. Eesti turbaalade kaitse ja säästliku kasutamise alused. Keskkonnaministeerium, 2010.
http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1083186/Turbakontseptsioon_kodul_ehele_T%C4IENDATUD.pdf
33. Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävän ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi. Maa- ja metsätalousministeriö, 2011.
http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/suojaturvemaat/5wXEXk8I7/Suostrategia_nettiin.pdf
34. EL kliima- ja energiapakett 23. aprillist 2009
http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm
35. EL sõiduautode CO2 andmebaas
http://ec.europa.eu/clima/documentation/transport/vehicles/cars_en.htm
36. EL Transpordi valge raamatu mõjude hindamise aruanne
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2011:0358:FIN:EN:PDF>
37. EMPL 2012. Puidubilansi ülevaated. Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit.
http://www.empl.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=467&Itemid=96&lang=et
38. EMPL 2011. Puidupõhiste toodete väliskaubandus 2011. Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit.
39. Energia teekaart 2050 (KOM(2011)885/2)
40. Energiatõhususe tegevuskava (KOM(2011) 109)
41. Energy resources of Estonia, ENMAK 2030+. Estonian Development Fund, 2013.
42. Erametsade 2010.a. majandamise tegeliku ja arvestusliku tulususe arvutamine ja analüüs. Eesti Maaülikool, Metsanduse ja Maaehituse Instituut, 2011.
43. Ess-soo kohalik kaitseala. SA Keskkonnaõiguse Keskus, 2012.
<http://www.k6k.ee/tegevused/juhtumid/kaimasolevad/ess-soo>
44. Euroopa Komisjon. 2012. Ettepanek: EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU OTSUS maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsandusega seotud tegevusest tuleneva kasvuhoonegaaside heite ja sidumise arvestuseeskirjade ja tegevuskavade kohta.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0093:FIN:ET:PDF>
45. Euroopa Komisjoni kliimameetmed http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm
46. Euroopa metsandusstrateegia: üldine raamistik. Euroopa Parlament, 2008.
http://circa.europa.eu/irc/opoce/fact_sheets/info/data/policies/forestry/article_7218_et.htm
47. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2009/28/EÜ
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:ET:PDF>;
http://ec.europa.eu/energy/renewables/index_en.htm
48. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2009/29/EÜ
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0063:0087:ET:PDF>;
http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm

49. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2009/30/EÜ
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0088:0113:ET:PDF>;
http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/fuel/index_en.htm
50. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2009/31/EÜ
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0114:0135:ET:PDF>;
http://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ccs/index_en.htm
51. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu määrus (EÜ) nr 443/2009
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0001:0015:ET:PDF>;
http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm
52. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu otsus nr 406/2009/EÜ
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:ET:PDF>;
http://ec.europa.eu/clima/policies/effort/index_en.htm
53. European Forest Sector Outlook Study II
<http://www.unece.org/efsos2.html>
54. European Union forest action plan. European Union, 2011.
http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/l24277_en.htm
55. Eurostati andmebaas
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>
56. Eurostati säästva transpordi indikaatorite andmebaas
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/sdi/indicators/theme7>
57. External costs of electricity production. EEA, 2008.
58. **Fernandez C., Kulkarni K., Polgar S., Schneider M., Webster S. S.** (2005) Greenhouse Gas Mitigation Planning: A Guide for Small Municipal Utilities. University of California, Santa Barbara.
59. Finland's National Forest Programme 2015. Publications of the Finnish Ministry of Agriculture and Forestry, No 3b/2008.
60. **Gorham, E.** (1995) The biogeochemistry of northern peatlands and its possible response to global warming. In: Woodwell GM & Mackenzie FT (Eds.) Biotic Feedback in the Global 129 Climate System: Will the Warming Feed the Warming? Oxford University Press, New York, pp 169-187.
61. Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low-Carbon World, UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008.
http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_emp/@emp_ent/documents/publication/wcms_158727.pdf
62. **Grelle, A.** (2010) Skogens kolbalans bestäms av upptag och utsläpp. I "Sverige i nytt klimat - våtvarm utmaning." Formas Fokuserar 16.

63. Handbook on estimation of external costs in the transport sector. Delft, 2008.
http://ec.europa.eu/transport/themes/sustainable/doc/2008_costs_handbook.pdf
64. Health Check of the Common Agricultural Policy. European Commission, 2008.
http://ec.europa.eu/agriculture/healthcheck/index_en.htm
65. **Heinsoo, K., Melts, I., Sammul, M., Holm, B.** (2010) The potential of Estonian semi-natural grasslands for bioenergy production. Agriculture, Ecosystems and Environment, 137: 86-92.
66. **Hepner, H.** (2012) Ülevaade 2012. aasta IV kvartali puiduturust. OÜ Tark Mets.
67. **Hepner, H., Kaimre, P., Sirgmetts, R., Teder, M.** (2010) Eesti metsasektori makroökonomiline analüüs. EMÜ.
68. **Hlebnikov, A.** (2010) The analysis of Efficiency and optimization of district heating networks in Estonia. TTÜ kirjastus.
69. Innovations for Greenhouse Gas Reductions. A life cycle quantification of carbon abatement solutions enabled by the chemical industry. International Council of Chemical Associations, 2009.
http://www.icca-chem.org/ICCADocs/ICCA_A4_LR.pdf
70. IPCC 2011. ACTIVITIES OF THE TASK FORCE ON NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES.
http://www.ipcc.ch/meetings/session33/doc07_p33_tfi_activities.pdf
71. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
72. **Jüssi, M., Poltimäe, H.** (2011) Kommunaalteenustega seotud veokite keskkonnamõju vähendamine Tallinnas. Uuringuaruanne Tallinna Keskkonnaametile. Säästva Eesti Instituut, Tallinn.
73. **Jüssi, M., Poltimäe, H., Aru, B.** (2012) Tallinna Autobussikoondise alternatiivkütustele ülemineku asjaolude selgitamine. Säästva Eesti Instituut, AS Tallinna Autobussikoondis.
74. **Jüssi, M., Poltimäe, H., Sarv, K., Orru, H.** (2010) Säästva transpordi raport 2010. Säästva Arengu Komisjon, Tallinn.
75. **Kaar, K., Laasma, T., Tuulik, K., Saare, K.** (2012) Eesti Keskkonnainvesteeringute Keskus, Keskkonnaministeerium.
<http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1191213/Aruanne+nov+2012.pdf>
76. Kaevandamine, Eesti Turbaliit.
<http://www.turbaliit.ee/?go=Kaevandamine>
77. **Kallaste, T., Laur, A., Pädam, S., Menert, A., Kask, Ü., Andrijevskaja, J., Kask, L.** (2012) Mootorikütuse saab peagi rohumaadelt ja lauda tagant. Normak, A. et al (toim.). Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine, 14. konverentsi kogumik. Tartu: Eesti Maaülikooli Kirjastus, 16-26.
78. **Kampman, B., van Grinsven, A., Croezen, H.** (2012) Sustainable alternatives for land-based biofuels in the European Union assessment of options and development of a policy strategy Delft, CE Delft, December 2012.

http://www.greenpeace.org/eu-unit/Global/eu-unit/reports-briefings/2013/CE_Delft_Sustainable_alternatives_land_based_biofuels.pdf

79. **Kask, U., Kask, L., Aavik, T.** (2006) Energeetilise pilliroo saagikus. Eesti Põlevloodusvarad ja -jätmed 2006.
<http://www.pilliroog.ee/Pilliroo%20saagikus.pdf>
80. Kasvuhoonegaasid ja liiklus. Maanteeamet, 2012.
<http://www.mnt.ee/index.php?id=10705>
81. **Kauhanen, L., Ristinen, T., Heino, M., Kuusisto, M. Ojapalo, A.** (2011) Feasibility study for an Estonian Materials Technology Programme. SPinverse Oy.
82. Keskkonnainspeksioon ning maksu- ja tolliamet kontrollisid Saare maakonnas raielanke, Keskkonnainspeksioon, 30.01.2013.
<http://www.kki.ee/est/index.php?part=news&id=672>
83. Keskkonnatasude mõjuanalüüs 2013. SA Säästva Eesti Instituut ja Tartu Ülikooli sotsiaalteaduslike rakendusuringute keskus RAKE.
84. Keskkonnateabe Keskus 2012. Raied 2011. aastal.
http://www.keskkonnainfo.ee/failid/Raied_2011aastal.pdf.
85. Keskkonnateabe Keskus 2011. Riigimetsa seisundi ja puudukasutuse prognoos aastateks 2011-2040 (kokkuvõte).
http://www.rm.k.ee/files/Metsavarude%20prognoos%202011_2040%20kokkuv%C3%B5te.pdf
86. **Kilpeläinen, A., Alam, A., Strandman, H., Kellomäki, S.**(2011) Life cycle assessment tool for estimating net CO₂ exchange of forest production. GCB Bioenergy 3: 461-471.
87. **Kitse, E., Piho, A., Reintam, L., Rooma, I., Tarandi, K.** Mullateadus. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1962.
88. KKM 2011 Report pursuant to Article 3(2) of Decision 280/2004/EC Estonia. March 2011.
<http://www.envir.ee/1166670>
89. Kliimapaketi ja heitekaubanduse negatiivsete mõjude pehmendamine. Ernst&Young.
90. Konkurentsivõimeline vähese CO₂-heitega majandus aastaks 2050 – edenemiskava. KOM(2011) 112.
91. **Kuhi-Thalfeldt, R.** (2012) Distributed electricity generation and its possibilities for meeting the targets of energy and climate policies in Estonian electricity. TTÜ kirjastus.
92. **Kuusik R., Pastarus J.R., Kahru A.** (2007) Süsihappegaasi heitkoguste mineraalse sidumise ja geoloogilise ladustamise võimaluste hindamine tehnoloogiliselt, geoloogiliselt ja toksikoloogiliselt. Tallinna Tehnikaülikool ja Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut, Tallinn.
93. **Kõlli, R., Köster, T., Kauer, K.** (2007) Organic matter of Estonian grassland soils. Agronomy Research, 5(2): 109–122.
94. **Kõlli, R., Tamm, I.** (2012) Eesti parimate põllumuldade levik, rühmitamine ja huumus seisund. Agronoomia: 15–22.

95. **Kõlli, R., Tamm, I., Astover, A.** (2011) Stocks and annual fluxes of organic carbon in the mineral soil cover of Estonia. *Estonian Journal of Ecology*, 60(4): 251–263.
96. **Lahtvee, V.** (2012) Eesti rohemajanduse väljavaated.
97. **Lewis, M., Jackson, M.** (2002) Nalgrass: A nonwood fiber source suitable for existing US pulp mills. In: J. Janick and A. Whiokey (eds.), *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA.
98. **Lindroth, A. m. I.** (2009) Storms can cause Europe-wide reduction in forest carbon sink. *Global Change biology*, vol. 15:2, p. 346–355.
99. Looduskaitse rakendusuringud (LOORA) 2012–2015.
<http://www.ut.ee/lkb/loora/index.htm>
100. **Luud, A., Ani, M.** (2005) Kohalike energiaallikate energeetiline potentsiaal. Valdo Liblik, Jaan-Mati Puning (Toim.). *Keskkond ja põlevkivi kaevandamine Kirde-Eestis = Environment and oil shale mining in North-East Estonia (160–171)*. Tallinn: Tallinna Ülikooli Ökoloogia Instituut.
101. **Luysaert, S. m I** (2008) Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455, p. 213–215
102. **Lõhmus, A., Kohv, K., Palo, A., Viilma, K.** (2006) Loss of old-growth, and the minimum need for strictly protected forests in Estonia. *Ecological Bulletin* 51: 401–411
103. MAK 2020. Põllumajanduse konkurentsivõime ja põllumajandusettevõtete elujõulisus.
http://www.agri.ee/public/juurkataloog/MAAELU/MAK_2014-2020/prioriteetid/Prioriteet_2_konkurentsivoime_01.05.2012.pdf
104. **Maljanen, M., Hytönen, J., Mäkiranta, P., Alm, J., Minkkinen, K., Laine, J., Martikainen, P.J.** (2007) Greenhouse gas emissions from cultivated and abandoned organic croplands in Finland. *Boreal Environment Research*, 12: 133–140.
105. **Mander, Ü., et al.** (2010) Assessment of methane and nitrous oxide fluxes in rural landscapes. *Landscape and Urban Planning*.
106. **Mander, Ü., Järveoja, J., Maddison, M., Soosaar, K., Aavola, R., Salm, J.-O.** (2012) Reed canary grass cultivation mitigates greenhouse gas emissions from abandoned peat extraction areas. *Global Change Biology – Bioenergy* 4, 462–474.
107. **Mantau, U., et al.** (2010) EUwood – Real potential for changes in growth and use of EU forests. Final report. Hamburg/Germany, June 2010. 160 p.
108. Meie elukindlustus, meie looduskapital: ELi bioloogilise mitmekesisuse strateegia aastani 2020. Euroopa Komisjon, 2011.
http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/2020/comm_2011_244/1_ET_ACT_part1_v2.pdf
109. Metsa majandamise kavad aastani 2021
<http://www.rmk.ee/metsa-majandamine/metsamajandus/metsamajandamiskavad>
110. Mis on eriala valikul oluline? Haridus- ja Teadusministeerium 2013.
<http://www.hm.ee/index.php?045017>

111. **Monni, S., Perälä, P., Regina, K.** (2007) Uncertainty in agricultural CH₄ and N₂O emissions from Finland – possibilities to increase accuracy in emission estimates. Mitigation and Adaption strategies for Global Change 12: 545–571.
112. National Inventory Report (NIR) 2011. Greenhouse Gas Emissions in Estonia 1990–2009. http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/5888.php
113. National Inventory Report (NIR) 2011. Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990–2009. http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/5888.php
114. National Inventory Report (NIR) 2011. Sweden. http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/5888.php
115. National Inventory Report (NIR) 2012. Greenhouse Gas Emissions in Estonia 1990–2010. http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/est-2012-nir-13apr.zip
116. National Inventory Report (NIR) 2013. Greenhouse Gas Emissions in Estonia 1990–2011. <http://www.envir.ee/1156156>
117. Neugrundi madala avamere tuulepargi sotsiaalmajanduslik mõju. SEI Tallinn, 2012.
118. Nitrofert alustas nelja-aastase pausi järel taas tööd. ERR, 19.12.2012. <http://uudised.err.ee/index.php?06268646>
119. Nordic Energy Technology Perspectives. Nordic Energy Research, International Energy Agency, 2013. <http://www.iea.org/media/etp/nordic/NETP.pdf>
120. **O'Brien P., Vourc'h A.** (2001) Encouraging Environmentally Sustainable Growth: Experience from OECD Countries. Economics Department Working Paper No. 293, OECD, Paris.
121. OECD 2013. Nordic Energy Technology Perspectives. OECD/IEA.
122. OECD 2003. Policies to Reduce Greenhouse Gas Emissions in Industry – Successful Approaches and Lessons Learned: Workshop Report. OECD and IEA Information Paper. COM/ENV/EPOC/IEA/SL T(2003)2.
123. **Oja, A.** (2010) SPIN Projekt: Eesti Biogaasisektori Ülevaade. <http://www.spin-project.eu/downloads/SPINEestibiogaasitaustapabernovember2010eestikeeles.pdf>
124. **Ojanen, P., Minkkinen, K., Penttilä, T.** (2012) Greenhouse gas balance of forestry-drained boreal peatlands: Sinks or sources? Peatlands in Balance : proceedigs of the 14th International Peat Congress, Stockholm, Sweden, June 3-8, 2012.
125. **Olsson, R.** (2011) To Manage or Protect? Boreal Forests from a Climate Perspective. Air Pollution & Climate Secretariat, Göteborg, Sweden.
126. **Org, M., Jüssi, M.** (2013) Energy consumption expert group, Final report.

127. **Otsmann, O.** (2013) Kommentaarid uuringu „Eesti võimalused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas aastaks 2050“ lõppraporti esmaversioonile.
128. **Otsmann, O.** (2011) Metsa- ja puidutööstuse mahtudest ning ümarmaterjali kasutamise potentsiaal.
http://www.empl.ee/images/stories/statistikaeng/2010_11_k_ja_pot.pdf
129. **Paal, J., Leibak, E.** (2011) Soode looduskaitseline inventeerimine. Eestimaa Looduse Fond.
130. **Penu, P.** (2012) Soostunud ja soomuldade orgaanilise süsiniku sisaldus ja vastavalt sellele 1:10 000 mullakaardi võimalik korrigeerimine. Eesti maaelu arengukava 2007–2013 2. telje püsihindamine.
http://pmk.agri.ee/pkt/files/f4/PKT_hindamine_soomullad_2011_LYHI.pdf
131. **Penu, P., Köster, T., Kikas, T.** (2012) Soostunud ja soomuldade orgaanilise süsiniku sisaldus ja mullakaardi võimalik korrigeerimine. Eesti maaelu arengukava 2007–2013 2. telje püsihindamise ülevaade ja seotud uuringud 2011. aastal. Saku: Põllumajandusuuringute Keskus.
http://pmk.agri.ee/pkt/files/f32/PMK_pysihindamine_ja_uuringud_2011.%20kohta_01.06.2012_VEEBI.pdf
132. **Peterson, I., Vaher, K., Riisenberg, A., Uutar, A., Henning, L., Linnas, R., Väljataga, T.** (2012) BUILD UP Skills – Eesti Haridusvõimalused ja töäjõud Eesti ehitussektoris. Uuringu aruanne.
133. **Phylipsen G. J. M.** (2002) Policies to reduce Industrial GHG emissions. Presentation at the AIXG Workshop on ‘Policies to Reduce Greenhouse Gas Emissions in Industry – Successful Approaches and Lessons Learned’, 2–3 December 2002, Berlin.
134. **Pingoud, K., Pohjala, J. & Valsta, L.** (2010) Assessing the integrated Climatic Impacts of Forestry and Wood Products. *Silva Fennica*, vol. 44(1), p. 155–175.
135. PRIA 2012. Püsirohumaade säilitamine.
http://www.pria.ee/et/Registrid/Pusirohumaade_sailitamine
136. Proposal for a Decision on accounting rules and action plans on greenhouse gas emissions and removals resulting from activities related to land use, land use change and forestry. European Commission, 2012.
http://ec.europa.eu/clima/policies/forests/lulucf/docs/com_2012_93_en.pdf
137. Põllumajanduse konkurentsivõime ja põllumajandusettevõtete elujõulisus
http://www.agri.ee/public/juurkataloog/MAAELU/MAK_2014-2020/prioriteetid/Prioriteet_2_konkurentsivoime_01.05.2012.pdf
138. Puidutranspordi makromajanduslik uuring. Eesti Metsatööstuse Liit, Tallinna Tehnikakõrgkool, Tartu Ülikool, Eesti Maaülikool, 2010.
139. **Pärt, E.** (2010a) Puidu pakkumise stsenaariumid metsanduse arengukavale aastateks 2011–2020. Tallinn 2010. 33 lk.
140. **Pärt, E.** (2010b) Ülevaade „Eesti metsavarud“.
[www.envir.ee/orb.aw/class=file/action.../Eesti+Metsavarud+\(2\).doc](http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action.../Eesti+Metsavarud+(2).doc)

141. **Pärt, E.** (2012a) Kas Eestis on metsa vähe, palju või parasjagu? Eesti Mets 2012, 1: 30–33.
142. **Pärt, E.** (2012b) Kasvava metsa tagavara prognoos aastaks 2050. Keskkonnateabe Keskus.
143. Regulation (EC) No 443/2009 of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 setting emission performance standards for new passenger cars as part of the Community's integrated approach to reduce CO₂ emissions from light-duty vehicles, OJ L 140, 5.6.2009, p. 1–15.
144. Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview. International Renewable Energy Agency, 2013.
http://irena.org/DocumentDownloads/Publications/Overview_Renewable%20Power%20Generation%20Costs%20in%202012.pdf
145. Report of the technical assessment of the forest management reference level submission of Estonia. UNFCCC 2011.
<http://unfccc.int/resource/docs/2011/tar/est01.pdf>
146. Report pursuant to Article 3(2) of Decision 280/2004/EC. Estonia. Ministry of the Environment, 2011.
147. Riigi Teataja
<https://www.riigiteataja.ee/index.html>
148. Riigimetsa majandamise jätkusuutlikkus. Riigikontroll, 2010.
149. **Riistop, M.** (2012) Ülevaade puidutoodetes sisalduvast süsinikuvarust ning selle suurendamise võimalustest.
150. Roadmap 2050 – A practical guide to a prosperous, low-carbon Europe, Technical analysis. European Climate Foundation, 2010.
http://www.roadmap2050.eu/attachments/files/Volume1_fullreport_PressPack.pdf
151. Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Impact Assessment Report. Commission Staff Working Paper 2011
152. **Rubin, E. S., et al.** (2012) The Outlook for improved karbon capture technology. Progress in Energy and Combustion Science.
153. **Salm, J.-O., Kimmel, K., Uri, V., Mander, Ü.** (2009) Global warming potential of drained and undrained peatlands in Estonia: a synthesis. Wetlands 29(4): 1081–1092.
154. **Salm, J.-O., Maddison, M., Tammik, S., Soosaar, K., Truu, J., Mander, Ü.** (2012) Emissions of CO₂, CH₄ and N₂O from undisturbed, drained and mined peatlands in Estonia. Hydrobiologia.
155. **Sathre, R., O'Connor, J.** (2010) Meta-analysis of greenhouse gas displacement factors of wood product Substitution. Environmental Science and Policy 13: 104–114.
156. SEC 2011. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Impact Assessment report. Commission Staff Working Paper 358.
http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2011_white_paper/white_paper_2011_i_a_full_en.pdf

157. **Sirgmetts, R., Kaimre, P.** (2010) Erametsade majandamise tegeliku ja arvestusliku (teoreetilise) tulususe arvutamise ja analüüsimise meetodidate väljatöötamine ning nende rakendamise hinnangulise maksumuse kalkulatsioon. Eesti Maaülikool.
158. **Stangeland, A., Utgård, B.** (2008) Global Greenhouse Gas Emissions Can Be Reduced by 85% by 2050. The Bellona Foundation, Oslo.
<http://www.touchbriefings.com/pdf/3199/utgard.pdf>
159. Submission of information on forest management reference levels by Estonia as requested by the Cancún decisions, i.e. Consideration of further commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol, Draft conclusions proposed by the Chair, contained in FCCC/KP/AWG/2010/L.8, and its Addendum: Draft decision [-/CMP.6], Land use, land-use change and forestry, contained in CCC/KP/AWG/2010/L.8/Add.2.
http://unfccc.int/files/meetings/ad_hoc_working_groups/kp/application/pdf/awgkp_estonia_fmrl_2011.pdf
160. **Šogenova, A., Ivask, J., Šogenov, K.** (2012). Eesti tööstuslike CO₂ emissioonide geoloogiline ladustamine ja/või karbonaatne neutraliseerimine — võistlevad või täiendavad tehnoloogiad? TTÜ Geoloogia instituut.
http://www.egk.ee/wp-content/uploads/2012/03/Aprill_2012_teesid_netti.pdf
161. **Švilponis, S.** (2011) Lepingu nr 4-1.1/209 12.09.2011 tööde aruanne.
162. **Švilponis, S.** (2012a) Puidubilanss. Ülevaade puidukasutuse mahtudest 2010. Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit, 2012.
163. **Švilponis, S.** (2012b) Puidubilanss. Ülevaade puidukasutuse mahtudest 2011. Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit, 2012.
164. Tallinna keskkonnastrateegia aastani 2030. Tallinna Linnavolikogu, 2011.
<https://oigusaktid.tallinn.ee/?id=savepdf&aktid=120867>
165. Technology Roadmap, Carbon capture and storage. International Energy Agency, 2009
166. The Costs of CO₂ Storage. European Zero Emissions Platform, 2011.
<http://www.zeroemissionsplatform.eu/library/publication/168-zep-cost-report-storage.html>
167. The Costs of CO₂ Transport. European Zero Emissions Platform, 2011.
<http://www.zeroemissionsplatform.eu/library/publication/167-zep-cost-report-transport.html>
168. The global status of CCS. Global CCS Institute, 2013
169. The State of Forestry in Finland 2000, Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in Finland. The final report of the Working Group Steering the Further Development of Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management. Ministry of Agriculture and Forestry, Publications 5a/2000, August 2001.
http://www.mmm.fi/en/index/frontpage/forests2/forest_policy/criteria_indicators.html
170. **Timm, U., Remm, J.** (2011) Lendorava lugu. Eesti Loodus, 62(2), 90–92.

171. **Toompark, T.** (2012) Kinnisvaraturg.
<http://www.adaur.ee/index.php/kinnisvaraturg/#eluruumid>
172. **Tullus, A., Kupper, P., Sellin, A., Parts, L., Söber, J., et al.** (2012) Climate Change at Northern Latitudes: Rising Atmospheric Humidity Decreases Transpiration, N-Uptake and Growth Rate of Hybrid Aspen. PLoS ONE 7(8): e42648. doi:10.1371/journal.pone.0042648
173. **Tullus, H.** (2005) Kiirekasvuliste metsakultuuride kasvatamine kui alternatiivne maakasutusviis. Eesti Maaülikool.
174. Turbaleht 2012. Eesti Päevaleht, Eesti Turbaliidu eriväljaanne. September 2012. 8 lk.
175. **Turunen, J., Tomppo, E., Tolonen, K., Reinikainen, A.** (2002) Estimating carbon accumulation rates of undrained mires in Finland—application to boreal and subarctic regions. Holocene 12: 69–80.
176. **Tuul, K.** (2011) Asula rohevõrgustik: kellele ja kui palju? Eesti Loodus 2011:8.
177. Tõhusa elektri ja soojuse koostootmise potentsiaal Eestis. Tallinna Tehnikaülikool, Soojustehnika instituut, 2007.
178. Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050. Naturvårdsverket, 2012.
179. UNFCCC 2012. Report of the technical assessment of the forest management reference level submission of Estonia submitted in 2011. 11 lk.
<http://unfccc.int/resource/docs/2011/tar/est01.pdf>
180. UNFCCC kasvuhoonegaaside andmebaas
http://unfccc.int/ghg_data/items/3800.php
181. United Nations Economic Commission for Europe, Statistical Database.
<http://w3.unece.org/pxweb/database/STAT/26-TMSTAT1/001-TMFR1/?lang=1>
182. **Uri, V., Lõhmus, K., Mander, Ü., Ostonen, I., Aosaar, J., Maddison, M., Helmisaari, H.-S., Augustin, J.** (2011) Long-term effects on the nitrogen budget of a short-rotation grey alder (*Alnus incana*(L.) Moench) forest on abandoned agricultural land. Ecological Engineering 37 (6): 920–930.
183. **Verheijen, F.G.A., Jeffery, S., Bastos, A.C., van der Velde, M., and Diapas, I.** (2009) Biochar Application to Soils – A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 149pp.
184. **Viiding, M.** (2013) Implications on competitiveness from cost of electricity in Northern Europe.
185. Visaginas Nuclear Power Plant – still high-risk investment. Centre for Eastern Studies, 2012.
<http://www.osw.waw.pl/en/publikacje/osw-commentary/2012-07-26/visaginas-nuclear-power-plant-still-highrisk-investment>
186. Välisõhu kaitse seadus.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/115112012005?leiaKehtiv>

187. Ülevaade Eesti metsandusest 2009–2011. ELF, 2011.
<http://www.elfond.ee/et/teemad/mets/metsandus-eestis/vastutustundlik-ettevotlus/uelevaade-eesti-metsandusest-2009-2011>
188. Ülevaade riigi vara kasutamisest ja säilimisest 2010. aastal. Riigikontroll, 2011.

LISA 1. ENERGIAALTERNATIIVIDE HINDAMISE MUDEL LEAP

LEAP (*Long-Range Energy Alternatives Planning System*)⁶⁴ on stsenaariumidel põhinev energia ja keskkonna vaheliste suhete modelleerimise tarkvara, mis sobib energia tarbimise, tootmise ja emissioonide analüüsimiseks kõikides majandussektorites. Antud mudelit on võimalik kasutada nii energiamajanduse kui ka muude sektorite kasvuhoonegaaside heitkoguste arvutamiseks ja prognoosimiseks. LEAP võimaldab analüüsida nii CO₂ kui ka kõiki teisi kasvuhoonegaaside heitkoguseid ning samuti teisi õhuheiteid nagu SO₂ ja NO_x.

LEAP võimaldab simuleerida kogu energiasüsteemi – energia lõpptarbimist sektorite kaupa, primaarenergia ressursse, ressursside tootmist, elektri- ja soojusenergia tootmist erinevate tehnoloogiatega ning mudel arvutab energiabilansi ja heitkogused. LEAP-i sisenditeks on andmed energia tarbimise kohta, mis on kättesaadavad statistika andmebaasidest.

LEAP on vahend, mida saab kasutada, et luua mudeleid erinevate energiasüsteemide jaoks, millest igaüks nõuab oma unikaalset andmestruktuuri. Seejuures saab mudeli koostamisel valida, kui täpselt mingi sektorit modelleeritakse ning kõik valdkonnad ei pea olema kirjeldatud sama detailselt. Peamine LEAP mudeli eelis võrreldes teiste sarnaste mudelitega on, et esmaseks analüüsiks ei ole vaja väga detailseid andmeid ning modelleerimine tugineb suhteliselt lihtsatele arvestuspõhimõtetele. Mudel sisaldab ka sisemist tehnoloogiate ja emissioonitegurite andmebaasi TED, mis võimaldab hoida algandmete nõuded suhteliselt madalad. Kasutaja saab kiiresti luua esialgseks analüüsiks vajaliku mudeli, mis on võimalikult lihtne. Hiljem iteratsioonide tulemusena saab aga lisada keerukust ja modelleerida mõnda valdkonda täpsemalt.

Näiteks saab transpordist tulenevate emissioonide lihtsama prognoosi, kui sisestada mudelisse ainult sektori aastane energiatarbimise kogus kütuste kaupa. Keerukamaks modelleerimiseks saab sisestada teatud tüüpi sõidukite arvu (sõiduaudod, veoautod, liinibussid, rongid jne), nende poolt läbitud aastase keskmise läbisõidu ning keskmise heitkoguse kilomeetri kohta. Erinevad tulevikustsenaariumid sisaldaksid seejuures muutusi eelpool nimetatud sisendites. Mudel võimaldab ka uurida, kui palju väheneksid õhuheited elektriautode laialdasema kasutuselevõtu korra. Juhul, kui uuritakse vaid transpordisektori emissioone, siis teiste majandussektorite kohta ei pea andmeid mudelisse sisestama. Kui eesmärgiks on vaadelda transpordi sektori osa kogu riigi emissioonides, siis sisestatakse ja prognoositakse ka teiste valdkondade energiatarbimist.

Elektrienergia tootmist on võimalik modelleerida, kasutades andmeid tootmisvõimsuse, tootmise kasuteguri, elektri ja soojuse koostootmise võimsuse ja maksimaalne kasutatavuse kohta. Mudel võimaldab tootmisüksusi määratleda nii erinevate kütuste (põlevkivi, maagaas, turvas, puit, tuul, hüdro jne) kui ka sama kütuse piires erinevate tehnoloogiate kaupa (nt tolmi- ja keevkihtpõletus põlevkivi puhul). Elektri tootmise simuleerimine põhineb kasutaja poolt määratletud süsteemi koormuskõveral ja tootmise prioriteetidel (baas, kesk- ja tipukoormuse katmine). Mudel võtab seejuures arvesse elektrienergia tarbimise, võrgukaod, elektrijaamade omatarbe, elektri importi ja

⁶⁴ Vt ka <http://www.energycommunity.org/default.asp?action=47>

eksporti ning arvutab välja iga-aastase elektri tootmise tootmisüksuste kaupa, võttes arvesse ka tootmise prioriteetid. Tulevikuprognoside jaoks hinnatakse algandmete muutumist, nagu näiteks tootmisüksuste sulgemist ja uute rajamist, muutusi kasutegurites ja kasutusajas. Stsenaariumid sisaldavad aga erinevaid elektri tootmise võimalusi, näiteks taastuv- või tuumaenergia laialdast kasutust, uute põlevkivijaamade rajamist jne.

Mudel on kasulik erinevate poliitiliste otsuste omavaheliseks võrdlemiseks, nii energia nõudluse ja pakkumise kui ka nendega seotud kasvuhoonegaaside heitkoguste analüüsimiseks. LEAP mudelit saab rakendada energiaga seotud poliitikate kujundamiseks energia tootmise, transpordi, tööstuse, põllumajanduse, kodumajapidamiste kohta.

LEAP on keskmise ja pikaajalise modelleerimise vahend. Üldjuhul tehakse mudelis arvutusi ajalise sammuga 1 aasta ja aegreas võib olla praktiliselt piiramatult arv aastaid. Tavaliselt kasutatakse uuringutes prognoosiperioodi vahemikus 20 ja 50 aastat. Enamasti sisestatakse mudelisse ka andmed eelnenud aastate kohta (5–10 aasta pikkune periood) ning seejuures on võimalik kontrollida, kui hästi suudab LEAP imiteerida teadaolevate statistiliste andmete alusel kasvuhoonegaaside koguseid. Samuti võimaldab mudel lisada mitmeid tulevikku suunatud stsenaariume, mille loomine ning omavaheline tulemuste võrdlemine on tehtud väga lihtsal ja ülevaatlikul viisil.

Mudeliga saab tulemusi visualiseerida nii tabelite, diagrammide kui ka võrdlevate jooniste kujul. Nii lähteandmeid kui ka tulemusi on võimalik hõlpsasti üle kanda Excelisse või PowerPointi. Tulemusi saab jälgida nii kogu modelleeritud energiasüsteemi kui ka iga selle haru kohta. Samuti sisaldab LEAP energiabilansi vaadet, mis järgib IEA standardset formaati.

LEAP mudel on kasutusel üle 190 riigis üle maailma. Selle kasutajate hulka kuuluvad valitsusasutused, ülikoolid, teadusasutused, äriühingud ja energiaettevõtted. LEAP mudelit on kasutatud paljudes erinevates mõõtkavades alates linnadest ja osariikidest riigi, piirkondliku ja ülemaailmse rakenduseni.

LEAP on muutumas *de facto* standardiks riikide integreeritud ressursside planeerimiseks ja kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamise võimaluste hindamiseks. ÜRO on teatanud, et enam kui 85 riiki on otsustanud kasutada LEAP tarkvara osana oma kohustusest anda aru ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni (UNFCCC).

LEAP on oluliselt mõjutanud energia-ja keskkonnapoliitika kujundamist üle maailma. Mõned näited⁶⁵:

- Nilsson, M., Heaps, C., Persson, A., etc.(2012). Energy for a Shared Development Agenda: Global Scenarios and Governance Implications. Stockholm: SEI. <http://www.energycommunity.org/default.asp?action=45>

Aruandes kirjeldatakse mitmeid globaalseid stsenaariume aastani 2050 ning kasvuhoonegaaside prognoose. Analüüsiks kasutatakse mudelit LEAP, kus terve planeet on jagatud 22 regiooniks.

⁶⁵ Põhjaliku loetelu projektidest, kus LEAP mudelit on kasutatud leiab aadressilt: <https://www.zotero.org/groups/sei-leap/items/>

- Heaps, C., P. Erickson, S. Kartha, E. Kemp-Benedict (2009). Europe's share of the climate challenge: domestic actions and international obligations to protect the planet. Stockholm: SEI. <http://www.energycommunity.org/default.asp?action=45>

Aruandes analüüsitakse Euroopa riikide võimalusi kasvuhoonegaaside alandamiseks 90% võrra 2050. aastaks võrreldes 1990. tasemega läbi energiasäästu ja ülemineku taastuvatele energiaallikatele. Töö põhineb LEAP mudeli simulatsioonidel EL27 riikide kohta.

- SA Säästva Eesti Instituut, Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna keskus. Energia riikliku arengukava aastani 2020 keskkonnamõju strateegilise hindamise aruanne. 2008–2009, lk 70–90. http://www.mkm.ee/failid/ENMAK_KSH_loplik_310309.pdf

Aruandes analüüsitakse Eesti elektri ja soojustootmise stsenaariume ning prognoositakse nende CO₂ ja SO₂ emissioone LEAP mudeliga.

LEAP mudeli sisendandmed

LEAP mudelis on sisendandmed jaotatud viide peamisesse alajaotisesse – välised muutujad, energia tarbimine, energia muundamine, ressursid ja mitte-energiasektori heitkogused. Järgnevalt on antud ülevaade mudeli sisendandmetest.

Välised muutujad

LEAP-i sisestatud väliseid muutujaid kasutatakse tarbimise modelleerimiseks ning antud uuringu puhul on nendeks sisemajanduse koguprodukt (SKP) ja rahvaarv.

Sisemajanduse koguprodukt

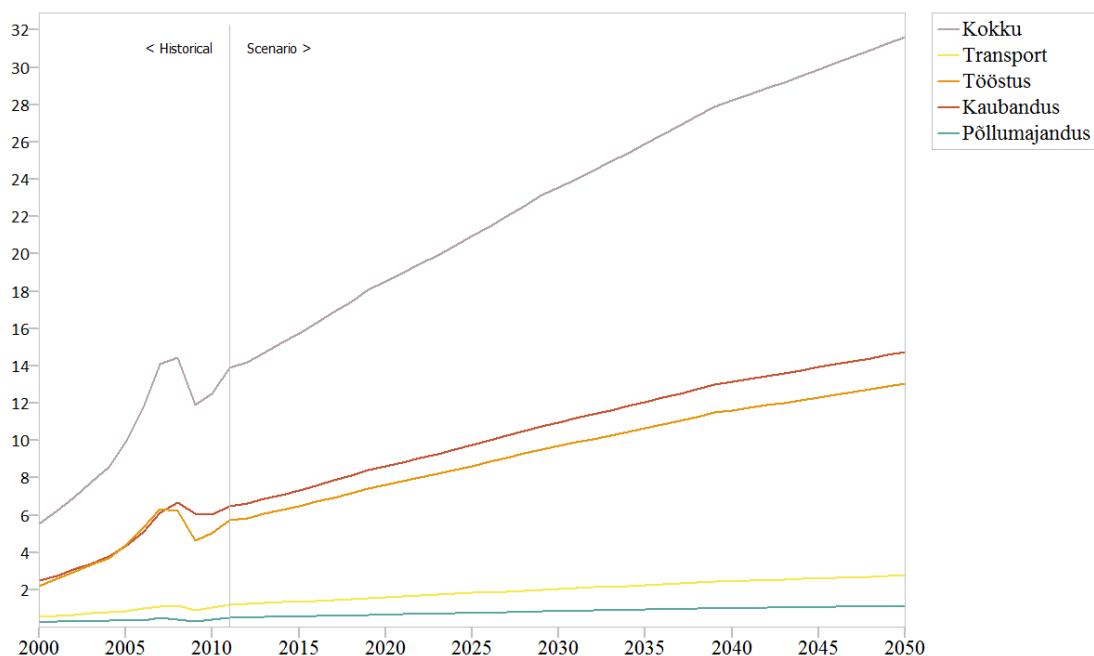
SKP puhul on LEAP mudeli sisendiks statistilised andmed majandussektorite lõikes perioodil 2000–2011 (vt tabel 118).

