



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut
Maaehituse osakond

Aivo Jõgiaas

**PUIDUST I-TALADEST PÕRANDAPANEELI SERVATALADE
SIIRDED SEINTE ALL**
DISPLACEMENTS OF THE TIMBER I BEAMS PLACED UNDER
EDGE BEAMS OF THE FLOOR PANEL

Magistritöö
Maaehituse õppekava

Juhendaja vanemspetsialist Martti-Jaan Miljan

Tartu 2015

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Aivo Jõgiaas		Õppekava: Maaehitus	
Pealkiri: Puidust I-taladest põrandapaneeli servatalade siirded seinte all			
Lk.: 103	Jooniseid: 28	Tabeleid: 7	Lisasid: 3
Osakond:		Maaehituse osakond	
Uurimisvaldkond:		Puitkonstruktsioonid	
Juhendaja(d):		Martti-Jaan Miljan	
Kaitsmiskoht ja -aasta:		Tartu, 2015	
<p>I-talade kasutamine hoonete põrandates on tänapäeval üha rohkem levinud just tema eeliste pärast. Talad on kerged ja materjali kvaliteet on paremini tagatud kui tavalise saepuidu korral. I-taladesse on võimalik vööde vahele avasid teha ilma et peaks muretsema, et tõmbetsoonis ava servas olev oksakoht võib saada kandevõimele saatuslikuks. I-talade vööde puit kontrollitakse ja vajadusel eemaldatakse ohtlikud oksakohad juba tootmise faasis.</p> <p>I-taladest põrandapaneelide üheks probleemseks kohaks arvutuste juures on see et ei ole täpseid arvutusjuhiseid kuidas peaks arvutama I-talast servatala erinevate täidete korral kandvate seinte all. Reeglina puidu ristikiudu survekandevõime ei ole määrav nii ühekordsete kui ka kahekordsete majade korral. Probleemiks osutub hoopis puidu ristikiudu olev survetugevus seinapostide all kui hooned lähevad kõrgemaks kui kolm või enam korrust.</p> <p>Antud töös uuriti puidust I-taladest põrandate servatalade kandevõimeid ja siirdeid seinaposti all. I-taladest servatalale lisati täidet nii tala välimisele küljele vööde vahele kui ka siseküljele. Samas prooviti kasutada lisaklotside toimivust täiendava kandevõimet suurendava vahendina.</p> <p>Arvutades eurokoodeks 5 / Treteknisk 86 juhendi arvutusreegleid kasutades puidu normatiivse ristikiudu survekandevõime. Katsetulemusi võrreldes oli põranda servatala eeldatavad kandevõime väärtused ületanud 2mm deformatsiooni juures 10/6 katsekeha, 5mm deformatsiooni juures 27/22 katsekeha ja 10mm deformatsiooni juures 30/29 katsekeha. Suurem osa katsekehast saavutavad normatiivse kandevõime deformatsiooni 2 - 3 mm vahemikus. Kokku katsetati 33 katsekeha üheteistkümnes erinevas seerias.</p>			
Märksõnad: puitkonstruktsioon, I-tala, puidu ristikiudu survetugevus			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Aivo Jõgiaas		Speciality: Rural Building	
Title: Displacements of the Timber I Beams Placed under Edge Beams of the Floor Panel			
Pages: 103	Figures: 28	Tables: 7	Appendixes: 3
Department:		Rural Building	
Field of research:		Timber structures	
Supervisor(s):		Martti-Jaan Miljan	
Place and date:		Tartu, 2015	
<p>The use of I-beams in buildings' floors is increasingly spread because of its advantages. Beams are lightweight and the quality of material is better ensured than with regular timber.</p> <p>It is possible to make openings in the I-beams between the flanges without having to worry that the knot on the edge of tension zone could become fatal to the bearing capacity. The timber of I-beams is checked and dangerous knots are removed during the manufacturing process.</p> <p>One of the problem areas of I-beams floor panels' calculations is that there are no precise rules of how to calculate the edge I-beam in case of different fillers under bearing walls. As a rule, timber's perpendicular to grain compression bearing capacity is not determinative in one story or two story houses. The problem will arise in the perpendicular to grain compression strength under the wall frames when the buildings are three or more stories high.</p> <p>The present paper studies bearing capacity and displacement of edge beams under wall frames in floors with timber I-beams. The filler was added to the edge I-beam to its outer side as well as the inner side between the flanges. At the same time, the performance of additional blocks were used as a mean to increase bearing capacity.</p> <p>The timber's normative perpendicular to grain compression bearing capacity was calculated according to Eurocode 5 / Treteknisk 86 calculation rules. When comparing the results, 10/6 test pieces had exceeded the floor's edge beam's estimated bearing capacity value of 2mm deformation, 27/22 test pieces at 5mm deformation and 30/29 test pieces at 10mm deformation. The majority of test pieces reached the normative bearing capacity deformation between 2mm and 3mm. The total of 33 test pieces was used in eleven different series.</p>			
Keywords: timber framing, I-beam, perpendicular to grain compression strength			

