

IBGF, Ingenieurbüro für Gewässerökologie und Fischerei

Mag. Christian Mitterlehner

Veekogude ökoloogia, kalanduse ja kalanduskahjude

üldiselt vannutatud ja kohtu poolt heaks kiidetud ekspert

A - 3350 Stadt Haag, Wiener Straße 19

Mobiil 0660/70 160 72, tel ja faks 07434/44584

E-post office@gewaesseroekologie.at

Veeb: www.gewaesseroekologie.at



Märkus: tegemist on inglise ja saksa keelse dokumendi tõlkega, mida on omakorda toimetatud keeleliselt, peale tõlkeprotsessi.

Kalapääsude rajamine Austrias, tehnoloogilised lahendused ja uuenduslikud kruvikalapääsud ning toimivuse hindamine Saesaare paisul Eestis.

IBGF Mitterlehner, Wiener Str. 19, 3350 Haag; www.gewaesseroekologie.at

Ülevaade

Alam-Austria pardkalapiirkonnas asuval väikesel Urli jõel ($Q = 3,8 \text{ m}^3/\text{s}$) katsetati esimest korda kalade rändel uuenduslikku kruvikalapääsu (REHART/Strasser). 2014. a sügisel ja 2015. a kevadel toimunud monitoorimise ajal läbis kalapääsu 862 kala 104 päeva jooksul. Kalade pikkus oli vahemikus 3 kuni 63 cm. 2015. a suvel toimunud täiendaval seirel dokumenteeriti 4039 isendit. Tõendati kõigi peamiste kalaliikide ja nendega kaasnevate liikide olemasolu. Kokku dokumenteeriti kruvikalatõstuki läbimine 18 liigi poolt (elektrilise kalapüügi käigus tuvastati 15 liiki). Välikatse käigus läbis kruvikalapääsu ka 78 cm pikkune Doonau taimen (*Hucho hucho*). Kruvikalatõstuki efektiivsust suudeti tõestada nii kalade kvantitatiivse kui ka kvalitatiivse vaba ja ohutu läbipääsu osas.

Kruvikalatõstuk koos Arhimedese kruviturbiiniga on praegu mõistlikum tehniline lahendus, millega saavutatakse tõkestusrajatiste läbimine jõgedes nii kalade üles- kui ka allavoolu rändamisel.

Urli jõel Pilsingis jälgitud süsteemi edu põhjal võib süsteemi toimimist eeldada ka Saesaare paisul Eestis.

1. Sissejuhatus

Alates EL-i veepoliitika raamdirektiivi (EU-WRR) jõustumisest ja selle rakendamisest riiklikus veekogude majanduskavas (NGP I) ehitati Austrias ajavahemikus 2009 kuni 2015 kaladele läbitavaks umbes 1000 tõkestusrajatist (BMLFUW, 2015). Enne seda töötati kogemuspõhiste väärtuste põhjal välja juhend kalapääsude rajamiseks (BMLFUW, 2012).

Seoses viimastelt aastatel toimunud arengutega, eelkõige ka Austrias edukalt katsetatud kruvikalapääsudega REHART/Strasser (Mitterlehner *et al.*, 2015; Parthl 2016), teatas ministeerium selle kui tehnoloogilise lahenduse lisamisest uude kalapääsude rajamise juhendisse (BMLFUW, 2017).

2. Kruvikalatõstuk

REHART GmbH koostöös eri valdkondade spetsialistiga on toimivate kruvikalatõstukite rajamisega kogunud arvukalt kogemusi ja teadmisi ning parendanud tehnoloogilist lahendust. 2014. aastal kiideti Austrias esimest korda heaks kruvikalatõstukina lahendatud kruvikalapääs (REHART/Strasser), koos edasiste seiresuunistega.

Urli jõel paikneva hüdrotehnilised lahenduse seireuuringud toimusid 2014/15. aastal. Pilsingu pilootprojekt on saanud veekasutusloa ja toimivuse heakskiidu. Tänu pilootprojekti edule on Austrias ja Saksmaal rajatud ka uusi kruvikalapääse. Alljärgnevalt kirjeldatakse üksikasjalikult Alam-Austrias Urli jõel Pilsingis paikneva kruvikalapääsu monitoorimise tulemusi.

Kruvikalapääs Amstetteni lähedal Pilsingis

Kalapääsude ehitamise käigus ehitati Pilsingi alamjooksul asunud derivatsioonijaam 2014. aastal ümber kruvikalapääsuks ning suleti saeraami derivatsioonikanal. Elektri tootmiseks paigaldati kruviturbiin. Pilootprojekti käigus rajati kalade tõstmiseks esimest korda REHART/Strasser kruvikalapääs. Toimivuskontroll toimus eelnevalt ametkondadega kokku lepitud vaatlusprogrammi alusel ja lahenduse mittetoimimise korral tulnuks see lammutada ja asendada looduslähedase kalapääsuga. Lisaks kruvikalatõstuki uurimisele uuriti samal ajal ka ülesvoolu asuvat tõkestusrajatist, kus asus looduslähedane kalapääs.

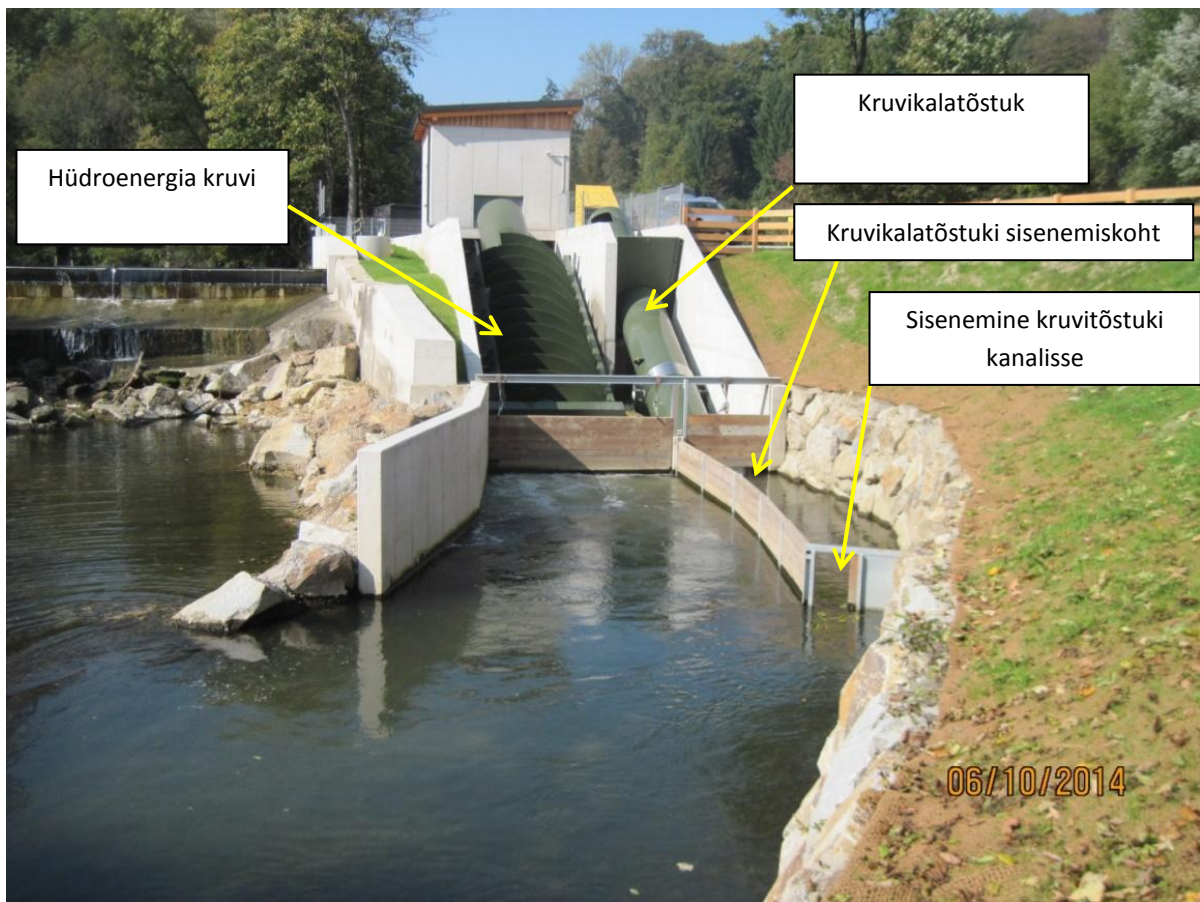
Seoses võimaliku suurima kalaliigiga (Doonau taimen, pikkus kuni 90 cm) korraldati ka välikatsed, samuti uuriti teiste kalade allavoolu liikumist kruvikalatõstukis.

Kruvikalatõstuk

Kruvikalapääsu süsteemi REHART/Strasser juures uuriti paljudest kaalutlustest tulenevalt ettevõtte Strasser & Gruber Wasserkraft juures ülespoole keriva veekruvi ja levinumate kalatõstukite toimimist. Paisu alumise bjeffi poolelt toimub veelustiku sisenemine kanalis, selle ees oleva pilu kaudu, mille laius on valitud kooskõlas kalatõstukite ehitamise juhendiga, lähtudes 90 cm pikkuse

Doonau taimeni suurusest (*vertical slot*). Selle juures on oluline mitmete parameetrite abil reguleeritav lüüsi vool pilus, mis peab voolukiiruse, peibutusvooluhulga koguse, suubumisnurka jne poolest tagama optimaalse leitavuse. Erikonstruktsioon, hüdroenergia kruvi ja kruvikalatõstuk on lahutatud, mistõttu ei teki peibutusvoolu kadu ning ruumivajadus on väga väike.

Kruvikalatõstuki puhul juhitakse kalad juhtvoolu kaudu sisenemiskanalisse, kasutades traditsioonilist kalapääsulahendust, ning transporditakse seejärel kruvikalatõstuki kaudu ilma kala oma jõudu kasutamata ülavette (joonis 1).