Tabel 118. SKP, mln €.

mln €	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Põllumajandus	263	288	286	308	328	346	367	493	405	316	414	495
Äri ja avalik teenindus	2468	2761	3068	3402	3772	4349	5090	6142	6687	6057	6006	6475
Tööstus	2201	2570	2931	3346	3661	4368	5321	6339	6220	4623	5007	5722
Transport	572	616	631	727	807	833	983	1108	1128	904	1056	1208
Kokku	5505	6235	6917	7783	8568	9896	11 761	14 083	14 440	11 900	12 483	13 900

Allikas: Eesti Statistikaamet

Perioodil 2012–2019 prognoositi SKP kasvuks 3,48% aastas, 2020–2029 2,51% aastas, 2030–2039 1,89% aastas ning 2040–2050 1,15% aastas (ENMAK-i tarbimise töögrupi aruanne 2012). Mudelis eeldatakse, et erinevate majandussektorite osakaal SKP-s jääb 2011. aasta tasemele. Selle prognoosi alusel on 2050. aastal SKP 31 640 mln € (vt joonis 99).



Joonis 99. SKP aastatel 2000–2050, mld €.

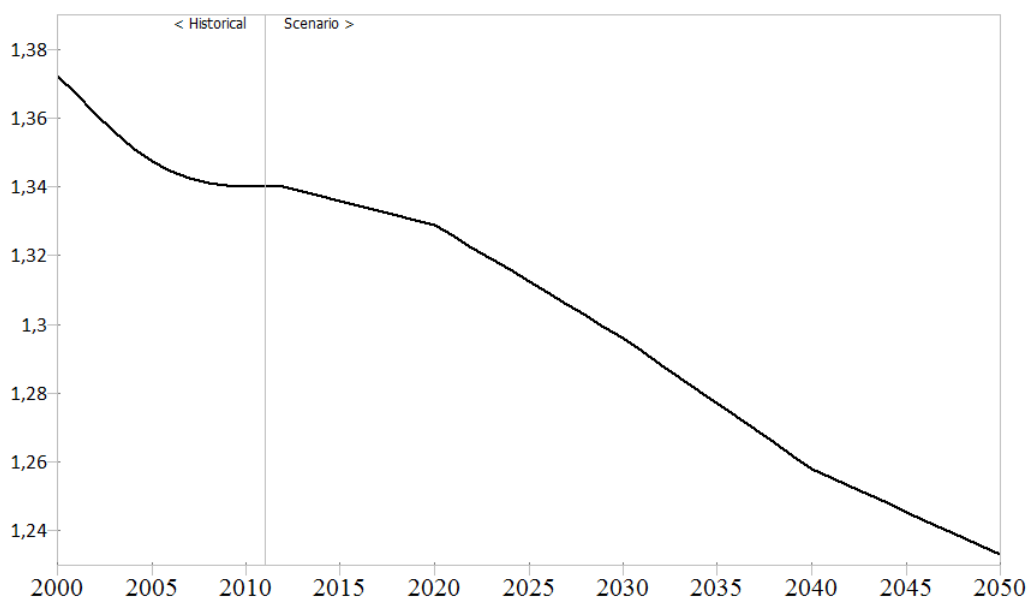
Allikas: LEAP

Rahvaarv

LEAP mudeli sisendiks rahvaarvu kohta on kodanike arv perioodil 2000–2011 ning prognooside kohaselt kahaneb elanike arv 2050. aastaks 1,23 mln elanikuni (vt tabel 119 ja joonis 100).

Tabel 119. Rahvaarvu muutus perioodil 2000–2011 ning prognoos 2050. aastani. Allikas: Eesti Statistikaamet, ENMAKi tarbimise töögrupi aruanne.

Aasta	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Rahvaarv	1 372 071	1 366 959	1 361 242	1 356 045	1 351 069	1 347 510	1 344 684	1 342 409
Aasta	2008	2009	2010	2011	2020	2030	2040	2050
Rahvaarv	1 340 935	1 340 415	1 340 127	1 340 194	1 329 000	1 296 000	1 258 000	1 233 000



Joonis 100. Rahvaarvu prognoos, mln in.

Allikas: LEAP

Energia lõpptarbimine

Energia tarbimise prognoosimiseks on modelleeritud LEAP-is primaar- (kõik kütused) ja sekundaarenergia (elekter ja soojus) lõpptarbimist. LEAP mudeli sisendiks on kivisöe, põlevkivi, põlevkiviõli, turba, puidu, maagaasi, diislikütuse, muude naftatoode, elektri ja soojuse lõpptarbimine TJ-des tööstuses, põllumajanduses, transpordis, äri- ja avalikus sektoris ning kodumajapidamistes aastatel 2000–2011. Siinne tarbimine ei sisalda kütuste tarbimist elektri ja soojuse tootmiseks elektrijaamades ja katlamajades ning põlevkiviõli tootmiseks, mida modelleeritakse eraldi energia muundamise all. Antud peatükis ei analüüsita ka transpordisektori energiatarvet ja heitkoguseid.

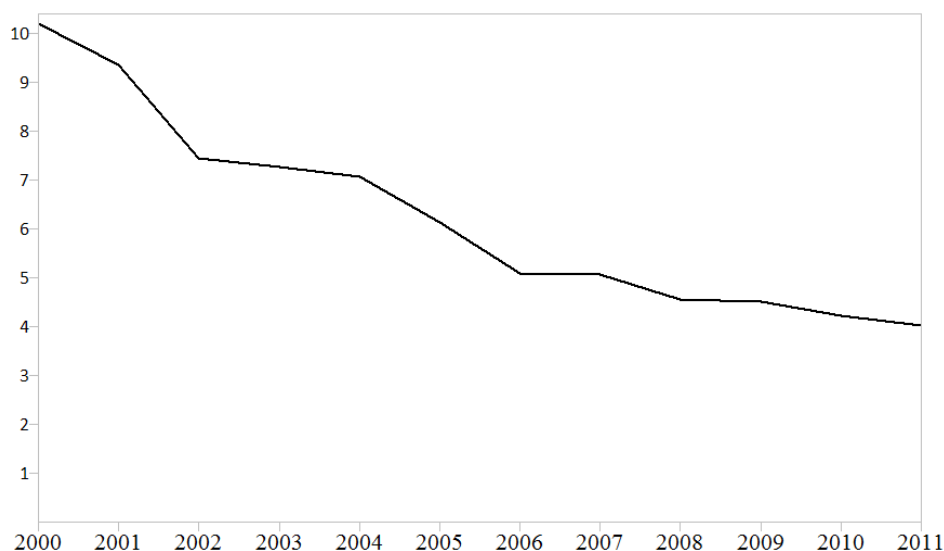
Tööstus

Energia lõpptarbimise modelleerimiseks tööstussektoris on LEAP mudelisse sisestatud summaarne aasta energia lõpptarbimine TJ-des ning määratletud vastavalt statistilistele andmetele kütuste osakaalud lõpptarbimises (vt tabel 120). Tööstussektori lõpptarbimise energiamahukus on langenud tasemelt 10,2 MJ/€ kohta 2000. aastal 4,0 MJ/€-ni 2011. aastal (vt joonis 103). BAU stsenaariumi tööstussektori energia lõpptarbimise prognoosimiseks on eeldatud, et energiamahukus väheneb 2050. aastaks tasemeni 3,0 MJ/€ ning tarbimine sõltub SKP prognoosist.

Tabel 120. Energia lõpptarbimine tööstuses (TJ). Allikas: Eesti Statistikaamet.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Autobensiin	60	0	86	179	76	38	21	22	12	30	30	11

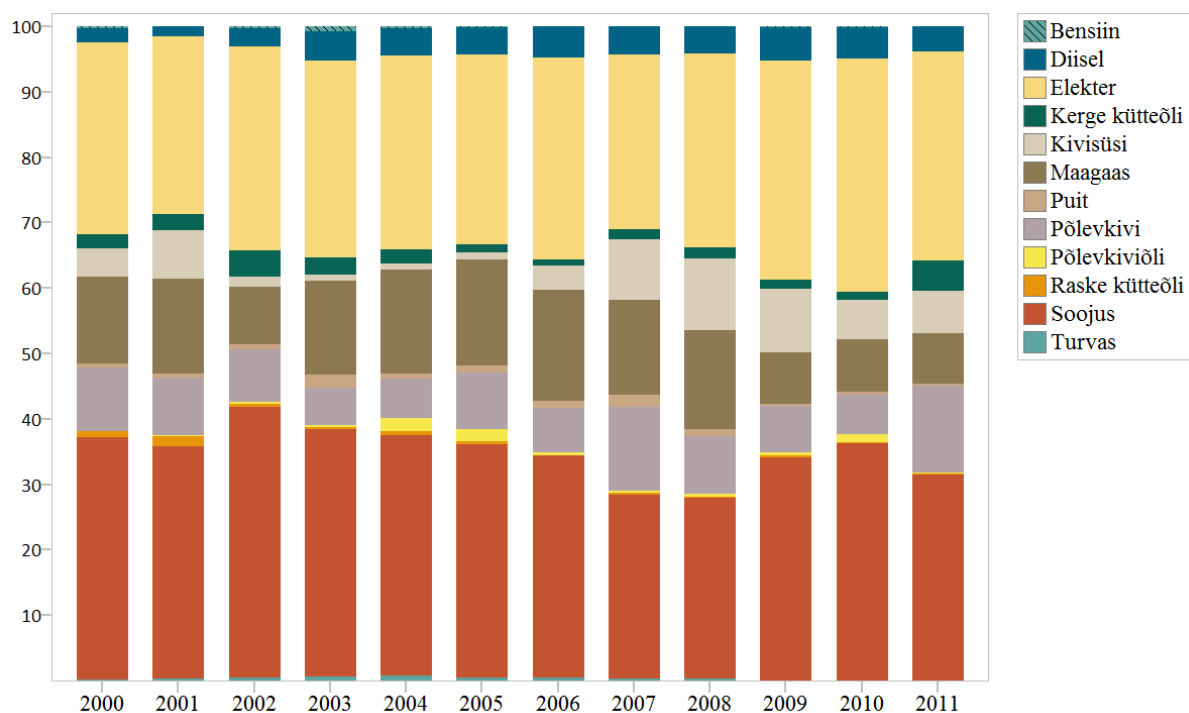
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Diislikütus	486	382	606	1113	1082	1120	1266	1345	1153	1063	1003	867
Elektrienergia	6586	6530	6784	7307	7686	7777	8391	8589	8395	6989	7534	7398
Kerge kütteõli	510	602	877	641	529	336	242	486	497	309	281	1046
Kivisüsi	956	1785	356	239	261	282	988	2968	3097	2011	1266	1492
Kokku	22 462	24 050	21 846	24 341	25 885	26 784	27 095	32 105	28 342	20 895	21 136	23 085
Maagaas	2962	3464	1916	3481	4113	4351	4599	4692	4281	1662	1676	1798
Puit	139	150	162	480	188	278	319	563	338	75	116	71
Põlevkivi	2183	2115	1755	1397	1554	2326	1808	4109	2476	1475	1286	3046
Põlevkiviõli	21	39	59	79	528	479	146	137	152	94	244	91
Raske kütteõli	196	361	116	65	149	109	0	55	22	46	36	3
Soojus	8325	8536	9015	9227	9539	9549	9201	9033	7813	7140	7660	7279
Turvas	38	86	114	133	180	139	114	106	106	1	4	5
Kokku	22 462	24 050	21 846	24 341	25 885	26 784	27 095	32 105	28 342	20 895	21 136	23 085



Joonis 101. Tööstussektori lõpptarbimise energiamahukus, MJ/€.

Allikas: LEAP

Samuti on prognoositud kütuste osakaalude muutust tööstuse lõpptarbimises. Perioodi 2000–2011 statistikast on näha, et tööstussektori energiatarbest moodustavad 60–70% elekter ja soojus. Kütustest on suurima osakaaluga maagaas, moodustades 8–16% kogu sektori energiatarbimisest. Elektrienergia osakaal on kasvanud 29%-lt 32%-ni ja soojuse osakaal vähenenud 37%-lt 32%-ni (vt joonis 102). BAU stsenaariumis on eeldatud, et elektri osakaal kasvab vastavalt ajaloolise perioodi põhjal saadud trendile 2050. aastaks 43%-ni ning soojuse osakaal väheneb 23%-ni. Seejuures arvutab LEAP välja tööstuse energiamahukuse, mis leitakse, kui jagada energia lõpptarbimine ja tööstuse SKP-ga (vt tabel 121).



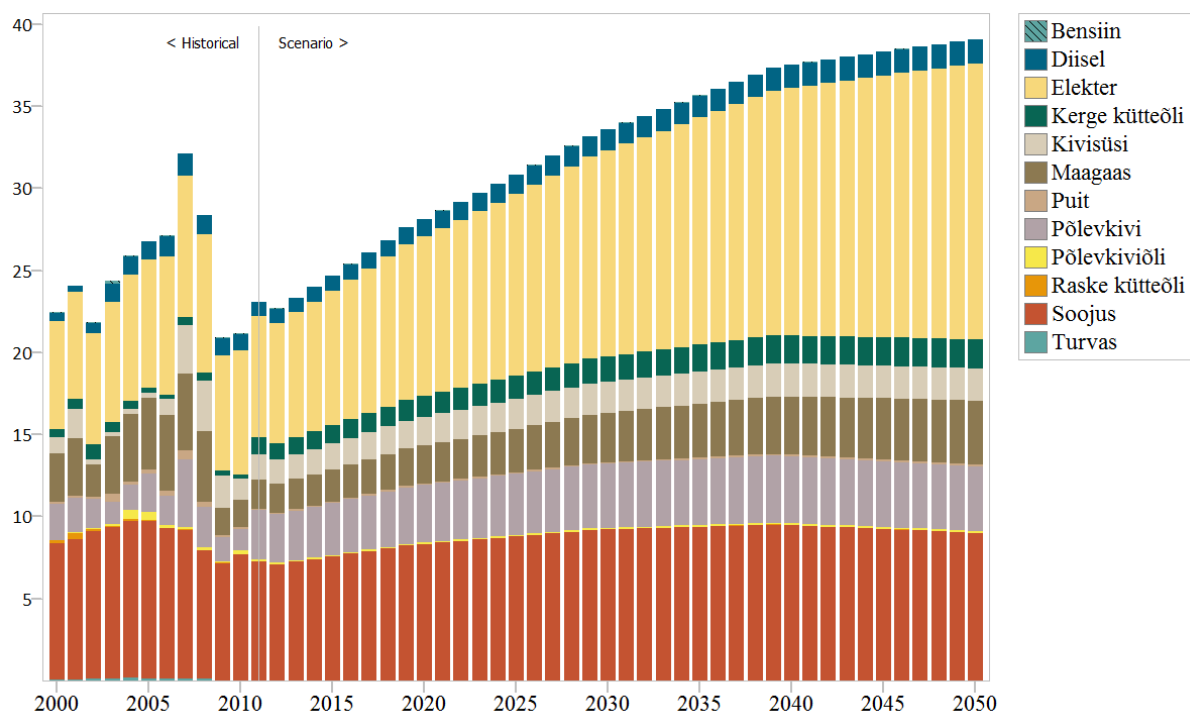
Joonis 102. Energiaallikate osakaalud tööstuse lõpptarbimisest, %.

Allikas: LEAP

HIGH CO2 ja LOW CO2 teenindussektori energia lõpptarbimise prognoosi aluseks on võetud ENMAK-i tarbimise töögrupi aruanne, mille 2050. aasta teeninduse energiatarbe prognoosi põhjal on välja arvatatud energiamahukused ning elektri ja soojuse osakaalud. Ülejäänud kütuste tarbimise prognoosimisel on eeldatud, et nende omavahelised osakaalud jäävad proportsionaalselt samaks.

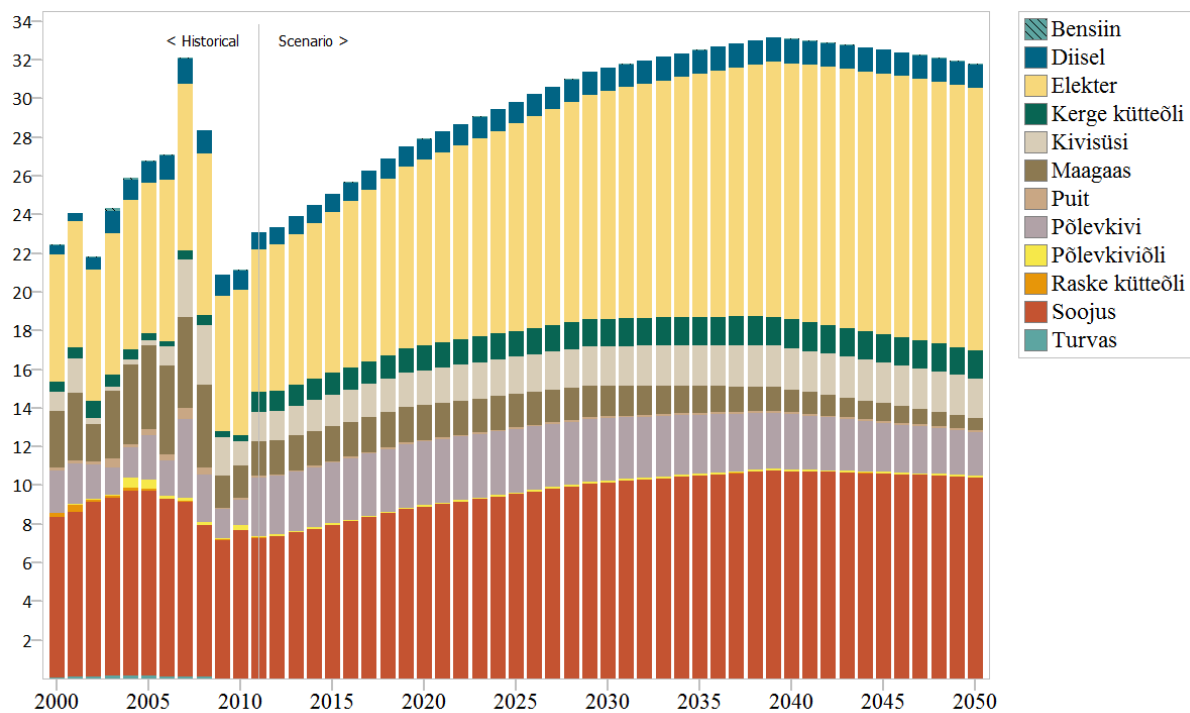
Tabel 121. Tööstuse energiatarbe prognoosandmed. Allikas: LEAP.

	2000	2011	2050		
	BAU	BAU	BAU	HIGH CO2	LOW CO2
Energiamahukus, MJ/€	10,2	4,0	3,0	2,4	1,8
Elektri osakaal tarbimises, %	29,3	32,1	43,0	42,8	41,5
Soojuse osakaal tarbimises, %	37,1	31,5	23,0	32,7	37,0



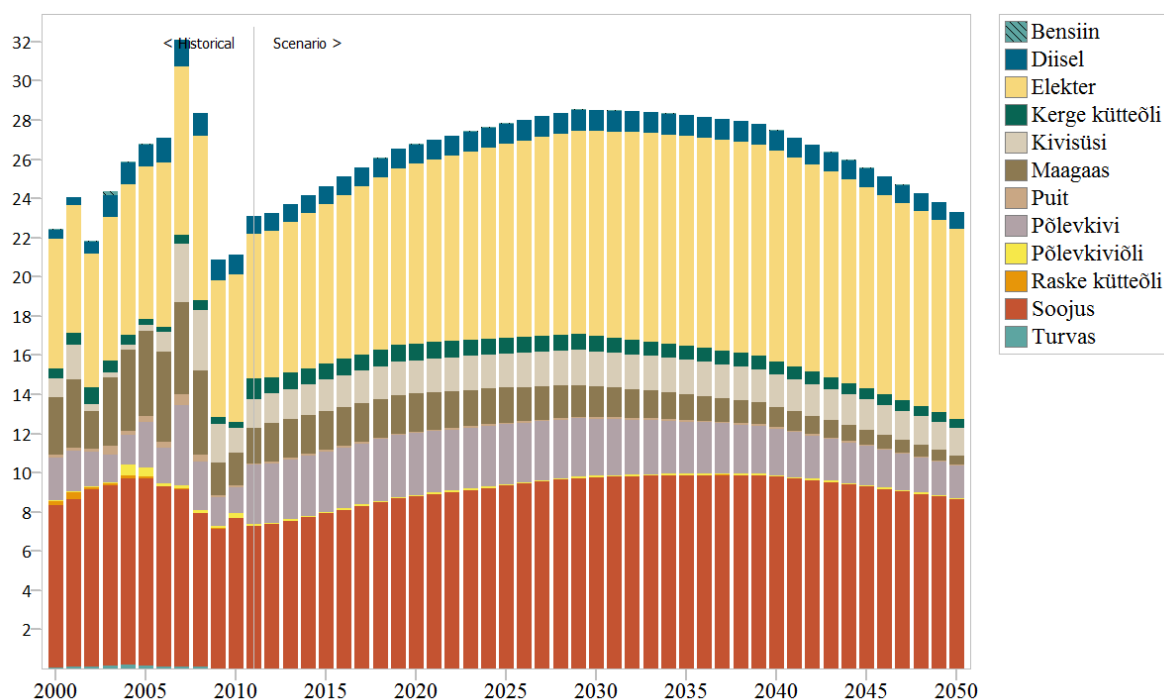
Joonis 103. BAU stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos tööstussektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 104. HIGH CO2 stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos tööstussektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 105. LOW CO2 stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos tööstussektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

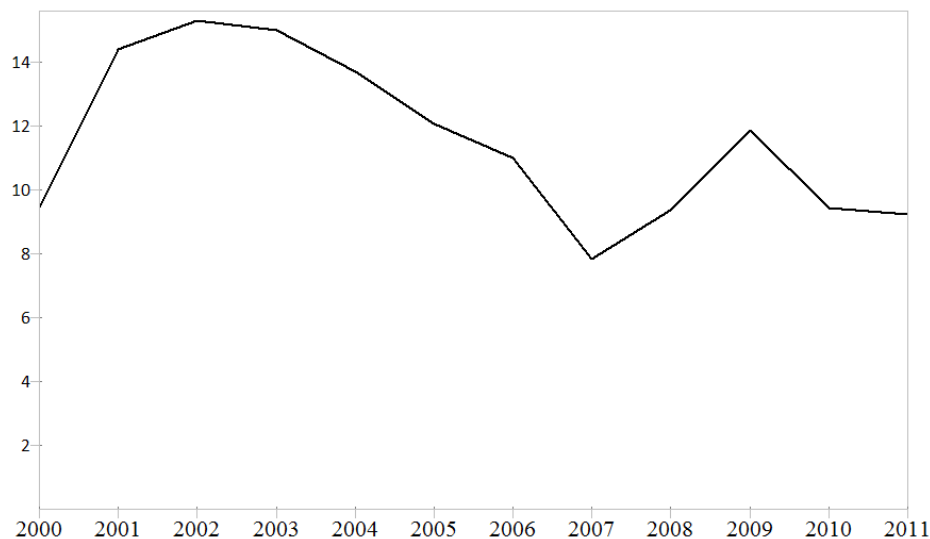
Põllumajandus

Energia lõpptarbimise modelleerimiseks põllumajanduses on LEAP mudelisse sisestatud energia lõpptarbimine ning määratud iga aasta kohta kütuste osakaalud vastavalt statistilistele andmetele (vt tabel 122). Seejuures arvutab LEAP välja põllumajanduse energiamahukuse, mis leitakse, kui jagada energia lõpptarbimine põllumajanduses sektori SKP-ga (vt joonis 106).

Tabel 122. Energia lõpptarbimine põllumajanduses, TJ. Allikas: Eesti Statistikaamet.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Autobensiin	38	43	56	104	131	17	12	24	4	5	10	16
Diislikütus	575	382	1215	1892	1939	1762	1823	1947	1841	2247	2416	2630
Elektrienergia	791	720	712	750	798	793	784	704	684	633	679	728
Kerge kütteõli	495	2366	1899	1317	1036	940	672	635	702	288	242	629
Kivisüsi	5	4	3	2	4	6	1	26	0	0	0	1
Maagaas	18	0	2	18	9	30	6	45	49	44	47	75
Puit	124	135	29	64	73	121	292	27	30	53	34	22
Põlevkivi	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
Põlevkiviõli	7	0	4	3	34	18	5	9	54	46	36	73
Raske kütteõli	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Soojus	422	504	458	468	460	479	435	442	419	429	446	401
Turvas	8	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0

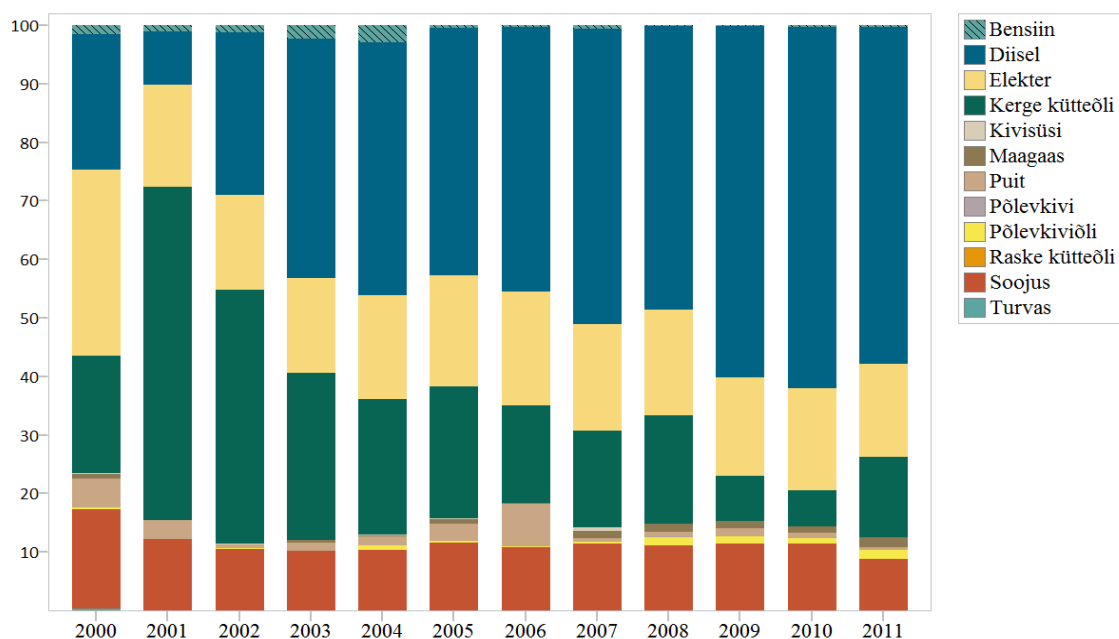
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Kokku	2483	4154	4379	4620	4486	4166	4030	3859	3791	3745	3910	4575



Joonis 106. Põllumajanduse lõpptarbimise energiamahukus, MJ/€.

Allikas: LEAP

Perioodil 2000–2011 on põllumajanduse energiamahukus kõikunud vahemikus 7,82–15,3 MJ/€. Sektori energiatarbest moodustavad 30% elekter ja soojus. Kütustest on suurima osakaaluga diiselkütus, moodustades kuni 60% kogu sektori energiatarbimisest. 2000. aasta kütuste osakaalud on järgnevatest aastatest erinevad, kuna 2001. aastal tõusis põllumajanduse lõpptarbimine võrreldes eelneva aastaga 70%. Pärast 2001. aastat on ainsaks märgatavaks muutuseks kütuste osakaalus kerge kütteõli asendumine diiselkütusega (vt joonis 107).



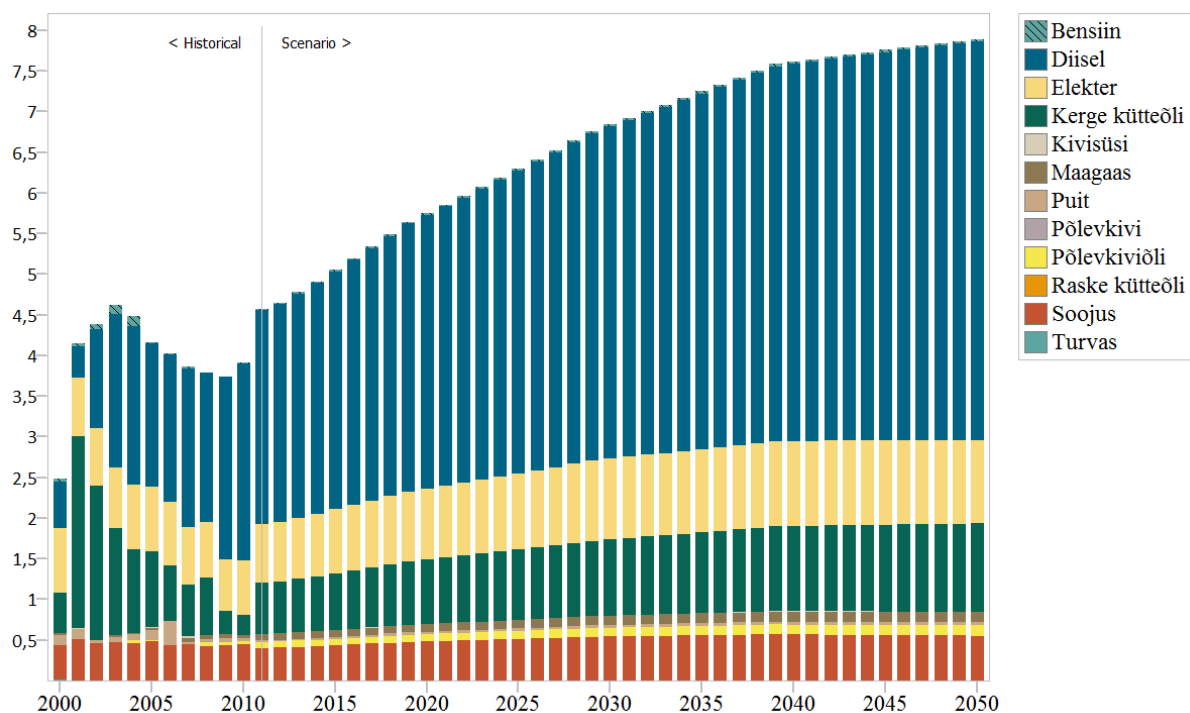
Joonis 107. Energiaallikate osakaalud põllumajanduse lõpptarbimises, %.

Allikas: LEAP

Prognoside aluseks on perioodi 2001–2011 andmed. BAU stsenaariumi põllumajanduse energia lõpptarbimise prognoosiks on eeldatud, et põllumajanduse energiamahukuse väheneb 2050. aastaks tasemeni 7,0 MJ/€, elektri osakaal väheneb 13%-ni ja soojuse osakaal 7%-ni (vt tabel 123). HIGH CO2 ja LOW CO2 põllumajanduse energia lõpptarbimise prognoosideks on aluseks võetud ENMAK-i tarbimise töögrupi prognoosist tööstuse andmed, kuna tööstus ja põllumajanduse sektoreid analüüsiti seal koos. 2050. aasta tööstuse energiatarbe põhjal on välja arvatud energiamahukused ning elektri ja soojuse osakaalud eeldusel, et põllumajanduse tarbimise osakaal jääb samaks. Nende eelduste kohaselt saavutab põllumajanduse energiamahukus 2050. aastaks HIGH CO2 stsenaariumis taseme 4,57 MJ/€ ja LOW CO2 stsenaariumis 3,13 MJ/€ (vt tabel 123).

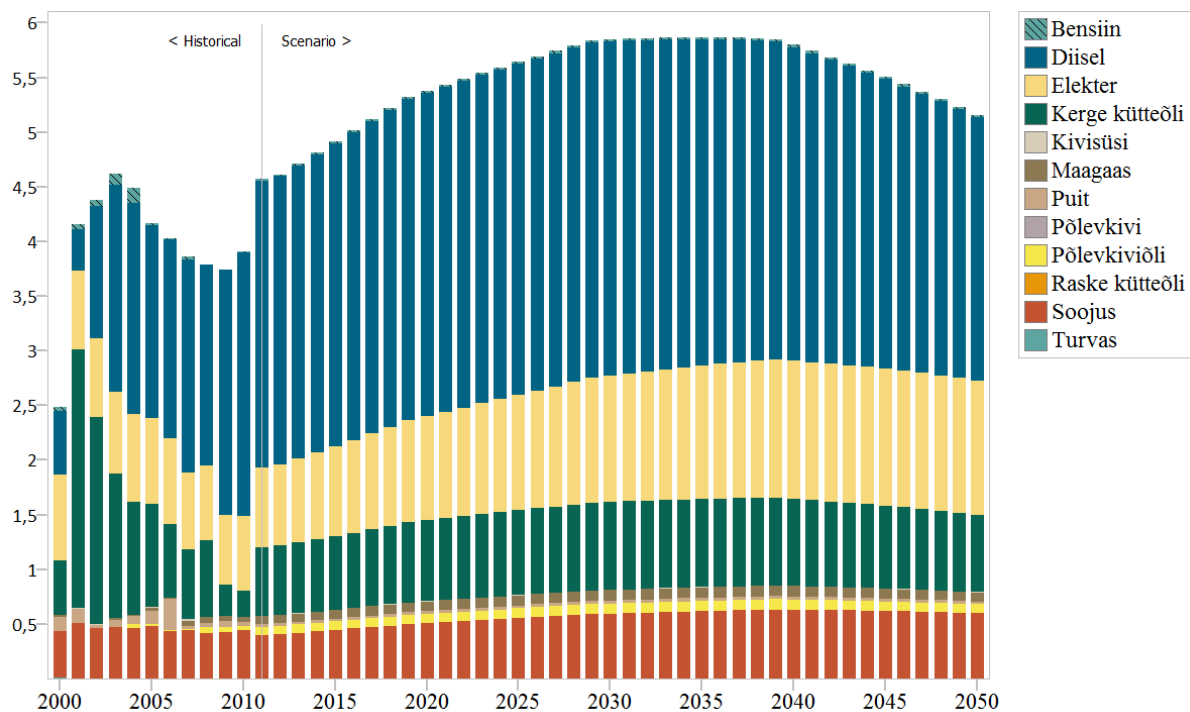
Tabel 123. Põllumajanduse energiatarbe prognoosandmed. Allikas: LEAP.

	2001	2011	2050		
	BAU	BAU	BAU	HIGH CO2	LOW CO2
Energiamahukus, MJ/€	14,4	9,23	7,0	4,57	3,13
Elektri osakaal tarbimises, %	17,3	15,9	13,0	23,8	24,7
Soojuse osakaal tarbimises, %	12,1	8,8	7,0	11,6	14,0



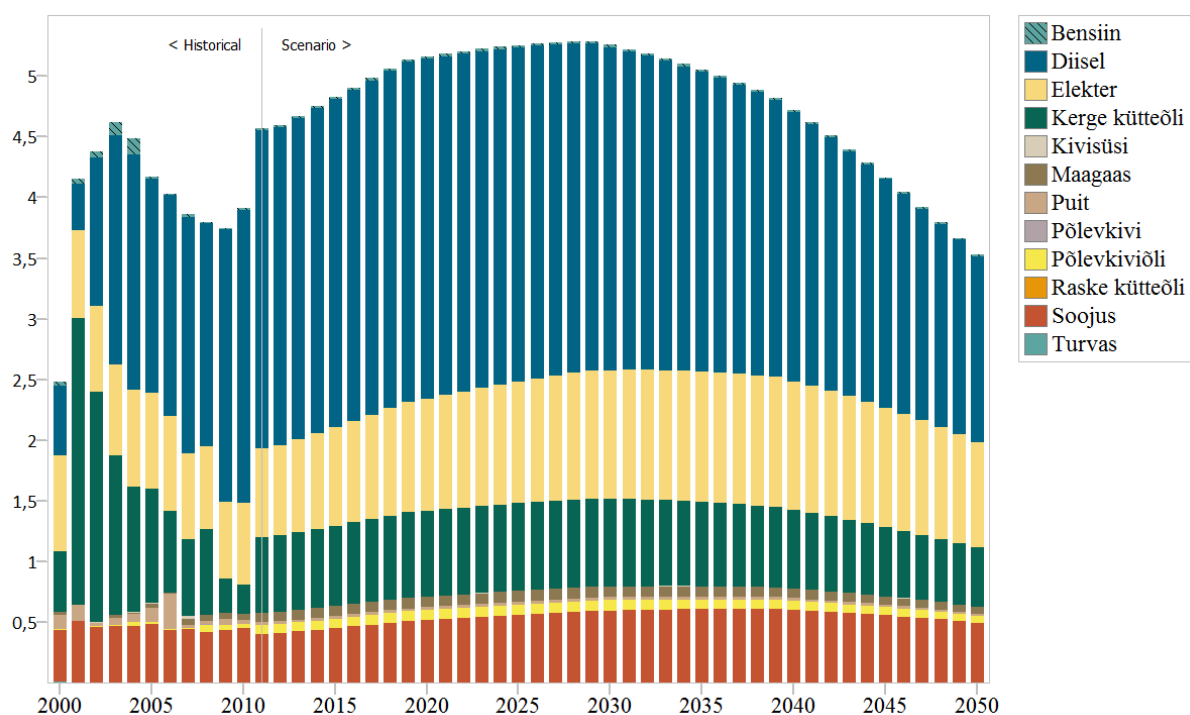
Joonis 108. BAU stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos põllumajanduses, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 109. HIGH CO2 stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos põllumajanduses, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 110. LOW CO2 stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos põllumajanduses, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

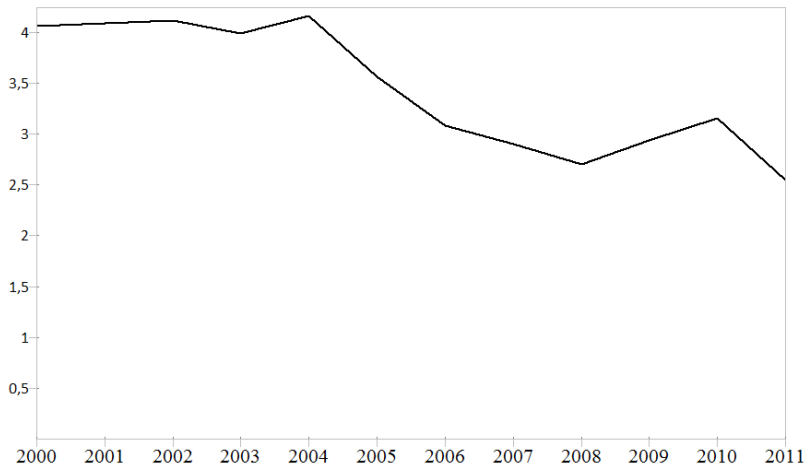
Teenindus ja avalik sektor

Energia lõpptarbimise modelleerimiseks kaubandussektoris on LEAP mudelisse sisestatud sektori energia lõpptarbimine ning määratletud iga aasta kohta kütuste osakaalud vastavalt statistilistele andmetele (vt tabel 124). Võrreldes Eesti Statistikaameti energiabilansi andmetega on teeninduse ja avaliku sektori energiatarbe alt välja jäetud bensiini ja diiselkütuse tarbimine, mida kajastatakse transpordi all. Samas on juurde liidetud transpordi sektorist soojusenergia ja raske kütteõli tarbimine, kuna transpordi all modelleeritakse vaid sõiduvahendites kasutatava kütuse tarbimist.