Sisukord

SISSEJUHATUS	6
1. PUIT JA PUIDUST I - TALADEST	8
1.1. Puidu kasutusest üldiselt	8
1.2. I - taladest üldiselt	10
2. I- TALADEST PÕRANDAPANEELI SERVATALA KANDEVÕIME MÄÄRAMINE	12
2.1. Katsekehad ja nende arvutuslikud kandevõimed	12
2.1.1. I-taladest servatalade katsekehad	12
2.1.2. Katsekehade ristikiudu survekandevõime arvutus eurokoodeks 5 (EVS-EN 1995-1-1/NA:2007+A1:2008/NA:2009) järgi	15
2.1.3. Katsekehade ristikiudu survekandevõime arvutunäide ja katsekehad kandevõimed eurokoodeks 5 järgi	16
2.1.4. Katsekehade ristikiudu survekandevõime arvutus Treteknisk 86 (Eide, 2013) järgi	18
2.1.5. Katsekehade ristikiudu survekandevõime arvutunäide ja katsekehad kandevõimed Treteknisk 86 järgi	20
2.2. Katsemetoodika väljatöötamine	22
3. KATSETULEMUSED JA NENDE ANALÜÜS	25
3.1. Katseseeria 1	25
3.2. Katseseeria 2	26
3.3. Katseseeria 3	27
3.4. Katseseeria 4	28
3.5. Katseseeria 5	29
3.6. Katseseeria 6	30
3.7. Katseseeria 7	31
3.8. Katseseeria 8	32

3.9. Katseseeria 9	33
3.10. Katseseeria 10	34
3.11. Katseseeria 11	35
3.12. Koondtabel	36
KOKKUVÕTE.....	37
KASUTATUD KIRJANDUS	39
SUMMARY	40
LISAD	42
Lisa 1. Katseseeria katsekehade koostejoonised	43
Lisa 2. Katsetekehade koormamine ja kesktelje siirded	49
Lisa 3. Katsekehade pildid katsete lõpus	103

SISSEJUHATUS

Puitu kasutatakse ehituses väga laialdaselt konstruktsiooni ehitusmaterjalina. Eesti aladel on seda edukalt kasutatud juba sajandeid. Puidust on võimalik valmistada erinevaid tooteid keerulistest kandekonstruktsioonidest kuni kapinuppudeni. Saematerjalist puitpruss on suhteliselt kerge, lihtsalt töödeldav ja väga vastupidav ehitusmaterjal.

Puidul on muude ehituses leiduvate konstruktsioonimaterjalide ees mitmed eelised. Puiduvarud on taastuvad, sellel on suhteliselt hea kaalu ja tugevuse suhe, puit sobitub hästi ümbritseva keskkonnaga ning on esteetilise välimusega. Puidu kasutust konstruktsioonides on palju uuritud, aga senimaani parandatakse puitkonstruktsioone käsitlevaid normdokumente.

Antud töös uuritakse I-taladest põrandapaneeli servatalade (koos seina vööga) kandevõimet survele (muljumisele), mida normdokumendid ei käsitle. Katsetati erinevaid servatalale tugevdavaid talatäidistega kombinatsioone.