Joonis 1. Hüdroenergiakruvi ja eraldi kruvikalatõstukiga Pilsingi hüdroelektrijaam Urli jõel.

Kruvikalatõstukil on kruvi statsionaarselt ümbrisega ühendatud, mistõttu on välistatud organismide igasuguse vigastamise oht. Kruvi pöörlemiskiirus on ühtlane ja madal (kuus pööret minutis) ning seda saab vajadusel täpsemalt reguleerida. Kruvikalatõstuki maksimaalne joonkiirus on alla 0,5 m/s, et see kalasid eemale ei peletaks.

Tabel 1. Pilsingi hüdroenergiakruvi ja kruvikalatõstuki üldandmed.

Hüdroenergiakruvi		Kruvikalatõstuk	
Langemiskõrgus	3,6 m	Läbimõõt	120 cm
Projektläbivool	3,2 m ³ /s	Basseini maht	u 100 l
Nominaalne pöörlemiskiirus	22 p/min	Nominaalne pöörlemiskiirus	6 p/min
Elektrivõimsus	86 kW	Joonkiirus	< 0,5 m/s
Aastane tootmismah	400 000 kWh		



Joonised 2 ja 3. Kompensatsioonivee värav kalatõstuki taga (vasakul) ja paisu alumises bjeffis sissepääs kalatõstukisse (paremal).

Kalatõstuki toimivuse olulisemad punktid on leitavus ja läbitavus, objektiivselt vaatepunktist ka sisenemine kruvikalatõstukisse.

Kruvikalapääsu süsteemi REHART/Strasser puhul juhitakse osa hüdroenergia kruvi läbinud veest sissepääsu ehk kompensatsioonivee värava kaudu otse kruvikalatõstuki taha. Selle liigutatava värava kaudu saab peibutusvee kogust, millega saavutatakse lüüsis sobiv vool, täpselt reguleerida (joonis 2). Kui värav on seatud 45° nurga alla, voolab täisvee korral umbes 200 l vett kruvikalatõstuki alla/kõrvale. Varvad takistavad kalade sattumist sisenemistoru taha (joonis 3). Kruvikalatõstuki sisenemistoru vahetus lähipiirkonnas tehtud mõõtmine näitas Urli jõe 1,08 m³/s vooluhulga juures 0,18 kuni 0,55 m/s voolukiirust.

Kompensatsioonivee mahuga 200 l/s tekib paisu alumise bjeffi ja ülesvoolupääsu võimaldava kanali lõpus sisenemispilu (0,4 × 1 m) juures 0,5 m/s väljavoolukiirus. Vastavalt kalatõstukite ehitamise juhendile (BMLFUW, 2012) on suurte lõhelistega (Doonau taimen) veekogude reoaktiivne minimaalne kiirus 0,3 m/s. Oluline on, et voolukiirus sisenemispilus oleks suurem kui elektrit tootva turbiini väljalaske voolukiirus. Veetõkkesulguri abil, mis asub põhiasendis 0,4 m sügavusel paiknevana hüdroenergiakruvi väljavoolu järel, rahustatakse vee äravoolu hüdroenergia kruvi väljavoolukanalis. Veetõkkesulguri sukeldussügavuse suurendamisel tõuseb läbivool kruvikalatõstuki sisselaske ehk

kompensatsiooniveevärava juures, mis loob veel ühe võimaluse optimaalse lüüsvoolu reguleerimiseks (joonis 4).



Joonis 4. Sisenemispilu kruvikalatõstuki kanalisse ja muud rajatised.

Madalvee korral väheneb peibutusvoolu hulk kruvikalapääsus. Kuna samal ajal väheneb väljavoolukanalis turbiinivool ja voolukiirus, on lüüsvool kruvikalatõstuki alumise bjeffi kanali sissevoolupilu juures siiski selgelt leitav. Madalaima veetaseme ja turbiini väljalülitumise korral saab toru kaudu juhtida ülaveetasemelt umbes 50 l/s lisaks kruvikalatõstuki torusisselaskesse, et tekitada sobiv lüüsvool. Lisaks voolab kruvi erikonstruktsiooni tõttu kruvikalatõstuki kruvi sisemusest pidevalt välja 10 l/s (sisetoru kompensatsioon).

Selleks et võimaldada tõstuki kasutamist ka väheujuvate või põhjas elutsevate liikide poolt, töötati välja spetsiaalne taldühendus, mis tagab tänu koonusele pideva ülemineku sissejooksu alussubstraadist kruvikalatõstuki torusse.

Kruvikalatõstuki väljavool ja väljumisava kõrgemal veetasemel toimub säästvalt kruvikalatõstuki torus oleva kruvi otsas paikneva ava kaudu, kus kalad lastakse kõrgemas veetasemes ehk paisu ülemises bjeffis olevasse kanalis. Sellel kanalil on ülemises ja alumises otsas ava ja kanalis toimub vastav läbivool. Sellega on olemas ka kõrgema veetaseme väljalaskes lüüsvool, mis võimaldab juhtida kalad vertikaalse pilu kaudu põhikanalisse.

Url

Url on Alam-Austrias asuv 35 km pikkune jõgi, mis läbib ka Mostviertelit ja suubub veidi enne Amstettenit vasakule Ybbsi jõkke. Kirjeldatav projektlahendus asub Urli alamjooksul ja kuulub keskmisse epipotamaalsesse, pardkalade piirkonda. Selles lõigus on määrava suurusega kalaliik 90 cm pikkune Doonau taimen, kusjuures praegu ei ole Doonau taimeni populatsiooni Urlis tõestatud. Riikliku veemajanduskava kohaselt hinnati prioriteetse veekogu üldine seisund (DWK nr 408810021) mõõdukaks (3). See hinnang oli eelkõige seotud puuduva läbitavusega.

Tabel 2. Kalaliigid vastavalt Baieri-Austria eel-Alpide ja Flyschi kalabioregiooni keskmise epipotamaalse kalapiirkonna (pardkalapiirkond) muutumatule kontseptsioonile (Haunschmid *et al.* 2006, kehtivas versioonis).

Juhtliigid (n = 4)	Tüüpilised kaasnevad liigid (n = 9)	Harvaesinevad kaasnevad liigid (n = 15)
Euroopa turb, pardkala, harilik kõhrsuu, tippviidikas	Luts, harjus, jõeforell, trulling, ahven, rünt, teib, võldas, viidikas	Harilik mõrukas, lepamaim, kuldhink, haug, Doonau taimen, mudamaim, silm, särg, roosärg, vimb, tõugjas, hink, lõunateib, valgeuim-roomarünt, harilik süstikahven

Urli iseloomulikud veeandmed projekti asukohas on:

Valgala: 253,1 km²

HQ ₁₀₀ = u 245 m ³ /s	MQ = u 3,8 m ³ /s
HQ ₃₀ = u 220 m ³ /s	MJNQ _t = u 1,042 m ³ /s
HQ ₁ ≤ u 79 m ³ /s	NNQ ≤ 0,100 m ³ /s



Joonis 5. Projektlahenduse asukoht, Pilsingi hüdroelektrijaam Urli jõel.

Metoodika

Kalavarude väljaselgitamine

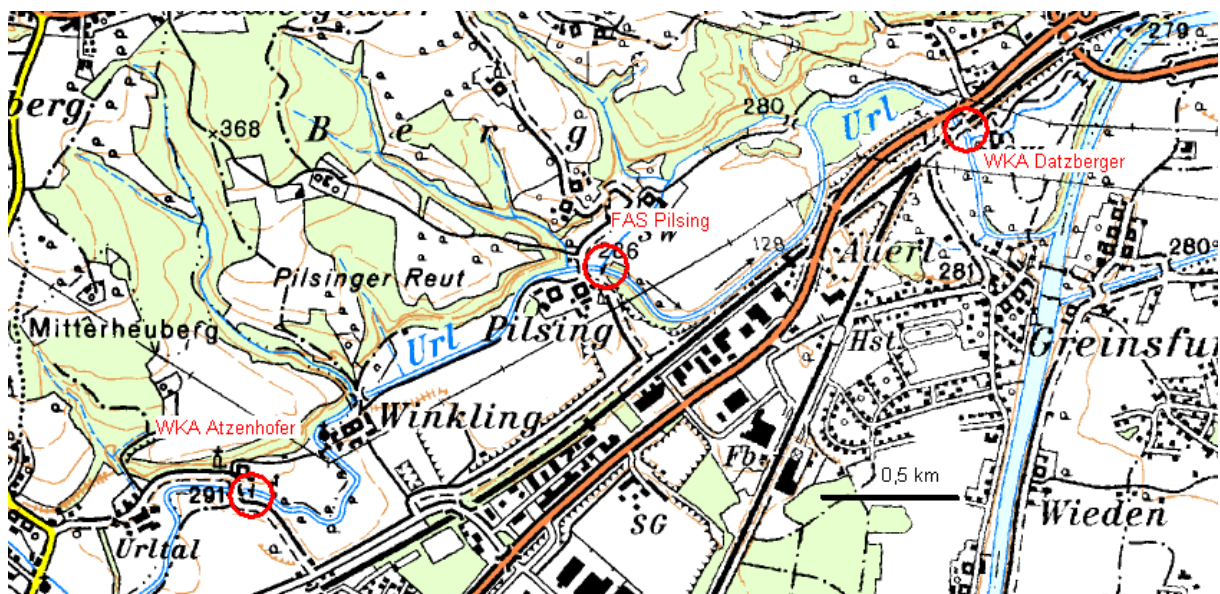
Elektriline kalapüük kalavarude kindlakstegemiseks paisust allavoolu viidi enne muid vaatlusi läbi 26.09.2014 ja 02.05.2015 põlvini vees olles, kooskõlas BMLFUW (2010) „Juhendile bioloogiliste Lehekülg 6

kvaliteedielementide kindlakstegemiseks, osa A1 – kalad“. Kalu püüti otse Pilsingi hüdroelektrijaama all 250 m pikkusel ja umbes 7 m laiusel lõigul. Püütud kalade osas tehti kindlaks liik, mõõdeti kalad üle ja lasti seejärel tagasi vette. Austria kalaindeksi (FIA) abil arutati välja lõigu kalaökoloogiline seisund. 2015. a kevadel toimunud vaatluse käigus püüti hüdroenergiakruvi väljavoolukanalis veel mitu korda kala, eesmärgiga teha kindlaks kvantitatiivne olukord.