Tabel 124. Energia lõpptarbimine teenindus- ja avalikus sektoris, TJ. Allikas: Eesti Statistikaamet

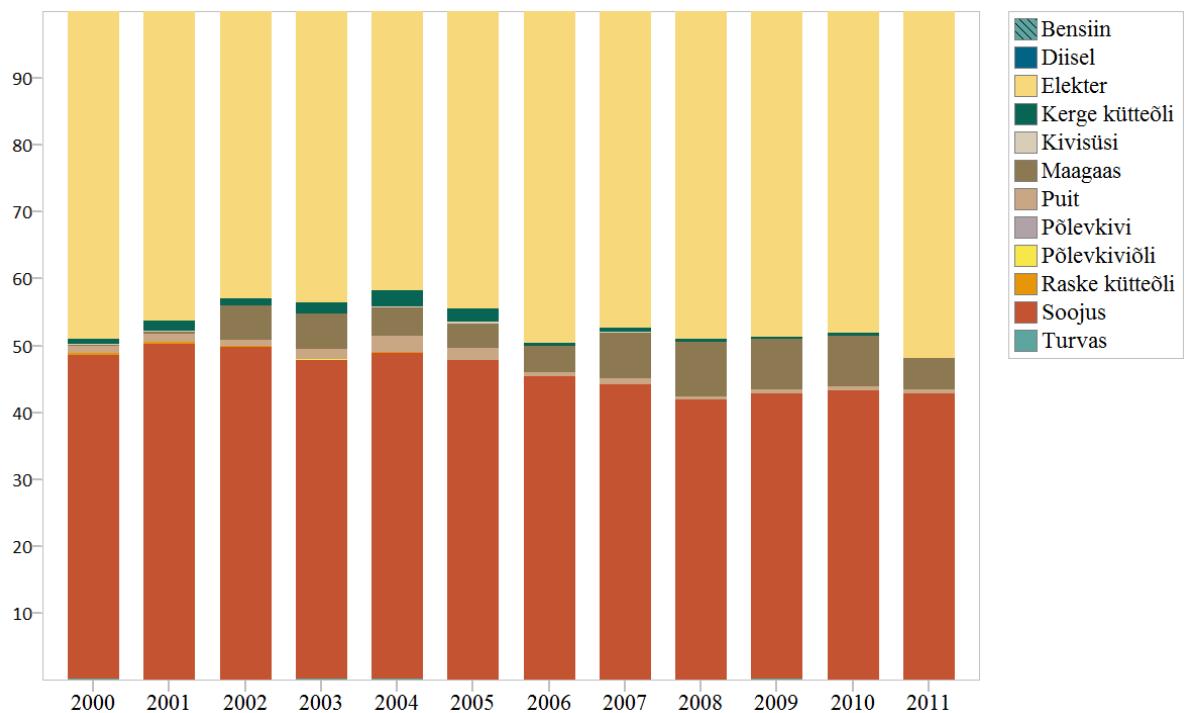
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Elektrienergia	4910	5234	5437	5914	6546	6907	7800	8444	8856	8660	9123	8541
Kerge kütteõli	72	172	122	223	389	284	65	114	65	55	77	0
Kivisüsi	23	15	5	9	21	65	6	19	9	9	11	9
Maagaas	18	39	655	715	656	559	619	1220	1469	1351	1435	771
Puit	108	121	112	216	379	273	76	173	81	107	118	94
Põlevkiviõli	0	0	0	15	15	0	3	0	1	2	2	2
Raske kütteõli	24	40	22	3	10	1	0	0	0	0	7	1
Soojus	4854	5678	6277	6457	7649	7408	7125	7869	7574	7586	8193	7041
Turvas	11	0	9	30	19	6	5	6	2	20	1	6
Kokku	10 020	11 299	12 639	13 582	15 684	15 503	15 699	17 845	18 057	17 790	18 967	16 465

Seejuures arvutab LEAP välja sektori energiamahukuse, mis leitakse, kui jagada energia lõpptarbimine teeninduse ja avaliku sektori SKP-ga (vt joonis 111). Teenindus- ja avaliku sektori lõpptarbimise energiamahukus on langenud perioodil 2000–2011 4,1 MJ/€-ilt 2,5 MJ/€-ini 2011. aastal (vt joonis 111 ja tabel 125). BAU stsenaariumi lõpptarbimise prognoosiks on eeldatud, et energiamahukus väheneb 2050. aasta tasemeni 2,0 MJ/€ ning tarbimine sõltub SKP prognoosist.



Joonis 111. Teenindus- ja avaliku sektori lõpptarbimise energiamahukus, MJ/€.

Allikas: LEAP



Joonis 112. Energiaallikate osakaalud teenindus- ja avaliku sektori lõpptarbimises, %.

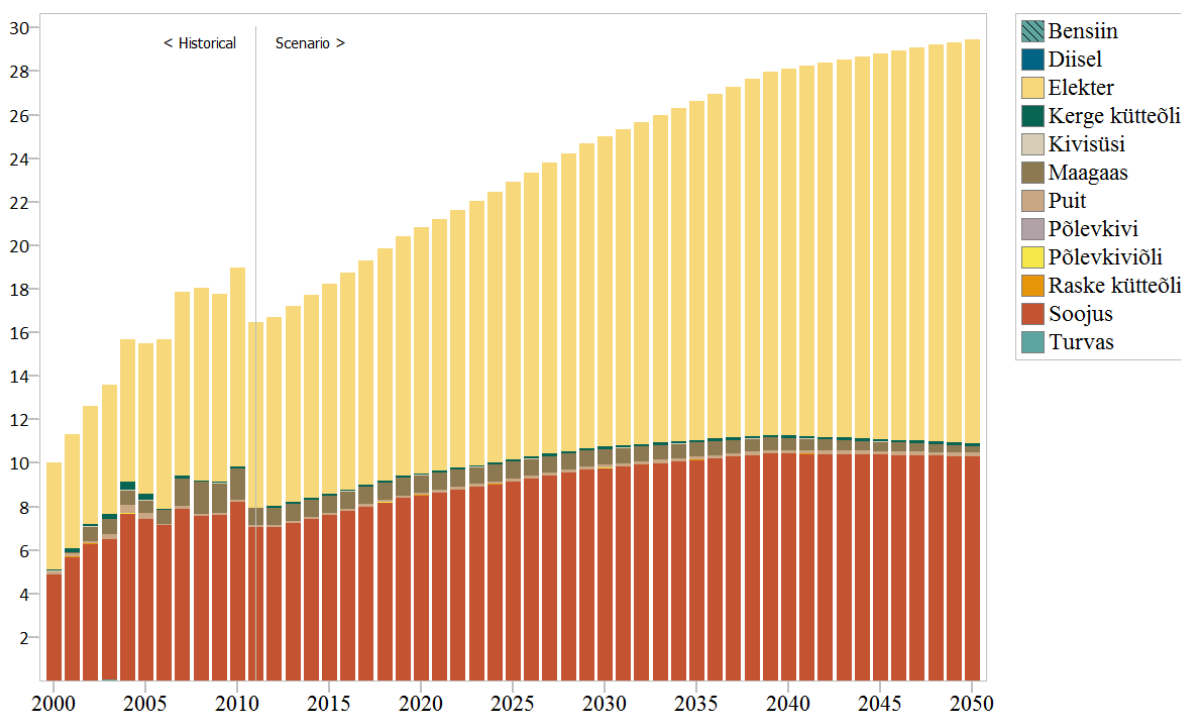
Allikas: LEAP

Samuti on prognoositud kütuste osakaalude muutust teenindussektori lõpptarbimises. Sektori energiatarbest moodustavad 90–95% elekter ja soojus. Perioodil 2000–2011 on elektrienergia osakaal kasvanud 49%-lt 52%-ni ja soojuste osakaal vähenenud 48%-lt 43%-ni (vt joonis 112). BAU stsenaariumis on eeldatud, et elektri osakaal kasvab vastavalt ajaloolise perioodi põhjal saadud trendile 2050. aastaks 63%-ni ning soojuste osakaal väheneb 35%-ni.

HIGH CO2 ja LOW CO2 stsenaariumi teenindussektori energia lõpptarbimise prognoosi aluseks on ENMAK-i tarbimise töögrupi aruanne, mille 2050. aasta teeninduse energiatarbe põhjal on välja arvatud energiamahukused ning elektri ja soojuste osakaalud. Nende eelduste kohaselt saavutab teenindussektori energiamahukus 2050. aastaks HIGH CO2 stsenaariumis taseme 1,08 MJ/€ ja LOW CO2 stsenaariumis 0,77 MJ/€ (vt tabel 125). Ülejäänud kütuste tarbimise prognoosimisel on eeldatud, et nende omavahelised osakaalud jäävad proportsionaalselt samaks.

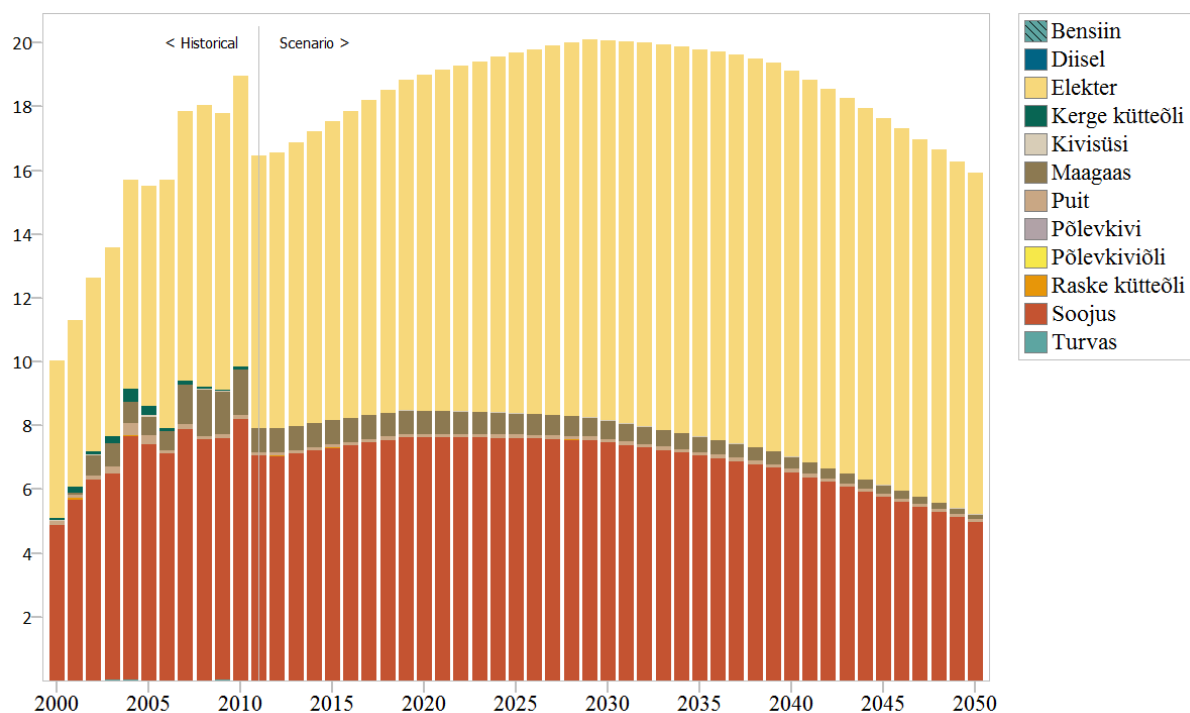
Tabel 125. Teenindus- ja avaliku sektori energiatarbe prognoosandmed. Allikas: LEAP

	2000	2011	2050		
	BAU	BAU	BAU	HIGH CO2	LOW CO2
Energiamahukus, MJ/€	4,06	2,54	2,00	1,08	0,77
Elektri osakaal tarbimises, %	49,0	51,9	63,0	67,2	77,1
Soojuste osakaal tarbimises, %	48,4	42,8	34,9	31,1	21,8



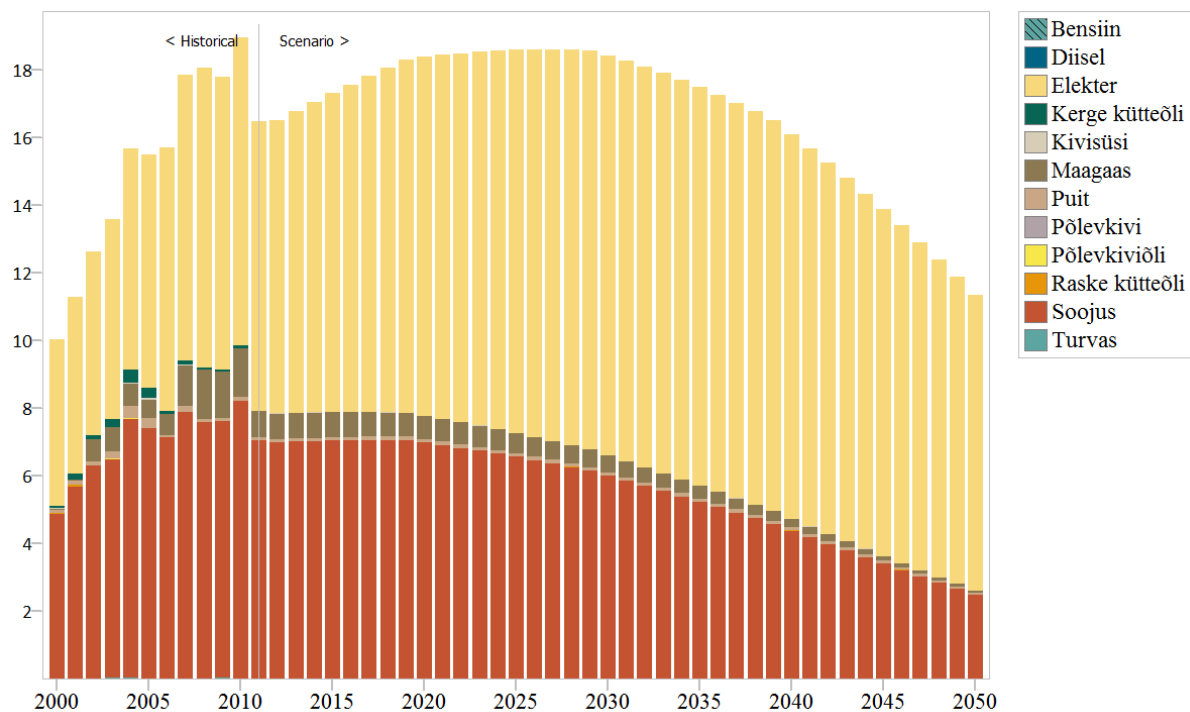
Joonis 113. BAU stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos teenindussektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 114. HIGH CO2 stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos teenindussektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 115. LOW CO2 stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos teenindussektoris, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

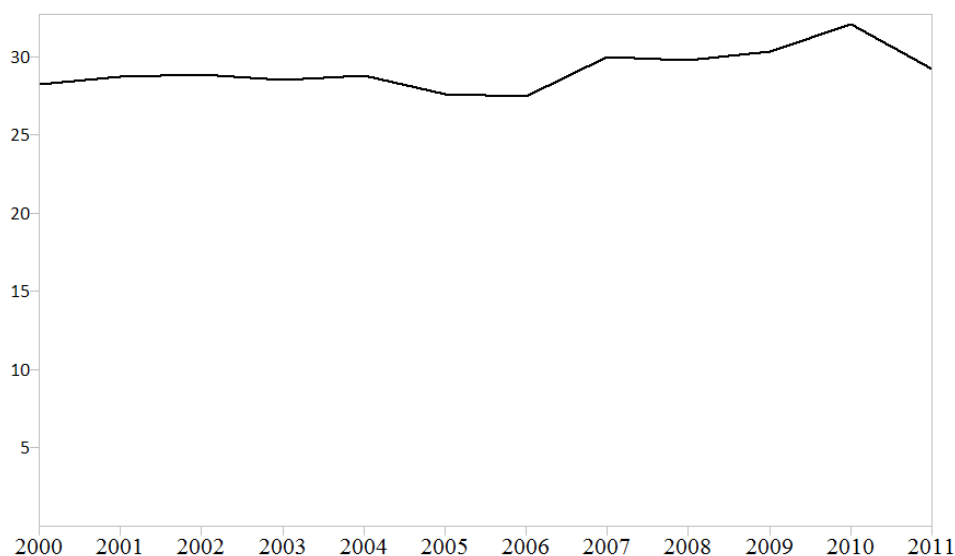
Kodumajapidamised

Energia lõpptarbimise modelleerimiseks kodumajapidamistes on LEAP mudelisse sisestatud sektori energia lõpptarbimine ning määratletud iga aasta kohta kütuste osakaalud kütuste lõikes vastavalt statistilistele andmetele (vt tabel 126). Võrreldes Eesti Statistikaameti energiabilansi andmetega on kodumajapidamiste energiatarbe alt maha arvestatud bensiini ja diiselkütuse tarbimine, mida kajastatakse transpordi all. Seejuures arvutab LEAP välja kodutarbijate energiamahukuse, mis leitakse, kui jagada energia lõpptarbimine kodumajapidamistes elanike arvuga (vt joonis 116).

Tabel 126. Energia lõpptarbimine kodumajapidamistes, TJ. Allikas: Eesti Statistikaamet.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Elektrienergia	5278	5707	5702	5737	5824	5833	6029	6382	6641	6783	7283	6962
Kerge kütteõli	592	258	531	445	270	258	278	232	303	216	169	224
Kivisüsi	772	674	805	510	891	771	622	271	233	197	209	284
Maagaas	2019	2037	1757	1685	1775	1981	2026	2140	2210	2257	2463	2289
Puit	13 888	13 639	13 685	14 400	14 334	12 342	12 107	15 862	16 260	17 219	17 701	15 263
Põlevkivi	6	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
Põlevkiviõli	0	0	1	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Soojus	15 752	16 621	16 465	15 623	15 551	15 801	15 643	15 174	13 979	13 842	14 972	13 928
Turvas	447	268	286	251	190	202	146	175	246	116	151	178
Kokku	38 754	39 204	39 232	38 651	38 842	37 188	36 865	40 236	39 872	40 630	42 948	39 128

Kodumajapidamiste lõpptarbimise energiamahukus on perioodil 2000–2011 kasvanud 28,2 GJ/in-lt 29,2 GJ/in kohta (vt joonis 116 ja tabel 127). BAU stsenaariumi lõpptarbimise prognoosiks on eeldatud, et energiamahukus kasvab vastavalt ajaloolise perioodi trendile 2050. aastaks tasemeni 32,9 GJ/in ning tarbimine sõltub rahvaarvu prognoosist.



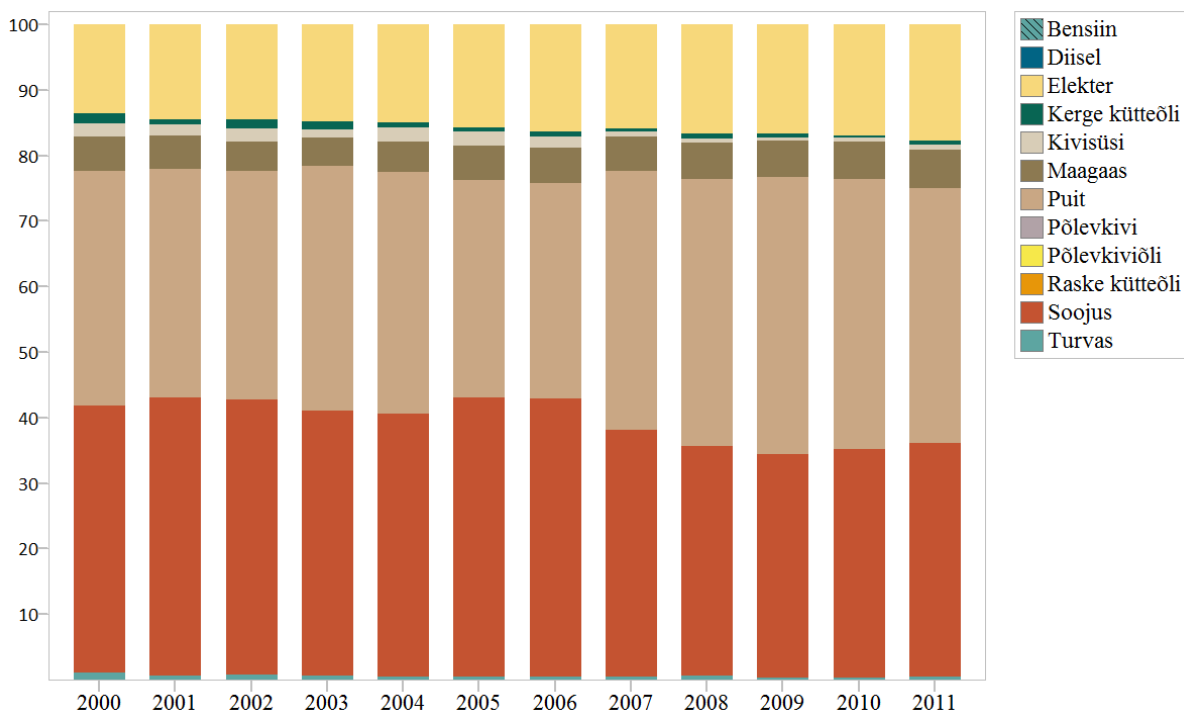
Joonis 116. Kodumajapidamiste lõpptarbimise energiamahukus, GJ/in.

Allikas: LEAP

Tabel 127. Kodumajapidamiste energiatarbe prognoosandmed. Allikas: LEAP.

	2000	2011	2050		
	BAU	BAU	BAU	HIGH CO2	LOW CO2
Energiamahukus, GJ/in	28,2	29,2	32,9	29,1	19,8
Elektri osakaal tarbimises, %	13,6	17,8	33,0	36,1	29,1
Soojuse osakaal tarbimises, %	40,6	35,6	19,0	30,0	35,0
Puidu osakaal tarbimises, %	35,8	39,0	40,4	29,2	35,9

Samuti on prognoositud kütuste osakaalude muutust kodumajapidamiste lõpptarbimises. Sektori energiatarbest moodustavad elekter ja soojus 50–60%. Kütustest on kõige suurem osakaal puidul, mis moodustab 33–40% sektori tarbimisest. Perioodil 2000–2011 on elektrienergia osakaal kasvanud 14%-lt 18%-ni ja soojuse osakaal vähenenud 41%-lt 36%-ni (vt joonis 117). BAU stsenaariumis on eeldatud, et elektri osakaal kasvab vastavalt ajaloolise perioodi põhjal saadud trendile 2050. aastaks 33%-ni ning soojuse osakaal väheneb 19%-ni.

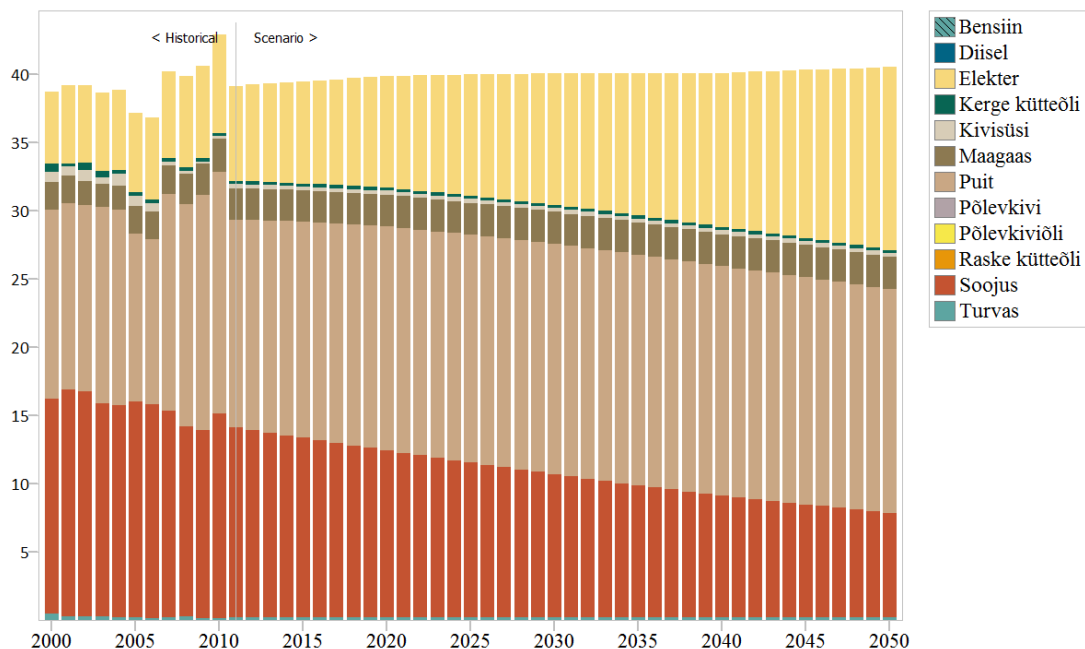


Joonis 117. Energiaallikate osakaalud kodumajapidamiste lõpptarbimises, %.

Allikas: LEAP

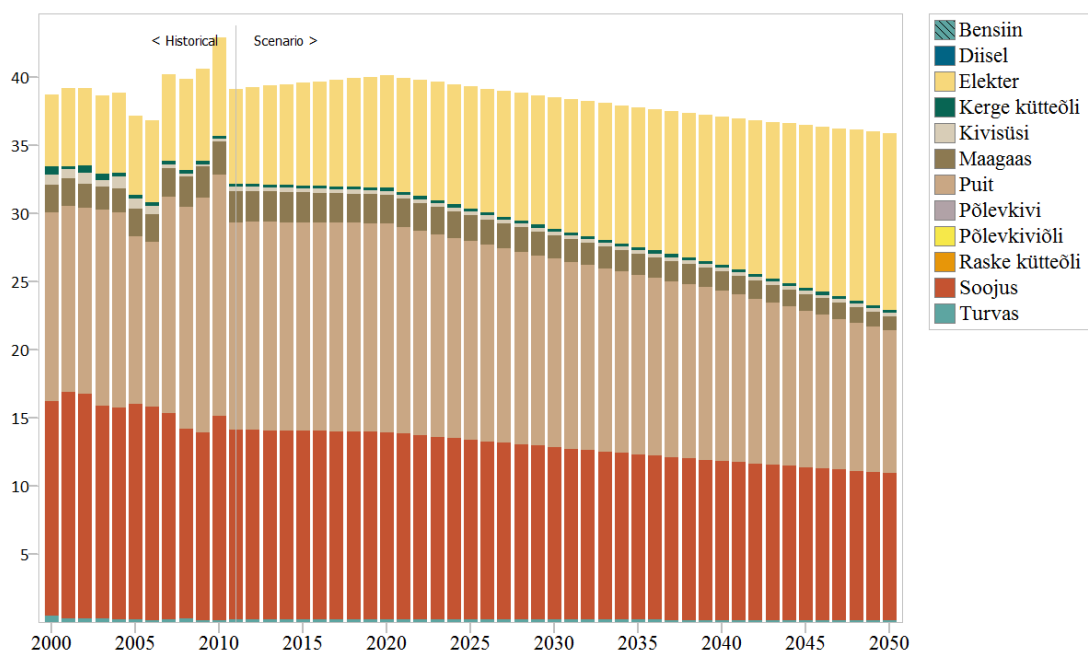
HIGH CO2 ja LOW CO2 stsenaariumi kodumajapidamiste energia lõpptarbimise prognoosi aluseks on ENMAK-i tarbimise töögrupi aruanne, mille 2050. aasta kodumajapidamiste energiatarbe põhjal on välja arvatud energiamahukused ning elektri ja soojuse osakaalud. Nende eelduste kohaselt saavutab kodumajapidamiste energiamahukus 2050. aastaks HIGH CO2 stsenaariumis taseme 29,1 GJ/in ja LOW CO2 stsenaariumis 19,8 GJ/in (vt tabel 127). BAU ja HIGH CO2 stsenaariumides on

ülejäanud kütuste tarbimise prognoosimisel on eeldatud, et nende omavahelised osakaalud jäävad proportsionaalselt samaks. LOW CO2 stsenaariumis on aga eeldatud fossiilsete kütuste (kerge kütteõli, kivisüsi, maagaas ja turvas) asendamist 2040. aastaks elektriga soojuspumpade kasutuselevõtu kaudu.



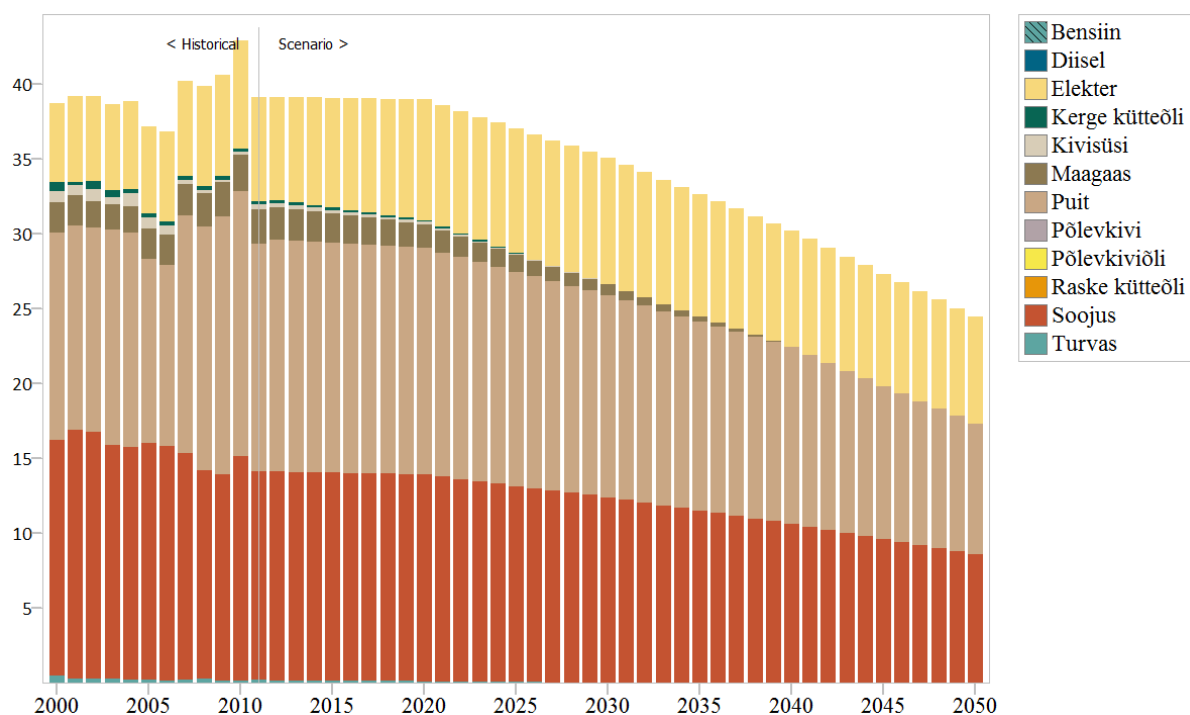
Joonis 118. BAU stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos kodumajapidamistes, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 119. HIGH CO2 stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos kodumajapidamistes, tuhat TJ.

Allikas: LEAP



Joonis 120. LOW CO2 stsenaariumi energia lõpptarbimise prognoos kodumajapidamistes, tuhat TJ.

Allikas: LEAP

Energia muundamine

Energia muundamise osas on LEAP mudelis modelleeritud elektri, soojuse ja põlevkiviõli tootmist.

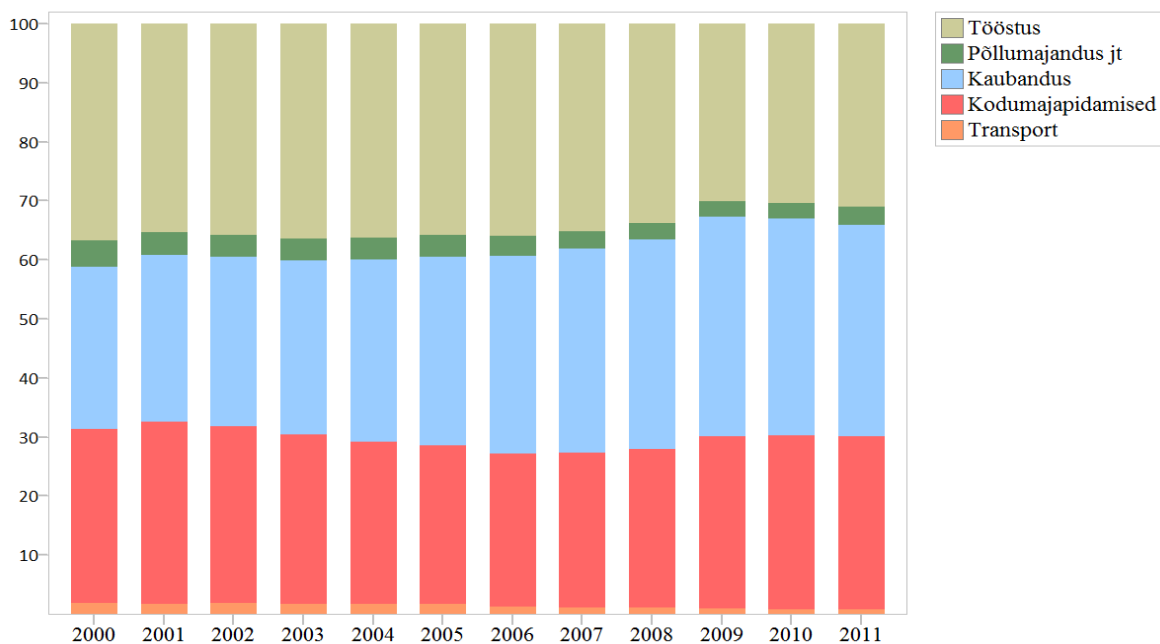
Elektri tootmine

Elektri tootmise modelleerimiseks LEAP mudelis on vajalik määratleda elektri tarbimine, võrgukaod, elektri jaamade omatarve, elektri eksport ja import (vt tabel 128). Elektrienergia tarbimine on LEAP mudelis modelleeritud energia lõpptarbimise all sektorite kaupa ning seetõttu põhineb tarbimise prognoos tööstuse, põllumajanduse, teenindussektori, kodumajapidamiste ja transpordi tarbimise prognoosi eeldustel. Sellele lisandub elektri tarbimine põlevkiviõli rafineerimiseks ja soojuse tootmiseks katlamajades.

Tabel 128. Elektrienergia tarbimine, võrgukaod, omatarve, import ja eksport, GWh. Allikas: Eesti Statistikaamet.

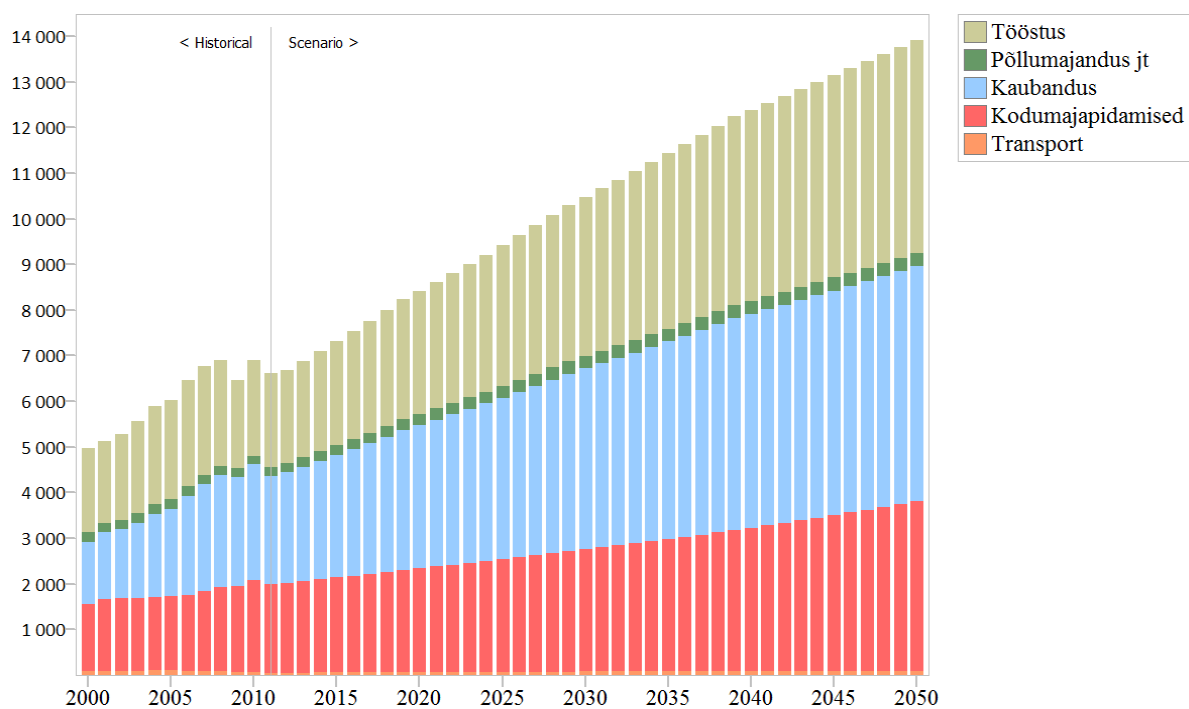
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Tarbimine	5422	5607	5686	6013	6326	6403	6901	7180	7427	7080	7431	7155
Võrgukaod	1249	1367	1263	1193	1120	1106	1080	1361	1131	886	1044	949
Omatarve	933	902	898	1061	1077	1095	1009	1234	1081	896	1235	1224
Import	374	496	412	93	347	345	251	345	1369	3025	1100	1690
Eksport	1303	1118	1102	1989	2141	1953	1100	2765	2310	2943	4354	5252

Sektoritest on elektrienergia tarbimises kõige suurem osakaal tööstusel moodustades 35–39% tarbimisest, teenindussektori osa on olnud 27–34% ning kodumajapidamistel 25–28% (vt joonis 121).