Magistritöö teema pakkus välja juhendaja Martti-Jaan Miljan, kuna puudusid otsesed arvutusjuhised tala tootjate poolt, et kuidas peaks põrandapaneeli I-taladest servatalade kandevõimet survele käsitlema.

Töö eesmärk on uurida ruumelementidest korrusmajades kasutatavate põranda servatala lahendusi, kus kandev sein toetub talade tootja Masonite (ETA-12/0018 Masonite Beams and Columns, 2012) I - taladest põrandapaneeli servavöö peale.

Katsetatavad elemendid valmistati KM Element OÜ majatehases, mis on Kodumaja AS tütarettevõtte, kus toodetakse puitmaja osasid ruumelementide näol, mis platsi peal üheks terveks majaks monteeritakse. Ruumelement on juba tehases kokku monteeritud ehitise ruumiline osa, kus põrand, seinad ja lagi on omavahel seotud. Ruumelementidest moodulid ehitatakse tehases kuivades tingimustes ja kvaliteedi järelvalve all.

Magistritöö eesmärk antud teema valiku juures, oli saada kinnitust ja veenduda täna töös olevate, tehtavate staatiliste tugevusarvutuste korrektsuses ning selles, et ehitatavad tarindid vastavad nõuetele ja omavad piisavat kandevõimet. Ruumelemendi sein koosneb puidust postidest mis omakorda on kinnitatud ülemise ja alumise puit vööga Koormus kandub seinapostilt alumisele puitvööle, seejuures tuleb arvestada nii vöö kui servatala muljumiskandevõimega.

Kuna puidust I - taladest servatalade puhul on tegu nõnda nimetatud liittalaga, siis täpseid arvutusjuhiseid antud tarindiosa rakenduse kohta ei ole. Tala tootja poolt on etteantud küll erinevaid tehnilisi andmeid kuid pole tehtud analoogseid katseid ning puudub vajalik tehniline info. (ETA-12/0018 Masonite Beams and Columns, 2012) [1]

Töö käigus sooritatud katsetega kontrolliti ruumelemendi põrandates kasutatavate puidust I – tala servatala siirdeid (muljumisi), kus koormamisi viiakse läbi erinevate servatala täidistega.

Põrandapaneeli I – talast servatala täidiseks kasutati 12mm puitlaastplaat koos 18mm okaspuuvineeriga või 30mm kasevineeriga. Vajadusel lisatakse seinapostide alla 45mm laiune püstistes puitklotsidest rida. Katsetest saadud tulemustele tuginedes saab anda Kodumaja Projekteerimise OÜ-le soovitusi, et millised oleksid I - tala täidiste optimaalsed lahendused ja kas tänased arvutusmudelid on ikkagi õiged ning mida tuleb täiendavalt arvestada antud olukorra tugevusarvutustes.

Magistritöö on jaotatud kolme peatükki.

Esimeses peatükis kirjeldatakse puitu kui ehitusmaterjali ja I-tala kui ehitusmaterjali.

Teises peatükis tuuakse välja Kodumajaprojekteerimise OÜ poolt arvutatavad konstruktsioonilõigete näited ja nende kandevõimete arväärtused. Antakse ülevaade kasutatavate I - talade, konstruktsioonipuidu, puitlaastplaatide (12mm, 22mm) ja vineeri (18mm, 30mm) mehaanilistest omadustest ning materjali tugevust mõjutavatest teguritest. Kirjeldatakse katse sooritamise meetoodikat.

Kolmandas peatükis antakse ülevaade erinevate katseseeriade katsetulemustest, antakse hinnang saadud tulemustele ning võrreldakse täna käigus olevate arvutusliku tulemusega.

1. PUIT JA PUIDUST I - TALADEST

1.1. Puidu kasutusest üldiselt

Puidu ehitus.

Ehituskonstruktsioonideks kasutatakse peamiselt okaspuitu (kuuske ja mäнди): põhiliselt pika sirge tüvega, suhteliselt väheste looduslike vigadega, küllaldase tugevuse.