Kruvikalatõstuk – mõrrakontroll

Lisaks kruvikalatõstuki asukohale Pilsingi hüdroelektrijaamas viidi samal ajal umbes 1,9 km üleval pool asuvas, 2012. a ehitatud möödaviikpääsus, Atzenhoferi hüdroelektrijaama juures, läbi mõrrakontroll.

Jõesst allavoolu, Ybbsi suudme läheduses paikneva Datzbergeri hüdroelektrijaama juures olev kalatõstuk ja Urli suubumispiirkond Ybbsi jõkke olid uurimiste ajal piiratult läbitavad, mistõttu seda kalatõstukit uuringuteks kasutada ei saanud. Pilsingi rändepotentsiaal tuleneb seega ainult Datzbergeri hüdroelektrijaama ja Pilsingi hüdroelektrijaama vahelisest lõigust pikkusega umbes 1,92 km (joonis 6).



Joonis 6. Urli alamjooksul olev uurimispiirkond asukohtadega Pilsing ja Atzenhofer.

Kalatõstuki vabatahtliku kasutamise hindamiseks kalade poolt paigaldati otse kruvikalatõstuki väljumiskoha piirkonda ülemisse bjeffi püügimõrrad. Sügisel toimus vaatlus ajavahemikus 27.09 kuni 04.11.2014 ja kevadel ajavahemikus 12.04 kuni 17.06.2015. Ajavahemikus 27.06 kuni 13.08.2015 uuriti lisaks täpsemalt kompensatsioonivee seadistusi.

Kruvikalatõstuki juures kasutatud mõrd koosneb plastanumast mõõtmetega 1,2 × 0,8 × 1,0 m (pikkus × laius × kõrgus). Külkseintesse puuriti põhjast kõrgemale 8 mm avad ja lihviti need. Mõrraanum kaeti võrega, kusjuures vanni tõsteti puitpostide abil umbes 20 cm, et välistada kalade vigastamine sulgurvõrel. Renni abil juhiti kogu kruvikalatõstuki vesi otse mõrda (joonised 7 ja 8). Kalad võeti

kahvaga anumast välja, määrati nende liik, mõõdeti üle ja lasti seejärel kõrgema veetaseme kanalisse vabaks.



Joonised 7 ja 8. Renn mõrra juurde (vasakul) ja kogumisanum (mõrd) paremal.

Atzenhoferi hüdroelektrijaama möödaviikpääsus asetati möödaviiklābipääsu kõige ülemisse basseini metallist mõrd mõõtmetega $1,1 \times 0,83 \times 0,8$ m (p $\times$ l $\times$ k) ja möödaviikpääsu ülemisse basseini horisontaalsed varrasvalgustid pikkusega 10 mm, mis suleti küljelt traatvõrguga (joonis 9).



Joonis 9. Mõrd Atzenhoferi möödaviiklābipääsus.

TULEMUSED

Kalavarude väljaselgitamine madalamal veetasemel ehk paisu alumises bjefis

Kalavarude väljaselgitamisel 26.09.2014 Pilsingi hüdroelektrijaama alumises bjefis leiti 15 kalaliiki. Kokku püüti kvantitatiivse elektrilise kalapüügi käigus 621 kala, kusjuures esindatud olid kõik neli juhtliiki: euroopa turb, pardkala, harilik kõhrsuu ja tippviidikas. Lisaks dokumenteeriti kuus üheksast tüüpilisest kaasnevast liigist ja neli 15-st harvaesinevast kaasnevast liigist. Arvukusega 4436 isendit/ha ja biomassiga 115 kg/ha saavutas kalapüügilõik Austria kalaindeksi järgi hinnangu 1,83 ja seega kalaökoloogiliselt hea seisundi. Juhtkalaliikide populatsioonis näitasid ainult euroopa turb ja tippviidikas enamasti tasakaalustatud varu.

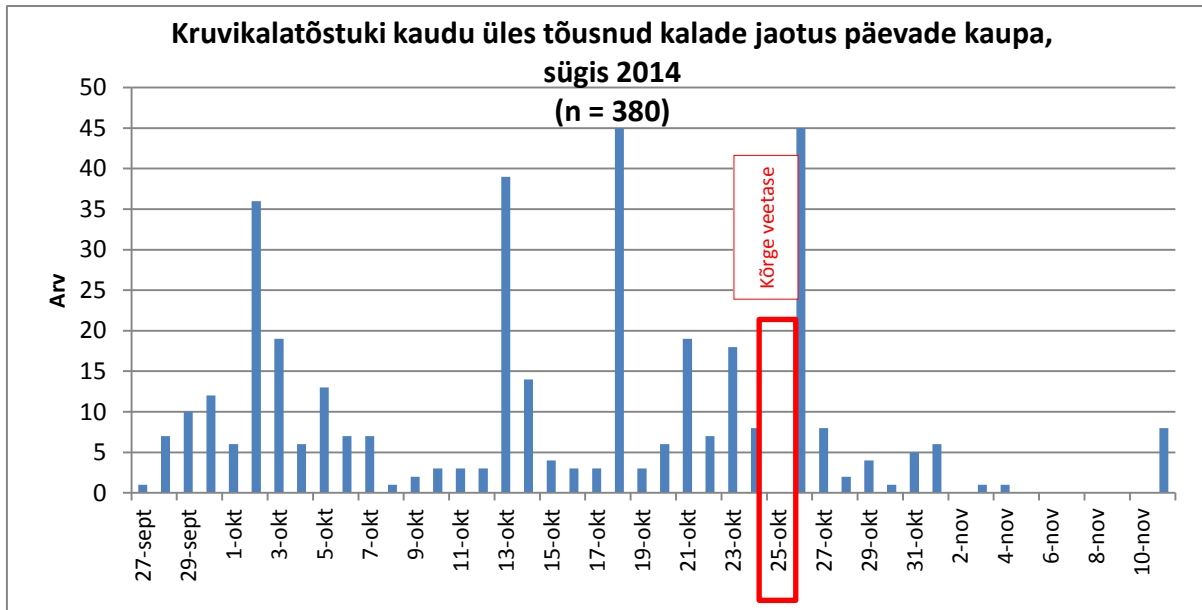
02.05.2015 toimunud kvantitatiivse elektrilise kalapüügi käigus püüti kokku 143 isendit kokku kümnest kalaliigist. Euroopa turva, pardkala ja tippviidika püüdmise tõendas kolme juhtliigi olemasolu neljast. Harilikku kõhrsuid ei leitud. Lisaks dokumenteeriti neli üheksast tüüpilisest kaasnevast liigist ja kaks 15-st harvaesinevast kaasnevast liigist. Prognoositava arvukusega 1021 isendit/ha ja näitajaga 44,7 kg/ha saavutas lõik 2015. a kevadel toimunud kalastamise ajal kalaökoloogiliselt mõõduka seisundi (FIA 3,12). Kuigi 2015. a kevadel toimunud kalapüük toimus samas lõigus ja sama meetodikaga nagu 2014. a sügisel, olid nii isendite tihedus kui ka biomassid märgatavalt väiksemad. Seda võis põhjustada kalapüügihooaja algamine mai alguses ja üksikute liikide erinevad autoökoloogilised käitumisviisid. Kokkuvõtlikud tulemused on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Isendite tiheduse ja biomasside võrdluse paisu alumises bjeffis asuval lõigul septembris 2014 ja mais 2015.

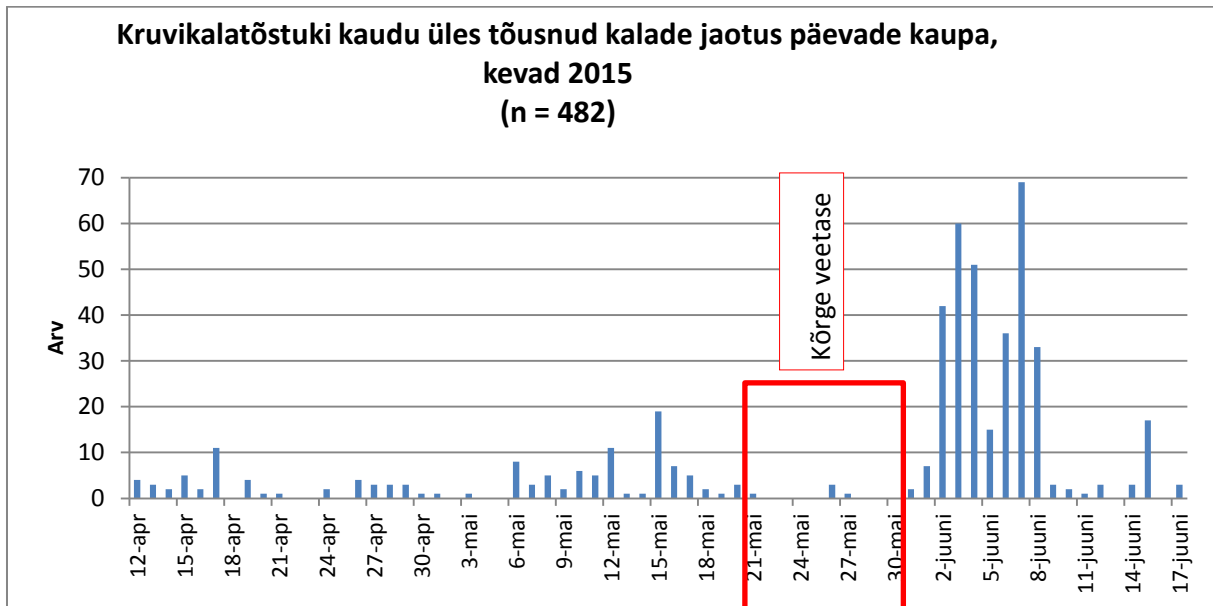
	26. sept. 2014			2. mai 2015		
	Tegelik püükis/ha	kg/ha		Tegelik püükis/ha	kg/ha	
Euroopa turb	142	1 014	60,91	25	179	45,74
Jõeforell	2	14	0,08	2	14	0,97
Trulling	5	36	0,11	36	257	0,71
Pardkala	8	57	5,13	3	21	0,53
Harilik mõrukas	1	7	0,00			
Lepamaim	39	279	0,68	14	100	0,25
Ahven	1	7	0,04			
Rünt	77	550	4,95	47	336	3,34
Teib	9	64	3,42			
Haug	1	7	2,62			
Võldas	4	29	0,27	4	29	0,15
Viidikas	24	171	1,21			
Harilik kõhrsuu	19	136	16,71			
Vikerforell				1	7	2,46
Linask	1	7	6,54			
Tippviidikas	288	2 057	12,75	10	71	0,42
Hink				1	7	0,08
Kokku	621	4 436	115,44	143	1 021	54,65