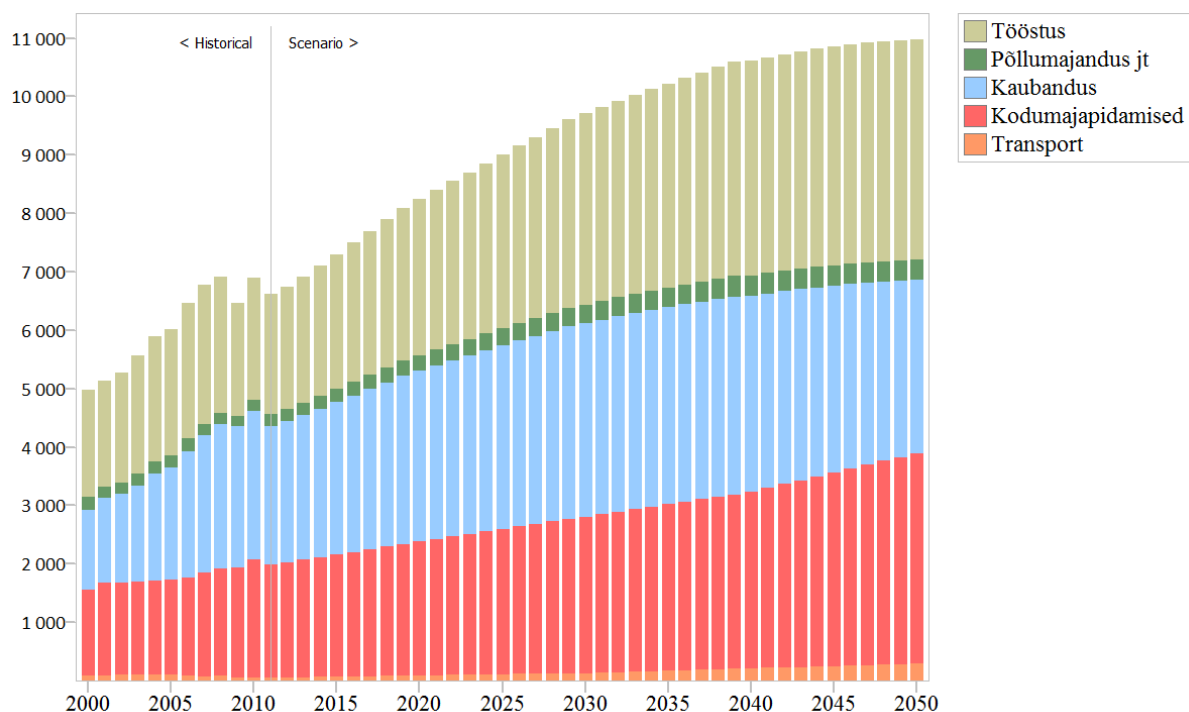
Joonis 121. Sektorite osakaalud elektrienergia tarbimises, %.

Allikas: LEAP



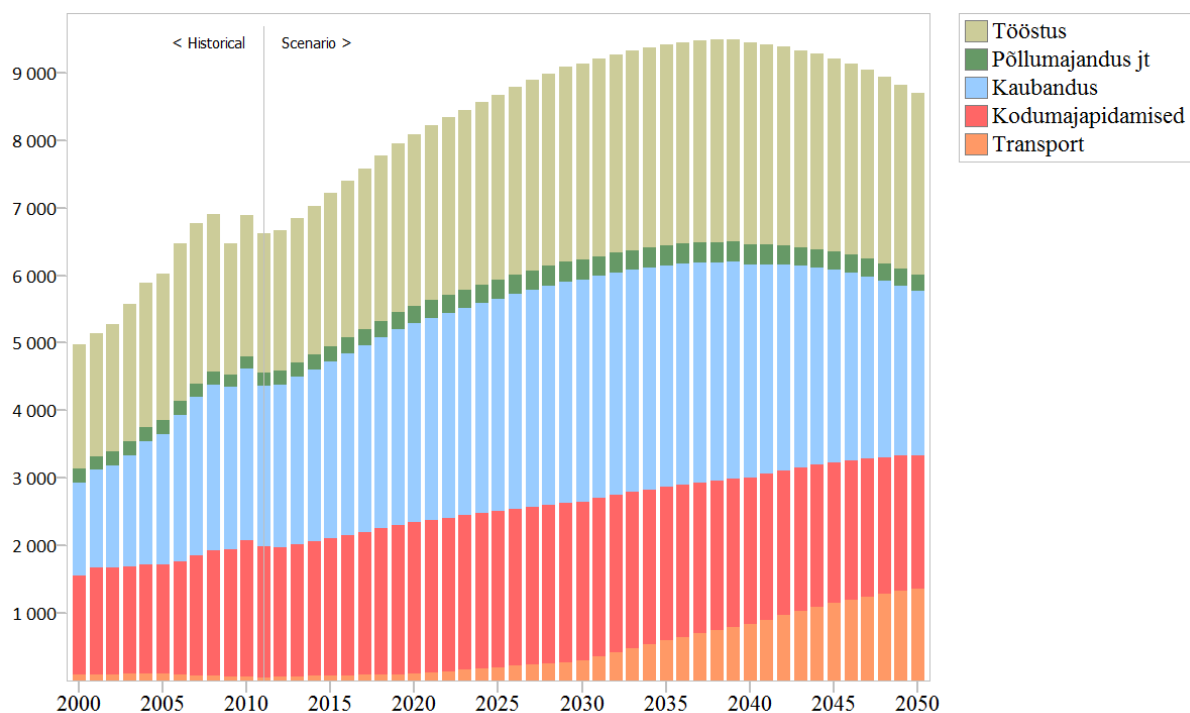
Joonis 122. BAU stsenaariumi elektri tarbimise prognoos, GWh.

Allikas: LEAP



Joonis 123. HIGH CO2 stsenaariumi elektri tarbimine, GWh.

Allikas: LEAP



Joonis 124. LOW CO2 stsenaariumi elektri tarbimine, GWh.

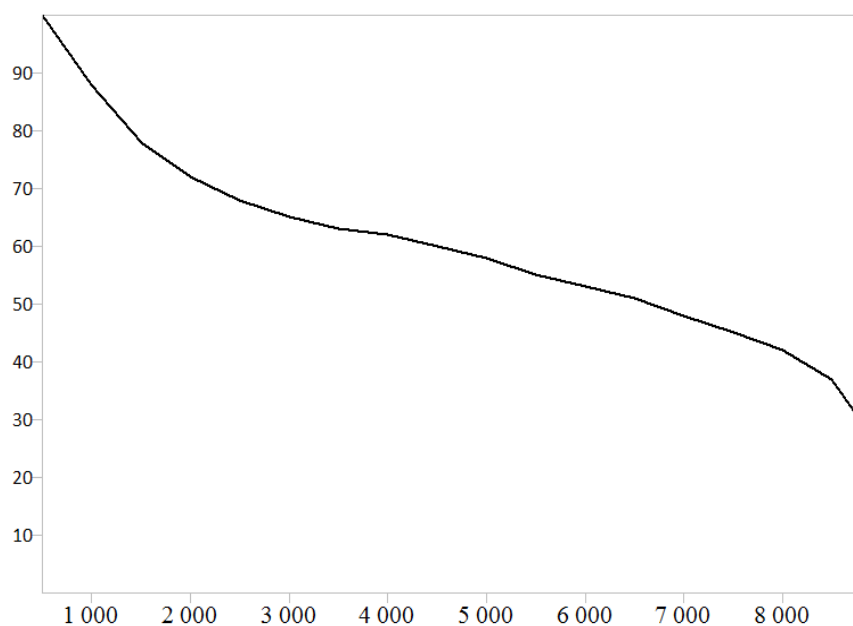
Allikas: LEAP

Andmed võrgukadude ja omatarbe kohta sisestati LEAP mudelisse protsentides. Tabel 128 kajastab sisestatud protsentide põhjal LEAP mudeliga arvutatud võrgukadusid ja omatarvet. Seetõttu ei vasta mudeli poolt arvutatud võrgukaod ja omatarve GWh-des täpselt statistilistele andmetele.

BAU stsenaariumis eeldatakse, et kaod elektrivõrkudes jäävad protsentuaalselt 2011. aasta tasemele. Elektrienergia ekspordi eesmärk on mudelis seatud kuni 2024. aastani 2011. aasta tasemele (5252 GWh) ning seejärel langeb see 1690 GWh-ni, kuna selleks hetkeks on tekkinud Eestis tootmisvõimsuste puudujääk. Elektrienergia import jääb 2011. aasta tasemele (1690 GWh). Elektrienergia omatarve GWh elektri tootmismahu kohta ei muutu, kuid erinevate stsenaariumide puhul sõltub omatarbe kogus toodetud elektrienergia kogusest.

HIGH CO2 ja LOW CO2 stsenaariumis on eeldatud, et kaod elektrivõrkudes vähenevad 2025. aastaks 7%-ni, elektrienergia ekspordi eesmärk mudelis on alates 2013. aastast 1690 GWh aastas ja import 1690 GWh (st eeldatakse, et aasta lõikes on netoeksport 0). Mudelis on eeldatud, et juhul, kui mõnede stsenaariumide puhul tekib elektrienergia puudujääk, siis vajaminev elekter imporditakse ning tulemustes on toodud joonis elektri netoimpordi kohta.

Elektri tootmise simuleerimiseks sisestati LEAP mudelisse ka elektrisüsteemi aastane koormus-kestvusgraafik, mille koostamiseks kasutati Eleringi kodulehelt allalaetavaid tunniandmeid 2011. aastal (vt joonis 125).



Joonis 125. Eesti elektrisüsteemi aastane koormusgraafik mudelis LEAP.

Allikas: LEAP

LEAP mudeli sisendandmeteks elektri toomise modelleerimisel on kõigepealt statistilised andmed perioodi 2000–2011 elektrienergia toodangu kohta (vt tabel 129). Seejuures on põlevkiviõlist, kütteõlidest ja diislikütusest toodetud elektrienergia kogused liidetud põlevkivi tolm-põletustusplokkides toodetud koguse juurde. Eesti Statistikaameti andmebaasides ei ole eraldi välja toodud põlevkivist elektri tootmise koguseid erinevate põletustehnoloogiate lõikes, kuid see on vajalik emissioonide arvutamiseks (emissioonitegurid on erinevad). Seetõttu eeldati, et keevkihtplokkide elektri tootang aastal 2004 on 1500 GWh (töötab vaid üks energiaplokk), aastatel 2005–2009 on 3000 GWh aastas ja 2010–2011 2700 GWh (10% kütusest moodustab puit, mis on modelleeritud eraldi tootmisüksusena), mis vastab 7720 töötunnile maksimaalvõimsusel.

Tabel 129. Elektri tootmise statistilised andmed, GWh. Allikas: LEAP.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Biogaas	0	0	7	6	7	12	12	14	13	31	36	16
Hüdroenergia	5	7	6	13	22	22	14	22	28	32	27	30
Maagaas	560	566	518	505	486	545	541	350	422	107	306	249
Puit	55	22	20	20	24	21	26	22	25	283	406	459
Puit keevkiht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	305
Põlevkivi keevk	0	0	0	0	1500	3000	3000	3000	3000	3000	2700	2700
Põlevkivi tolm	7868	7863	7950	9588	8239	6534	6044	8666	6943	5066	8791	8676
Turvas	19	20	20	20	15	14	16	22	15	62	122	86
Tuuleenergia	0	1	1	6	8	54	76	91	133	195	277	368
Kokku	8507	8479	8522	10 158	10 301	10 202	9729	12 187	10 579	8776	12 965	12 889

Perioodil 2000–2011 lähtub mudel elektriyaamade kütusetarbe, soojuste tootmise ja KHG heitkoguste arvutamisel elektriyaamade elektri tootmismahu statistilistest andmetest. Alates 2012. aastast simuleerib LEAP aga ise elektri tootmist võttes arvesse tootmiseadme võimsust, tootmise kasutegureid, maksimaalset kasutatavustegurit ja talitluse reegleid (vt tabel 130).

Maksimaalne kasutatavustegur tähendab aasta jooksul antud tootmisüksuse maksimaalset võimalikku elektrienergia toodangut, kui see oleks toodetud töötades vaid maksimaalsel võimsusel (väljendatuna protsentides). Maksimaalne kasutatavustegur 100% tähendaks, et tootmiseadmel on võimalik töötada maksimaalvõimsusel aastaringelt, 8760 tundi aastas. 80% kasutatavustegur tähendab töötamist maksimumvõimsusel 7000 tundi aastas ning 28,5% 2500 tundi aastas.

Tootmise optimeerimiseks on kasutatud kombineeritud reeglit, kus mõned tootmisüksused, nagu biogaasijaamad, hüdroelektriyaamad, elektrituulikud, koostootmisjaamad puudel ja turbal ning põlevkivi keevkihtpõletusplokid töötavad maksimaalsel võimsusel võttes arvesse kasutatavustegurit. Teisi tootmisüksusi, nagu maagaasil elektriyaamad ja põlevkivi tolmpõletusplokke kasutatakse koormusgraafiku täitmata jäänud osade katmiseks.

Tabel 130. Elektri tootmiseadmete tehniliste andmete eeldused.

	Elektri tootmise kasutegur, %	Soojuste tootmise kasutegur, %	Kasutegur kokku, %	Maksimaalne kasutatavustegur, %	Koormusgraafiku täitmise prioriteet	Talitluse reegel
Biogaas	43	45	88	90	1	Täiskoormusel
Gaasiturbiinid maagaasil ja põlevkiviõlil	40	0	40	30		Prioriteetid
Hüdroenergia	100	0	100	75	1	Täiskoormusel
Maagaas	22	65	87	50	2	Prioriteetid
Prügi	30	60	90	80	1	Täiskoormusel
Puit ja turvas	30	60	90	80	1	Täiskoormusel
Põlevkivi tolmpõletus	29	0	29	91,3	1	Prioriteetid
Põlevkivi tolmpõletus väävlifiltritega	29	0	29	74,2	1	Prioriteetid
Põlevkivi keevkiht	36	20	56	91,3	1	Täiskoormusel
Päikeseenergia	100	0	100	10		Täiskoormusel
Tuuleenergia	100	0	100	28,5	2	Täiskoormusel
Tuumajaam	33	0	33	90	1	Täiskoormusel

Allikas: LEAP

Tootmiseadmete tehnilistes andmetes suuri muudatusi ette ei nähtud, v.a rajatavate keevkihtpõletusplokkide elektriline kasutegur on 41% ning et põlevkivi tolmpõletusplokkide maksimaalne kasutatavustegur perioodil 2016–2023 on 25%. Elektri tootmisvõimsuste muutused vastavad prognoositabelites (vt tabel 131, tabel 132, tabel 133 ja tabel 134) toodud andmetele. Seejuures on tootmisvõimsuste hulgast välja jäetud generaatorgaasil, põlevkivi uttegaasil elektriyaamad ja avariielektriyaam.

Tabel 131. BAU stsenaariumi elektri jaamade installeeritud elektri netovõimsuste prognoos, MW.

	2012	2013–2015	2016–2023	2024–2029	2030–2050
Biogaasil koostootmine	5	11	11	11	11
Gaasiturbiin maagaasil	0	200->400	400	400	400
Gaasiturbiin põlevkiviõlil	0	0	200->500	500	500
Hüdroenergia	5	5	5	5	5
Maagaasil koostootmine	123	123	123	123	123
Prügipõletus koostootmine	0	17	17	17	17
Puidul ja turbal koostootmine	65	85->110	110	110	110
Põlevkivi tolmpõletus	1671	661	661	0	0
Põlevkivi tolmpõletus väävlifiltritiga	0	674	674	674	0
Põlevkivi keevkiht (põlevkivi+puit)	386	386	656->926	926	926
Päikeseenergia	0	0	0	0	0
Tuuleenergia	258	300->500	600->900	900	900
Tuumajaam	0	0	0	0	600

Tabel 132. HIGH CO2 stsenaariumi elektri jaamade installeeritud elektri netovõimsuste prognoos, MW.

	2012	2013–2015	2016–2023	2024–2029	2030–2050
Biogaasil koostootmine	5	11->16	19->51	58->93	100->140
Hüdroenergia	5	5	5	5	5
Maagaasil koostootmine	123	123	123	123	123
Prügipõletus koostootmine	0	17	17	17	17
Puidul ja turbal koostootmine	65	85->90	90->100	100->260	300
Põlevkivi tolmpõletus	1671	661	661	0	0
Põlevkivi tolmpõletus väävlifiltritiga	0	674	674	674	0
Põlevkivi keevkiht (põlevkivi+puit)	386	386	656	656	656
Päikeseenergia	0	1	5	8	10->100
Tuuleenergia	258	300->350	350->470	480->820	900->1700

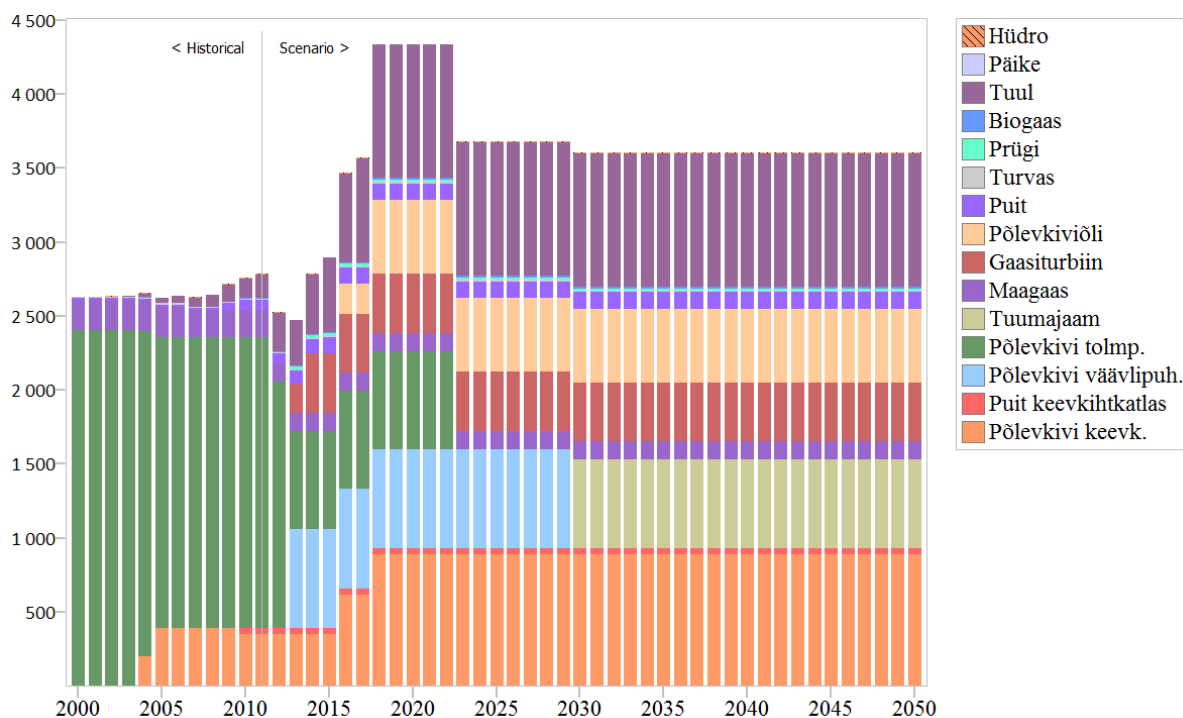
Tabel 133. LOW CO2 stsenaariumi elektri jaamade installeeritud elektri netovõimsuste prognoos, MW.

	2012	2013–2015	2016–2023	2024–2029	2030–2050
Biogaasil koostootmine	5	11->22	28->65	70->95	100->140
Hüdroenergia	5	5	5	5	5
Maagaasil koostootmine	123	123	123	123	123->0
Prügipõletus koostootmine	0	17	17->28	28	28
Puidul ja turbal koostootmine	65	85->110	115->190	200->250	250
Põlevkivi tolmpõletus	1671	661	661	0	0
Põlevkivi tolmpõletus väävlifiltritiga	0	674	674	674	0
Põlevkivi keevkiht (põlevkivi+puit)	386	386	656	656	656->0

	2012	2013–2015	2016–2023	2024–2029	2030–2050
Päikeseenergia	0	5	11->31	33->47	50->500
Tuuleenergia	258	300->380	430->730	780-1000	1500->2200

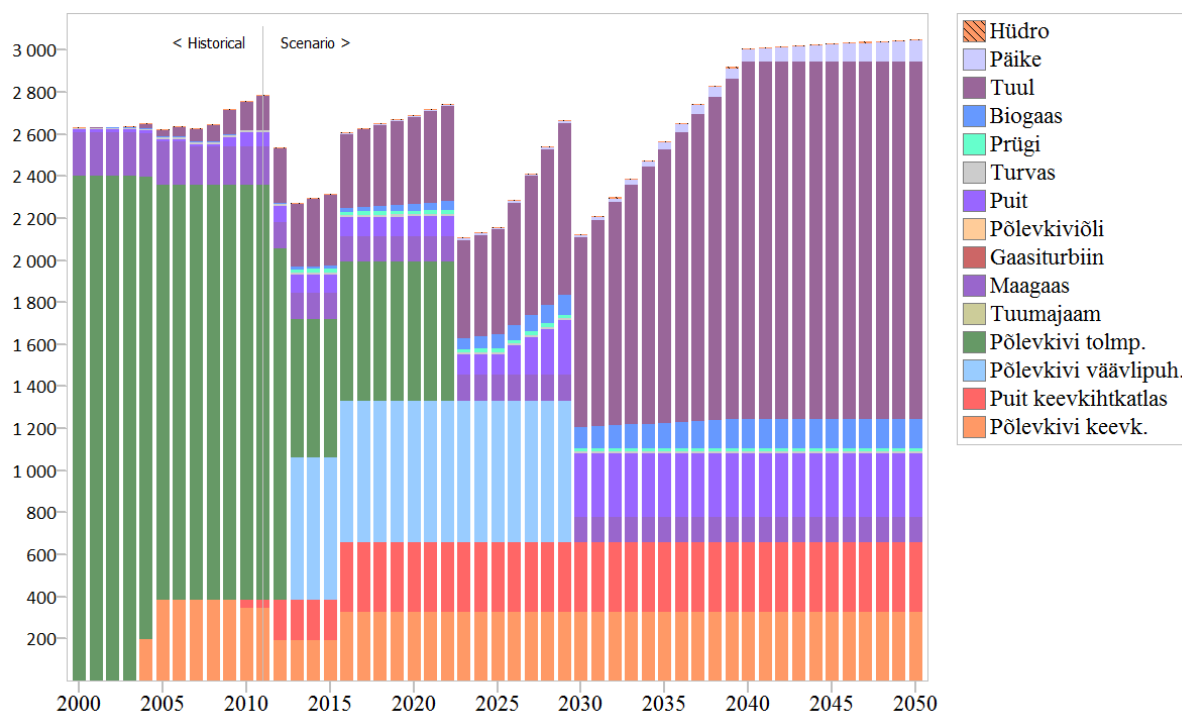
Tabel 134. LOW W stsenaariumi elektri jaamade installeeritud elektri netovõimsuste prognoos, MW.

	2012	2013–2015	2016–2023	2024–2029	2030–2050
Biogaasil koostootmine	5	11->22	28->65	70->95	100->140
Hüdroenergia	5	5	5	5	5
Maagaasil koostootmine	123	123	123	123	123->0
Prüügi põletus koostootmine	0	17	17->28	28	28
Puidul ja turbal koostootmine	65	85->110	105->150	160->190	200
Põlevkivi tolmpõletus	1671	661	661	0	0
Põlevkivi tolmpõletus väävlifiltritega	0	674	674	674	0
Põlevkivi keevkiht (põlevkivi+puit)	386	386	656	656	656
Päikeseenergia	0	5	11->31	33->47	50->100
Tuuleenergia	258	300->500	600->1000	1000	1000



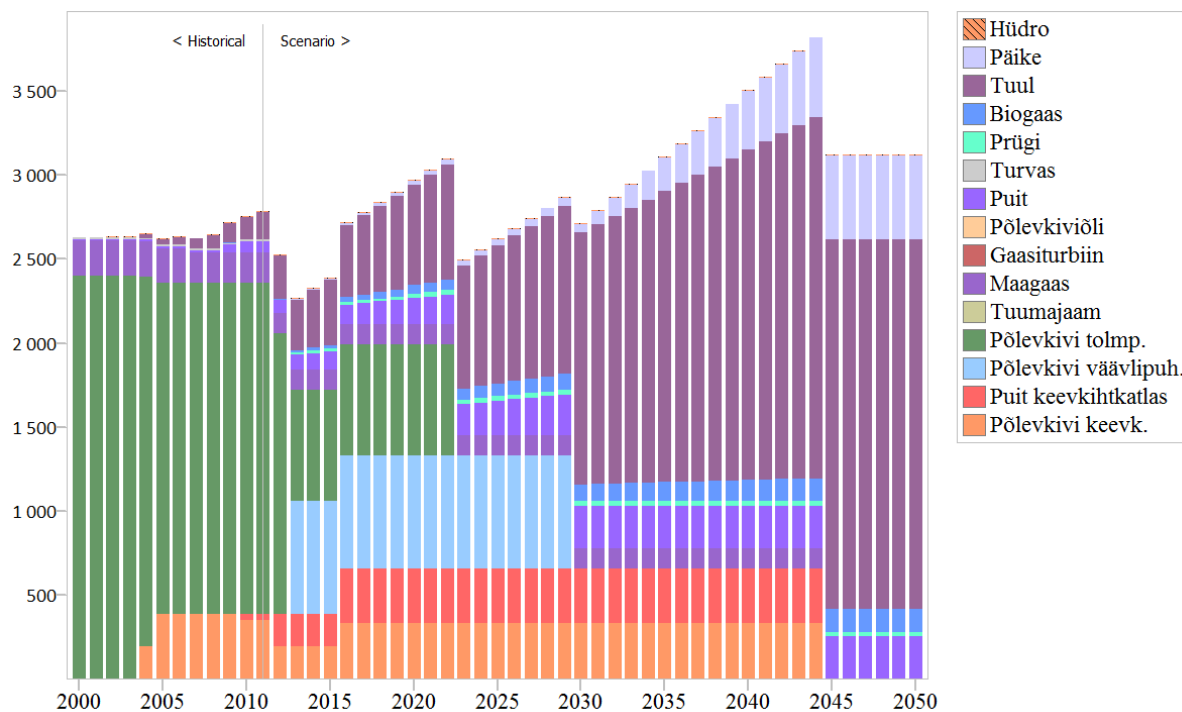
Joonis 126. BAU stsenaariumi elektri tootmisvõimsused, MW.

Allikas: LEAP



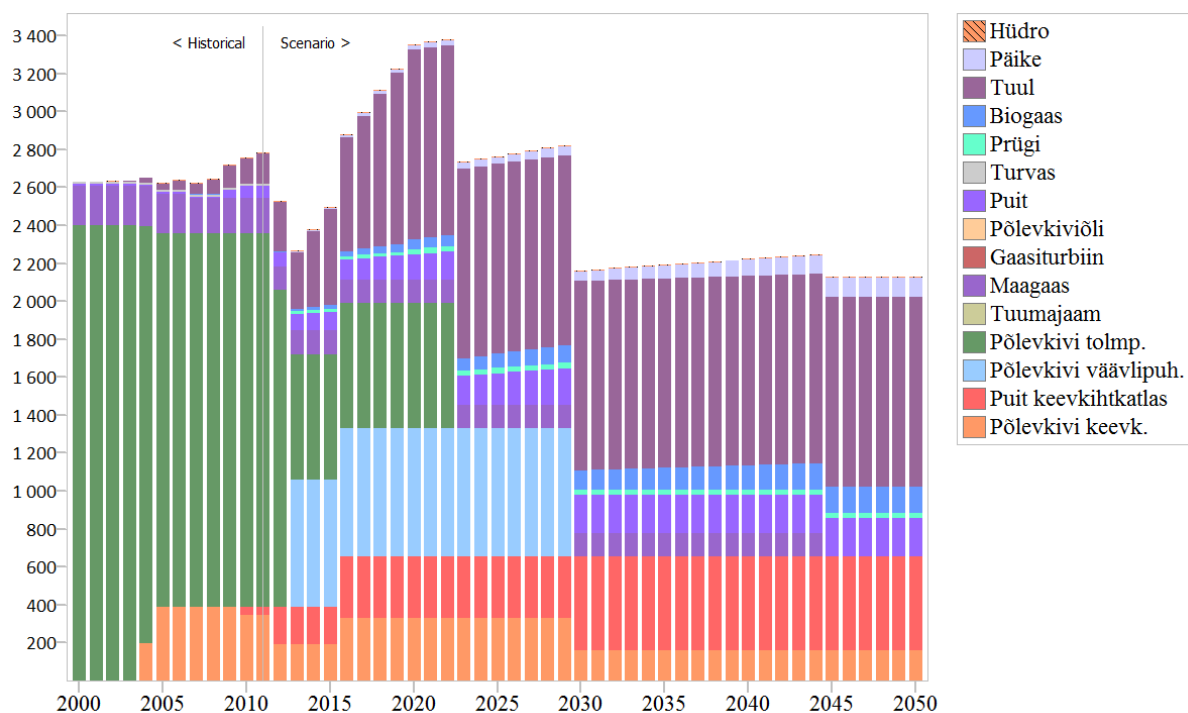
Joonis 127. HIGH CO2 stsenaariumi elektri tootmisvõimsused, MW.

Allikas: LEAP



Joonis 128. LOW CO2 stsenaariumi elektri tootmisvõimsused, MW.

Allikas: LEAP



Joonis 129. LOW W stsenaariumi elektri tootmisvõimsused, MW.

Allikas: LEAP

Tabel 135. BAU stsenaariumi elektri tootmine, GWh. Allikas: LEAP.

	2000	2011	2020	2030	2040	2050
Biogaas	0	16	87	87	87	87
Hüdromenergia	5	30	53	53	53	53
Maagaas	0	0	221	172	382	592
Maagaas CHP	560	249	94	80	167	217
Prügi	0	0	134	134	134	134
Puit CHP	55	459	773	773	773	773
Puit CFB	0	305	313	313	313	313
Põlevkivi	7719	10 899	10 972	7114	7114	7114
Põlevkiviõli	0	0	381	325	681	881
Turvas	19	86	70	70	70	70
Tuuleenergia	0	368	2688	2688	2688	2688
Tuumaenergia	0	0	0	4743	4743	4743
Kokku	8358	12 412	15 785	16 551	17 205	17 664
Taastuvad (%)	0,1%	12,7%	31,4%	25,9%	22,2%	20,0%
Koostootmine (%)	13,3%	10,4%	10,4%	9,8%	9,9%	10,0%

Tabel 136. HIGH CO2 stsenaariumi elektri tootmine, GWh. Allikas: LEAP.

	2000	2011	2020	2030	2040	2050
Biogaas	0	16	237	791	1107	1107
Hüdroenergia	5	30	53	53	53	53
Maagaas CHP	560	249	37	195	125	167
Prügi	0	0	134	134	134	134
Puit CFB	0	305	2630	2630	2630	2630
Puit CHP	55	459	659	2108	2108	1581
Põlevkivi	7719	10 899	5429	2630	2630	2630
Päikeseenergia	0	0	4	9	48	88
Turvas	19	86	70	70	70	70
Tuuleenergia	0	368	1246	2688	5077	5077
Kokku	8358	12 412	10 500	11 309	13 983	13 539
Taastuvad (%)	0,1%	12,7%	46,1%	68,0%	83,1%	77,0%
Koostootmine (%)	13,3%	10,4%	15,4%	33,4%	28,8%	26,1%

Tabel 137. LOW CO2 stsenaariumi elektri tootmine, GWh. Allikas: LEAP.

	2000	2011	2020	2030	2040	2050
Biogaas	0	16	395	791	1001	1107
Hüdroenergia	5	30	53	53	53	53
Maagaas CHP	560	249	218	184	92	0
Prügi	0	0	221	221	221	221
Puit CFB	0	305	2630	1441	1441	0
Puit CHP	55	459	1075	1757	1757	1757
Põlevkivi	7719	10 899	2630	1441	1441	0
Päikeseenergia	0	0	20	44	307	439
Turvas	19	86	0	0	0	0
Tuuleenergia	0	368	1867	5139	6737	7537
Kokku	8358	12 412	9110	11 069	13 050	11 114
Taastuvad (%)	0,1%	12,7%	59,0%	80,6%	95,7%	98,0%
Koostootmine (%)	13,3%	10,4%	26,2%	31,0%	27,2%	32,1%

Tabel 138. LOW W stsenaariumi elektri tootmine, GWh. Allikas: LEAP.

	2000	2011	2020	2030	2040	2050
Biogaas	0	16	395	791	1001	1107
Hüdroenergia	5	30	53	53	53	53
Maagaas CHP	560	249	229	175	110	0
Prügi	0	0	221	221	221	221
Puit CFB	0	305	2630	3970	3970	3970
Puit CHP	55	459	1075	1757	1757	1757
Põlevkivi	7719	10 899	2630	1291	1291	1291

	2000	2011	2020	2030	2040	2050
Päikeseenergia	0	0	20	44	307	439
Turvas	19	86	0	0	0	0
Tuuleenergia	0	368	1643	2918	4029	5139
Kokku	8358	12 412	8897	11 219	12 739	13 976
Taastuvad (%)	1%	13%	57%	85%	87%	89%
Koostootmine (%)	13%	10%	27%	31%	28%	26%

Soojuse tootmine

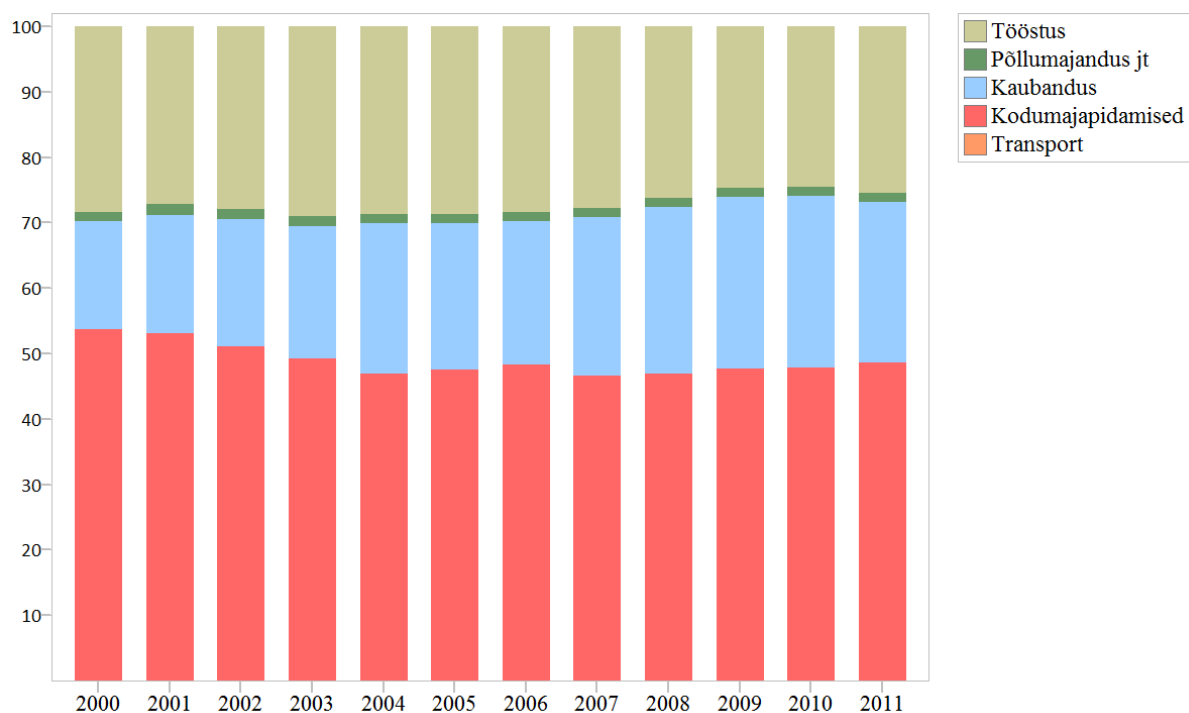
Soojuse tootmine LEAP mudelis on modelleeritud kahes tootmisüksuses: tootmine elektrijaamades ja tootmine katlamajades. Soojuse tootmise elektrijaamades määravad soojuse tootmise kasutegurid. LEAP arvutab elektrienergia toodangu koguse ja soojuse tootmise kasuteguri järgi elektrijaamades toodetud soojusenergia koguse. Kuna soojuse tootmisel on eelistatud koostootmine, siis toodetakse elektrijaamade poolt katmata jäänud soojuse tarbimine katlamajades. Soojuse tootmise modelleerimiseks LEAP mudelis on vajalik määratlada soojuse tarbimine ja võrgukaod (vt tabel 139).