Puit koosneb põhiliselt lineaarse struktuuriga tugevast tselluloosist ja ruumilise struktuuriga, kuid väheste põiksidemete tõttu väikese tugevusega ligniinist. (Allikas, 1962)

Okaspuu puidus sisalduv tselluloos moodustab 40...50%, hemitselluloos 25...35% ja ligniin 20...30%. Vähesel määral sisaldab puit ka rasvu, vaiku jm. Puidu põhimass koosneb orgaanilistest ühenditest, mille koostisse kuulub 50% süsinikku, 43% hapnikku, 6% vesinikku ja 0,1% lämmastikku. Lisaks orgaanilistele ühenditele leidub puidu keemilises koostises tühine kogus mineraalühendeid, mis põlemisel moodustavad tuha. Eelpool loetletud algkomponendid asuvad glükoosimolekulides, mis omakorda on ühinenud pikkadeks molekulketideks, moodustades nii tselluloosi ja hemitselluloosi. (Saarman, 2006)

Puidu tugevus .

Konstruktsioonipuidu tugevust mõjutavad enim puidu looduslikud vead, aukudest ja sisselõigetest põhjustatud pingekontsentratsioonid, niiskus, temperatuur ning mahumass. (Allikas, 1962)

Puitmaterjali tugevus on seotud niiskuse ja temperatuuriga. Vee hulga suurenemisel väheneb eriti puidu painde- ja survetugevus, vähem nihke- ja tõmbetugevus. Kõrgematel temperatuuridel on puidu tugevus väiksem. Temperatuuri tõustes suurenevad puidu deformatsioonid. Samaaegselt tekivad suurte okste juures kuivamisest põhjustatud lisapinged. (Just, 2013)

Puit avaldab vastupanu välistele jõududele, mis püüavad muuta puidu kuju ja mõõtused ning samaaegselt puitu ka purustada. Väliste jõudude toimest tekkivaid sisejõudusid materjalis nimetatakse pingeteks. Väliste jõudude kasvamisel materjalis pinged kasvavad

seni, kuni ületavad materjali osakeste sidestustugevuse piiri ning materjal puruneb. **Elastsuse piiriks** nimetatakse suurimat pinget, mille katkemisel materjali mõõdud ja kuju veel taastuvad.

Tugevuse piiriks nimetatakse materjali vastupanu suurust vahetult enne purunemist. **Purustavaks jõuks** nimetatakse jõudu, mis viib materjali purunemisele. (Saarman, 2006)

Puitkonstruktsioonile rakenduva koormuse suunast sõltuvalt võivad materjalis tekkida erinevad pinged. Erinevatele pingetele on ka vastavad erinevad tugevused. Sagedasemad tugevused on tõmbe-, surve-, painde- ja nihketugevus. (Saarman, 2006)

Elastsus on materjali keha võime tõmbejõudude mõjul deformeeruda, kusjuures jõudude lakkamisel taastub keha esialgne kuju. Puidu elastsus sõltub puuliigist, niiskuse sisaldusest, tihedusest ja koormuse suunast kiudude suhtes. Puidu elastsusmoodul on pikikiudu koormamise korral 7000...12000 N/mm², ristikiudu aga kõigest 200...500 N/mm². Mida suurem on materjali elastsusmoodul, seda väiksemad on tekkivad deformatsioonid (Saarman, 2006)

Defektideta puidu tõmbetugevus on teiste tugevuse liikidega võrreldes suurim pikikiudu. Vigadeta okaspuidu pikikiudu tõmbetugevus on survetugevusest peaaegu topelt suurem. Ristikiudu on see aga murdosa pikisuuna tugevusest. Tõmbetugevust mõjutab eriti puidu kaldkiulisus. Tugevat kaldkiulisust esineb alati ümber oksa. 15° kiusuuna muutumise korral langeb tõmbetugevus umbes poole võrra. (Saarman, 2006)