Kruvikalatõstuk – mõrrakontroll

Sügisese vaatluse ajal, mis toimus 27.09 kuni 04.11.2014 (39 päeva) ning lisaks 11.11.2014 (üks päev), sisenes kalatõstukisse vabatahtlikult 380 kala, mis dokumenteeriti mõrrapüügiga. Vaid ühel päeval (02.11.2014) ei kasutanud tõstukit üskki kala. 25.10.2014 katkestati vaatlus kõrgvee tõttu. Kevadise vaatluse ajal ajavahemikus 12.04 kuni 17.06.2015 (67 päeva) liikus kruvikalatõstuki kaudu üles kokku 482 kala. Ajavahemikus 21.05.2015 kuni 30.05.2015 oli vaatlus kõrge veetaseme tõttu piiratud. Seetõttu tuli kruvikalatõstuk 25.05.2014 peatada 24 tunniks. Joonistel 10 ja 11 on kujutatud kruvikalatõstuki kaudu vabalt üles liikunud kalade jaotus päevade kaupa.



Joonis 10. Kruvikalatõstuki kaudu üles liikunud kalade päevane jaotus, sügis 2014.



Joonis 11. Kruvikalatõstuki kaudu üles liikunud kalade päevane jaotus, kevad 2015.

Kruvikalatõstuki vaatlusel dokumenteeriti 18 liiki, sealhulgas kõik neli juhtliiki ja kaheksa üheksast tüüpilisest kaasnevast liigist, samuti kuus harvaesinevat kaasnevast liiki (tabel 5). Tüüpiline kaasnev liik luts ei ole Urlis esindatud. Särge ja roosärge leiti ainult mõrrakontrolli ajal, harjust ainult kruvikalatõstukis. Hinke leiti kompensatsioonikatsete käigus kruvikalatõstuki mõrrast 2015. a suvel.

Kevadel 2015 toimunud vaatluse ajal viidi hüdroenergiakruvi väljavoolukanalis kolm korda läbi elektriline kalapüük eesmärgiga kontrollida, kas seal on kalu. Kõigil kolmel ajaperioodil ei leitud lisaks vähesel arvul esinenud tippviidikale ja ründile muid kalu, mistõttu võib järeldada, et kruvikalatõstuki leitavus on hea.

Tabel 5. Kõigi 2014/15. a leitud liikide võrdlus kalakontseptsiooni alusel elektrilise kalapüügi (E Bef.), Strasseri (Pilsing) kruvikalatõstuki vaatluse (FAS Str.) ja Atzenhoferi (Atzenh.) möödaviiklõbipääsu vaatluse ajal.

Kesk-epipotamaalne	J	El-Bef.	FAS-Str.	Atzenh
Luts	b	0	0	0
Euroopa turb	l	1	1	1
Harjus	b	0	1	0
Jõeforell	b	1	1	1
Trulling	b	1	1	0
Pardkala	l	1	1	1
Harilik mõrukas	s	1	1	0
Lepamaim	s	1	1	0
Ahven	b	1	1	1
Kuldhink	s	0	0	0
Rünt	b	1	1	1
Teib	b	1	1	1
Haug	s	1	1	1
Doonau taimen	s	0	0	0
Võldas	b	1	1	0
Viidikas	b	1	1	1
Mudamaim	s	0	0	0
Harilik kõhrsuu	l	1	1	1
Silm	s	0	0	0
Särg	s	0	1	1
Roosärg	s	0	1	1
Vimb	s	0	0	0
Tõugjas	s	0	0	0
Tippviidikas	l	1	1	1
Hink	s	1	1	0
Lõunateib	s	0	0	0
Valgeuim-roomarünt	s	0	0	0
Süstikahven	s	0	0	0
Kokku		15	18	12
Vikerforell	allohtoonne	1	1	1
Oja-mägihõrnas	allohtoonne	0	1	0
Karpkala		0	0	1
Linask		1	0	0

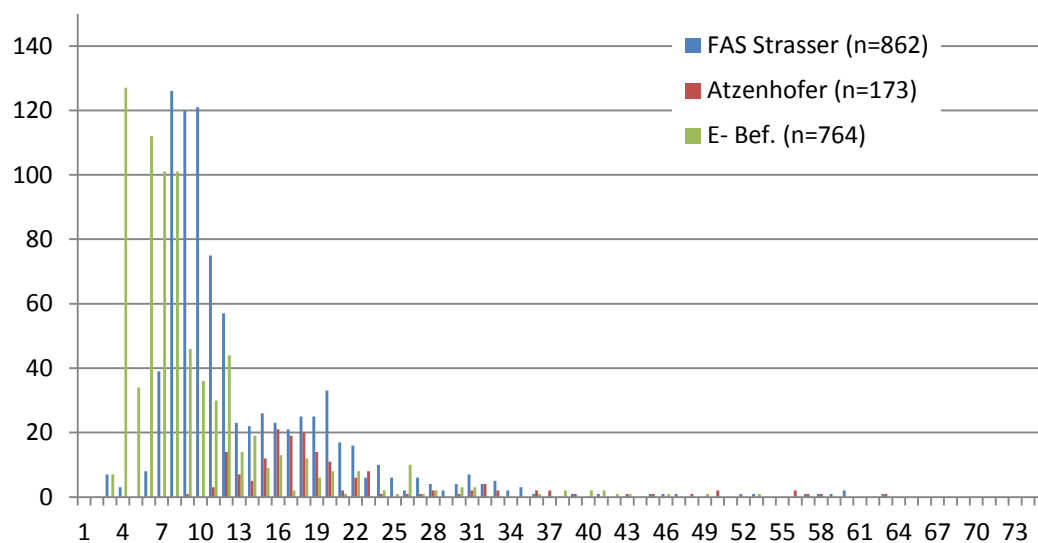


Joonised 12 ja 13. Kruvikalatõstukiga üles tõusnud noor pardkala (vasakul) ja kõhrsuu (paremal)

Tabelis 6 on toodud elektrilise kalapüügi koondtulemused, samuti kruvikalatõstuki ja Atzenhoferi pääsu andmed, kusjuures reaalse püügi kõrval on näha ka liikide protsentuaalne jaotus. Alumises bjeffis leitud kalade pikkuste sageduse võrdlus kruvikalatõstuki ja möödaviigu kaudu üles tõusnud kalade pikkusega ei näita suuruspõhise selektsiooni mõju, kusjuures mörarakontrolli puhul võivad noorkalade eri arengustaadiumid sõltuvalt meetodikast alaesindatud olla (joonis 14).

Tabel 6. Tõendatud liikide võrdlus vastavalt kalakontseptsioonile (J) elektrilise kalapüügi (E Bef.), Strasseri (Pilsing) kruvikalatõstuki vaatluse (FAS Str.) ja Atzenhoferi (Atzenh.) möödaviiklõbipääsu vaatluse ajal; koond 2014/15. Hinke* leiti kruvikalatõstuki kompensatsioonikatsete käigus 2015 suvel.