Tabel 139. Soojuse tarbimine ja kaod soojustrassides, GWh. Allikas: LEAP.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Soojuse tarbimine	8527	9055	9146	8982	9282	9351	9233	9068	8284	8064	8752	8168
Kaod soojustrassides	1297	1401	1391	1271	1338	1168	1106	1075	951	997	1038	968

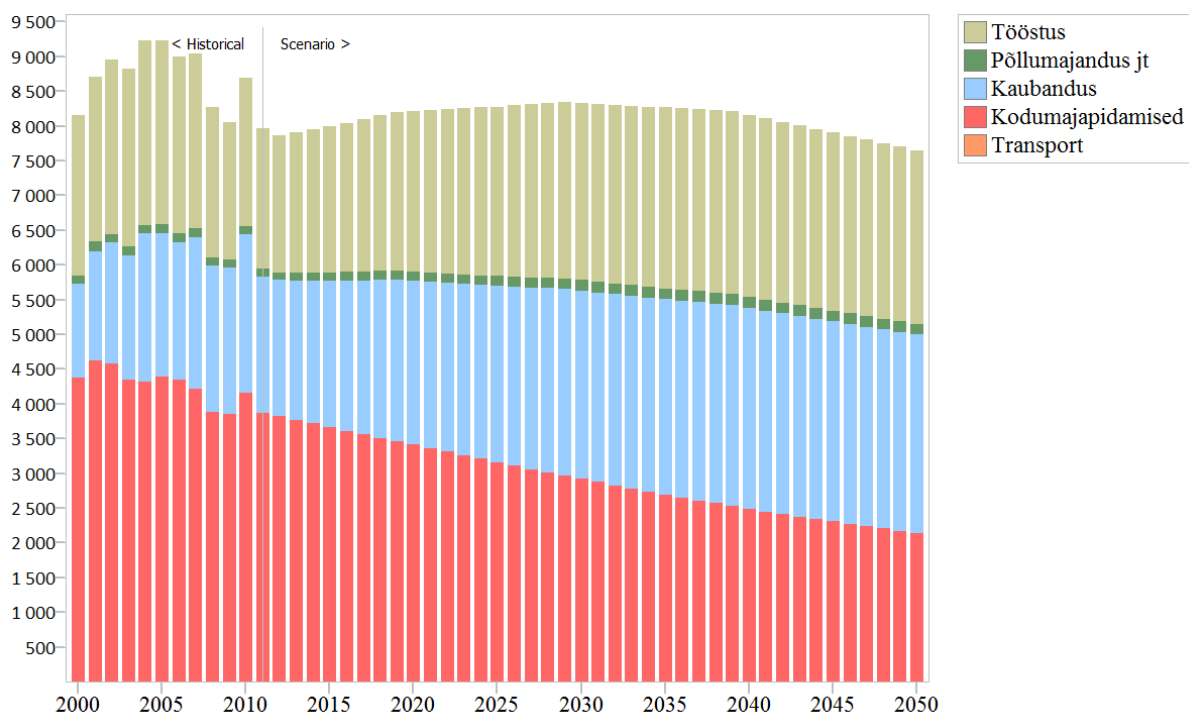
Soojuse tarbimine on LEAP mudelis modelleeritud energia lõpptarbimise all sektorite kaupa ning seetõttu põhineb tarbimise prognoos tööstuse, põllumajanduse, teenindussektori, kodumajapidamiste ja transpordi tarbimise prognoosi eeldustel.

Sektoritest on soojusenergia tarbimises kõige suurem osakaal kodumajapidamistel, mis moodustavad 46–54% tarbimisest, tööstuse osa on olnud 25–29% ning teenindussektoril 16–26% (vt joonis 130). Stsenaariumide lõikes on näha, et BAU stsenaariumis kahaneb soojuse tarbimine kodumajapidamistes teistest stsenaariumidest kiiremini, kuid teenindussektori soojuse tarbimine kasvab (vt joonis 131). HIGH CO₂ stsenaariumis on aga tööstusel kasvav osatähtsus soojuse tarbimisel (vt joonis 132) ja LOW CO₂ stsenaariumis väheneb teenindussektori tarbimine teistest sektoritest tunduvalt kiiremini (vt joonis 133).



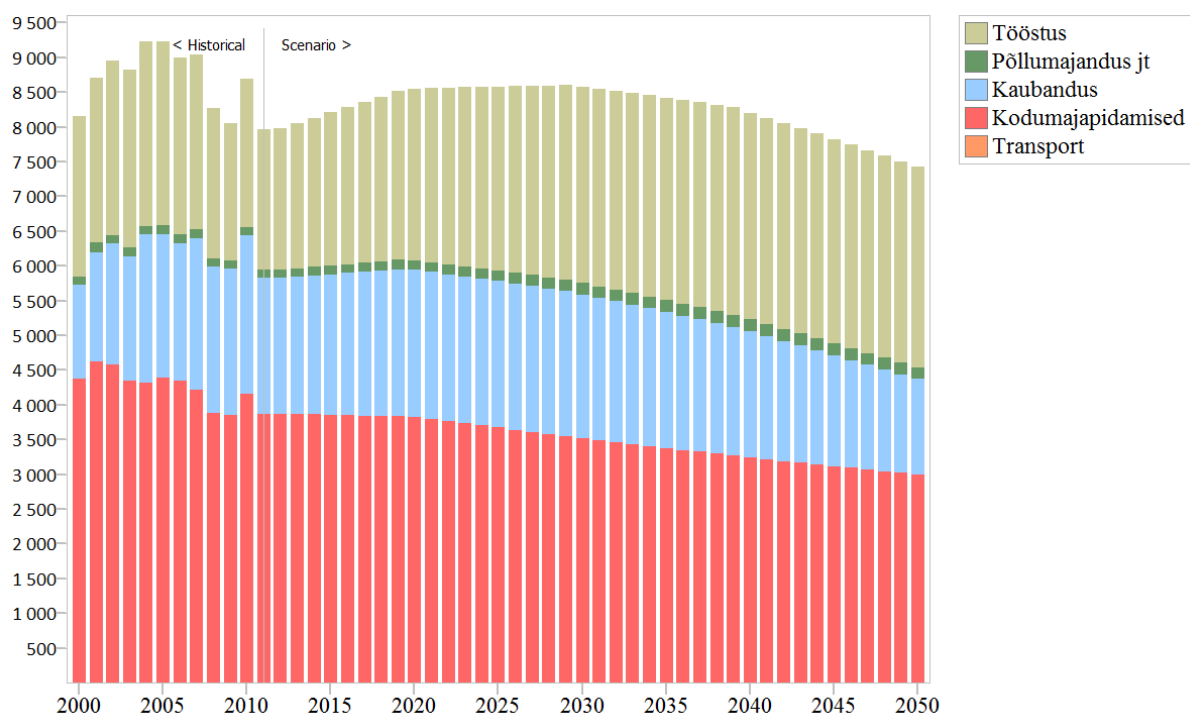
Joonis 130. Sektorite osakaalud soojuse tarbimises, %.

Allikas: LEAP



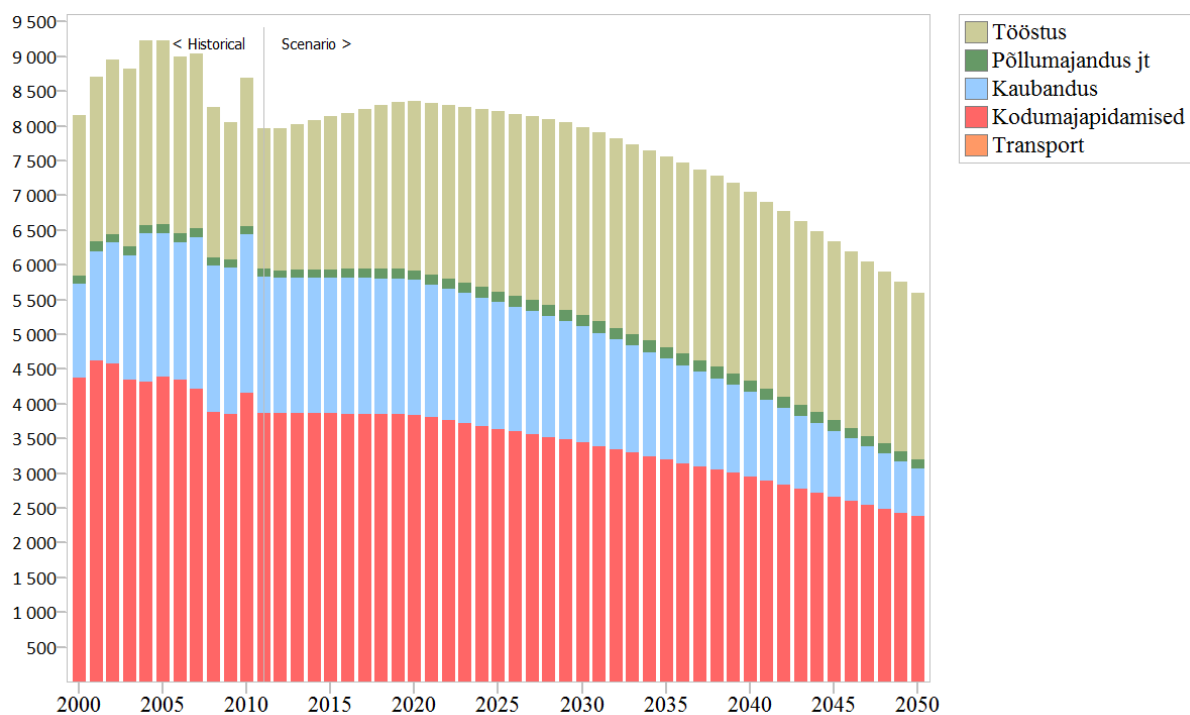
Joonis 131. BAU stsenaariumi soojuse tarbimine, GWh.

Allikas: LEAP



Joonis 132. HIGH CO2 stsenaariumi soojuse tarbimine, GWh.

Allikas: LEAP



Joonis 133. LOW CO2 stsenaariumi soojuse tarbimine, GWh.

Allikas: LEAP

Võrgukaod soojustrassides on LEAP mudelisse sisestatud protsentides. Sisestatud protsentide põhjal (vt tabel 139) on mudel arvanud võrgukaod. Perioodil 2000–2011 on võrgukaod vähenenud 13%-lt 10,6%-ni. BAU stsenaariumis eeldatakse, et kaod soojustrassides jäävad protsentuaalselt 2011. aasta tasemele ning HIGH CO2 ja LOW CO2 stsenaariumis vähenevad kaod 2025. aastaks 8%-ni.

Katlamajades soojuse tootmise sisendandmeteks on perioodil 2000–2011 katlamajades toodetud soojusenergia kogused (vt tabel 140). Alates 2012. aastast simuleerib LEAP ise soojuse tootmist võttes arvesse tootmiseadme võimsust, maksimaalset kasutatavustegurit ja talitluse reeglit (vt tabel 141). Katlamajades soojuse tootmine on modelleeritud elektri tootmisest veidi erinevalt. Elektri jaamades on määratud aastane koormusgraafik ning tootmisüksused on kas baas-, pooltipu- või tipukoormuse täitjad. Samuti on määratud, kas nad töötavad muutuval või täiskoormusel. Katlamajades soojuse tootmisel koormusgraafikut pole määratud ning on kasutatud lihtsamat optimeerimise reeglit, kus määratakse iga kütuse osakaal aastases toodangus.

Stsenaariumides ei nähtud ette muutusi katlamajade tootmiseadmete võimsuses, kasuteguris ja maksimaalses kasutatavusteguris. Küll aga eeldati muutusi katlamajades kütuse kasutamise osakaaludes. BAU stsenaariumis on eeldatud, et kütuste osakaalud soojuse tootmisel jäävad 2011. aasta tasemele. HIGH CO2 stsenaariumis eeldatakse, et 2050. aastaks suureneb puidu osakaal 80% ja LOW CO2 stsenaariumis minnakse täielikult üle taastuvenergiale.

Tabel 140. Katlamajade soojuse tootmise statistilised andmed, GWh. Allikas: LEAP.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Elekter	45	35	27	23	21	17	16	19	12	13	13	12
Kivisüsi	93	80	74	70	67	62	43	38	25	22	21	16
Maagaas	2272	2563	2620	2783	3223	3224	3354	3443	3105	2939	3064	2916
Kerge kütteõli	1051	903	726	546	451	423	332	342	311	323	316	232
Puit	1394	1660	1715	1700	1862	1922	1677	1670	1472	1561	1584	1835
Põlevkivi	64	47	48	39	12	5	0	0	0	0	0	0
Põlevkiviõli	945	1009	1082	909	949	893	761	584	516	466	548	512
Turvas	180	164	215	241	223	218	317	381	407	239	224	113
Kokku	6044	6461	6507	6311	6808	6764	6500	6477	5848	5563	5770	5636

Tabel 141. Soojuse tootmiseadmete tehniliste andmete eeldused. Allikas: LEAP.

	Tootmis- võimsus, MW	Soojuse tootmise kasutegur, %	Maksimaalne kasutatavus- tegur, %	Tootmise osakaal, %	Talitluse reegel
Elekter	22	99	35	0,2	Osakaal
Kerge kütteõli	649	80	35	4,5	Osakaal
Kivisüsi	36	60	35	0,3	Osakaal
Maagaas	3196	90	35	52->57	Osakaal
Puit	719	75	35	30->35	Osakaal
Põlevkiviõli ja raske kütteõli	683	80	35	10->0	Osakaal
Turvas	113	70	35	3	Osakaal

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Põllumajandus	34	24	28	30	33	35	37	37	38
Tööstus	116	76	87	96	104	111	116	119	121
Kokku	33 447	35 240	36 498	37 114	37 297	37 063	36 598	35 937	35 128

Tabel 145. HIGH CO2 stsenaariumi energiamajanduse puiduvajadus, TJ. Allikas: LEAP.

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Katlamajad	7603	9291	10 581	10 581	4061	3741	3021	3524	3943
Kaubandus	118	100	108	112	114	113	109	101	91
Keevkihtplokid	3000	15 478	24 920	24 920	24 920	24 920	24 920	24 920	24 920
Kodumajapidamised	17 704	15 309	15 336	14 575	13 835	13 177	12 537	11 487	10 466
Koostootmisjaamad	4872	7379	7906	8433	25 298	25 298	25 298	22 136	18 973
Põllumajandus	34	24	26	27	28	28	28	26	25
Tööstus	116	78	87	92	98	101	103	101	99
Kokku	33 447	47 659	58 964	58 740	68 354	67 378	66 016	62 295	58 517

Tabel 146. LOW CO2 stsenaariumi energiamajanduse puiduvajadus, TJ. Allikas: LEAP.

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Katlamajad	7603	10 353	9035	7573	5881	6348	4694	7472	4306
Kaubandus	118	99	105	106	105	100	92	79	65
Keevkihtplokid	3000	15 478	24 920	24 920	13 648	13 648	13 648	0	0
Kodumajapidamised	17 704	15 357	15 158	14 320	13 505	12 641	11 787	10 228	8778
Koostootmisjaamad	4872	8805	12 897	16 989	21 082	21 082	21 082	21 082	21 082
Põllumajandus	34	23	25	25	25	24	23	20	17
Tööstus	116	76	83	86	88	88	85	79	72
Kokku	33 447	50 191	62 223	64 019	54 334	53 931	51 411	38 960	34 320

Tabel 147. LOW W stsenaariumi energiamajanduse puiduvajadus, TJ. Allikas: LEAP.

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Katlamajad	7603	10 574	10 068	9043	4648	5879	3882	4806	3080
Kaubandus	118	99	105	106	105	100	92	79	65
Keevkihtkatlad	3000	15 478	24 920	24 920	37 609	37 609	37 609	37 609	37 609
Kodumajapidamised	17 704	15 357	15 158	14 320	13 505	12 641	11 787	10 228	8778
Koostootmisjaamad	4872	8309	11 161	14 013	16 865	16 865	16 865	14 757	12 649
Põllumajandus	34	23	25	25	25	24	23	20	17
Tööstus	116	76	83	86	88	88	85	79	72
Kokku	33 447	49 916	61 520	62 513	72 845	73 206	70 343	67 578	62 270

Emissioonifaktorid

LEAP mudeli üheks väljundiks on õhuemissioonid, mille arvutamiseks on mudelis olemas emissiooni koefitsientide ja arvutusvalemite andmebaas.

CO₂ emissioonide arvutamiseks kasutatakse valemit:

$$M_{CO_2} = 10^{-3} \times B_1 \times q_C \times K_C \times 44/12, \text{ kus}$$

B₁ – kütusekulu (TJ);

q_C – süsiniku eriheide (tC/TJ);

K_C – oksüdeerunud süsiniku osa.

Mudelis kasutatud kütuste süsiniku eriheite ja oksüdeerunud süsiniku koefitsiendid on toodud alljärgnevas tabelis (vt tabel 148). Kütusekulu TJ-des arvutab LEAP välja võttes arvesse mudelis loodud prognoose.

Erandina kasutati põlevkiviõli tootmisest tekkivate CO₂ emissioonide arvutamiseks koefitsienti 25 t CO₂/TJ tarbitud põlevkivi kohta ning põlevkiviõli rafineerimisel 8 t CO₂/TJ tarbitud põlevkiviõli kohta. Koefitsient 25 t CO₂/TJ kohta on Põlevkivi arengukava alusuuringute raames Andres Siirde poolt antud eksperthinnang, mis põhineb õlitootjate andmetel. Uutes põlevkiviõlitehastes põlevkivigaasist elektri tootmise emissioonid sisalduvad antud koefitsiendis.

Tabel 148. CO₂ emissioonide arvutamiseks kasutatud koefitsiendid.

	q _C	K _C
Bensiin	18,9	0,99
Diislikütus	20,2	0,99
Diislikütus põlevkiviõlist	36,9	0,99
Kerge kütteõli	19,6	0,99
Kivisüsi	25,8	0,98
Maagaas	15,3	0,995
Põlevkivi keevkihtpõletamisel	26,94	0,98
Põlevkivi tolmpõletamisel	27,85	0,98
Põlevkivi tsemendi tootmisel	29,1	0,98
Põlevkiviõli	21,1	0,99
Raske kütteõli	21,1	0,99
Turvas	28,9	0,98

LISA 2. KASVAVA METSA TAGAVARA PROGNOOS AASTAKS 2050

Enn Pärt

Sissejuhatus

Käesoleva lühiuurimuse eesmärgiks on arvata, milline võib olla kasvava metsa tagavara aastal 2050 ehk peaaegu 40 aasta pärast. Tegevus on küllalt tänamatu, sest ülesande edukat lahendamist takistab mitu raskesti ennustatavat näitajat, millest olulisim on metsa raiemaht. Viimase prognoosimine ka lähimaks kümnendiks on problemaatiline, rääkimata siis 40 aastaks. Muudest teguritest võib veel lisada metsamaa pindala muutuse, puuliikide vaheldumise (raiesmik ei tarvitse uueneda sama puuliigiga, mis kasvas enne raiet) ning keskkonnatingimused. Ka üks tugev torm, näiteks selline nagu leidis aset 1967. aastal, võib pildi segamini paisata. Märkimata ei saa jätta ka seda, et käesoleva töö teostamiseks jäetud ajavaru on liialt lühike põhjalikuks analüüsiks. Viimane põhjus ei iseloomusta ainult seda uurimust, vaid iseloomustab suuremat osa analoogilisi töid – tulemust tahetakse praktiliselt kohe. Võttes eelneva jutu kokku tuleb tõdeda, et järgneva prognoosi täpsus on väga ligikaudne ning seda võib enamini nimetada „intellektuaalseks harjutuseks“.

Kasutatud andmed

Töös kasutati sama andmestikku, mis oli aluseks puidupakkumise stsenaariumide arvutamisel metsanduse arengukava jaoks (Eesti metsanduse arengukava aastani 2020). Andmete aluseks on **SMI 2008. aasta aruanne**, mille järgi on metsamaa pindala 2197,4 tuhat ha ja kasvava metsa tagavara 442,5 miljonit tm (201 tm/ha). Arvutused põhinevad metsade vanuselisel jagunemisel vanuseklasside viisi ja vanuseklasside keskmistel hektaritagavaradel. Metsade vanuseline jagunemine oli toodud alljärgnevas tabelis (vt tabel 149).

Tabel 149. Metsamaa pindala vanuseline jagunemine, tuh ha.

Metsamaa pindala vanuseline jagunemine (1000 ha)

Enamus- puuliik	Lage ala	Selguse- ta ala	Vanuseklass													Kokku
			...9	10...19	20...29	30...39	40...49	50...59	60...69	70...79	80...89	90...99	100...109	110...119	120...	
Mänd	12,5	18,4	5,9	20,9	21,1	36,7	55,0	79,0	90,8	107,5	79,0	55,6	54,5	25,8	42,1	704,9
Kuusk	22,9	16,3	5,1	14,9	22,2	43,9	36,7	36,2	45,8	43,1	38,8	21,7	15,1	6,6	7,7	376,9
Kask	16,9	22,5	42,8	51,8	42,9	47,2	100,4	119,6	100,2	62,7	32,5	11,4	4,9	1,3		657,0
Haab	2,3	7,2	16,6	9,0	4,9	4,2	12,3	19,9	25,3	11,0	6,4	1,8	0,2			121,2
Sanglepp	1,9	1,2	4,0	3,2	3,0	5,1	9,6	14,3	11,0	8,8	4,4	0,6	0,5	0,2	0,2	68,1
Hall-lepp	3,7	5,1	20,8	19,8	25,8	40,4	47,2	16,8	1,8	0,0	0,2					181,6
Teised	0,0	1,4	3,8	4,5	4,8	7,0	8,2	9,7	9,8	6,3	8,7	4,4	5,6	2,7	10,7	87,6
Kokku	60,3	72,2	99,0	124,1	124,6	184,5	269,4	295,5	284,8	239,4	170,0	95,5	80,7	36,6	60,7	2197,4

Samuti on antud ülevaade puistute keskmistest hektaritagavaradest vanuseklasside viisi (vt tabel 150).

Tabel 150. Hektaritagavarad enamuspuuliikide ja vanuseklasside viisi, tm/ha.

Hektaritagavarad (tm/ha) enamuspuuliikide ja vanuseklasside viisi

Enamus- puuliik	...10	11...20	21...30	31...40	41...50	51...60	61...70	71...80	81...90	91... ...100	101... ...110	111... ...120	121... ...130	131... ...140	141...
Mänd	15	31	91	161	215	241	269	274	281	303	283	288	256	247	255
Kuusk	16	58	140	204	245	263	272	311	278	289	283*				
Kask	17	56	123	169	210	244	236	238	264*						
Haab	27	112	192	266	260	342	376	355	451*						
Sanglepp	22	84	217	203	283	296	338	336	255*						
Hall-lepp	37	110	190	226	232	281	229*								
Teised	22	89	100	149	218	173	225	202	249*						

*Kuusk 101 a ja vanemad, kask, haab, sanglepp ja teised puuliigid 81 a ja vanemad, hall-lepp 61 a ja vanemad.

Käesolevas töös kasutati mõneti teise vanusejaotusega arenguklasse (vt tabel 149) kui SMI aruandes. Seetõttu osutus vajalikuks viia ka hektaritagavarad vastavusse kasutatavate vanuseklassidega. Arvutustes kasutatavad hektaritagavarad vanuseklasside viisi on toodud alljärgnevalt (vt tabel 151).

Tabel 151. Hektaritagavarad enamuspuuliikide ja vanuseklasside viisi, tm/ha.

Hektaritagavarad (tm/ha) enamuspuuliikide ja vanuseklasside viisi

Enamus- puuliik	Lage ala	Selguse- ta ala	... 9	10... ...19	20... ...29	30... ...39	40... ...49	50... ...59	60... ...69	70... ...79	80... ...89	90... ...99	100... ...109	110... ...119	120... ...129	130... ...139	140... ...149	150... ...159	160 ...
Mänd	15	15	11	25	67	133	193	231	258	272	278	294	291	286	286	286	286	286	286
Kuusk	15	15	11	41	107	178	229	256	268	295	291	285	285	266	250	250	250	250	250
Kask	15	15	12	40	96	151	194	230	239	237	254	264	248	223	223	223	223	223	223
Haab	15	15	19	78	160	236	262	309	362	363	382	400	376	338	305	274	275	276	277
Sanglepp	15	15	15	59	164	209	251	291	321	337	336	336	316	284	284	284	284	284	284
Hall-lepp	15	15	26	81	158	212	230	243	237	202	161	129	103	103	103	103	103	103	103
Teised	15	15	13	62	96	129	190	194	211	219	223	234	232	232	232	232	232	232	232

Kuigi lagedatel ja selgusetaladel puisturinnet ei esine, kasvab seal üldjuhul seemne- või säilikipuid, mistõttu nende alade hektaritagavaraks on võetud 15 tm, seda kõigi enamuspuuliikide osas. Kõrge vanusega puistuid on vähe ja seetõttu on ka SMI tagavaraproovitükkide arv nendes väike. Tulenevalt väikesest proovitükkide arvust on arvatud tulemusel suur võimalik viga, mistõttu väikesepindalaliste vanuseklasside hektaritagavarasid eraldi välja ei tooda. Vaadeldavas töös aga tuli leida metsa tagavara 40 aasta pärast, millal on oletatavalt praegusest enam vanu metsi, seda eelkõige rangelt kaitstavate metsade vananemise arvelt. Seetõttu tuletati ka vanematele vanuseklassidele võimalikud hektaritagavarad (punased ja sinised numbrid), pidades silmas nende väärtusi 40 aasta pärast, mitte praegu. Väärtuste tuletamisel üritati arvestada ka seda, et alates teatud vanusest, seda olenevalt puuliigist, puistute hektaritagavara enam ei suurene, vaid hakkab vähenema. Kuna andmeid väga vanade puistute tagavara kohta on vähe, siis saadud numbrid on väga ligikaudsed.

Metoodika

Eesmärk oli leida metsa tagavara aastal 2050 nelja erineva stsenaariumi alusel. Need on

- 1) raie aastatel 2011–2020 15 miljonit tm;
- 2) raie aastatel 2011–2020 12 miljonit tm;
- 3) raie aastatel 2011–2020 8 miljonit tm;
- 4) metsa ei raiuta.

Arvutustes kasutati sama metoodikat, millega leiti puidupakkumised erinevate stsenaariumide korral Eesti metsanduse arengukavale aastani 2020. Kõigis arvutustes eeldati, et

- a) metsamaa pindala ei muutu;
- b) puistute jagunemine enamuspoolselt ei muutu (raiesmik uueneb sama puuliigiga).

Esimese stsenaariumi arvutused põhinevad (metsanduse arengukava puidupakkumised) aktiivse puidupakkumise optimaalsel raiemahul, kus aastakasutuseks 2011–2020 leiti 15,3 miljonit tm. Teise stsenaariumi aluseks on mõõduka puidupakkumise optimaalne raiemaht, kus aastakasutus 2011–2020 on 12,0 miljonit tm. Kolmanda stsenaariumi aluseks on samuti mõõduka puidupakkumise optimaalne kasutus, kuid uuendusraiate võimalikku mahtu vähendati järgnevalt:

- männikud ja kuusikud 20%;
- kaasikud 40%;
- haavikud ja sanglepikud 50%;
- hall-lepikud 60%.

Vähendamise tulemusena moodustas uuendusraiate maht kolmanda stsenaariumi korral ca 65% teise stsenaariumi uuendusraiate mahust.

Uuendusraie maht arvutati eraldi kaitse- ja majandusmetsadele, seda 10 aastaste perioodide kaupa, kusjuures järgneva perioodi „raie“ sõltus eelneva perioodi lõpul kujunenud puistute vanuselisest jaotusest. Perioodid on 2011–2020, 2021–2030, 2031–2040 ja 2041–2050. Rangelt kaitstavate metsade puhul raiet ei kavandatud ja eeldati, et aastal 2050 on need praegusest 40 aastat vanemad. Siinjuures tuleb mainida, et kahe esimese stsenaariumi korral ei olnud võimalik järgnevatel perioodidel 2011–2020 puidukasutuse mahtu säilitada, vaid see vähenes oluliselt. Ainult kolmanda stsenaariumi korral oli võimalik enam-vähem samas mahus puidukasutus kogu 40 aastase ajaperioodi jooksul. Neljanda stsenaariumi puhul rakendati sama skeemi, mida kasutati rangelt kaitstavate metsade korral, kõigile puistutele. Kasvava metsa tagavara leidmise aluseks on puistute vanuseline jagunemine enamuspoolselt viisi aastal 2050. Vanuseklassi pindala korrutati vanuseklassi hektaritagavaraga, tulemused summeeriti.

Tulemused

Arvutuste kokkuvõtte on esitatud alljärgnevalt (vt tabel 152).

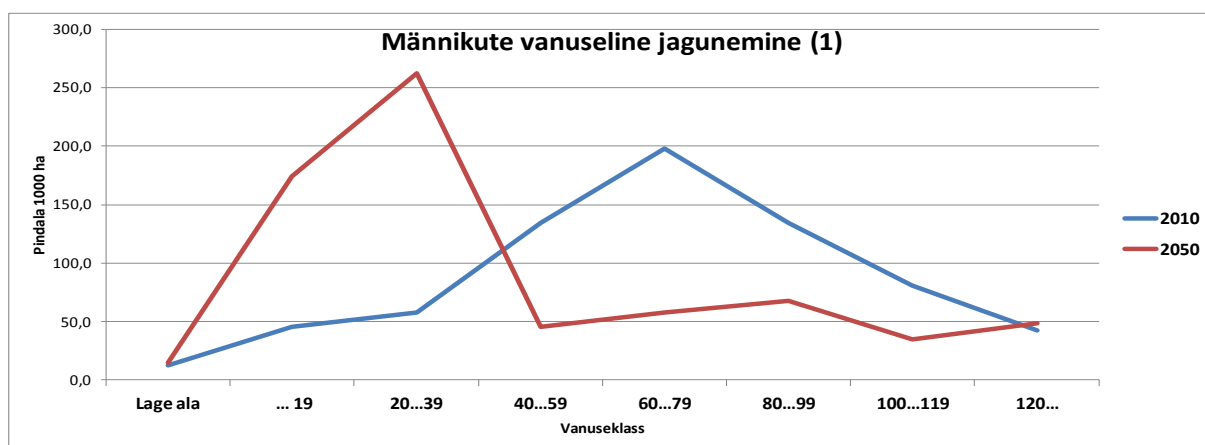
Tabel 152. Metsamaa tagavara muutumine perioodil 2010–2050.

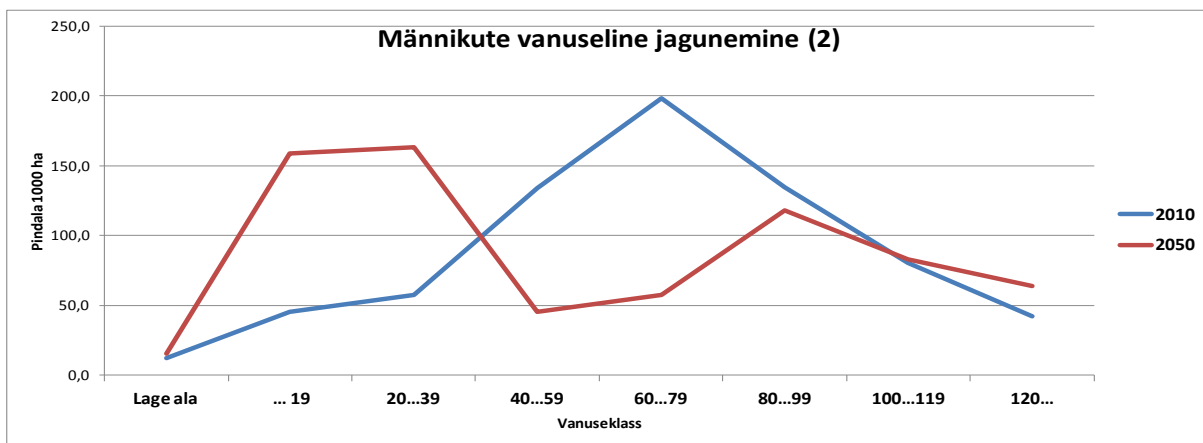
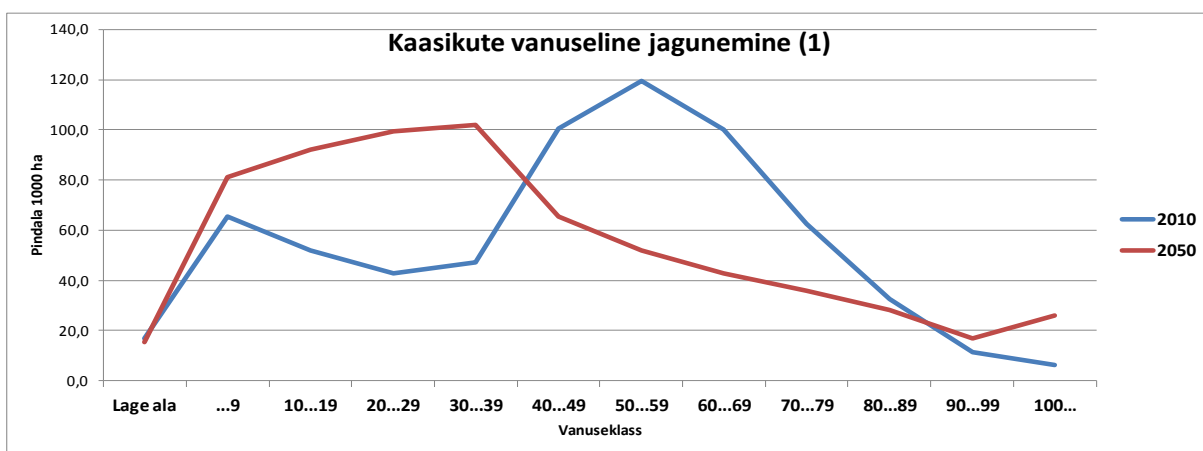
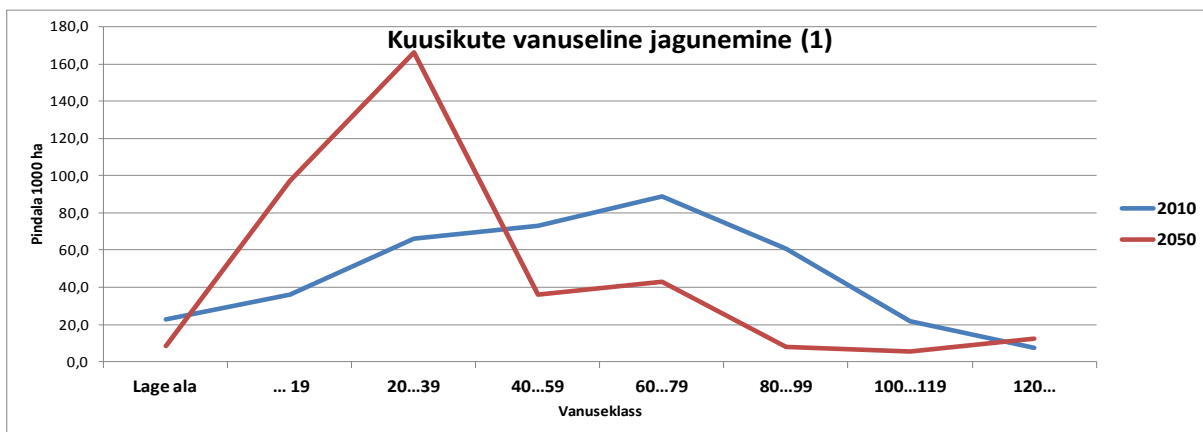
Metsamaa tagavara muutumine 2010-2050