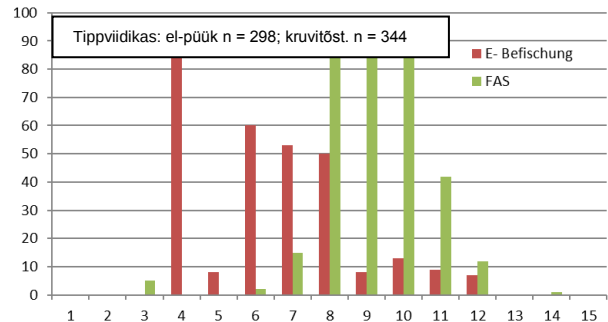
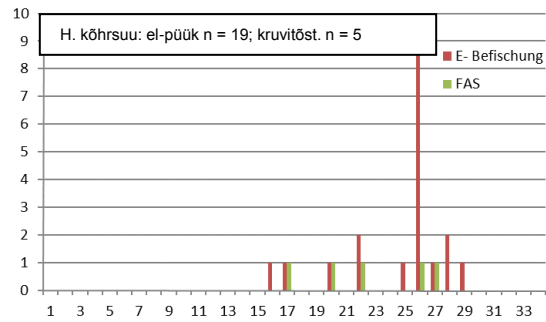
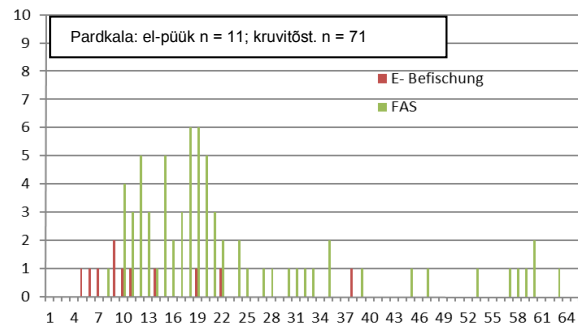
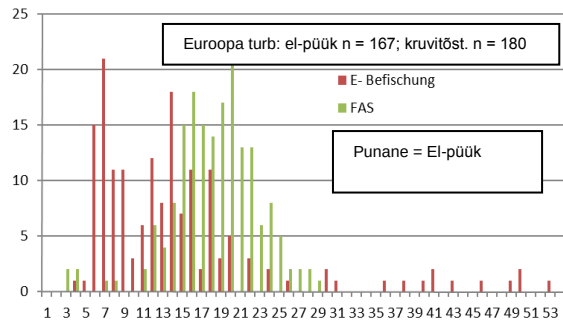
	Staatus	El. kalapüük kokku		Strasseri SKT kokku		Atzenhoferi KT	
		Is.	%	Is.	%	Is.	%
Euroopa turb	I	167	21,86	180	20,79	50	28,90
Harjus	b	0	0,00	1	0,12	0	0,00
Jõeforell	b	4	0,52	21	2,42	7	4,05
Oja-mägihömas	all	0	0,00	1	0,12	0	0,00
Trulling	b	41	5,37	32	3,70	0	0,00
Pardkala	I	11	1,44	71	8,20	12	6,94
Harilik mõrukas	s	1	0,13	1	0,12	0	0,00
Lepamaim	s	53	6,94	2	0,23	0	0,00
Ahven	b	1	0,13	5	0,58	17	9,83
Rünt	b	124	16,23	101	11,66	16	9,25
Teib	b	9	1,18	14	1,62	36	20,81
Haug	s	1	0,13	2	0,23	8	4,62
Viidikas	b	24	3,14	4	0,46	9	5,20
Karpkala	all	0	0,00	0	0,00	1	0,58
Võidas	b	8	1,05	53	6,12	0	0,00
Harilik kõhrsuu	I	19	2,49	5	0,58	7	4,05
Vikerforell	all	1	0,13	20	2,31	6	3,47
Särg	s	0	0,00	4	0,46	2	1,16
Roosärg	s	0	0,00	1	0,12	1	0,58
Linask	all	1	0,13	0	0,00	0	0,00
Tippviidikas	I	298	39,01	344	39,72	1	0,58
Hinke*	s	1	0,13	4	0,46	0	0,00
		764	100,00	866	100,00	173	100,00



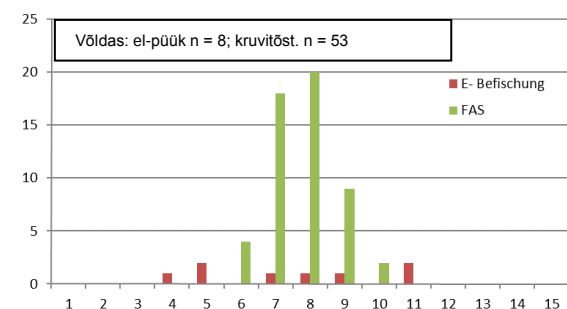
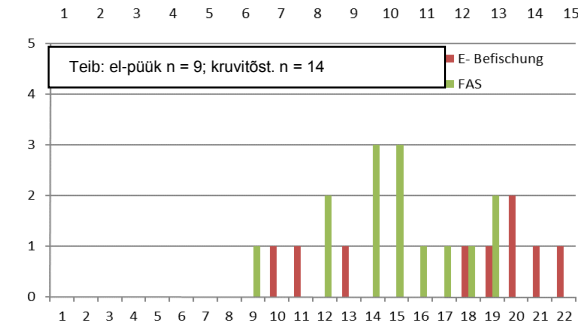
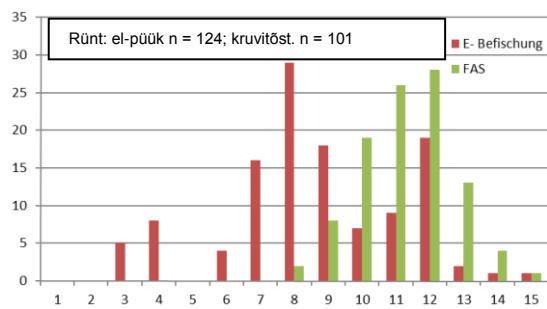
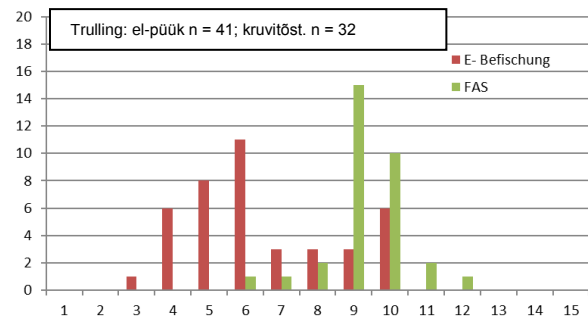
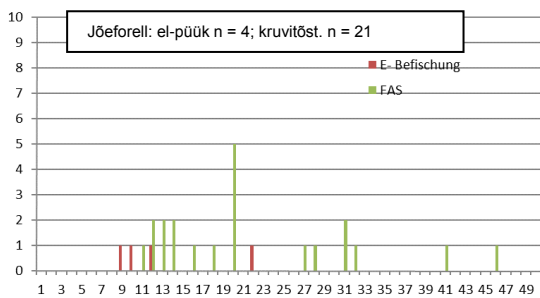
Joonis 14. Kõigi madalamast veest elektrilise kalapüügi käigus ja mõrrapüügiga leitud kalade pikkuste sageduse graafikute võrdlus Strasseri (Pilsing) kruvikalatõstukis ja Atzenhoferi möödaviiklõbipääsus tõendatud kalade vaatluse ajal.

Kalade kvalitatiivne tõstmine

Joonistel 15 ja 16 on toodud elektrilise kalapüügi käigus madalamast veest ehk alumisest bjeffist leitud juhtkalaliikide ja kruvikalatõstuki kaudu üles tõusnud liikide tüüpiliste kaasnevate liikide võrdlus.



Joonis 15. Kõigi madalamast veest ehk alumisest bjeffist leitud ja kruvikalatõstuki kaudu üles tõusnud juhtkalaliikide pikkuste sageduse võrdlus.



Joonis 16. Pikkuste sageduste võrdlus madalamas vees püütud ja kruvikalatõstuki abil üles tõusnud tüüpiliste kaasnevate liikide vahel.

Kalade kvantitatiivne tõstmine

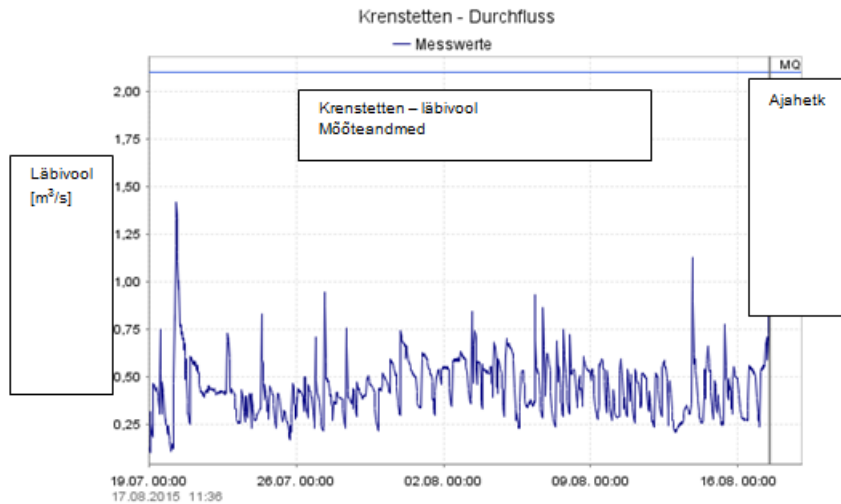
Kooskõlas kalarände abivahendite kontrollimise ja toimivuse hindamise juhistega (Woschitz *et al.*, 2003) tuleb kalade kvantitatiivse tõstmise juures eristada sagedasti ja harva esinevaid liike. Eristamine toimub lähtuvalt madalamas vees valitsevatest domineerimissuhetest (varude kindlakstegemine). Juhinduda võib sellest, et liik loetakse sagedasti esinevaks liigiks, kui selle osakaal potamaalsete veekogude koguvahenditest on vähemalt 1%, sealjuures tuleb eristada lühikesi ja pikki vahemaid läbivate kalade kvantitatiivset tõstmist. Tabelis 7 on võrreldud alumises bjeffis toimunud loendustega leitud kvantitatiivseid kalavarusid sagedusega üle 1% üksikisenditega, kes tõusid vaatluse ajal kruvikalatõstuki kaudu üles. Nii absoluutsete kui ka protsentuaalsete tõstmisnäitajate poolest on Strasseri (Pilsing) kruvikalatõstuk väga hästi võrreldav alumises bjeffis esinenud sagedustega, mistõttu võib eeldada, et kruvikalatõstuk on konkreetses asukohas kvantitatiivselt toimiv.

Tabel 7. Alumise bjeffi üle 1% kvantitatiivsete kalavaruandmete (elektriline kalapüük) võrdlus vaatluse ajal Strasseri (Pilsing) kruvikalatõstuki ja Atzenhoferi möödaviikpääsu kaudu üles tõusnud kaladega.