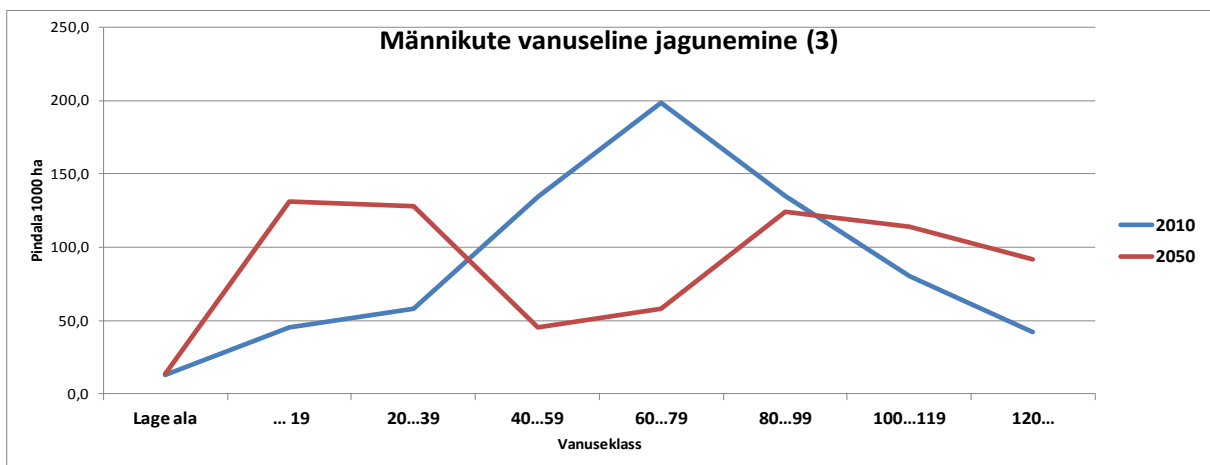
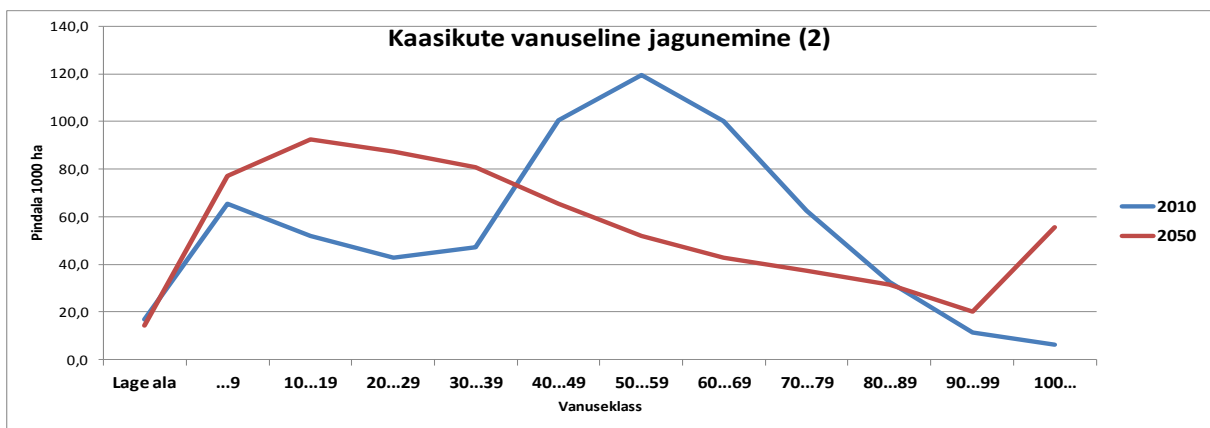
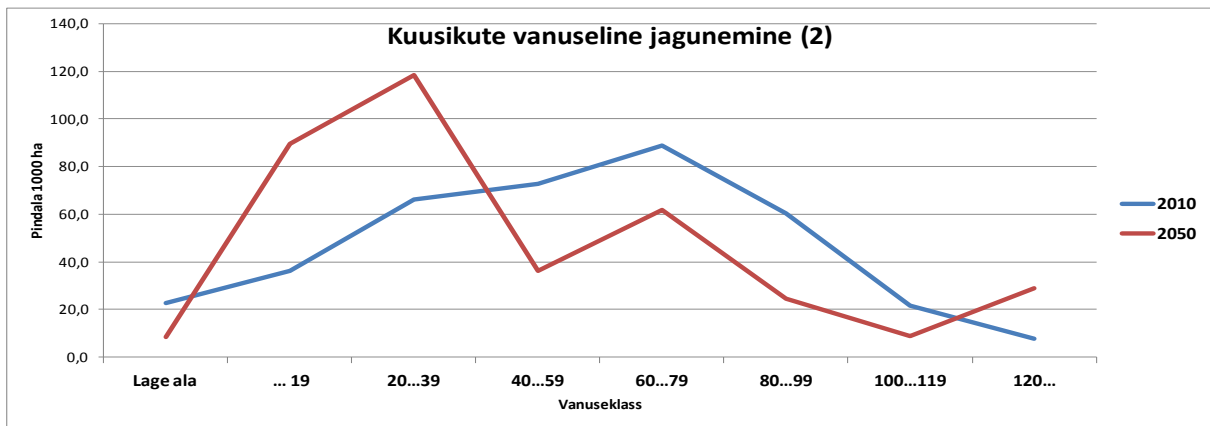
Stsenaarium	Metsamaa 2010 (2008)			Uuendusraie 20110-2050		Metsamaa 2050			Tagavara muut (miljon tm)
	Pindala (tuhat ha)	Tagavara (miljon tm)	Tagavara (tm/ha)	Pindala (tuhat ha)	Tagavara (miljon tm)	Pindala (tuhat ha)	Tagavara (miljon tm)	Tagavara (tm/ha)	
1. 2010-2020 raie 15 milj. tm	2197,4	443	201	1381	388	2197,4	321	146	-122
2. 2010-2020 raie 12 milj. tm	2197,4	443	201	1092	322	2197,4	359	163	-84
3. 2010-2020 raie 8 milj. tm	2197,4	443	201	839	251	2197,4	404	184	-38
4. Raiet ei toimu	2197,4	443	201			2197,4	569	259	127

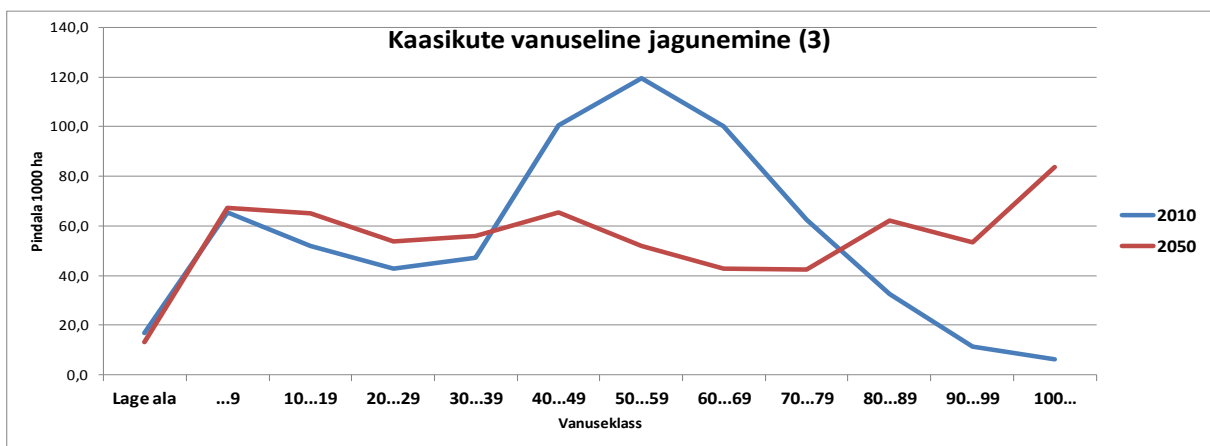
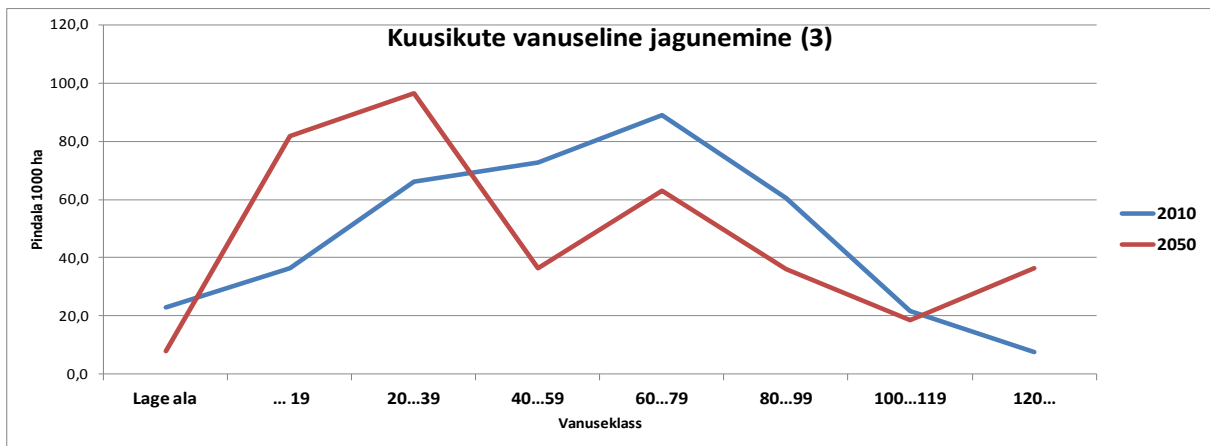
Kuigi tegemist on väga ligikaudsete arvutustega, on alust väita, et kahe esimese stsenaariumi rakendumise korral metsade üldtagavara väheneb. Kolmanda puhul enamini väheneb, kuid võib ka jääda suhteliselt lähedaseks praegusele. Neljanda korral suureneb oluliselt.

Illustreerimaks võimalikke muutusi metsade vanuselises jagunemises, on järgnevatel joonistel kujutatud männikute, kuusikute ja kaasikute vanuseline jaotus 2010. ja 2050. aastal kolme esimese stsenaariumi korral.









LISA 3. OLMEJÄÄTMETE KÄITLUSALTERNATIIVIDE OLELUSRINGI HINDAMISE MUDEL WAMPS

SEI Tallinnal on Rootsi Keskkonnauuringute Instituudi poolt väljatöötatud olelusringi hindamise mudeli WAMPS kasutuslitsents. WAMPS mudel põhineb jäätmekäitluse olelusringi hindamise tarkvaral ORWARE⁶⁶, mis on väljatöötatud ning laialt kasutatud jäätmekäitlustehnoloogiate keskkonnamõju hindamisel Rootsis ja teistes Põhjamaades. SEI Tallinn on kasutatud nimetatud mudelit ka Eesti jäätmekäitlusalternatiivide ja stsenaariumide keskkonnamõju (sh CO₂ tekke) hindamiseks⁶⁷.

WAMPS on olelusringi hindamise mudel jäätmekäitlussüsteemide keskkonna- ja majandusaspektide ning kulude hindamiseks. WAMPS-i metoodika põhineb jäätmekäitlusalternatiivide ja -tehnoloogiate süsteemsel ning olelusringikohasel analüüsil. Mudel võimaldab hinnata eelkõige kaudset (globaalset ja regionaalset) keskkonnamõju, mida erinevad jäätmekäitluslahendused võivad põhjustada. Põhirõhk on keskkonnamõju hindamisel, majanduslikku mõju ja kaasnevaid kulusid analüüsitakse üldisemal tasandil.

WAMPS-mudeli analüüsitulemused saadakse hinnatava jäätmekäitlussüsteemi võrdlemisel nn taustsüsteemiga. Vastavalt sellele, milline jäätmekäitluse (sh taaskasutamise) moodus valitakse, võivad süsteemi väljunditeks olla erinevad nn tooted: elekter, soojus, kompost, teisene toore, nt paber, plast ja metallid. Taustsüsteemis toodetakse vastavad tooted looduslikust toormaterjalist. Kui toode saadakse jäätmetest, asendab see taustsüsteemi toodet, st igal jäätmetest saadud tootel on alternatiiv taustsüsteemis, mille tootmisprotsess on lisatud mudelisse. WAMPS-is võrreldakse erinevaid jäätmekäitlusega otseselt või kaudselt seotud tegevusi (nt transport, taaskasutamine, jäätmete põletamine) taustsüsteemiga ning hinnatakse, kui palju uuritud jäätmekäitluslahendus keskkonnamõjusid tekitab või võrreldes taustsüsteemiga mõjusid ära hoiab (nt jäätmete taaskasutamine hoiab kokku materjale, jäätmepõletusel toodetud energia võrra on võimalik ära hoida fossiilsete kütuste põletamisel tekkivat keskkonnamõju jne). Taustsüsteemi kuuluvad soojuse tootmine, elektri tootmine, väetise/komposti tootmine ja erinevate materjalide (plast, paber, klaas, metall, alumiinium jne) tootmine.

- WAMPS-mudeliga on võimalik hinnata keskkonnamõju neljas erinevas mõjukategoorias:
- globaalne soojenemine (CO₂, N₂O, CH₄)

⁶⁶ Sundqvist J-O, *et al.* (2002). Hur skall hushållsavfallet tas om hand? Utvärdering av olika behandlingsmetoder. Stockholm. IVL Report B1262, www.ivl.se

Eriksson, O., *et al.* (2002). ORWARE - A simulation tool for waste management. Resources, Conservation and Recycling, Volume 6, No 4, November 2002, pp. 287-307.

⁶⁷ Riigi jäätmekava aastateks 2008-2013 esitatud olmejäätmete käitlusalternatiivide keskkonnamõju ja majanduskulude hindamine.

- hapestumine (SO_2 , NO_x (NO_2), NH_3)
- veeökosüsteemi eutrofeerumine (P, N, NO_x , NH_3)
- maapinnalähedase osooni teke (LOÜ, NO_x , CH_4)

WAMPS arvestab kokku erinevates jäätmekäitlussüsteemi osades (alamudelites) tekkivate ühendite ja elementide heitkogused. Kõik alamudelite emissioonid liidetakse kokku ning jagatakse mõjukategooriatesse ning arvestatakse, kuivõrd iga heide erinevatesse mõjukategooriatesse panustab.

Lisaks võimaldab nimetatud mudel anda keskkonnamõjule rahalise väärtuse, mis omakorda lubab hinnata keskkonnale tehtud kahju (kasutatud on ORWARE mudeli keskkonnamõju keskkonnakuludeks ümberarvestamise meetodit). Keskkonnakulude hindamisel on arvesse võetud ka heitkogustes sisalduvate raskmetallide (Pb, Cd, Hg, Zn) mõju keskkonnale.

LISA 4. HUVIRÜHMAD TAGASISIDE JA KOMMENTAARID

Raportit tutvustati tellijale ja huvigruppidele 11. märtsil ja 24. aprillil 2013. Alljärgnevalt on esitatud huvirühmade ja tellija kommentaarid ning töö teostaja vastused ja selgitused analüüsi tulemuste kohta.

Kommentaaridega tutvumisel tuleb arvestada sellega, et lõpparuande täienemise tõttu on viidatud jooniste, tabelite ja lehekülgede numbrid muutunud.

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
1	WEC ⁶⁸	Uuringu pealkiri on: „Eesti võimalused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas aastaks 2050“, samas käsitleb uuring eelkõige meetmeid CO2 emissioonide vähendamiseks, mõju majanduse konkurentsivõimele praktiliselt ei käsitleta. Soovitame käsitleda Eesti majanduskasvu mitte stsenaariumide sisendina vaid väljundina. Seeläbi oleks võimalik hinnata, kuidas on seotud Eesti CO2 heitmed ja majanduse konkurentsivõime. Täna kujul on uuringu järeldus see, et Eesti majandus on ühtmoodi konkurentsivõimeline sõltumata CO2 emissioonide tasemest.	Majandus on seda konkurentsivõimelisem, mida CO ₂ -vähesem (energiaefektiivsem, ressursivähesem) see on. CO ₂ vähendamine majanduses, mis on töö eesmärk ja fookus, ongi tervikuna suunatud konkurentsivõime kasvatamisele.
2	WEC	1) Soovitame kirjeldada ära, milline on Eesti majanduse struktuur aastatel 2030, 2040 ja 2050, kui võetud eeldused realiseeruvad. Lisaks tuleks ära näidata, milline on iga sektori panus riigi SKP-sse ning millised sektorid Eesti SKP kasvu tagavad.	Majanduse struktuur pakutud meetmete rakendamisel eeldatavalt ei muutu. Fossiilkütustelt taastuvkütustel põhinevale energiatootmisele üleminek energaetikas ei too iseenesest majanduses esile struktuurimuutusi. Kui kütus muutub, jääb energiatootmise osakaal SKP-s samaks, muudest sektoritest rääkimata.
	WEC	2) Praegu on majanduskasv defineeritud juba sisendites. Soovitame teha tagasikontrolli, kas võetud eeldused majanduse struktuurimuutuste ja SKP kasvu kohta sobivad kokku. Kas kavandatav majandus üleüldse suudab tagada eeldatud majanduskasvu.	Majanduse struktuur pakutud meetmete rakendamisel eeldatavalt ei muutu. Erinevate stsenaariumide mõju SKP kasvule vajab eraldi täiendavat analüüsi ning seda hinnatakse energiamajanduse arengukava mõjude hindamise protsessis.
3	WEC	Hetkel kirjeldab uuring ainult üksikuid tehnokraatlikke meetmeid CO2 heitmete vähendamiseks, mitte aga nende kogumõju ühiskonnale. Soovitame kirjeldada, millist lõpp-eesmärki (majandust, ühiskonda) soovitakse aastaks 2050 saavutada ning anda ülevaade riikidest, mis kas on juba täna sellised või kus on seotud samasugused eesmärgid. See aitaks paremini mõista, kas ja kuidas eesmärgid saavutada ning annaks poliitikutele aimdust, kellest juhinduda.	Eesmärk ja oodatavad tulemused kajastuvad pealkirjas - süsinikuvähene majandus/ühiskond. Sarnaselt EL-i kavaga Energia tegevuskava aastani 2050, ei ole kõikide mõjude detailne hindamine kava osa, vaid seda tehakse spetsiaalses mõjude hindamise aruandes: http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/roadmap2050_ia_20120430_en.pdf Süsinikuvähese majanduse kavad on koostanud näiteks alljärgnevad

⁶⁸ Maailma Energeetika Nõukogu (World Energy Council) Eesti Rahvuskomitee

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			<p>riigid:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Taani http://www.ens.dk/Documents/Netboghandel%20-%20publikationer/2011/Energy_Strategy_2050.pdf - Soome http://www.vtt.fi/inf/pdf/visions/2012/V2.pdf - Rootsi http://www.wwf.se/source.php/1409709/Energy%20Scenario%20for%20Sweden%202050_bakgrundsrapport%20IVL_sep%202011.pdf - Suurbritannia https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/47613/3702-the-carbon-plan-delivering-our-low-carbon-future.pdf
4	WEC	Soovitame kõik eeldused ühes kohas (nt eraldi lisas) selgelt välja tuua ning kasutada valideeritud algandmeid (nt Energiamajanduse arengukava uuendamisel kogutavaid andmeid). Kui soovitakse kasutada teatud erihuvidega turuosaliste koostatud analüüse ja kogutud algandmeid, tuleb nende kvaliteet eelnevalt valideerida.	Eeldused on selgelt kirjeldatud stsenaariumide juures. Algallika usaldusväärsuse tagamiseks on algallika avaldanud organisatsioon (nt IPCC või IEA). TE100 kava andmed on valideeritud ning neid on käesolevas analüüsis kasutatud osaliselt.
5	WEC	Soovitame arvutada iga meetme juures välja nende rakendamiseks vajalikud toetused ning nende toetuste maksimise ühiskonnale tekkiv lisaväärtus. Seejärel saab makstud toetuste kulu ning tekkinud lisandväärtuse võrdlemisel hinnata, kas ja kui võrd ühe või teise meetme toetamine ühiskonnale kasu toob.	Arvestame seda soovitusi osaliselt ning täpsustame meetmete maksumust. Olemasolevate toetuste kasu on suhteliselt hästi teada: xx euro eest saab rajada yy MW tootmisest, mille toodang on zz GWh.
6	WEC	Kokkuvõttes tuleks esitada Eestis CO2 vähendamise meetmete otstarbekuse järjestus (nn „merit-order“), lähtuvalt nende potentsiaali ulatusest ning mõjust Eesti konkurentsivõimele	Arvestame seda soovitusi. Meetmed esitatakse mõju ulatuse järjekorras (mõjusamad eespool).
7	WEC	Kokkuvõttes tuleks esitada CO2- emissioonide vähendamise meetmete rakendamise kulu-keerukuse võrdlusmaatriks Eestis. Praegu on analüüsi kokkuvõtte esitatud valdkondade kaupa. Kõik hinnangud, sh. hinnang elluviidavuse keerukuse kohta, on esitatud vaid koostajatele arusaadavas skaalas kolmes grupis (punane, kollane, roheline). Seetõttu ei ole ettepanekute	Meie hinnangul on kolme foorivärvi kasutamine prioriteetsuse esiletoomiseks piisav ja annab arusaadava ülevaate. Keerulise maatriksi tekitamine muudab arusaamise raskemaks, mitte lihtsamaks.

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		elluviidavuse keerukust võimalik seostada meetme efektiivsusega (mõju Eesti konkurentsivõimele). Teeme ettepaneku kasutada ettepanekute prioriteetide määramiseks selgepiirilisemat metoodikat, kus elluviidavust ja kasu hinnatakse kvantitatiivsete parameetritega vähemalt neljas grupis.	
8	WEC	Soovitame eemaldada uuringu eeldustest tuumajaama rajamise Eestisse aastaks 2030. Selle eelduse realiseerumist ei toeta täna mitte ükski prognoos ega turuareng. Selle eelduse sissejätmine muudab stsenaariumi tulemused mõttetuks	Ei arvesta, kunatumajaama kaasamine stsenaariumisse oli tellija soov ning tuumajaama rajamine sisaldub kehtivas arengukavas.
9	WEC	Soovitusi kokkuvõttes tabelis (lk 20) on esimese soovitusena esitatud ettepanek kasutada biomassi koospõletamist fossiilkütuste asemel olemasolevates elektrijaamades. Selline ettepanek on ka meie arvates mõistlik. Meetme kohta on aga antud negatiivne hinnang energiaefektiivsuse osas, väitega, et fossiilkütuste asemel biomassi kasutamine on vajab rohkem biomassi kui elektri ja soojuse koostootmine. Kahjuks ei sisaldu antud hinnangu järeldamine ka uuringu analüüsi osas.	Ei arvesta. Põhimõtteliselt nõustume kommentaariga, et juhul, kui vaadelda lihtsalt põlevkivi asendamist puiduga keevkihtkatlas, siis mõju energiakasutuse efektiivsusele pole, kuna katla kasutegur on sama olenemata sellest, kas seal põletatakse põlevkivi või puitu. Meie hinnang lähtub puidu kasutuse alternatiivsest võimalusest – kasutada seda keevkihtlatla asemel koostootmisjaamas ning vähendada seeläbi põlevkivist toodetud elektrienergia kogust. Primaarenergia kasutuse efektiivsus elektri toomisel kondensatsioonirežiimil on enam kui kaks korda madalam kui summaarne kasutegur elektri ja soojuse koostootmisel. Koostootmise puhul kasutatakse elektri tootmisel tekkiv soojus ära kaugkütteks, kondensatsioonirežiimis aga jahutatakse soojus maha. Seetõttu väheneb koostootmise suuremahulisemal kasutamisel primaarenergia tarbimine katlamajades ning kondensatsioonirežiimil töötavates keevkihtkateldes ülejääva soojuse kogus.
10	WEC	Uuring ei käsitle või ei selgita piisavalt päikesest toodetud soojusenergia osakaalu muutumist ning sellest tingitud teiste kütteviiside turuosa langust. Soovitame hinnata päikesest toodetud soojusenergia osa ülejäänud soojamajandusele, Eesti koostootmispotentsiaalile ning elektritarbimisele.	Nõustume kommentaariga, et päikesekollektoritega toodetud soojuse mõju vajab täiendavat analüüsi. Päikesekollektorite kasutus asendaks osaliselt märtsist kuni oktoobrikuuni sooja tarbevee kasutamiseks vajaliku elektrienergia, maagaasi ja puidu koguseid. Tellija soovil lähtuti lõpptarbimise modelleerimisel ENMAK tarbimise tööühma aruandes toodud eeldustest, mis ei sisaldanud päikeseenergia kasutamist soojuse tootmiseks. Meie hinnangul jääb

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			<p>vaadeldaval perioodil päikeseenergia kasutamine soojuse tootmiseks siiski marginaalseks ning tiheasumites jääb kaugküte valdavaks hoonete kütmise viisiks.</p>
11	WEC	<p>Uuring eeldab, et Eesti elektri import võrdub elektri ekspordiga, samas pole seda kuidagi põhjendatud. 1) Soovitame sellest eeldusest loobuda ning eeldada, et elektri import ja eksport lähtub majanduslikust loogikast. Eestisse on võimalik importida 100% siin tarbitavast elektrist. 2) Soovitame kirjeldada, millises ulatuses on Eestis konkurentsivõimelist elektritootmist ning kui elektri jaamad asuvad mujal, siis miks.</p>	<p>Osaliselt arvestatud, lisatud põhjendus eelduste kohta. Eestis on vaadeldaval perioodil stsenaariumide kohaselt tootmisvõimsusi piisavalt (80-110%), mis tähendab tasakaalu ekspordi-impordi vahel – soodsa elektrituru hinna korral elektrit imporditakse ja talvel, kõrgema turuhinna juures toodavad Eesti jaamad maksimaalse võimsusega. Kehtivas Elektrimajanduse arengukavas aastani 2018 on varustuskindluse tagamise indikaatorina sätestatud, et aastaks 2018 on tootmisvõimsusi 110% tipunõudluse vajadusest. 110% tootmisvõimsuste olemasolu nõude sätestab ka kehtiv Võrgueeskiri (§13,2 lõige 1).</p> <p>Nõustume, et elektri vabaturu tingimustes ei ole elektri päritolul enam nii suurt tähendust ning määrava on tootmisvõimsuste konkurentsivõime kogu turupiirkonnas ning ülekandevõimsuste olemasolu. Samas on tootmisvõime konkurentsivõime puhul oluliseks teguriks ka näiteks Elektrituruseadusega määratud taastuvenergia, koostootmise ja netovõimsuse kasutatavuse toetused. Elektrituru tingimustes elektri tootmise konkurentsivõime analüüsimiseks on vaja kasutada elektrituru modelleerimist võimaldavat mudelit. See eeldab, et kirjeldatakse ära ka naaberriikide tootmisvõimsused ning erinevate tehnoloogiate elektritootmiskulud ning nende prognoos 2050. aastani. Sellise mudeli ülesehitamine on ajamahukas töö ning usaldusväärsete tulemuste saamiseks on vaja adekvaatseid ja täpseid algandmeid. Elektri tootmise konkurentsivõime vajab kindlasti täiendavat, põhjalikku uurimist ning selles küsimuses annab vähemalt osaliselt vastuse ka koostatav energiamajanduse arengukava, kus elektri tootmise stsenaariumide konkurentsivõime hindamiseks</p>

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			<p>kasutatakse Balmorel mudelit.</p> <p>Antud töös põhinevad stsenaariumid eeldusel, et olemasolevad ja rajatavad elektri tootmisvõimsused on elektriturul konkurentsivõimelised ning riik toetab arengut vastavate toetusskeemidega. Seetõttu näeme ka ühe olulise meetmena vajadust põhjalikuks uuringuks elektri tootmisvõimsuste tasuvuse kohta 2050. aasta perspektiivis.</p>
12	WEC	Uuringu stsenaariumide analüüsis (lk 50) on graafikutel elektrijaamade nõudluse prognoosis järsud hüpped, vajaks selgitamist, millest need tulevad.	Arvestatud. Joonis 8 (Elektrijaamade nõudluse (GWh) ja tipukoormuse (MW) prognoos) juurde lisatud täiendav selgitus.
13	WEC	Uuringus eeldatakse, et CCS seadmed on konkurentsivõimelised, samas seda eeldust ei selgitata ega põhjendata. Soovitamine kirjeldada, millise CO2 ja elektri turuhinna juures on CCS-ga varustatud fossiilkütuseid kasutavad elektrijaamad konkurentsivõimelised. Lisaks hinnata, kui tõenäoline (millised tingimused peavad olema täidetud), et selline olukord realiseerub.	Töös on väidetud vastupidi, CCS ei ole konkurentsivõimeline. Lisatud on täiendav tekst Eesti oludes süsiniku salvestamise võimaluste puudumise kohta. Kuna aga EL-i kava näeb CCS-i kui üht võimalikku lahendust KHG heidete vähendamiseks, siis on antud töös CCS-i vaadeldud elektri tootmise juures alamstsenaariumidena, näitamaks ära selle tehnoloogia teoreetilise potentsiaali Eestis.
14	WEC	Uuringus on öeldud: „...BAU ja HIGH CO2 stsenaariumides ... olulist hoonete energiakasutuse efektiivsuse kasvu ette ei nähtud...“ Soovitame kindlasti põhjendada, miks nendes kahe stsenaariumis energiaefektiivsuse kasvu ette ei nähta.	Arvestatud. Vastav täiendus lisatud. Nendes stsenaariumides riik ei näe ette <u>täiendavaid</u> toetusmeetmeid ning energiakasutuse efektiivsus veidi kasvab, kuid kasv on oluliselt madalam võrreldes LOW CO2 stsenaariumiga. Tellija soovil lähtuti lõpptarbimise modelleerimisel ENMAK-i tarbimise tööühma aruandes toodud eeldustest.
15	WEC	Analüüsis sees energeetika kohta tehtud poliitikaettepanekud ning analüüsi kokkuvõttes tehtud poliitikameetmete ettepanekud ei lange kokku.	Arvestatud. Kokkuvõtte ja põhipeatüki meetmeid on ühtlustatud. Kokkuvõttes tuuakse üldistatult ära olulisimad meetmed.
16	WEC	Soovitame üldiste elektritootmisvõimsuste tasuvusuuringute toetamise asemel toetada neid uuringud, mida ettevõtted normaalolukorras ei teeks, aga mille tegemine on ühiskonnale tervikuna kasulik – soovitame toetada lokaalse elektri- ja soojuse mikrotootmise tasuvusuuringute läbiviimist.	Arvestatud, meede ümber sõnastatud. Lisatud täiendus "kuni 5 MW elektrilise võimsusega".
17	WEC	Uuringus kirjeldatud „meede 3“ näeb ette toetused koostootmisjaamade rajamiseks ja tulemusena kirjeldab soojuse hinna languse. Samas on	Selle ettepaneku arvestamine nõuab eraldi uuringu läbiviimist ning ei mahu käesoleva töö raamesse.

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		kirjeldamata hinnalanguse mõju tarbimisele (eeldatakse ka tarbimise vähenemist) ning ei arvestada lokaaltootmise mõju soojustarbimisele.	
18	WEC	Uuringus kirjeldatud „meede 5“ on poliitiline otsus. Soovitatud muudatust (toetada taastuvelektrit riigieelarvest, mitte elektritarbimisest; kaotada toetuste maksimise piirang) ei saa pidada „heaks“ poliitikaks.	Töö koostanud eksperdid on vastupidisel seisukohal.
19	KKM ⁶⁹	K6: Soojust?	Arvestatud. Parandus sisse viidud.
20	KKM	K7: Seletada	Arvestatud. TE100 lahti seletatud.
21	KKM	K8: Kas siin võiks olla juttu ka sellest, et Eesti puhul peab vaatama, mida teha soojaga?	Arvestatud. Soojuse tarbimist puudutav seletus lisatud.
22	KKM	K9: Siia võiks Eestiga seoses lisada, et Eestis ei ole maapõues säilitamine võimalik sest puuduvad vastavad geoloogilised formatsioonid (maapõue seadus - https://www.riigiteataja.ee/akt/121122011001). Koguda ja transportida võib.	Arvestatud. Vastav lõik lisatud.
23	KKM	K10: Huvitav oleks välja tuua kuhu Eestist CO2 transportida saaks ja mis oleks selle kulud.	Arvestatud. Lisatud info võimalike ladustamiskohtade kohta.
24	KKM	K11: Kas on võimalik lisada andmeid võimaliku MWh hinna prognooside kohta EL-is. Ja võimalusel nt BAU stsenaariumist tuleneva siseriikliku elektritoomise hind?	Ei arvesta. prognooside koostamine vajab eraldi uuringut ning ei kuulu käesoleva tööülesande hulka.
25	KKM	K12: Kuna põlevkivi õli puhul on hinnatud põlevkivi kogust siis vb võiks siia ka lisada hinnangu.	Ei arvesta. Jääb arusaamatuks, millist hinnangut soovitakse lisada. Põlevkiviõli tootmine on põhjalikult lahti seletatud põlevkiviõli peatükis.
26	KKM	K13: Kas elanikearvu kohta ei ole juba uuemaid andmeid? Ei tea kui oluliselt see muidugi mudeldamist mõjutab.	Ei arvesta, kuna see ei muuda stsenaariumide võrdlemise tulemust. Andmete allikaks on Eesti Statistikaameti andmebaasi tabel RV021: Rahvastik soo ja vanuserühma järgi 1.jaanuari (1919-2012). Kuna statistiliste andmete kasutamisel on oluline järjepidevus ning LEAP mudelisse on sisestatud andmed 2000-2011 a kohta, siis on aluseks rahvaarv 01.01.2011.a seisuga ning ei ole võetud aluseks 31.12.2011

⁶⁹ Keskkonnaministeerium

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			rahvaloenduse tulemusi.
27	KKM	K14: Täpsustada	Arvestatud. Vastav viide lisatud
28	KKM	K15: Täpsustada	Arvestatud. Vastav viide lisatud
29	KKM	K16: Väga optimistlik prognoos. Viimased CO2-kvoodi hinnaennustused on olnud tunduvalt negatiivsemad. Vt näiteks lisatud PointCarboni ettekannet (28.01.2013). Ühikute turult eemaldamine on veel lahtine, kuid see on oluline mõjutegur. Kuna kvoodi hinnal on oluline mõju, siis võiks seda teemat pisut laiaulatuslikumalt käsitleda. Värskeimat infot leiab näiteks Viini kliimakonverentsi ettekannetest. Kätesaadavad: http://www.publicconsulting.at/kpc/en/home/carbonmanagement/news/austria_climate_change_workshop/	Arvestatud. Kuna on mitmeid erinevaid prognoose, on lisatud värskeim Reuters PC prognoos seoses EK lubatud heitkoguste turult korjamise ettepanekuga.
30	KKM	Töös peaksid olema kajastatud põlevkivigaasid (generaatorgaas, poolkoksigaas) vähemalt joonistel 10-13, 17-20, 32-37 ja tabelis 101. Samuti lk 316 on toodud välja koefitsient 25 t CO2/TJ tarbitud põlevkivi kohta - täpsustada, mis komponente siin on arvestatud. Kõikidest protsessidest ei teki nõ protsessist tulevaid heitkoguseid. Seega on vajalik täpsustus.	Põlevkiviõli tootmisprotsessi käigus tekkiv koks ja uttegaas kasutatakse ära põlevkiviõli seadmete kõrval asuvates suurtes põlevkiviküttes elektrijaamades muude kütuste lisana. Elektri tootmist käsitlevatel joonistel ja tabelites kajastuvad generaator- ja poolkoksigaasi andmed põlevkivi real, kuna ei ole eraldi tootmisüksust, mis vaid põlevkivigaasi kütusena kasutaks. Lk 316 toodud koefitsient 25 t CO2/TJ kohta on Põlevkivi arengukava alusuuringute raames Andres Siirde poolt antud eksperthinnang, mis põhineb õlitootjate andmetel. Koefitsiendis sisalduvad uutes põlevkiviõlitechastes põlevkivigaasist elektri tootmise emissioonid.
31	WEC	Uuringus eeldatakse, et põlevkiviõlist toodetud diiselkütus tarbitakse Eestis ja seetõttu tekib Eestis diiselkütuse kasutamisest võrreldes teiste Euroopa riikidega topeltkogus CO2 . emissioone. See eeldus ei ole mõistlik ega usutav. Soovitame põlevkivist toodetud diiselkütuse CO2-sisaldust Eesti transpordipoliitikas eraldi mitte vaadelda, sest tegemist ei ole mitte transpordipoliitilise, vaid konkreetsete energiatootjate probleemiga. EL transpordipoliitikas on juba eraldi komponent (kütuse elukaare CO2-sisalduse jälgimine ning müüdavale kütusele maksimaalse CO2-sisalduse kehtestamine), mis muudab vedelkütuse CO2-sisalduse energiatootjate majanduslikuks riskiks.	Nõus, et põlevkiviõli tarbimisest tekkiva kõrge CO2 võib BAU-st sellisel kujul välja jätta ja eeldust – et 50% diislist on kaetud põlevkiviõliga pole stsenaariumites mõtet rakendada – tuleb tekstis avada ja selgelt öelda, et põlevkiviõliga Eesti transpordikütuseturu rahuldamine ei ole CO2 poliitikat arvestades teostatav, vt ka KKM-ile antud vastus K18, kust on praegune stsenaariumi eeldus võetud. Ühtlasi ei nõustu autorid, et transpordis kasutatava kütuse teema ei ole transporditeema ja seda ei peaks üldse käsitlema -- ka transpordivaldkonda analüüsid on

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		<p>Hetkel ei ole ka kindel, et Eestis tõepoolest hakatakse põlevkiviõlist diiselkütust tootma.</p>	<p>vaja teada kütuste päritolu ja nende tootmisviise, kuid nõustume, et kütuste tootmine ei kuulu transpordi valdkonda.</p>
32	WEC	<p>Uuringus räägitakse autode maksustamise juures ainult maksutuludest, mitte ühiskonna kogutuludest või -kuludest. Soovitame kindlasti arvutada välja erinevate maksude mõju majandusele tervikuna. On selge, et väiksem transpordivahendite soetamine ja kasutamine ei oma riigile tervikuna ainult positiivset mõju.</p>	<p>Autode CO2-põhise maksustamise eesmärk ei ole vähendada sõidukite soetamist, vaid suunata tarbijaid valima kütusesäästlikumaid sõidukeid (mis ei ole ka ilmingimata väiksemad), mis tervikuna vähendab nii ettevõtete kui ka perede kulutusi kütusele. Selle uuringuga ei ole võimalik igale soovitusel võimalik koostada täielikku sotsiaal-majanduslikku hinnangut, vaid näidata suunda, mille suunas maksusüsteem peaks liikuma – detailsem analüüs peaks sisalduma konkreetsete seaduste väljatöötamise etapis. Sarnaselt ei ole OECD ja EL poolt tehtud analoogsed soovitused detailideni mõjude hindamisega kaetud. Kütusesäästlikumad sõidukid tulevad konkurentsivõimele kasuks, mitte kahjuks. Pikemalt on põhjendatud seda meedet nt Riigikantselei poolt tellitud Säästva transpordi raportis (millele on töös viidatud) ja veel avaldamata Keskkonnatasude uuringus KKM-ile.</p>
33	WEC	<p>Uuringus käsitletakse kütuseaktsiisi, aga mitte piisavalt põhjalikult. Soovitame kütuste maksustamise juures eristada infrastruktuuri kasutamise maksustamist ning kasvuhoonegaaside õhkupaiskamise maksustamist.</p>	<p>Kütuseaktsiisi maksustamisel on tehtud ettepanek energia- ja CO2 heite osa diferentseerimiseks, millest energiamaksu osa koos pakutud teekasutustasudega kataks teehoiukulud/infrastruktuuri kasutamise; samas mõjutab ka infrastruktuuri kasutustasu transpordiliigi valikuid ja vähendab transpordi energianõudluse kasvu. Käesolev uuring annab soovitusi põhimõtteliste suundadele, kuhu võiks CO2 vähendamise eesmärgil transpordi maksustamisel liikuda.</p>
34	WEC	<p>Uuringus on transpordile pööratud liiga vähe tähelepanu. Soovitame põhjalikumalt uurida transpordisektori võimalusi CO2 heitmete vähendamiseks. Transpordivahendite eluiga on küllalt lühike, samas energiatarve küllalt suur, mistõttu tundub loogiline, et seal saavutatav (kiire) CO2 heitmete kokkuhoid võiks olla märkimisväärne. Soovitame võrrelda konkreetseid CO2 heitmete alandamise võimalusi avaliku sektori poolt tellitavate transporditeenuste</p>	<p>Ühistranspordi osa transpordi KHG heites on võrdlemisi väike ja tegu on sektoriga, kus pole KHG heide erinevalt teistest transpordisektoritest viimase 10 aasta jooksul kasvanud (vt joonis hetkeolukorra alaptk-s), seega ei ole otseselt ühistranspordisõidukites kiiret energiasäästu (nt on uute bussidega kütusekulu vähendamist saavutada palju keerulisem kui autode</p>