	Staatuse	Vahemaa	El. kalapüük		Strasseri SKT		Atzenhoferi KT	
			Is.	%	Is.	%	Is.	%
Euroopa turb	I	lühike	167	21,86	180	20,83	50	28,90
Trulling	b	lühike	41	5,37	32	3,70	0	0,00
Pardkala	I	keskmise	11	1,44	71	8,22	12	6,94
Lepamaim	s	lühike	53	6,94	2	0,23	0	0,00
Rünt	b	lühike	124	16,23	101	11,69	16	9,25
Teib	b	lühike	9	1,18	14	1,62	36	20,81
Viidikas	b	lühike	24	3,14	4	0,46	9	5,20
Võldas	b	lühike	8	1,05	53	6,13	0	0,00
Harilik kõhrsuu	I	keskmise	19	2,49	5	0,58	7	4,05
Tippviidikas	I	lühike	298	39,01	344	39,81	1	0,58
			754	98,69	806	93,29	131	75,72
		Is. kokku	764	Is. kokku	864	Is. kokku	173	

Kompensatsioonikatsed, rühmiti tõusmine

Ajavahemikus 27.06 kuni 13.08.2015, pärast korralise vaatlusprogrammi lõppu, viidi läbi veel üks katsejada seoses täiendava kompensatsioonitoru lisamisega ülemise bjeffi veest, mille maht oli 50 l/s. Selle vabatahtliku katse mõrrakontroll toimus enamjaolt ehitaja poolt, kusjuures publikatsiooni autorile edastati jooksvalt pilte üles tõusnud kaladest, et kontrollida nende liigi määramist. Poolkvalitatiivse läbiviimise tõttu ei lisatud tulemusi korralisse vaatlusprogrammi, kuid neid soovitakse arvesse võtta seoses sellega, et neil on lisateabena väärtus, mida siiski mainida.



Joonis 17. Urli jõe madal veetase 2015. aasta kompensatsioonikatsete ajal.

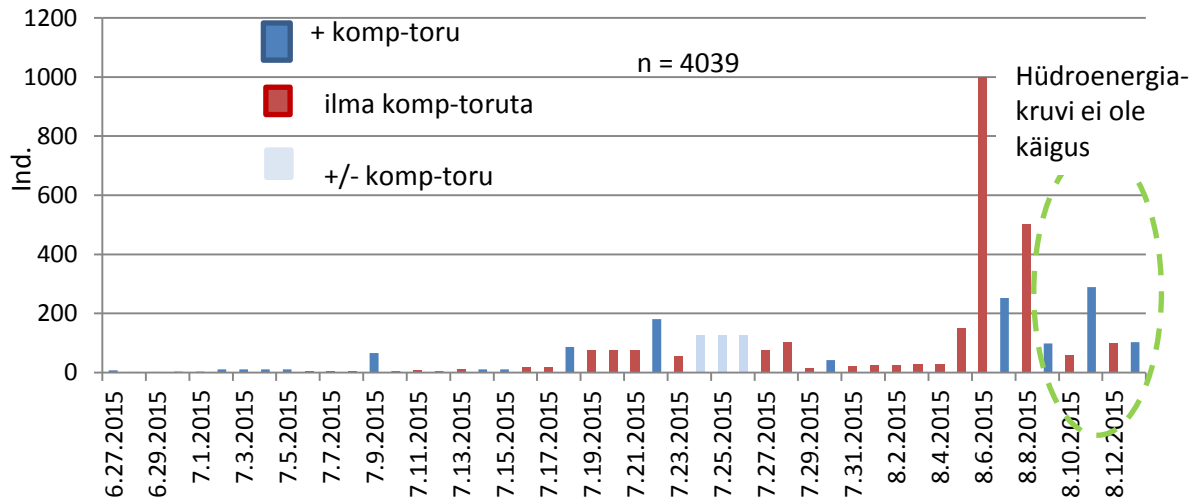
Katse ajaperioodil, 2015. aasta väga kuival suvel, oli Urli jõe veetase madal. Läbivooluväärtused olid osaliselt selgelt alla $MJNQ_t$ $1,04 \text{ m}^3/\text{s}$, ja Q_{347} u $0,62 \text{ m}^3/\text{s}$, kohati oli $NNQ < 100 \text{ l/s}$. Seoses väga madala veetasemega tuli hüdroenergiakruvi ajavahemikus 8. kuni 13. august 2015 välja lülitada, kuid ka sellel ajal tõusid kalad kruvikalatõstuki abil üles.

Kokku tõusis 2015. aasta suve uurimisperiodil 48 päeva jooksul üles 4039 (!) kala kokku 15 liigist. Nende hulgas oli neli juhtliiki, kuus üheksast tüüpilisest kaasnevast liigist ja neli harvaesinevat kaasnevat liiki. Haruldase kaasneva liigi hinki tõusmist nähti esimest korda kompensatsioonikatsete käigus, kokku tõusis üles neli isendit (joonis 20).

Kalade tõstmise arvu oluline erinevus koos ja ilma lisakompensatsioonita ei ole täheldatav (joonis 18). Siiski on märkimisväärne suvekuudel üles tõusnud kalade üldine suur arv, kusjuures eriti palju oli noori kalu ja väikelikke.

Ka Urli väga madalate veehulkadega aegadel (alla Q_{347}) ja madalal voolukiirusel kruvikalatõstuki sisenemispilus (kohati vaid $0,1 \text{ m/s}$), mis siiski ületas hüdroenergiatõstuki väljavoolukanali voolukiirust, saavutati ikkagi kõrged tõstmisnäitajad. Vastava aja maksimaalne väärtus oli 1000 ühel päeval üles tõusnud noor- ja väikekala, mis saavutati 06.08.2015 Urli keskmisel voolukiirusel $0,44 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ka keskmiselt $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$ madalas vees ja väljalülitatud hüdroenergiakruviga ajavahemikus 8.–13.08.2015 liikus iga päev kruvikalatõstukist üles keskmiselt 129 isendit, kes olid taas eelkõige noor- ja väikekalad. Uuringukuid juulit ja augustit iseloomustas kõrge veetemperatuur (üle $24 \text{ }^\circ\text{C}$) ja vastavalt madal hapnikutase. Tuleb lähtuda sellest, et kalad otsisid teadlikult üles hapnikuga rikastatud väljalaske kruvikalatõstuki alumise bjeffi kanalis ja tõusid seejärel selle kaudu üles.



Joonis 18. Kompensatsioonikatsete ajal üles tõusnud kalad.

Tabelis 8 on kujutatud kompensatsioonikatsete ajal üles tõusnud kalaliikide kooslus ja nende protsentuaalne jaotus. Suure isendite tiheduse ja kõrge veetemperatuuri tõttu 6. augustil 2015 (joonis 19) loobuti lõpuks üles tõusnud kalade säästmiseks liikide määramisest ja suunati kalad kohe edasi. Isendite arvud tabelis 8 põhinevad kompensatsioonikatsete ajal tegelikult määratud kalaliikidel (n = 3061).

Tabel 8. Juunis ja augustis 2015 toimunud kompensatsioonikatsete ajal üles tõusnud kalaliigid ja nende protsentuaalne jaotus.

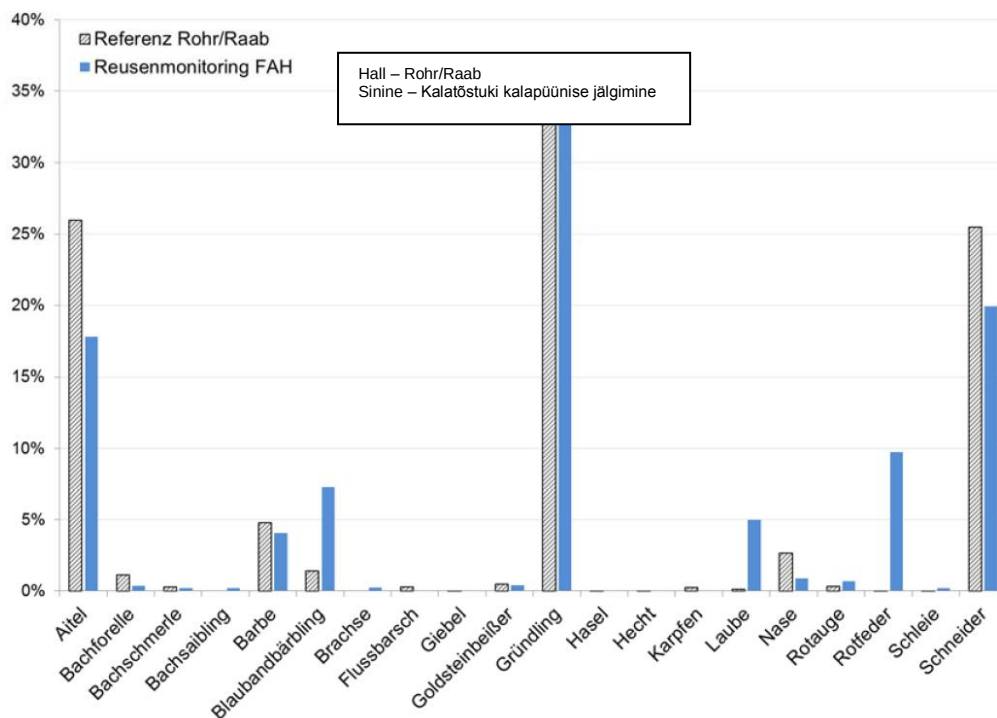
	Olek	Kompensatsioonikatsed kokku	
		Ind.	%
Euroopa turb	I	746	24,37
Jõeforell	b	6	0,20
Oja-mägihõrnas	all.	1	0,03
Pardkala	I	277	9,05
Harilik mõrukas	s	13	0,42
Lepamaim	s	24	0,78
Ahven	b	7	0,23
Rünt	b	1206	39,40
Teib	b	5	0,16
Völdas	b	35	1,14
Viidikas	b	86	2,81
Vikerforell	all.	10	0,33
Särg	s	1	0,03
Tippviidikas	I	640	20,91
Hink	s	4	0,13
		3061	100,00



Joonised 19 ja 20. Noor- ja väikekalade masstõus 6.08.2015 (vasakul) ja hink (paremal).

Steiermarki liidumaal Lugitsch an der Raabi elektrijaama kruvikalatõstuki vaatlus

2016. a kevadel korraldati Steiermarki liidumaal asuva Lugitsch an der Raabi väikehüdroelektrijaama kruvikalatõstukisüsteemis REHART/Strasser kalaökoloogiline vaatlus (Parthl, 2016). Raab on määratud pardkalaregiooni keskmisesse epipotamaalsesse lõiku. Määrava suurusega kalaliik on 90 cm pikkune haug. Kruvikalatõstuk ühendab umbes 5,0 m kõrguste vahe. Lugitschi elektrijaama tehnilik veevool on $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Üles tõusnud kalaliikide koondtulemused võrreldes võrdluskalapüügiga on toodud joonisel 21.



Euroopa turb	Jõeforell	Trulling	Oja-mägihörnas	Pardkala	Ebarasboora	Latikas	Ahven	Höbekoger	Kuldhink	Rünt	Teib	Haug	Karpkala	Viidikas	Kõhrsuu	Särg	Roosärg	Linask	Tippviidikas
--------------	-----------	----------	----------------	----------	-------------	---------	-------	-----------	----------	------	------	------	----------	----------	---------	------	---------	--------	--------------

Joonis 21. Ülestõstetud kalaliikide protsentuaalne jaotus võrreldes Rohr / Raabi võrdluskalapüügiga.

Kokkuvõttes hindab autor DI Günther Parthl kruvikalatõstuki toimivust alljärgnevalt (Parthl, 2016): Lugitschi elektrijaama kruvikalatõstuk on käesoleva toimivuskontrolli alusel kalade tõstmise osas üldiselt toimiv (II), kusjuures osaaspektid – kvalitatiivne tõstmine, keskpikki vahemaid läbivate liikide kvantitatiivne tõstmine ja lühikesi vahemaid läbivate liikide kvantitatiivne tõstmine – on toimivad (II). Kuigi kasutatud metoodika (Woschitz *et al.* 2003) tuvastas puudusi, võimaldab integratiivne hinnang, arvestades hüdraulilisi analoogiaid, järeldada kõigi oluliste liikide läbivuse osas, et tegemist on terviklikult toimiva kalarände abivahendiga. Võrdlusloigu morfoloogiliste tingimuste tinglik võrreldavus toetab seda järeldust.

Uuringute põhjal on õige käitamise puhul tagatud Lugitschi elektrijaama kruvikalatõstuki probleemivaba läbitavus kõigile kalaliikidele ja vanuseklassidele vähemalt 300 päeva aastas.

Määrava suurusega kalaliik

Doonau taimeni katse

Selleks et kontrollida kruvikalatõstuki toimivust määrava suurusega kalaliigi suhtes, viidi läbi välikatsed kokku viie Doonau taimeniga. Selleks asetati kalad kruvikalatõstuki altpoolt blokeeritud alumise bjeffi kanalis (pikkus üle 10 m, laius 2,5 m ja veesügavus umbes 1,2 m), kus olid ka laudadega varjutatud alad. Lisaks lasti vette söödakalad. Üles tõusnud taimenid püüti mõrra abil otse kruvikalatõstuki kõrgema veetaseme väljalaskes, kusjuures katseseeriate käigus kontrolliti mõrda vähemalt kord päevas.

Tabel 3. Kasutatud Doonau taimenite pikkus ja märgistus.

	Katse	Pikkus (cm)	VIE märgistus	Päritolu
Doonau taimen	Dets 14	62	punane, seljapoolne rasvauim, vasakul	Igleri kalakasvandus
Doonau taimen	Dets 14	65	punane, seljapoolne rasvauim, paremal	Igleri kalakasvandus
Doonau taimen	Dets 14	54	punane, seljapoolne seljauim, vasakul	Igleri kalakasvandus
Doonau taimen	Apr 15	78		Metsik kala
Doonau taimen	Juuni 15	76		Fischeri kalakasvandus

12.–16.12.2014 toimunud esimeses katsefaasis tõusid kõik kolm Igleri kalakasvandusest pärit taimenit pikkusega 54, 62 ja 65 cm edukalt üles. Pärast tõusmist ei leitud ühelgi isendil väliseid vigastusi või kahjustusi.



Joonised 22 ja 23. 13.12.2014 esimest korda kruvikalatõstuki kaudu üles tõusnud Doonau taimenid.

Teises katses 2015. aasta kevadel kasutati metsikult elanud Doonau taimenit pikkusega 78 cm, kes asetati 21.04 alumise bjeffi kanalisse ja kes leiti 25.04.2015 mõrrast (joonised 24 ja 25). Ülestõusmiseks kulunud neli päeva võivad olla seotud taimeni pikema transpordiga (kaugemast veekogust uuringukohale), mida ilmselt mõjutasid veel alumise bjeffi kanalis olevad söödakalad ning kruvikalatõstuki sissepääsupiirkonna pimendamise tõttu tekkinud kaitstud varjualune.

Pärast edukat tõusu ei leitud samuti kahjustusi ega vigastusi. Doonau taimen viidi seejärel tagasi koduveekogusse. Ka Rossatzis asuvast Fischeri kalakasvandusest pärit 76 cm pikkune taimen, kes asetati alumise bjeffi kanalis 23.06, tõusis mõne päeva pärast samuti vigastusteta üles.



Joonised 24 ja 25. 78 cm pikkuse metsiku Doonau taimeni edukas tõus 25.04.2015 (vasakul), taimeni läbivaatamine (paremal).

Allavoolu kalapääsud, praegune olukord Austrias

Seoses allavoolu kalapääsudega on erinevalt ülespääsude ehitamisest veel paljud küsimused lahtised ning 2016. aastal käivitati kolmeaastane uurimisprogramm teemal „Kalade kaitse ja allavoolu kalapääsud Austrias“ (BOKU Wien, 2016). Selle eesmärk on koostada ka seniste praktikate põhjal vastavad juhendid kalade kaitse ja allavoolu kalapääsude kohta (BMLFUW, 2016).

Senised kogemused näitavad, et allavoolu kalapääsude osas on traditsiooniliste süsteemide puhul kõige lootustandvamad kombinatsioonid, kus on ühendatud peensõelad või praegu katsejärgus olevad varbtrellid (Peter, 2016) ja möödaviiksüsteem, kusjuures ideaalsel juhul pakutakse kaladele allavoolu liikumist kogu veesamba ulatuses.

Seoses ühe päevakohase üritusega teemal „Veeökoloogilised meetmed Austrias – hindamine, soovitusel ja väljavaated“ ÖWAV, 2017) öeldi ühes aruandes, et kalade allavoolupääsude senised lahendused on tihtipeale „alibiehitised“ ega vasta rahvusvahelisele teadmiste tasemele (Ratschan *et al.*, EZB, 2017).

Varasemad kalakahjude uuringud 14 hüdroenergiakruvis näitavad sõltuvalt teostusest kahjustuste olulist erinevust, mis jäävad vahemikku 0,0 kuni 32,7%, kõigi uuringute keskmine näitaja on 5,9% (Ebel, 2013).

Kalade kahjustamine hüdroenergiakruvides võib tekkida kokkupõrkel kruvikeerme sissepääsuservaga ning muljumiste ja löikehaavade tõttu kruvikeerme ja korpuse vahelises pilus.

Sissepääsuserva plastkate aitab vähendada kokkupõrke bioloogiliste mõjude tagajärgi, nagu näitasid võrdlevad vaatlused (Kibel 2007 ja 2008, Schmalz 2010 aus Ebel, 2013).

Urli jõel Pilsingis asuva hüdroenergiakruvi sissepääsuserv on kaetud kummiga ning spindli ja ümbrise vahelist pilu vähendati. Katse kalade vigastuste uurimiseks allavoolu liikumisel viidi läbi 11.04.2015.

Kalade allavoolu liikumise katse Pilsingi elektrijaamas

Kevadel, 11.04.2015 viidi 182 kasvandusest pärit vikerforelli (pikkus 28 kuni 36 cm) kalade allavoolu liikumise katseks Pilsingi hüdroenergiakruvi juurde. Kalad asetati ülemise bjeffi vette vahetult hüdroenergiakruvi juurde. Selleks et takistada kalade põgenemist ülesvoolu, blokeeriti hüdroenergiakruvi sissevoolupiirkonna ala $10 \times 3,5 \times 1,5$ m (p × l × k) suuruse võrguga. Hüdroenergiakruvi väljavoolukanali äravool suleti peene silmasuurusega traatvõrega.

Seejärel viidi turbiini väljavoolus mitu korda läbi elektriline kalapüük. Hüdroenergiakruvi kaudu allavoolu liikunud kalad dokumenteeriti ja kontrolliti neil vigastuste teket. Osa allavoolu liikunud kaladest hoiti nende seisundi ja võimalike järelkahjude uurimiseks kinni 24 tundi ja uuriti seejärel uuesti.

11.04.2015 hüdroenergiakruvil toimunud katsefaasis liikus kella 10.00 ja 13.00 vahel allavoolu kokku 36 vikerforelli. Ühelgi hüdroenergiakruvi kaudu alumisse bjeffi liikunud kalal ei leitud vigastusi ega muid kahjustusi.

Üheksat vikerforelli hoiti võimalike järelkahjude hindamiseks kinni. 24 tunni pärast uuriti neid uuesti, kuid kahjustusi ega järelkahjusid ei leitud. Nende tulemuste põhjal võib järeldada, et suurusklassis 28 kuni 36 cm ei teki hüdroenergiakruvi kaudu allavoolu liikuvatel kaladel vigastusi.

Tabel 9. Kalade allavoolu liikumise katse tulemused.