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		osutamisel (diiselbusside asemel trollid; diiselrongide asemel elektrirongid) ning näidata, kuidas peaks muutma nende teenuste avalikku tellimist, et oleks võimalik üleminek väiksema lokaalse saastamise ning madalama CO ₂ -jalajäljega energialiikide kasutamisele.	puhul) ja CO ₂ vähendamist võimalik saavutada – seda teemat on uuringus piisava detailsusega kajastatud ja viidatud olemasolevatele põhjalikumatele uuringutele, et anda ülevaade, et säästupotentsiaal on eelkõige sõiduautode ja veoautode valdkonnas.
35	EMPL ⁷⁰	Raporti transpordi osas tuleb välja tuua, et vastavalt „Puidutranspordi makromajanduslik uuring 2010“ analüüsile väheneks CO ₂ heide aastas 26 000 tonni võrra (- 35%) kui puidutranspordil saaks kasutada Skandinaavia tüüpi keskkonناسäästlikke veovahendeid mille koorem oleks 60 tonni praeguse 44 tonni asemel. See vähenemine moodustab kõikide veoautode (mitte ainult metsavedude) emissiooni ca 7%. Metsavedudel väheneks summaarne läbisõidukilomeetrite hulk 21 miljoni kilomeetri võrra aastas, ehk pea 2x. Sama viide tuleks tuua ka LULUCF osasse lk 188.	Massipiirangu tõstmine 60 tonnile ei ole keskkonkakaitse taotlusega meede ja EMPL uuring lähtub eeldusest, et veokaugused jäävad samaks ning 300-1200 MEUR kulutused teede tugevdamiseks ei nõrgenda raudtee- ja laevavedude konkurentsivõimet rahvusvahelistel vedudel. Võrreldes EMPL uuringus toodud metsaveoautode kütusekulu andmeid Soome VTT vastavate veokite andmetega, on EMPL uuringus toodud CO ₂ vähendamise potentsiaal üle hinnatud ca kolmandikuga.
36	EMPL	Soovitame metsamaterjalide veokite massipiirangu kaotamist.	Seda ettepanekut ei saanud arvestada kahel põhjusel. 1. See soovitus on suunatud autovedude eelistamisele raudteevedude ees, mis toob kaasa transpordisektori summaarse KHG emissiooni kasvu. 2. Maanteeameti ja Rambolli poolt koostatud analüüsis (2011) leiti, et veokite täismassi, pikkuse või kõrguse suurendamine eeldaks Eesti teede ja sildade seniseid projekteerimisnorme ja seisundit silmas pidades lähiaastatel ulatuslikku ümberehitusi ja investeringuid (ca 2 miljardit eurot) ja 52-tonniste veokite lubamine ühiskondlikud kulud oleksid 5 korda suuremad kui sellest saadud tulu. Kuidas raskemate vedude lubamine mõjutab raudtee konkurentsivõimet, transpordi väliskulusid ja maanteevedude nõudlust tervikuna, vajab eraldi põhjalikumat analüüsi, mis ei ole käesoleva uuringu ülesanne. Mitmed säästva transpordi

⁷⁰ Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			<p>edendamise tegelevad organisatsioonid (nt Euroopa Transpordi ja Keskkonna Föderatsioon) ja uuringud (nt Umwelt Bundesamt 2007) osutavad, et raskemate ja pikemate raskeveokite lubamisest oleks rohkem kahju kui kasu, sest see:</p> <ul style="list-style-type: none"> eeldab osa infrastruktuuri ümberehitamist, tehes teehoiu ja -ehituse kulukamaks, soodustades otseselt ka sõiduautokasutust võib viia osa kaubaveost raudteelt ja merelt üle maanteevedudele, tõstes negatiivseid väliskulusid ja maanteede koormust, võib genereerida madalamate otsekulude tõttu uut raskeveokite liiklust, võib muuta õnnetuste raskusastet suuremaks. <p>Sellest tulenevalt ei saa pidada täismassipiirangu tõstmist keskkonnakaitseliseks ega tervikuna kütusekulu vähendavaks meetmeks.</p>
37	KKM	Soovituste värviline tabel täiendada transpordi soovitustega.	Nõus.
38	KKM	K17 jt redaktsioonid	Nõus, redaktsioon vastavalt KKM-i täiendusele.
39	KKM	K18 põlevkividiisli kasutamine transpordis 50% diisli ulatuses BAU oletustes - mis on oletuse alus?	<p>BAU-st võetakse põlevkividiisli osa välja eeldusel, et Eesti täidab praegu kütusekvaliteedi direktiivi eelnõuga võetud sihte ega hakka eriõigusi põlevkivile taotlema. Töös toodud eeldus põhines Eesti positsioonidel EK toimuvatel läbirääkimistel, millega on püütud põlevkivist toodetud mootorikütuste tootmise CO2 arvestust vältida . (vt nt EPL: http://www.epl.ee/news/majandus/euroopa-komisjon-voib-kuulutada-eesti-diislikutuse-rampsuks.d?id=64907642). Samuti on Eesti Energia korduvalt esitlenud põlevkiviõlist mootorkütuste tootmise plaani nii, et sellega kaetakse diislikütuse tarbimist Eestis - http://uudised.err.ee/index.php?06237571. Kuigi stsenaariumist võetakse põlevkividiisel välja, jäetakse selleleemaline arutelu uuringu teksti sisse, sest see on väga oluline teema, mida pole teiste</p>

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			sektorite all käsitletud.
40	KKM	Jagatud kohustuse otsusega seatud 11% KHG heitkoguste piiramise eesmärk on võimalik jagada sektorite vahel ebaproportsionaalselt sõltuvalt sektorite heitkoguste vähendamise võimalustest, maksumusest jne. Lõplik jaotus peaks selguma selle aasta jooksul.	Kuna jaotus pole selge, siis on käesolevas töös lähtutud eeldusest, et eesmärgid jagatakse proportsionaalselt kõikide mitte-ETS sektorite vahel. Täpsustame teksti selle selgitusega.
41	KKM	Puuduv lauselõpp	Täiendatud
42	KKM	Raudtee elektrifitseerimise meede täiendada	Täiendatud
43	KKM	Puitoodete elutsükli analüüsis kajastatud transpordis tekkivat emissiooni, mis ei ole LULUCF sektori teema, vaid peaks olema kajastatud transpordi sektoris.	Sellisel kujul nagu aruandes puidutoodete elutsükli analüüs tehtud on, peabki olema koos transpordiga ja selle sektori all – lisaks pole need puidutranspordi heitkogused LULUCF stsenaariumides sees ega mõjuta erinevate stsenaariumide kogu heitkoguseid (ei teki topeltarvestuse ohtu).
44	WEC	24. Uuringust järeldeb, et CO2 heitmete vähendamine on praktiliselt võimatu. Samas nii see ei ole. Soovitame uurida milline oleks energiasaldusega jäätmete suurema taaskasutuse mõju CO2 heitmete vähendamisele. Näiteks, kuidas saaks olemasolevatesse prügilatesse ladustatud energiasaldusega prügi kasutada näiteks elektri või soojuse tootmiseks. Nii oleks võimalik vähendada prügi lagunemisprotsessi ning energiatootmise koguemissiooni.	<p>Pole nõus. Uuringu tulemustest ei järeldu, et CO2 heitmete vähendamine on praktiliselt võimatu. Vastupidi, võttes arvesse tänaseid arenguid ja eelkõige jäätmete prügilasse ladestamise kiiret/hüppelist vähenemist, on CO2 heitmete vähenemine juba lähiaastatel järsk, seda ka nii BAU kui ka LOW CO2 stsenaariumi puhul (võrreldes 2010. aastaga väheneb KHG heitkogus 2 korda). Kuna prügilasse ladestamise vähenemine (peamine KHG allikas) toimub nii BAU kui ka LOW CO2 puhul, siis on edasised võimalikud KHG-de vähendamised tõesti piiratud (vt LOW CO2 stsenaarium). See oli ka põhjuseks, miks on jäätmevaldkonnas ainult kaks stsenaariumit.</p> <p>Energiasaldusega jäätmete põletamist piirab jäätmedirektiiviga sätestatud jäätmete ringlussevõtu eesmärk. Olemasolevatesse prügilatesse ladestatud jäätmete üleskaevamine ja kasutamine kütusena pole lähema 20-30 aasta jooksul perspektiivne (nii majanduslikult kui ka keskkonnamõju, eelkõige KHG tekke seisukohast) ning pigem võib tekitada KHG lisaemissioone. Täna Saaremaa prügila üleskaevamine näitab, et eelnevatel perioodidel</p>

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			<p>ladestatud prügi energeetiline kasutamine on väga probleemne kui mitte võimatu (eelneval perioodil ladestatud jäätmed sisaldavad suures koguses mineraalseid jäätmeid – seepärast näiteks eraldatud plast jm põlev fraktsioon ei sobi jäätmekütusena kasutamiseks, selline tegevus ise nõuab suurt energiakulu (transport jms), biolagunev jäätme fraktsioon laguneb lähikümneni jooksul niikuinii, lisaks võib prügilavõimaluse avamine viia suurema prügilagaasi tekkimiseni ja häirida olemasolevat gaasikogumissüsteemi jne). Tekkiv olmejäätmekogus (kuni aastani 2050) on piisav, et majanduslikult madalamete kuludega seda Eestis olevates jäätme põletuskäitistes kütusena kasutada. Igal juhul on kasulikum lähema 20-30 aasta jooksul keskenduda eelkõige tänastes prügilates tekkiva gaasi võimalikult suures koguses kokku kogumisele ja energeetilisele väärimisele (kindlasti suurem efekt ka KHG vähendamise seisukohast). Viimane on ka stsenaariumides, sh LOWCO2 arvestatud. Kaugemas tulevikus, kui kõik ressursid on ammendatud, on otstarbekas ehk mõelda vanade prügilate avamisele.</p>
45	WEC	<p>Sarnase analüüsi soovitame teha ka minevikus ladustatud põlevkivi poolkoksi ja aheraine energeetilise kasutamise kohta. Tegemist on materjalidega, millel on märke ladustatult isesüttimise oht ning mis emiteerivad keskkonda suures koguses CO₂, kuid kahjulikke gaase ning . Oleks otstarbekas analüüsida, kui palju CO₂ heitmeid on võimalik ära hoida, kui poolkoks ja aheraine oleksid energeetiliselt taaskasutatud energia tootmiseks uue kaevandatava põlevkivi asemel.</p>	<p>Pole nõus. Oleme uuringus oleme selget välja toonud, et põlevkivitööstuse jäätmeid me arvesse ei võta.</p> <p>Teoreetiliselt võib poolkoksi ladestamine KHG tekitada, kuid meil pole andmeid, kui palju ja mida seal tekib (lisaks ei ole see ka KHG inventuuriga kaetud). Uued õlithased poolkoksi ei tekita. Vanu ja suletud aherainemägesid ei hakata ka kindlasti lahti tegema, kuna võimalik tekitatav reostus on kindlasti suurem kui võimalik saadav kasu (energeetiliselt nt tsemenditööstuses tasub kasutada ainult värsket poolkoksi).</p> <p>Aheraine puhul saame rääkida vaid teatud vanadest aherainemägedest, kus sisaldub suuremas koguses põlevkivi (isesüttimisoht). Osa neid vanu aherainemägesid on ka juba uuesti</p>

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			ümbertöötatud. Samas pole KHG tekke osas vahet, kas põlevkivi tuleb kaevandusest või vanast aherainemäest. Täna kasutatav rikastamistehnoloogia tekitab aherainet, mida pole enam võimalik energeetiliselt kasutada. Pigem ikka tuleb kasutada seda killustiku asendajana ehituses.
46	KKM	Näiteks jääb selgusetuks, kas tegelikult on nt jäätmete BAU või Low CO2 ka energeetikasse integreeritud/arvestatud? Kui jäätmekogused vähenevad, kas see eeldab prügi kui kütuse riiki importimist?	Jäätmed on kütusena arvesse võetud energeetika osas. LOW CO2 stsenaariumis on ette nähtud jäätmekoguste vähenemine (vältimismeetmete tulemus). Jäätmetekke vähenemine pole nii suur, et oleks vaja jäätmeid (eelkõige olmejäätmeid) riiki importida. Vastav täpsustus/selgitus on ka aruandesse lisatud.
47	WEC	Uuringus on kirjeldamata toetuste netomõju. Soovitame kirjeldada toetuste maksimise netomõju ühiskonnale.	Põllumajandussektoris käsitletud toetusmeetmed on peamiselt juba praegusel ajahetkel MAK 2007–2013 raames rakendamisel olevad toetusmeetmed ning ka väljatöötamisel olevates arengukavades planeeritavate hulgas. Toetusmeetmete rakendamise netomõju hinnatakse meetmete vahe- ja/või järelhindamiste käigus ning on ka hinnatud Maaelu arengukava 2014–2020 väljatöötamise käigus. Nimetatud hindamised ei mahu käesoleva uuringu raamesse ning seetõttu on arvesse võetud juba osaliselt hinnatud mõjusid. Seega võetakse soovitus osaliselt arvesse ning aruandesse lisatakse mõjude lühikirjeldus.
48	WEC	Uuringus on eeldused põllumajanduse arengute kohta, samas on arengute summaarne mõju kirjeldamata. Soovitame kirjeldada, milline on Eesti põllumajandus võetud eelduste realiseerumisel.	Kommentaar on arvesse võetud ning alapeatükki on lisatud täiendavad kirjeldused erinevate stsenaariumide kohta.
49	WEC	Uuringust ei selgu, milline on põllumajanduse roll ja panus energeetikasse. Soovitame kirjeldada, kui palju ja milliste kuludega on võimalik põllumajanduse abil CO2 heitmeid vähendada ning võrrelda seda alternatiivsete meetmetega.	Kommentaariga on arvestatud osaliselt. Kuna põllumajandussektoris ei ole CO2 heidete vähenemist ette näha, siis ei ole võimalik ka hinnata meetmete kuluefektiivust. Sektori meetmete alapeatükki on täiendatud ning kirjeldatud meetmete kogumaksumust erinevates stsenaariumides. Samuti on kirjeldatud erinevate stsenaariumide realiseerumise keskkonna- ja sotsiaalmajanduslikke mõjusid.
50	WEC	Uuringus pole selgitatud, milline biogaasi tootmise viis peaks olema eelistatum, kas lägast või biomassist. Soovitame põhjalikult kõrvutada taimekasvatusest	Biomassist ja lägast biogaasi tootmisviiside võrdlemine on väga ressursimahukas töö ning eeldab kahe võrreldava tootmisviisi

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		pärit biomassi ning loomakasvatusest pärit biogaasi tootmise võimalusi, et vältida teineteist välistavate energiatootmise viiside planeerimist. Tuleks analüüsida, milline arengusuund on rahvamajanduse tänase teadmise järgi kõige otstarbekamad.	kompleksset olulusringi analüüsi, mida omakorda mõjutavad nii sotsiaalmajanduslikud tegurid, riiklik maksu- ja regionaalpoliitika kui ka EL-is rakendatav poliitika ja toetusmehhanismid. Antud teema vajab põhjalikke uuringuid ning praeguse uuringu raamesse nii ressursimahukas rakendusuuring ei mahu.
51	KKM	Samas on osakaalult järgmine peale energeetikat.	Nõus. Täpsustame ning rõhutame sektori olulisust, eriti selle osatähtsuse suurenemist lähima 40 aasta jooksul.
52	KKM	KHG inventuuris ei ole arvestatud lindude poolt vahetult emiteeritud metaani. Kas käesolevas töös on see juurde arvestatud?	Ka käesolevas töös ei ole arvestatud lindude poolt emiteeritud metaani. Täpsustused on aruandesse sisse viidud.
53	KKM	Sarnaselt teiste stsenaariumitega võiks põhieeldused tabeli kujul välja tuua, et stsenaariumite erinevused oleks selgemini arusaadavad.	Kommentaar arvesse võetud ning eeldused tabelisse lisatud.
54	KKM	Lisada, kui palju biogaasi toodetakse ja linkida see ära energeetikasektoris kütuste kasutamise juures sobivas stsenaariumis.	Kommentaar arvesse võetud.
55	KKM	Kui biogaasi kogutakse, siis peaks LOWCO2 vähemalt sõnnikukäitluse CH4 heitkogus vähenema. Praegu see ka suureneb oluliselt. Vaadata üle arvutused ja juhised ja täpsustada.	Kommentaar arvesse võetud.
56	KKM	Lk 168 ja lk 167. Tegemist on vastukäivate seisukohtadega.	Kommentaar arvesse võetud ning lauseid täpsustatud.
57	KKM	Täiendada	Lisatud täpsustatud viide
58	KKM	Täiendada	Lisatud täpsustatud viide
59	KKM	Kas siin ei ole tegu faktilise eksitusega, kuna juba täna on see osakaal ca 25-30%. Kas selline jutt käib rangelt kaitstavatest metsadest (mitte ei ole mõeldud kaitse piiranguvööndisse vms kaitse meetme rakendamist)?	Jah, tegemist on rangelt kaitstavate metsade pindalaga, aruannet vastavalt täiendatud.
60	WEC	Uuringus võiks põhjalikumalt analüüsida, millisel kujul biomass kõige rohkem CO2 heitmeid vähendada võimaldab. Soovitame selgemalt välja tuua, kuidas on omavahel seotud biomassi ja fossiilsete kütuste kasutamine. Kui väiksem biomassi kasutamine tähendab suuremat fossiilkütuste kasutamist, siis ei pea paika väide, et biomassi peamine roll on olla „süsinikku hoiustav pank“, sest fossiilkütuste kasutamata jätmise on hüpoteetiliselt efektiivseim viis piirata üleüldist CO2 sisaldust atmosfääris.	Nõustume, et biomass ei saa „olla süsinikku hoiustav pank“. Analüüsis on toodud esile võimalikud piirangud, mis on seotud biomassi, eelkõige metsa kasutusega. Fossiilkütuste kasutuse vähenemine biomassi kasutuse arvel kajastub nii energiamajanduse peatükis kui ka sektoriüleses vaates. Samuti on oluline nullastiku süsinikuvaru säilimine, mida mõjutab otseselt biomassi kasutus, näiteks raied. Vastavatele uuringutele ja käsitlustele, lisaks looduskaitselele piirangutele, on analüüsis ka viidatud.

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
61	EMPL	Üldine tähelepanek, et raportis LULUCF osas on majanduse konkurentsivõimelisuse aspekt jäetud uurimistemaatikas suuresti järeldustes arvesse võtmata. Meie arusaamise järgi tähendab konkurentsivõimeline madala süsinikuga majandus väga mitmeid aspekte arvessevõtvat majandusmudelit, kus otsitakse tasakaalu majanduse konkurentsivõime ja süsiniku jalajälje vahel.	Asjakohane analüüs on esitatud raportis.
62	EMPL	Lk 189, ptk 8.2.4 esimeses lõigus on mõttearendus, et juhul kui raiemahud realiseeruvad BAU ja HIGH CO2 stsenaariumitele vastavalt, siis kaugemas tulevikus tekib probleem raiemahu vähenemisega ja on tagasilöökk puidutööstuse investeeringutele. Selline mõttearendus ei ole tõsiseltvõetav. Mida rohkem me jätkaks küpset metsa täna raiumata, seda hiljem saabuks tulevikus hetk, kus on võimalik taas küpsest metsast puitu kasutada. Seega oleks 8 milj tm-ga raie piiramisel tulevikus oht investeeringutele suurem. Tööstus saab kasutada üksnes kvaliteetset puitmaterjali, mitte metsas üleseisnud materjali. Raiestsenaariumite planeerimist tuleks teha oluliselt pikemale ajale kui ainult + ~35 aastat. See tooks paremini välja erinevate stsenaariumite mõjud raieringist pikemale ajale.	Saame lisada EMPLi eriarvamuse ohust investeeringutele 8 mln tm raie korral, kuid eelnevalt palume EMPLi selgitust, millised puidu kvaliteedi näitajad halvenevad sedavõrd, et metsatööstus ei saaks senistest raievanustest vanemat metsamaterjali enam kasutada. Töö lähteülesandes on seatud prognoosi koostamine aastani 2050 ja sellest tulenevalt on hinnatud võimalikku puidukasutust, lähtudes kehtivatest raievanustest kuni nimetatud aastani. Mh on analüüsi läbiviimisel arvestatud sellega, et see meetodika leidis kinnitust ka I vahearuaande tagasisides.
63	EMPL	Uuringus viidatakse (lk. 176) Padari jt. tööle, mille alusel peetavat Eesti metsade raieressursiks 8,4 miljonit tm aastas. Viide ei ole tõene, kuna viidatud töö autorite kinnitusel vaatlevad nad teoreetilist olukorda, kus metsade vanuseline struktuur on optimaalne ja metsade juurdekasv on määratud mullaviljakusega. Kuna meie metsade vanuseline struktuur on optimaalsest kaugel, on ka võimalik kasutusmaht suurem.	Arvestame kommentaariga ja lisame aruandesse vastava selgituse, et tegemist on teoreetilise raiepotentsiaaliga.
64	EMPL	Metoodiliselt peaks vaatlema erinevate sektorite arengustsenaariume koos, LULUCF on töös aga erandiks. Näiteks, et tagada taastuenergeetikas vajalik puidukogus, soovitatakse kasutada metsanduses HIGH CO2 stsenaariumi, LULUCF osa aga seda ei soovita. Töö eri osad peaks omavahel seoses olema.	Arvestame kommentaariga ja täiendame aruannet .
65	EMPL	Esitlusest järeldub, et puidu tarbimine energeetikas ulatub kuni 74 PJ-ni, millele vastab 10,3 miljonit tm puitu. Raiemaht 8 miljonit tm aastas tähendab koos raidmete ja tööstuse kõrvaltoodanguna energeetiliselt kasutatavat puitu ca 4 miljonit tm, sest tööstuslikuks toormeks sobiva puidu kütusena kasutamine ei ole otstarbekas. Puudu jääv ca 6 miljonit tm pakutakse saada energiavõimsast. 1	Nõustume, et täiendav metsastamine ei aitaks koostatud analüüsi andmetele tuginevalt katta energeetikaks vajamineva puidu kogust ja seeläbi on oluline importpuidu kasutus. Analüüsis on käsitletud võimalikke looduskaitsepiiranguid ja raietega kaasnevaid emissioone, mis läbi on valitud optimaalsemaks raiestsenaariumiks 8

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		<p>PJ = 140 000 tm, 6 miljonit tm on seega ca 43 PJ. Energiavõsa tootlikkuseks arvestatakse energiat 119 GJ/hektarilt aastas (lk. 236). 43 PJ energia jaoks on seega vaja 357 000 hektarit energiavõsa. Lk. 233 andmetel on kättesaadav 110 000 ha mineraalmullaga kasutamata maad, PRIA andmetel 163 000 ha. Biogaasi tootmise jaoks planeerib ENMAK 2030 60 000 ha. Seega on sellise ettepanek: madal raiemaht + energiavõsa tõsiselt kaheldav, kuna taastuvat ressursi ei jätkuks piisavalt et fossiilseid ressursse asendada . Kasutamata maa metsastamine on kahtlemata vajalik, et taastuvressursi juurdekasvu suurendada, aga samas ei tohiks praeguselt metsamaalt puidukasutust põhjendamatult piirata.</p>	<p>mln tm a.</p>
66	EMPL	<p>Uuring toob õigesti välja puidu pikaajalise kasutamise kui süsiniku ladestamise viisi ja isegi arvutab välja mõjusid, kuid ei ole arusaadav kas tulemit kogubilansis arvesse võetakse. Palume selgitust. Tabeli 49 biomassis säilitatud süsiniku juures tuleb arvestada ka puittoodetes seotud. Tabeli 50 sisu ei ole arusaadav, sest ridade a, b ja c sisu ei ole selgitatud. Samuti vajab selgitust tabeli 51 sisu ja arvutusmetoodika. Siis saab ka vastuse küsimusele, kas lk. 192 toodud suhtarvud erinevates stsenaariumites 14, 18 ja 22% puidutoodetes ja metsa biomassis seotud süsiniku suhte kohta on absoluutkoguste kohta või alates 2010.a. kuni 2050.a. lisandunud metsa ja puidutoodete kohta.</p>	<p>Tabelis 49 on eristatud puidust toodetes seotud C ja seda ei ole arvutatud koguvoo hulka. Antud arvutuses oleme lähtunud riikliku KHG aruandluse metoodikast. Töö autoritel puudub info, et riiklikes KHG aruannetes arvestatakse puittoodetes seotud CO2 metsamaadelt lähtuvate kogumissioonide hulka. Vastav täiendus on arutusel Euroopa Komisjoni ettepanekus maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsandusega seotud tegevusest tuleneva kasvuhooonegaaside heite ja sidumise arvestuseeskirjade ja tegevuskavade kohta (Proposal for ... 2012), millele oleme ka viidanud analüüsi ptk-s 8.2.2.</p> <p>Tabel 50. Täiendame vastavalt: a -paber (2 a); b - puitplaat (25 a); c - saepuit (35 a), sulgudes vaikumisi määratud poolestusaeg vastavalt Euroopa Komisjoni algatusele COM/2012/93 (Proposal for ... 2012)</p> <p>Tabel 51. Antud suhtarvud on toodud absoluutkoguste kohta alates 2010 kuni 2050. Täiendame vastavalt analüüsi teksti.</p>
67	EMPL	<p>Selgitust vajab eksporditavate puidutoodete süsiniku arvestamine. Lk. 192 viide, et alates aastast 2020 seotakse puitehitiste 655 000 kuupmeetris puidus 142 000 tonni süsinikku, osutab sellele, et süsiniku sidujana arvestatakse puidutoodete kogumahtu ja ei tehta vahet sisetarbimise ja ekspordi vahel. Selline lähenemine on täiesti aktsepteeritav, aga vajaks sellisena ka ära märkimist. Raporti muudaks kergemini loetavaks, kui loobutaks gigagrammide</p>	<p>Nõustume ja teeme vastavad täiendused analüüsi tekstis.</p>

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		taoliste ühikute kasutamisest. 1 Gg = 1000 tonni.	
68	EMPL	<p>Meetmete hulka peaks EMPL arvates lisama järgmised tegevused:</p> <p>8.1. Euroopa Ehitustoodete Määrus CPR 305/2011 nõuab keskkonnasõbralike ja teiseste materjalide kasutamist. Selle nõude täitmiseks koostatakse arengukava, mis sisaldab meetmeid puitehituse arendamiseks.</p> <p>8.2. Keskkonnahoidlike hangete korraldamisel luuakse võimalus ehitise süsiniku jalajälje kasutamiseks ühe hinnatava parameetrina.</p>	Nõustume ja teeme vastavad täiendused meetme 5 juurde.
69	KKM	<p>Metsanduse olulisimad funktsioonid madala süsinikuga majanduse valdkonnas, millele töös tuleb keskenduda, on metsa süsinikusidumise suurendamine ja puidu kui taastuvressursi kasutamise soodustamine taastumatu ressursi asemel. Erinevate metsakasutusmahu stsenaariumide juures:</p> <p>1) Loobutakse taastuvate ressursside kasutamisest ning biomassis seotud süsinik säilitatakse metsas</p> <p>2) Metsa ja metsamaad kasutatakse jätkusuutlikult nagu kirjeldab Metsanduse arengukava aastani 2020</p> <p>3) Eesti majandussektorite kogunõudlus puidu järele madala süsinikusisaldusega majanduse tingimustes, kus kõik fossiilsed kütused asendatakse taastuvatega. Kajastatava perioodi kohta tuleb esitada nii süsinikusidumise absoluutsed kogused kui suhtelised muutused ning süsinikukogused, mida puidu kasutamine asendusressursina kokku hoiab .</p>	Nõustume ning oleme töös eelpool nimetatut käsitenud. Süsinikukogused, mida puidu kasutamine asendusressursina kokku hoiab, on esitatud esialgsete andmetena teaduskirjanduse põhjal (Sathre & O`Connor; 2010).
70	KKM	Metsa süsinikusidumise prognoosides tuleb arvestada pikema perioodiga kui on analüüsi periood (aastani 2050), et paremini välja tuua erinevate stsenaariumite pikaajaline mõju metsade vanuselisele struktuurile ja koosseisule. Perioodi minimaalne pikkus peaks olema 100 aastat.	Töö lähteülesandes on seatud prognoosi koostamine aastani 2050 ja sellest tulenevalt on hinnatud võimalikku puidukasutust lähtudes kehtivatest raievanustest kuni nimetatud aastani. Mh on analüüsi läbiviimisel arvestatud sellega, et see meetodika leidis kinnitust ka I vahearuaande tagasisides.
71	KKM	Lühema ja pikema raieringi kasutamise eelised süsiniku sidumisele, puidupakkumisele ja vanuselisele struktuurile – eelised ja ohud.	Lühema raieringi võimalusi on esitletud alaptk-s „Kasutamata põllumaade biomassi kasvatamise potentsiaal bioenergia tootmiseks ning võimalikud meetmed põllumaadelt tulevate emissioonide vähendamiseks“. Samas oleme arvamusel, et kui vastavas küsimuses eeldatakse põhjalikumalt analüüsi, siis oleks see pidanud sisalduma lähteülesandes või 1. vahearuaande

Nr	Kommentari autor	Kommentaari	Vastus
			kommentaaries. Hetkel on käsitatud puidu kasutust, lähtudes tagavara muutustest, sh NIR meetodikast.
72	KKM	kui palju seotakse süsinikku erinevates puittoodetes	Analüüs on raportis esitatud.
73	KKM	kui palju süsinikku vabastatakse vähem puidu põletamisel vs fossiilsed kütused	Täpsustame, fossiilkütuste kasutuse vähenemine biomassi kasutuse arvel kajastub nii energiamajanduse peatükis kui ka sektoriüleises vaates.
74	KKM	kui palju tuleks metsamaa pindala suurendada, et tagada kasvava süsinikusidumise vajadus	Hinnang on antud Põllumaa ja Rohumaa peatüki "Energiapuidu kasvatamise" alapeatükis.
75	KKM	millised puuliigid tagavad kõige kiirema süsinikusidumise jms	Lühema raieringi võimalusi ja vastavaid kiirekasvulisi puuliike on analüüsitud alaptk-s "Kasutamata põllumaade biomassi kasvatamise potentsiaal bioenergia tootmiseks ning võimalikud meetmed põllumaadelt tulevate emissioonide vähendamiseks". Kui puuliikide süsinikusidumise võrdlust eeldatakse aga ka pikema raieringi puhul, rõhutame, et siiani on Eesti-põhine teave erinevate puistute süsinikubilansi kohta puudulik, kuid täiendame tööd teaduskirjanduse põhjal.
76	KKM	Maksimaalselt tuleb kasutada tööd toetavaid olemasolevaid aruandeid (näit. RMK ja KIK rahastatud projektiaruanded jt.), konsulteerida valdkonnas kompetentsi omavate asutuste ja protsessidega (näit. Keskkonnateabe Keskus, Eesti Metsa ja Puidutööstuse Liit, ENMAK 2030+ jt.).	Oleme kasutanud ja konsulteerinud.
77	KKM	Loobuda looduskaitsete eesmärkide täitmise kajastamisest eraldi peatükina ning kajastada looduskaitsete ohud kaasnevate mõjudena.	Osaliselt nõus. Oleme andnud hinnangu mh ka kk-kaitsetest aspektidest lähtuvalt, eraldi ptk-i pole moodustatud.
78	KKM	Töö ei kajasta olemasolevast metsatagavarast lähtuvalt konkurentsivõimelisemat ja majanduslikult optimaalseimat puidukasutuse lahendust. Raieküpsete metsade olemasolevat tagavara on hinnatud 140 mln tm ja lähikümnendil lisandub sellele veel olulisel määral raieküpset metsa. Milline on majanduslikult kõige optimaalsem viis olemasolevat ressursi kasutada ja millised riskid sellega kaasnevad. Kui raiemahud jäävad töös pakutud 8 mln m ³ aastas, raiutakse metsa järeloluliselt alla juurdekasvu ja juba akumuleerunud puidust osa langeb kasutusest välja. Tuleb arvestada, et	Antud töö fookuses on KHG vähendamine nii, et see majandusele negatiivset mõju ei avaldaks. Ressursside kasutamise efektiivsus on ka väga oluline, kuid on eraldi uuringu teema, arvestades selle tööga seatavaid piire.

Nr	Kommentaar autori	Kommentaar	Vastus
		puidutööstuses saab kasutada üksnes kvaliteetset toormaterjali.	
79	KKM	Lisada ka energiamajanduse Low CO2 stsenaarium, mis eeldab oluliselt suurenevat biomassi kasutust. Esitluses viidatu kohaselt soovitakse toota 74 PJ energiat, mis vajab biomassina nt 74 x 140 000tm = 10,4 mln tm puitu. Sellise koguse energiapuidu metsast kätte saamiseks oleks vaja suurendada kogu raiemahtu ca 22mln tm-ni. Milline on LULCF sektori poolt välja pakutav lahendus.	Töös on välja toodud iga sektori raames väljatöötatud stsenaariumid ning sektoriülese ülevaates on antud võimalik viis stsenaariumite kombineerimiseks. Seejuures arvestatakse sellega, et vajadus saaks kaetud (nt impordiga), kuid poliitilised otsused väljuvad antud töö raamidest.
80	KKM	Liikmesriik saab otsustada, millises sektoris heitkoguseid vähendatakse, et emissioonide vähendamise eesmärk saaks täidetud. Sellest tulenevalt ei ole vajalik vähendada emissioone kõigis sektorites vaid leida optimaalseim lahendus. Palume teha ettepanekud selliselt, et teiste valdkondade puidunõudlus saaks arvestatud. Sh arvestada mudeli koostamisel, et LULUCF High CO2 stsenaarium näeb hetkel ette suures osas puidu kasutamist puittoodetes (maht, mida kasutatakse puittoodetes ja mida energeetikas).	Antud teemasidd käsitletakse sektoriülese analüüsis.
81	KKM	Ettekandes viidati pajuistanduste vajadusele, kuid seda ei ole töös kajastatud. Lisada selleks vajalik maakasutusmaht.	Hinnang on antud alaptk-s "Kasutamata põllumaade biomassa kasvatamise potentsiaal bioenergia tootmiseks ning võimalikud meetmed põllumaadelt tulevate emissioonide vähendamiseks".
82	KKM	Uuringut „metsamajanduse mõjudest elurikkusele“ ei ole Keskkonnaministeerium algatanud, tekitab ebaselgust, palume kustutada.	Nõus. Korrigeerime vastavalt: Keskkonnaministeerium on võtnud eesmärgiks täiendada seiremetoodikat hindamaks metsamajandamise mõjusid elurikkusele, mis hõlmaks ka tulundusmetsades toimuvat.
83	KKM	Täpsustada, eriti termini "turbaalad" asemel, millise turba tüsedusega raba, siirdesoo, madal soo või lammi madal soo turvasmuldade täiendavast kuivendamisest soovitatakse loobuda ning viidata, kui suur on nende turvasmuldade emissioon ja kui palju klassifitseerib nendest turvasmuldadest emiteerijateks. Kehtiva metsanduse arengukava kohaselt eelistatakse uute metsakuivendusobjektide rajamisele olemasolevate kuivendussüsteemide ja voolusängide taastamist, mille juures arvestatakse nende mõju kaitstavate loodusväärtuste säilimisele.	Osaliselt nõus. Hinnang on antud siirdesoo- ja rabamuldadel tehtud mõõtmisandmete põhjal, kuna vastavad mõõtmisanded Eestis hetkel puuduvad (v.a. turbakaevandusaladel), vastavale vajadusele ning erinevustele madal- ja kõrgsoodes Soome uuringute näitel on analüüsis ka viidatud. Vastavalt Keskkonnateabe Keskuse soovitusel ja NIR 2013 kasutatud andmetele oleme kasutanud Rootsi emissioonifaktoreid. Kahtlemata toob looduslikus seisundis turvasmuldade kuivendamine kaasa täiendavad emissioonid, mis läbi soovitame nende veerežiimi alandamisest loobuda. Juba kuivendatud alade kuivendussüsteemide rekonstrueerimine eeldaks

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			vastava hinnangu koostamist, selle vajadusele oleme ka meetmetes viidanud. Kaalume termini asendamist „märgaladega”, kuid lähtudes dokumendi „Eesti turbaalade kaitse ja säästliku kasutamise alused ” eelnõust, teeme ettepaneku jääda senise terminoloogia juurde.
84	KKM	Kirjeldada, millisel viisil on uutest turbamaardlatest loobumine riigile majanduslikult optimaalseim ja ressursisäästlikum lahendus.	Vastav käsitlus analüüsis puudub. LOWCO2 stenaariumis eeldatakse, et turbakaevandusalade pindala ei laiene, vaid jääb praegusega samaks (suletavad kaevandusalad taastatakse ja uusi on võimalik rajada), sh jäävad emissioonid senisele tasemele ja samuti ei too see kaasa tagasilööke majanduses. Ressursse säästvaim lahendus on taastumatute loodusvarade kasutusest loobumine, kuid seondult rikutud soode senise ulatusliku pindalaga ei ole analüüsis soovitatud turba kaevandamisest loobumist.
85	KKM	Kui palju on sobivaid kasutusest väljas olevaid põllu- ja rohumaid, mida soovitate metsastada ja millist mõju see omab süsiniku bilansis?	Kompenseerimaks metsamaadelt raietega soenduvaid positiivseid emissioone, on võimalik 20-aastase raietsükli korral vähendada metsandusega seotud süsiniku lendumist, rajades halli-lepa istandused LOWCO2, BAU ja HIGHCO2 stsenaariumite (emissiooniks arvestatud keskmiselt 0.6, 3.5 ja 7.0 mln t CO2 a-1) korral vastavalt 22 000, 127 000 ja 255 000 ha-l. Siiski ei kata see energeetika vajaduse rahuldamiseks vajamineva biomassi hulka ja siinkohal on valikute küsimus, milliste stsenaariumite rakendamisega edasi minna. Hinnang on antud alaptk-s "Energiapuidu kasvatamine". Kõigi stsenaariumite puhul eeldatakse, et 234 000 ha looduskaitsete hooldustööde ja pindalatoetuse alt väljajääva rohumaa metsastumine tempoga 1000 ha a-1.
86	KKM	Puittoodetes seotud süsinik – tabeli 51 sisu ja kajastatud süsiniku koguse muutuse arvutuskäik jääb arusaamatuks, palume selgitada. Samuti jääb arusaamatuks kõikide stsenaariumite puhul suhteliselt sarnane tulemus, millest tulenevalt võiks järeldada, et tööstuses kasutatakse samasse suurusjärku jäävat mahtu. Selleks, et katta energeetika vajadus puidu järele näiteks LULUCF Low CO2 stsenaariumi puhul (kogu raiemaht 8 mln tm) peaks suur enamus puidust minema kütteks ja tööstusele jääv osa on vähene.	Täiendasime tabel 51 käsitlevat infot: - Puidust toodetes seotud süsiniku kogust hinnati alates 2010. aastast, võttes aluseks ptk. 8.2.2. toodud meetodika, sh arvestades puittoodetes seotud C hulka vastavalt erinevatele tootegruppidele ja nende süsinikureservuaari poolestusajale. Kõigi stsenaariumide korral toimus puittoodetes seotud süsiniku koguse suurenemine. Energeetika osas käsitletakse puidu impordi võimalusi.