	Kalaliik	Pikkus (mm)	Arv
1. Kalade püüdmine	Vikerforell	300	7
		310	4
		330	1
		360	1
2. Kalade püüdmine	Vikerforell	280	1
		290	2
		300	4
		310	11
		320	4
		330	1
		Ø 313	36

**Joonised 26 ja 27.** Kalade mõõtmine (vasakul) ja hindamine (paremal) pärast hüdroenergiakruvi läbimist.

Kruvikalatõstuki REHART toimivuse hindamine Saesaarel

Kalapääsu loomiseks Saesaarele on kavas ehitada kruvikalatõstuk (*fishlift screw*) koos hüdroenergiakruviga (*hydropower screw*). Langemiskõrgus on umbes 7,5 m 1,7 m³/s tehniliku veevoolu juures. Määrava suurusega kalaliik on 60 cm pikkune haug (*Esox lucius*).

Tavaliste kalatõstukite mõõtmete tunnusparameetrid kooskõlas Austria juhenditega 60 cm pikkuse pardkala (*Barbus barbus*) näitel (BMLFUW, 2012) on toodud tabelis 10.

Tunnusmõõtmel vertikaalpilupääsude näitel on minimaalne veesügavus ≥ 75 cm ja kruvikalatõstuki madalama veetaseme sissepääsu piirkonna pilu laius ≥ 25 cm. Voolukiirus sissepääsupilus peab olema $\geq 0,5$ m/s, kuid mitte väiksem kui hüdroenergiakruvi väljavoolu kiirus (konkureeriv lüüsvool). Selle saavutamiseks võib kasutada kompensatsioonivett, mis siseneb nt kruvikalatõstuki sissepääsu kõrval olevas piirkonnas paiknevast kompensatsiooniväravast. Kruvikalatõstuk asub võrreldes hüdroenergiakruviga ideaalis kalda pool. Alumise bjeffi sissepääsu asukoht peaks seoses mõõtmete ja

paigutuse võrreldavuse tõttu lähtuma Pilsingis asuvas süsteemist ehk juba läbi proovitud näitest (vt joonist 1).

Kruvikalatõstuki läbimõõt on sarnaselt Pilsingile 120 cm. Pilsingis on määrava suurusega kalaliik 90 cm pikkune Doonau taimen (*Hucho hucho*), mistõttu tuleb lähtuda sellest, et süsteem on Saesaarele piisav selleks, et seda saaks läbida määrava suurusega kalaliik, 60 cm pikkune haug.

Ülemises bjeffis oleva väljalaske puhul tuleb arvestada vastava minimaalse veesügavusega ≥ 75 cm. Voolukiirus väljalaskekanalis peab olema vastava kompensatsioonivoolu abil vähemalt $\geq 0,3$ m/s.

Tabel 10. Juhend traditsiooniliste kalapääsude mõõtmete määramiseks 60 cm pardkala näitel (BMLFUW, 2012).

Kesk-epipotamaalne pardkalade piirkond

Kalapiirkond:		Kesk-epipotamaalne	Määrav kalaliik		Pardkala		Pikkus (cm):		60		
Energia hajumine:		100						Laius (cm):		7	
Juhtväärtuseid määravad mõõdud											
Kalapääsu tüüp	Max peegeldus-vahe	Max langus (%)	Basseini min pikkus (cm)	Min laius (cm)	Basseini/paisu min maksimum-sügavus (cm)	Basseini maht (m3)	Kompensatsioon (l/s)	Pilu/läbi-pääsu min maksimum-sügavus (cm)	Paistammi/läbipääsu min laius (cm)	Pilu min laius (cm)	
Peaaegu looduslik basseini-läbipääs	10–13		350	210	85	3,2	250	56		38	
Veekogule tüüpiline möödaviik-kanal		1,0			85		330	30	220		
Pilupääs	10–13		250	170	75	3,4	270			25	
Vahe-basseini-dega ramp	10–13	*)	*)	*)	95	*)	*)	63	*)	37,5	

Märkused (juhisele - BMLFUW, 2012):

Peaaegu looduslik basseini-läbipääs	Basseiniläbipääsu puhul arvutatakse kompensatsioon lihtsustatult riskülikpiluna, mis moodustab 1,5-kordse vertikaalse pilu laiuse ja 2/3 maksimaalsest basseinisügavusest. Paistammi tegelikku kujundust kujutatakse ptk 5. Kompensatsioon arvutatakse Poleni valemi järgi, kus $\mu = 0,6$ arvestades madalama veetaseme paisutust $\sigma = 91,66(hu/h)^4 + 258,33(hu/h)^3 - 274,08(hu/h)^2 + 129,22(hu/h) - 21,8$. Basseinimahu arvutamisel võetakse aluseks 0,5-kordne maksimaalne sügavus. Pikkus arvutatakse vajalikust basseinimahust, basseini laius on 3/5 pikkusest.
Veekogule tüüpiline möödaviik-kanal	Hüdrauline arvutamine toimub Strickleri valemi järgi. Möödaviikkanalit arvestatakse asümmeetrilise trapetsprofiilina. Süvarenni laius võrdub pilupääsu pilulaiusega. Paistammi langusena arvestatakse 1,5-kordset keskmist langust. Nõlvakalded on väliskurvi kaldal 1 : 1 ja sisekurvi kaldal 1 : 5 kuni 1 : 6. k-väärtus on 25.
Pilupääs	Basseini minimaalne sügavus vastab veesügavusele pilu all. Basseini pikkus arvutatakse vajaliku basseinimahu järgi, basseini laius on 2/3 pikkusest.
Vahe-basseini-dega ramp	*) Individuaalsed mõõdud vastavalt aruandes toodud MJNQT mõõteväärtustele. Minimaalne basseinisügavus on peaaegu looduslike basseini-läbipääsudega võrreldes seoses settevooluga 10 cm suuremad. Tugeva settevoolu korral soovatakse sügavust suurendada 20 cm võrreldes peaaegu looduslike basseini-läbipääsudega.
¹ 10 cm maksimaalse taseme erinevuse ribalaius alumises epipotamaalses piirkonnas (metapotamaalse lähipiirkond) kuni 13 cm ülemises epipotamaalses piirkonnas (hüporitraalne lähipiirkond).	

Kokkuvõte

Paljudes Austria asukohtades on suudetud tõestada kruvikalatõstuki toimivust kalatõstukina. Kavas on ja ministeeriumi poolt tagatud on kruvikalatõstukisüsteemi REHART/ Strasser kui sobiva tehnika lisamine Austria kalatõstukite ehitamise juhendisse.

Kruvikalatõstuki ehitamisel koos vastava kalasõbraliku hüdroenergiakruviga tuleb praeguse teadmiste taseme põhjal lähtuda sellest, et see on praegu üheks parimaks tehniliseks võimaluseks läbitavuse loomiseks paisudel nii kalade üles- kui ka allavoolu liikumiseks.

Tõlgitud ja toimetatud teksti originaali autor:

Mag. Christian Mitterlehner

Haagi linnas 15.04.2017

Kirjandus

BMLFUW (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: 102 lehekülge.

BMLFUW (2017): Symposium Gewässerökologische Maßnahmen, Vortrag Dr. Veronika Koller- Kreimel, Jänner 2017.

Ebel, G. (2013): Fish Protection and Downstream Passage at Hydro Power Stations. Handbook of Bar Racks and Bypass Systems. Bioengineering Principles – Modelling and Prediction – Dimensioning and Design.

Haunschmid, R., Wolfram, G., Spindler, T., Honsig- Erlenburg, W., Wimmer, R., Jagsch, A., Kainz, E., Hehenwarter, K., Wagner, B., Konecny, R., Riedmüller, R., Ibel, G., Sasano, B & N. Schotzko (2006): Erstellung einer fischbasierten Typologie österreichischer Fließgewässer sowie einer Bewertungsmethode des fischökologischen Zustandes gemäß EU- Wasserrahmenrichtlinie. Schriftenreihe des BAW 23, Wien.

Haunschmid, R., Schotzko, N., Petz-Glechner, R., Honsig- Erlenburg, W., Schmutz, S., Spindler, Th., Unfer, G., Wolfram, G., Bammer, V., Hundritsch, L., Prinz, H. & B. Sasano (2015): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A1- Fische. Herausgegeben vom BMLFUW, Wien. Ausgabe Jänner 2015, 82 lehekülge.

Kibel, P. (2007): Fish Monitoring and live fish trials- Archimedes screw turbine, River Dart. Phase I: Live fish trials, smolts, leading edge assessment, disorientation study, outflow monitoring. Report prepared for Mann Power Consulting Ltd, 40 S., Moretonhampstead / Devon (Fishtek Consulting).

Kibel, P. (2008): Archimedes screw turbine fisheries assessment. Phase II: eels and kelts. Report prepared for Mann Power Consulting Ltd, 19 S., Moretonhampstead / Devon (Fishtek Consulting).

Parthl, G., Ellinger, H., Melcher, J. & V. Schiffleithner (2016): Funktionsnachweis der Fischaufstiegshilfe KW Lugitsch/ Raab; i.A. Florian Lugitsch, Feldbach.

Mitterlehner, C. & K. Pfligl (2015): Endbericht Monitoring Fischaufstiegsschnecke Url, KW Pilsing gemäß AMW2-WA-04326/002. I.A. Strasser & Gruber Wasserkraft, 60 Seiten.

Schmalz, W. (2010): Untersuchungen zum Fischabstieg und Kontrolle möglicher Fischschäden durch die wasserkraftschnecke an der Wasserkraftanlage Walkmühle an der Werra in Meinigen. Studie im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 220 S., Breitenbach (Fischökologische und Limnologische Untersuchungsstelle in Südthüringen).

Woschitz, G., Eberstaller, J. & S. Schmutz (2003): Mindestanforderung bei der Überprüfung von Fischmigrationshilfen (FMH) und Bewertung der Funktionsfähigkeit. – Österreichischer Fischereiverband (Hrsg.): Richtlinien der Fachgruppe Fischereisachverständige beim Österreichischen Fischereiverband, Richtlinie 1/2003.