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
87	KKM	Samuti oleks asjakohane lisada, milline peaks olema tööstuses kasutatava puidu mahu kasv, et see omaks positiivset mõju raietele.	Ei ole nõus. Olukorda vaadeldakse nõnda tagurpidi – kui suur on tööstuse vajadus ja kui see kasvab, siis on selgelt tööstuse huvi saada rohkem puitu. Analüüsi eelduseks on siiski potentsiaalne puiduressurs metsas, mida saaks kasutada ja mis ei tooks kaasa kkseisundi (ega ka majandusliku olukorra) halvenemist.
88	KKM	Lisaks on puitoodete elutsükli analüüsis kajastatud transpordis tekkivat emissiooni, mis ei ole LULUCF sektori teema vaid peaks olema kajastatud transpordi sektoris.	Korrigeerime vastavalt analüüsi.
89	KKM	Esitluses esitatud modelleerimise tulemused on arusaamatud. Kui BAU stsenaariumi kohaselt (raiemah 12 mln tm) seoti 2010 aastal -4689 Gg CO2 ekv rohkem kui 2009. Aastal, siis 2020 aastal on muutujaks 3770 (emissioon). Millist muutust number kajastab? Kas 2020 võrreldes 2019? Tuginedes töövõtulepingu punktis 4 toodud lähteülesandele palume kirjeldada meetodika ja lahenduskäik.	Jah, 2020 võrreldes 2019-ga, vastavalt NIRis kasutatud meetodikale.
90	KKM	KTK prognooside kohaselt on metsamaa 12 mln tm raiemahu juures endiselt süsiniku siduja rollis.	Palun esitada vastavad prognoosid, vastasel korral pole võimalik seda hinnangut kommenteerida. Näiteks EL koostatava prognoosi, mille edastas K. Radiko, kohaselt on raiemahude 10 mln juures samuti leitud, et toimub metsade tagavara vähenemine, vt joonis (forest management, biomass). Samuti on NIR 2012 12 mln ületavate raiemahude korral metsamaadel emissioon positiivne.
91	KKM	Töö arendamise tulemusena tuleb vastavalt ajakohastada ka Tabel 52. Metsamaadega seotud meetmed ja investeeringud.	Täpsustatud töörühmale laekunud konkreetsete ettepanekute alusel.
92	EMPL	Kommentaari andmete uuendamise kohta	EMPL esitas oma kommentaarid märtsis pärast analüüsi tulemuste tutvustamise üritust ja need muudatused viidi sisse. Andmed uuenevad pidevalt, kuid ühe töö raames ei saa analüüsis kasutatavaid andmeid pidevalt uuendada, eriti puudutab see põhimõttelisi arvutuskäiku muutvaid parandusettepanekuid – neid oleks saanud sisendina kasutada uuringu varasemates etappides ja/või saab kasutada käesoleva ülevaate edasiarendustes.
93	EMPL	Töö osas 8.2.3. võetakse arvesse küll CO2 sidumist ja C talletumist puitehitistes kuid arvesse ei võeta muid tooteid. Arvesse tuleb võtta ca 5,2 miljonit tonni	Muudes toodetes seotud süsiniku sidumine on arvestatud ptk-s 8. Raportis märgitakse muuhulgas, et hinnanguliselt on Eestis

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		seotud CO2 ekvivalenti aastas, mis sisaldub eksporditavates puittoodetes (Riistop 2011 „Ülevaade puidutoodetes sisalduvast süsinikuvarust ning selle suurendamise võimalustest“ tegijad viitavad sellele kuid arvesse ei võeta?). Arvesse on võetud töö osa 8.2.3 lõpus viidatud 522 000 tonni aastas mis on 10x vähem.	olemasolevates ehitistes seotud 7,6 miljonit tonni süsihappegaasi (Riistop 2012), millest enamus – 5,4 miljonit tonni – on enne 1945. aastat rajatud hoonetes.
94	EMPL	Tuues välja süsinikubilansi tabel 68 tuleb eelviidatud puittoodetes sisalduv C ka arvesse võtta. Tabel 68 on küll toonud välja arvestuse puittoodetes sisalduva CO2 ekvivalendi kohta (maksimumina HIGH CO2 stsenaariumi korral 3,33163 milj tonni aastal 2020, mis on selgelt liiga väike number võrreldes eeltoodud 5,2 miljoniga) kuid koguvoogu seda sisse ei arvestata. Puittoodetes sisalduva C koguse arvessevõtmine koguvoogu muudaks tulemusi stsenaariumite võrdlusel väga oluliselt.	Riistopi hinnangut on tõlgendatud ekslikult, see käsitleb kogu puittoodetes ladestunud CO2 kogust, mitte aastast sisendit. Tabel 68 annab ülevaate puidust toodetes seotud CO2-st. Kuna NIR ei arvesta koguvoogude arvestuses puittoodetes seotud süsiniku hulka, siis käsitleti seda eraldiseisvalt ka koostatud analüüsis. Ettepanek seda koguvoogude hulka käesolevas analüüsis mitte arvestada.
95	EMPL	Puittoodete kasutamise asendusefekti fossiilsete materjalide ees ehk CO2 emissiooni asendusefekti töö ka arvestustes arvesse ei võta (viidatakse küll vajadusele C-d pikaajalistes puittoodetes talletada, kuid arvestust bilansis pole) lga m3 puittoodete tootmisel fossiilsete materjalide asemel jääb emiteerimata ca 1,1 t CO2e.	Analüüs ei käsitle, kuid võrd väheneb teiste materjalide kasutus. See eeldaks kogu materjalikasutuse kohta eraldiseisva analüüsi koostamist, kuid see on juba LULUCFi väline tegevus.
96	KKM	Täiendav analüüs lisaks sektoripõhistes peatükkides tekkinud teadmisele on vähene.	See väide tugineb eeldusele, et sektoriülene analüüs ilmingimata peab lisama sektoripõhistele analüüsidele midagi uut. Samas ei saa ette välistada olukorda, kus summa moodustubki liidetavatest. Vastavalt lähteülesandele ongi madalsüsinikumajanduse eelduste analüüs üles ehitatud selliselt, et sektoriülene areng kujuneb konkreetsete sektorite tegevuste summeerumisel ja sektoriteülesed stsenaariumid moodustuvad sektoripõhiste stsenaariumide kombineerumisel. Käesoleva projekti analüüsi tulemusena selgus, et sektoripõhised stsenaariumid peaaegu kõigil juhtudel ühtisid omavahel (tabel 91) ning erinevate meetmete vastasmõjud enamasti ei muuda terviküsteemi arengut kardinaalselt. Seetõttu ei laienda sektoriülene analüüs sektoripõhist analüüsi ja järeldusi vaid avab

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			<p>sektoritevahelisi seoseid ja loob ühtse vaate kogu majanduse arengu tervikpildile.</p> <p>Sellises olukorras ei saagi sektoriteüleline analüüs midagi väga uut lisada ning nõudmine, et sektoriüleline analüüs peab ilmtingimata lisama midagi kvalitatiivselt uut, tähendab analüüsi tulemuste ja andmetega vastuollu minekut, mida ei saa pidada akadeemilisele eetikale vastavaks käitumiseks.</p> <p>Veelkord üle korrates: meie analüüsi tulemusel selguski, et sektoriteüleline areng kujuneb sektorisestest arengute summeerumisel. Oleme valmis selle põhjenduse ka aruandesse lisama.</p>
97	KKM	Majanduseülestest stsenaariumide koostamisel on jäänud selgitamata, mille põhjal vastavad stsenaariumid on koostatud	<p>Selgitus on sektoriteülestest stsenaariumide peatüki alguslõigus (lk 286): „Sektoripõhiste stsenaariumide omavahelise kombineerimise tulemusel moodustus kolm sektoriülest stsenaariumi“.</p> <p>Sektoripõhiste stsenaariumide nimetused, millest sektoriülelised stsenaariumid kokku on pandud, on toodud samal leheküljel olevas tabelis 91. Sektoriüleste stsenaariumide lähteparameetrid on detailselt kirjeldatud lehekülgedel 286, 287 ja 288.</p>
98	KKM	[on jäänud selgitamata,] kuidas on arvesse võetud konkurentsivõimet. Töö oluline eesmärk on konkurentsivõimelise, madala süsinikusisaldusega majanduse teekart, seega konkurentsivõime põhine analüüs peaks olema väga oluline töö osa, mis praegusel juhul puudulik.	<p>Vastavalt lähteülesandele pole meie koostatud analüüs mitte madalsüsinikumajanduse “teekart” ise vaid hinnang “teekardi koostamise eeldustele”, “stsenaariumide koostamine” ja “teekonna analüüs”. See tähendab, et meie analüüs ei pea olema lõplikele otsustele või riiklikule arengukavale nõutavalt konsensuslik ega arengut üheselt määratlev. See on konkreetsetele eeldustele tugineva arengu ennustus. Kahjuks näib, et sellele analüüsile pannakse suuremaid kohustusi või nõudmisi kui peaks.</p> <p>Sektorite ülestest stsenaariumide konkurentsivõimet on kirjeldatud jooksvalt kogu peatükis. Sealjuures puudutab konkurentsivõimet</p>

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			<p>otseselt peatüki 9.2 alapeatükk “Sotsiaalmajanduslikud mõjud”, aga teemat käsitlevad ka alapeatükid “Ressursisäästlikkus” ning “Maksumus ja kulutõhusus”. Otseselt konkurentsivõimele viidates on valitud sektoriteülelesse Optimaalne stsenaariumisse energiamajanduse ja tööstuslike protsesside sektorite HIGH CO2 stsenaarium. Detailsemalt on konkurentsivõimet käsitletud iga sektoripõhise stsenaariumi kirjeldamise juures, kus on aruande koostajate arvates selleks kõige õigem koht. Mõju konkurentsivõimele on lühidalt kokkuvõetud tabelis 1. Lisaks juhime tähelepanu, et konkurentsivõime kui kontseptsioon on väga lai ja mitmeti (mitmel tasandil) mõistetav.</p> <p>Juhul kui tellijale ei sobi, et konkurentsivõimet käsitletakse lühivõlt, oleme valmis konkurentsivõimet käsitleva kokkuvõtte tööle lisama. Kuna teema on aga muus tekstiosas orgaaniliselt oluline ning seda ei saa sealt välja võtta, siis oleme sunnitud tõdema, et selline kokkuvõttev peatükk muutub paratamatult kordavaks. Meie hinnangul täidab tabelis 1 toodud kokkuvõtte mõjust konkurentsivõimele just seda eesmärki, vältides sealjuures liigset dubleerimist.</p>
99	KKM	Välja on toomata sektoriüleste stsenaariumite vahe-eesmärgid, sealjuures oleks tarvis selgitada, millele vahe-eesmärkide seadmisel tugineti, kuidas need leiti.	Sektoriteüleste stsenaariumite vahe-eesmärgid KHG vähendamisel on kirjeldatud BAU stsenaariumi osas leheküljel 289 ja kajastatud tabelites 92 ja 93 (lk 289) ning tabelis 96 (lk 293); madalsüsiniku stsenaariumi osas lk 289–298 (tabelid 94 ja 95) ja optimaalse stsenaariumi osas lk 290–298 (tabel 97). Kõigis tabelites on ära toodud KHG vähenemised sektorite kaupa aastatel 2020, 2030, 2040 ja 2050. Koondtabel (tabel 98) sektoriteüleste stsenaariumide vaheeesmärkide numbriliste väärtustega on toodud lk 295. Vaheeesmärkide KHG heitmete tasemed on tuletatud LEAP mudelis, lähtuvalt tarbimise tasemest ja stsenaariumite eeldustes kirjeldatud piirangutest. See on märgitud iga tabeli juures, kus on toodud ka

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			andmete allikas. LEAP mudeli tööpõhimõte on põhjalikult kirjeldatud töö metoodika peatükis lk 34 ja lisa 1 lk 322–324 ning stsenaariumide lähteparameetrid nii vastavaid sektoreid puudutavates peatükkides, sektoriüleste stsenaariumide peatükis lk 286–288 kui ka aruande lisa 1 lk 324–358.
100	KKM	Hetkel ei ole sektorite omavahelised seosed ja mõjud piisavalt selged. Sellega seoses kindlasti oleks tarvis hinnata erinevate stsenaariumite mõju tööhõivele ja kuidas erinevad sektorid mõjutavad üksteise tööhõivet.	<p>Sektorite omavahelised seosed on oluliste seoste kaupa toodud sektoripõhistes peatükkides. Nii on näiteks energeetika ja LULUCF vahelisi seoseid (LULUCF kui kohaliku biomassikütuse allikana) põhjalikult kirjeldatud lk 45, lk 54, lk 55, lk 56, lk 72; energiatööstuse ja töötleva tööstuse seoseid (viimane on kütuste ja energia tarbija) lk 64; energeetika ja muude sektorite vahelisi seoseid lk 64–67. Suurimad ja olulisimad sektoritevahelised seosed on lisaks käsitletud sektoriüleste stsenaariumide peatükis lk 303–306.</p> <p>Mõju tööhõivele on samuti käsitletud sektorisestes peatükkides (nt pkt 8.2.6). Sektoriüleste stsenaariumide mõju tööhõivele on sektoriüleles peatükis kirjeldatud alapeatükis Sotsiaalmajanduslikud mõjud (lk 302–307).</p> <p>Aruande koostajate hinnangul pole sektorite peatükkides toodud vaja sektoriüleste stsenaariumide peatükis dubleerida.</p>
101	KKM	Sektoriülese madala süsinikuga majanduse suunas liikumiseks kõige optimaalsema stsenaariumi tulude pool on puudulik. Kauplemissühikute müügitulu hinnang ei anna ülevaadet, millist laiemat kasu toob madala süsinikuga majandusele üleminek laiema kogu ühiskonnale. Tulude analüüsi tuleks käsitleda mõju õhukvaliteedile, tervisele jne. näiteks EL projektide tulu-kulu analüüsi metoodika (http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf), EL juhised mõjude hindamise teostamiseks (http://ec.europa.eu/governance/impact/commission_guidelines/docs/iag_2009_en.pdf), EL energiatõhususe direktiivi mõjude hinnang	Valitud kulude, tulude ja kulutõhususe arvutamise meetod on piisav, et anda otsustajale selge signaal, millise stsenaariumi rakendamise kulud on madalamad, millisel kõrgemad, millise stsenaariumi rakendamisel tulud suuremad ja millisel väiksemad ning millise stsenaariumi realiseerimise kulutõhusus on parem võrreldes teistega. Detailsemate arvutuste tegemiseks tuleks arvesse võtta erinevate sektorite omavahelisi seoseid, asendada määramatud väärtused referentsväärtustega jne. See kõik on väga suure töömahuga ja lõpphinnangud tuleks suure määramatuse taseme tõttu väga subjektiivsed ning võiks anda poliitikakujundajatele

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		(http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/doc/2011_directive/sec_2011_077_9_impact_assessment.pdf), heitkoguse vähendamise eesmärkide tõstmise analüüs (http://ec.europa.eu/clima/news/articles/news_2012013002_en.htm).	otsustamiseks vale signaali. Juba praegu on töörühm teinud kulude-tulude määramisel märksa enam tööd kui nägi ette lähteülesanne ja põhjalikud meetmete kulude arvutused on tehtud iga sektori juures võrdlemaks sektoripõhiste stsenaariumide kulutõhusust.
102	KKM	LULUCF peatükk ei vasta endiselt lähteülesandele	LULUCFi puhul ületavad tellija nõudmised lähteülesandes ettenähtut nii sisuliselt kui mahuliselt. KKM-i erinevatele märtsis ja aprillis esitatud nõudmistele aruannet täiendada on töörühm maksimaalselt vastu tulnud ja tehtud töö maht ületab olulisel määral lähteülesandes ette nähtut. Nii näiteks koostati tellija nõudmisel lisaks lähteülesandes antule 2 uut stsenaariumi, analüüsiti raieringi jne.
103	KKM	sektoripõhiste stsenaariumite analüüsis ei ole lisaks süsiniku sidumisele arvesse võetud majanduslikke kaalutlusi ja mõju konkurentsivõimele	Majanduslikke mõjusid (sh impordi ja energiavõsa rajamise mõjusid) on arvestatud ning käsitletakse põhjalikult lk 191–198, 210–203 ning ka sektoriüleste stsenaariumide peatükis lk 214–218; 262–264.
104	KKM	Oluline on võtta arvesse kõiki kolme metsanduse funktsiooni madala süsinikusisaldusega majanduses: 1) metsa süsinikusidumine 2) süsiniku akumulatsioon (oluline arvestada metsa ja süsiniku tagavara muutustes ka süsiniku sidumist lisaks ehitusele ka puittoodetes)	Kõik kolm funktsiooni on töös arvesse võetud. Arvutused on tehtud vastavalt NIRi metoodikale (mis on kinnitatud esimese vahearuande kinnitamisega) ja tuginedes lisaks ka Keskkonnateabe Keskuse/E. Pärdi arvutustele. Võimalik süsiniku sidumine puittoodetes, sh ehitistes, on esitatud tabelites 68–70. Need arvutused on tehtud vastavalt COM/2012/93 juhistele.
105	KKM	fossiilkütustele aseaine pakkumine. Praegusel juhul optimaalseimaks hinnatud 8 mln tm raie stsenaariumi rakendumisel ei suuda see ei Optimaalseima ega ka Madalsüsiniku stsenaariumi korral katta energiamajanduse puiduvajadust.	Jah, analüüsi tulemusena selgus, et süsiniku metsades akumulatsioonimõju süsinikubilansile on nii suur, et intensiivse raie abil taastuvenergia nõudluse rahuldamine ei ole madala süsinikuheitega majanduse saavutamiseks parim lahendus ning traditsiooniline metsamajandus ei suuda energiamajanduse puiduvajadust katta. Analüüsi põhjal saab energeetikasektori vajadusi rahuldada, kaasates puidu impordi, loobudes küttepuidu, saepuru ja

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			puidujäätmete ekspordist ning toetades energiavõsa kasvatamist ning põllumajanduses täna kasutamist mitteleidva taimse biomassi kasutuselevõttuga energia tootmiseks. Sealjuures ei välista analüüsitulemused ka energiatööstuse kütusevajaduse rahuldamiseks suuremat raiemahtu kui 8 milj. tm. Sel juhul väheneb alternatiivsete biomassi allikate (nt puidu import) vajadus (ehkki puidu impordi vajadus jääb alles ka maksimaalse puidukasutuse stsenaariumis, kui raiemaht on 22 milj. tm aastas), kuid tuleb arvestada, et teatud perioodi järel muutub metsade süsinikubilanss.
106	KKM	Täielikult puudub majanduslik analüüs pakutud lahendustele: puidu import ja energiavõsa kasvatamine.	Pakutud lahenduste majanduslik analüüs on toodud lk 214–218; 221–222; 262–264 ja 269–275. LULUCF osas on esitatud isegi eraldi peatükk 8.2.6 “Majandusprognosis erinevate stsenaariumide korral”. Lisaks käsitletakse seda, milline stsenaarium on majanduslikult optimaalseim ja mis on selle mõju konkurentsivõimele, sektoriüleselt.
107	KKM	Energiaspektori BAU stsenaarium sisaldab eeldusi, mis muudavad stsenaariumi ja vastava kulude hinnangu ebarealistlikuks.	Kõikide sektoripõhiste stsenaariumide lähteparameetrite valik on tellijaga töö käigus kooskõlastatud.
108	KKM	ELMAKis on käsitletud võimalustena nii tuumajaama ehitust kas Eestis, Leedus või Soomes kui ka põlevkivi kasutava elektriijaama uue ploki rajamist, kuid järeltame ELMAKist, et nende kahe võimaluse samaaegne rakendamine ei ole olnud plaanis. BAU stsenaarium oleks realistlikum kui arvesse võetud on vaid üht võimalust neist kahest.	A) Stsenaariumi lähteparameetrite valik on tellijaga kokku lepitud, mis tähendab, et tellija aktsepteeris aruandes toodud võimalust rajada mõlemad tootmisvõimsused ning meil ei olnud voli neid kokkulepitud lähtealuseid omatahtsi muuta. B) Stsenaariumi koostamisel lähtuti kehtiva Eesti elektrimajanduse arengukava aastani 2018 (http://www.mkm.ee/public/ELMAK.pdf) tootmisportfelli kirjeldusest, kus on kavandatud tootmisvõimsused toodud peatükis 2.1.1. Elektritootmise arengusuunad (lk 31). Seal on tabelis lk 33 esitatud eelistatud võimsused, kus on alates 2023. aastast energiatootmiseks ette nähtud korraga nii 600 MW tuumaelektriijaam kui uued põlevkiviplokid. Seega lähtuvad eeldused kehtivast riiklikust poliitikadokumendist.
109	KKM	Kokkuvõtte vajab täiendamist. Kokkuvõtte peaks sisaldama selgitust nii kulude kui	Et optimaalseim teekaart vastab stsenaariumile Optimaalne, on

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		ka tulude kohta, mida optimaalseima teekaardi (kas selleks oleks Optimaalseim või Madalsüsiniku stsenaarium?) rakendamine endaga kaasa toob.	<p>selgitatud kokkuvõttes leheküljel 10, teises lõigus. Valikule viitab ka stsenaariumi nimi. Valiku põhjendus ning erinevate stsenaariumide kulude ja tulude võrdlus on kirjeldatud kokkuvõtte peatükis lk 17 (detailne põhjendus on sektoriüleses peatükis lk 306–307 ja tabelis 100). Eelneva kriitika valguses juhime tähelepanu, et valiku aluseks on sotsiaalmajanduslikud aspektid, sh konkurentsivõime, sest kulutõhususelt ning saavutatava CO2 heite vähendamise vaatevinklist on kõige suurema efektiga hoopis Madalsüsiniku stsenaarium.</p> <p>Oleme valmis teksti täpsustama ja lisama sinna veel ühesemalt, et meie soovitus on rakendada stsenaariumi Optimaalne. See, mis stsenaariumi rakendamine endaga kaasa toob, on aga töös läbivalt arutlusel (nii kokkuvõttes kui sektoriüleses peatükis). Palume täpsustada, milliseid selgitusi on veel vaja lisada.</p>
110	KKM	Analüüsi kokkuvõttes tabelis (Tabel 1) antud hinnangud sotsiaalmajanduslike mõjule, konkurentsivõimele, energiasäästule, energia varustuskindlusele ja teostamise keerukusele peaksid olema eelnevalt töös (sektoriüleses peatükis) analüüsitud ja vastavad hinnangud peaksid olema analüüsi järeldusteks.	Tabelis 1 esitatud hinnangud ongi tööd kokkuvõtvad järeldused. Iga soovitus juures antud hinnangud on lahti kirjutatud eelkõige vastava sektori peatükis. Juhime tähelepanu, et see on käesoleva aruande läbiv struktuur – iga tegevus ja tema mõjud kirjeldatakse detailselt sektoripõhises peatükis. Seda arutlust ei dubleerita sektoriüleses peatükis. Viimane lisab info sektorite vastasmõjude kohta. Kuna tegevused ja soovitused on paratamatult seotud konkreetse sektoriga, siis ei sobi nad oma olemuselt sektoriülesesse peatükki.
111	KKM	Praegusel juhul on tabelisse toodud soovitusi, mis mujal töös käsitletud pole. Vastavad soovitused peaks kas tabelist eemaldama või töös lahti seletama.	Kõik tabelisse 1 koondatud soovitused ja hinnangud lähtuvad sektoreid käsitlevates peatükkides olukorda kirjeldavates ja tulevikku prognoosivates osades esitatust. Palume täpsustada, mis soovitused on need, mida mujal töös käsitletud ei ole.
112	KKM	Samuti tuleks täiendada inglise keelset kokkuvõtet. Lisada tuleks informatsioon kulu ja tulu kohta ning parandada mõned ebatäpsused näiteks inglise keelses on toodud kõige optimaalsem on 87% vähendamine. Eesti keelne aga 75%.	Oleme valmis ingliskeelse kokkuvõtte põhjalikult üle vaatama, võimalikud ebatäpsused kõrvaldama ja seda täiendama sektoriüleste stsenaariumide kulutõhusust kirjeldava osaga.

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
113	KKM	Tööst ei selgu, millal ja mis ulatuses on mõistlik kindlat meetet rakendada jooksul. Ilma selleta ei saa selgeks täpne teekond madala süsiniku majanduse suunas liikumiseks.	<p>Meetmete rakendamise ulatus on üksikasjaliselt kirjeldatud sektoripõhiste stsenaariumide peatükkides, kus meetmete rakendamine moodustab sisendi LEAP mudelile (on mudeli eeldusteks). Nii on näiteks, energiaspektori meetmete rakendamise vajadus põhjalikku kajastamist leidnud lk 44–86 ning meetmete kirjeldused ja rakendamise maksumused on selguse huvides veel eraldi tabelite kujul välja toodud tabelites 17 ja 18 (lk 88–90). Transpordisektori meetmete maht ja ulatus on lisaks stsenaariumide eelduste kirjeldustele eraldi tabelina välja toodud lk 117–121 (tabel 33). Samamoodi on meetmete kirjeldused, rakendamise ulatus ja maksumused välja toodud kõigi sektorite kohta ning iga sektori peatükk lõpeb omakorda peatükiga “Meetmed ja investeeringud”, mis meetme rakendamist kajastab.</p> <p>Oleme valmis täiendavalt lisama Optimaalse stsenaariumi rakendamise ajakava.</p>
114	KKM	Hetkel ei selge analüüsist, kus pärinevad meetmete maksumused. Kui tegemist on eksperthinnanguga siis võiks see olla töös toodud	<p>Stsenaariumide võrdlemiseks kasutatud riigipoolsete meetmete maksumused on määratud lähtuvalt seni riigi poolt rakendatud meetmete maksumustest. Meetmete maksumuse leidmise aluseid on töös kirjeldatud meetodika peatükis (lk 34) ja sektorite vastavates peatükkides (nt energiaspektori osas lk 86). Energiasektori ja transpordisektori meetmete (põhiliselt investeeringute) maksumuse kirjeldamisel on tuginetud ka kirjandusallikatele ja neile allikatele on vastavas lõigus ka viidatud (nt lk 133 Transpordis kasvuhoonegaasi heidet vähendavate meetmete kuluefektiivsus. Allikas: INFRAS 2006, OECD 2012, Ajanovic 2011 või lk 85 „Tabel 14. Elektri jaamade investeeringu erimaksumused €/kW. Allikas: Nordic Energy Research 2013, International Renewable Energy Agency 2013, European Climate Foundation 2010, Eesti elektritootjate andmed.)</p>
115	KKM	Tabelis toodud mõjuhinnangud (eriti mis puudutab töökohtade lisandumist) ei	Ei ole nõus väitega, et koostootmisjaamade automatiseerimine

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		<p>ole esitatud faktipõhise analüüsi alusel. Näiteks: 1) koostootmisjaamade loomine katlamajade asemele ei saa lisada töökohti, sest nende loomine on otstarbekas vaid siis kui ebaefektiivsemate (ja töøjõumahukamate) katlamajade asemel ehitatakse maksimaalselt automatiseeritud uued koostootmisjaamad, mis vähendavad summaarselt tööhõivet Eestis.</p>	<p>vähendab jaamade opereerimiseks katlamajade opereerimisega võrreldes vajalikke töökohti, sest ka tänapäevased katlamajade juhtimine on automatiseeritud ning seega selles osas tööhõives olulisi muutusi pole. Oma hinnangus lähtume eelkõige kütuste asendamisest (gaasi ja kütteõlide asendamisega biomassikütusega). Katlamajade uuendamisel minnakse üle odavamale kütusele, nt gaasi asemel biomassi kasutamisele ja töökohti lisandub biokütuste tootmise mahu kasvu tõttu.</p>
116	KKM	<p>Elektrituulikute ja päikesepaneelide lisandumisel ei saa olla positiivset mõju tööhõivele, sest tuulikute töøjõuvajadus on kordades väiksem olemasolevate elektrijaamade töøjõuvajadusest toodangu ühiku kohta. Vastav järeldus on esitatud ka TTÜ ja Praxise poolt 2011. a. koostatud energeetika töøjõuvajaduse uuringus.</p>	<p>Meie hinnangul on nii tuule- kui päikeseenergeetika sektoril positiivne mõju tööhõivele, kuna nii tuulikute ja päikesepaneelide komponentide tootmisel kui ka ehitamise ja hooldamisega seotud kõrgema lisandväärtusega töökohtade arv kasvab. Seda märgitakse ka viidatud töös.</p> <p>Siinkohal saab tuua näite tuuleenergeetikast: praegu ehitatakse Eestis tuulikuid vähe (50-100 MW võimsusi aastas) ja sektoris on tööhõive kasv eelkõige nähtav ekspordile orienteeritud ABB Jüri tehastes tuulegeneraatorite koostamisel, generaatorikomponentide ja juhtimisautomaatika tootmisel. Tuuleenergeetika märgatava laienemise korral on aga tõenäoline, et Eestisse luuakse tuulikumastide kohapeal tootmine, laieneb veelgi generaatorite, muude komponentide ja juhtimissüsteemide ning elektriülekandemõõte ja juhtimisseadmete tootmine ning luuakse põhiliste generaatoritootjate hooldusmeeskonnad, mille tulemuseks märksa suurem töökohtade loomine nii nagu väga selgelt näha vastava sektorite arengutest Saksamaal ja Hispaanias. Saksamaal on eriti suurt kasvu näidanud PV-elektritootmise seadmete ja komponentide tootmise ning seadmete püstitamise ja hooldusega tegelev majandusharu ja arvestades päikeseolusid on vastaval sektoril väga suur arenguperspektiiv ka Eestis.</p>

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
			Lisainfo: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_emp/@emp_ent/documents/publication/wcms_158727.pdf
117	KKM	Hoonete energiatõhususe parandamisel ei saa olla pikaajalist positiivset mõju tööhõivele, sest väheneb oluliselt vajadus energia tarnete ning nendega seotud töökohtade järele.	Üldjoontes on see korrektne, kuid siinkohal tuleb arvestada, et hoolimata energiatõhususe paranemisest jätkub tõenäoliselt energiatarbe suurenemine (energiatõhususe paranemise abil on võimalik kasvu vähendada). Sellele lisanduvad lühiajalised ja keskpikad efektid, et viia olemasolevad hooned vastavusse soovitud standarditega (nt ehitusmaterjali- kui ehitustööstuses). Mõju pikaajalisus sõltub riigipoolse renoveerimistoetuse kestvusest, sest tänane tempo elamufondi uuendamisel on madal ja renoveerimistöid jätkub aastakümneteks, kui aga raha leiduks.
118	KKM	Soovitust "puidu koospõletamine põlevkiviga" on ebakorrektselt hinnatud. Näiteks mõju energiasäästule juures on hinnatud kahe erineva tootmisviisi energeetilist efektiivsust (st. võrreldakse kahte erinevat elektrijaama), mitte aga ühes elektrijaamas fossiilkütuste kasutamise väljavahetamist puidu vastu (mida tuleks tegelikult hinnata). Tabelis on seetõttu esitatud negatiivne hinnang, samal ajal kui tegelik hinnang peaks olema neutraalne.	Mõju on negatiivne, kuna koostootmist on võimalik Narva Elektriijaamades vaid osaliselt rakendada (Balti EJ ühes ploki) ning seetõttu kulub puitu võrreldes efektiivse (95%) koostootmisega rohkem, sest primaarenergia kasutamiseefektiivsus EEJ on ca 40%.
119	KKM	Palume tabeli 1 kvalitatiivsete hinnangute juures tuua välja toetavad arvulisi väärtusi ning põhjendusi.	Täiendame, kus võimalik, kuigi siinkohal on ilmne vaadeldava ajaperspektiivi pikkusest tulenev suur määramatus, millega on meie hinnangul ka lähteülesande juures arvestatud, mis ei nõua kvantitatiivsete hinnangute andmist.
120	KKM	Lk44- "uuringu aluseks eeldus.." Millise uuringu? selle või mainitud TTÜ oma? Kas saab täiendada, miks eelduseks oli vaid 45% soojustest toodetakse koostootmisjaamade poolt?	Täiendus aruande teksti sisse viidud, mõeldud oli TTÜ uuringut. Tõenäoliselt oli eelduseks, et koostootmisjaamad talitlevad vaid maksimaalkoormusel, kuid kindlalt ei saa seda väita, kuna aruandes pole seda detailselt selgitatud.
121	KKM	lk45- ENMAKist võetud primaarenergia potentsiaal 448 000TJ- tähendab potentsiaal mida? toota? potentsiaalne vajadus?	Täiendus aruande teksti sisse viidud. Primaarenergia potentsiaal tähendab energia kogust, mida oleks võimalik energiamajanduses elektri ja soojuse tootmiseks kasutada.
122	KKM	lk46- CCS kulude juures pole transpordimiseks tehtava toru kulusid arvestatud?	Täiendus aruande teksti sisse viidud, transportimise hind sisaldab ka

Nr	Kommentari autor	Kommentaar	Vastus
		seega see oleks veel lisanduv investering? Kui jah, siis see võiks seal hinnanguliselt juures olla.	investeeringut torustiku rajamiseks.
123	KKM	lk49- põlevkiviõli lowC tekstis on "põlevkivitööstuse areng" kuid mõeldakse vist põlevkiviõli tööstust?	Jah, parandus aruande teksti sisse viidud.
124	KKM	lk51 highC ja lowC sts juures puidul oluline roll (50-75% mahust puit). lk 53 katlamajades puitkütus 80-100%. Lisaks lk51 biomassist elektritootmise võimsused highC 300, LowC 250/200. Kust tuleb kogu vajaminev puit, biomass? Mis on kogu vajadus nende sts juures puidule?	LK 71 täiendatud energiamajanduse puidu vajaduse teksti. Aruande lisasse 1 lisatud tabelites 127-130 on toodud stsenaariumide puiduvajadus erinevates sektorites.
125	KKM	lk51 tabelis tuumakütuse juures allikaks ENMAK ja kirjas 6.a ehitusviivis. Mis tähendab 6.a ehitusviivis, võiks täpsustada.	Ehitusviivis 6.a tabelist kustutatud, teksti sees on selgitatud, et tuumajaam valmis 2030. aastaks.
126	KKM	lk53 miks lowC sts-s kodutarbimiste el.energia tarbimine väheneb?	Elektrienergia tarbimine väheneb vastavalt ENMAK tarbimise töörühma aruandes toodud eeldustele.
127	KKM	lk64 ning mitmes teises kohas tuuakse välja Leap tulemused, kuid põhjendusi taga pole. Hea oleks teada miks ühes või teises sts tulemused on erinevad, millisest eeldusest tulemused tõenäoliselt enim sõltuvad. nt mille arvelt on töötleva tööstuse en lõpptarbimine LowC madalaim.	Tarbimise stsenaariumites on lähtutud ENMAK tarbimise töörühma aruandes toodud eeldustest ning modelleerimisel kasutatud eeldused on toodud lisas 1.
128	KKM	lk67 viited NIR en.majanduse emissioonile on 17,87, ning sellest kütusepõletus täpselt sama nr 17,87. Näpuviga või ümardades tulebki täpselt sama nr? tlb 7 võiks kajastada NIR2013 nr kui need lähevad Leapiga paremini kokku ning need on hilisemad nagunii.	Täiendus aruande teksti sisse viidud. NIR aruande alajaotuste 1.A.4 Muud emissioonid ja 1.A.5 Lenduvad heited emissioone ei ole eraldi LEAPis modelleeritud, eeldatakse, et need sisalduvad teistes alajaotustes. Seetõttu võrduvadki energiamajanduse emissioonid kütuse põletamisel tekkivate heidetega. NIR2013 andmete esitamine selles tabelis NIR2012 asemel oli aruande koostamisel aruteluks, kuid otsustasime jätta siiski NIR2012 väärtused, kuna NIR2013 on tööversioon ja võib muutuda. Samuti on mujal tabelites toodud NIR2012 väärtused, mistõttu tekitaks ühes tabelis teiste väärtuste kasutamine lugejas segadust.
129	KKM	lk 73-74 CO2 hinna juures võiks olla kirjas, kas ja kuidas te analüüsis hinna tegurit arvestasite ning praegu jäi ka ebaselgeks, mis hinda välja toodutest kasutasid?	LEAP-i mudelis otseselt CO2 hinda mudeli sisendina ei kasutatud, kuid kallineva CO2 hinna tõttu ei toodeta enam suures mahus elektrit ekspordiks, kasutatakse puitu keevkihtpõletusplokkides või töötavad jaamad vähendatud töötundidega ning suletakse vanad

Nr	Kommen- taari autor	Kommentaar	Vastus
			tolmpõletusplokid.
130	KKM	Ik85 Kyoto protokollil I perioodil on riikidel baasaastad. Referentsaastad on sisult teised, nõ värskemad võrdlusaastad, kuid nendest üldjuhul ei arvestata kohustuse täitmist nii nagu baasaastast.	Parandus aruande teksti sisse viidud.