Puidu looduslike vigade mõju survetugevusele on võrreldes tõmbetugevusega väiksem (Allikas, 1962). Survetugevus on ristikiudu 5...6 korda väiksem kui pikikiudu (Saarman, 2006). Puidu survetugevuse all mõistetakse puidu omadust vastu panna kokku surumisele. Survetugevuse määramiseks kasutatakse prismakujulist proovikeha, mida surutakse kuni puidu kiud painduvad ja nihkuvad kõrvale. Puidukiudude purunemismomenti mõõdetakse maksimaalse jõuga (P_{max} kg-des). Survetugevusel ei oma suurt tähtsust oksad ja kaldkiulisus, kuid puidu niiskuse kasvades 12%-lt 30%-ni väheneb survetugevus kaks korda. Mida tihedam on puit, seda suurem on survetugevus (nt kuuse survetugevus pikikiudu on 45N/mm², tammel aga 58N/mm²) (Saarman, 2006)

Kui välisjõud mõjutavad keha pindasid, tekivad nihkepinged. Välised jõud nihutavad kihte teineteise suhtes paralleelselt. Puidus esinevad praod ja lõhed vähendavad oluliselt

nihketugevust. Nihketugevus on oluline puitühenduste arvutamisel. Erinevate ühenduste efektiivsust võrreldakse nende kandevõime ja vajaliku kokkupuutepinna suhtega. (Saarman, 2006)

1.2. I - taladest üldiselt

I - tala kasutusest

Tänapäeva ehituses on I-talad leidnud laialdast kasutust erinevates ehituskonstruktsioonides valdavalt kasutatakse neid vahelae talade ,seinapostide ning katuse sarikatena.

Magistritöös sooritatavates katsetustes kasutatakse hetkel Kodumaja põrandapaneelides käigus olevaid puidust I servatalasid tootjalt Masonite (ETA-12/0018 Masonite Beams and Columns, 2012). Kõik katsekehad valmistati talast- HI kõrgusega(h) 300mm. Puidust I-talad on mõõtmelst stabiilsed ja kerge kaaluga. Talad on massiivpuidust 50% kergemad ja neid on kerge töödelda. Kaasaegsetes hoonetes suureneb pidevalt veevärgi, keskustolmuimeja, ventilatsiooni ja õhukonditsioneeride süsteemides kasutatavate torude hulk. Torude paigaldamine põrandasse võib põhjustada probleeme kui kasutada puittalasid. Tarbetult kõrgete põranda paneelide ehitamine aga suurendab tootmise kulusid. Puidust I –talad võimaldavad puurida spetsiaalseid avasid torude jaoks, vähendamata seejuures tala kandevõimet. Puidust I taladel on seega suurepärase vastupidavus ja neid on kerge paigaldada. Avade puurimisel tuleb seejuures lähtuda täpselt tala tootja juhistest. Tugevad puidust ääred on eelnevalt kuivatatud, läbinud mehaanilise tugevus sorteerimise ja vajaliku pikkuse saamiseks sõrmjätkatud.

Talade vahesein on valmistatud kõrgekvaliteedilasest OSB/ 3 plaadist.

Katsekehade valmistamise juures kasutati Masonite I-talad, mis valmistatakse Rootsi kuningriigi linnakeses Rundvik. Kõikide katsekehade detailide koostamine toimus Kodumaja tüüpsõlmede ning seal välja töötatud lahenduste järgi. Tala tootja Masonite erinevaid ristlõikeid tähistatakse nende poolse tähelise markeeringuga H või HI. (ETA-12/0018 Masonite Beams and Columns, 2012)

I-talade eelised:

- väga tugev- võrreldes omaenda kaaluga;
- sirge ja stabiilsete mõõtmetega;
- kerge ja lihtne käsitleda ning töödelda;
- efektiivne, kuna saab paigalduse pealt ega kokku hoida;
- mugav ning lihtne lõigata ja paigaldada;
- jätkusuutlik –kasutades 50% vähem puitu;
- garanteeritud kvaliteet- omavad ISO ja ETA sertifikaate;

Väga paljud erinevad riigid toodavad ja kasutavad puidust I talasid. Siinkohal toon ära mõningate riikide tootjafirmad:

Uus –Meremaa

The Lumberworx I Beam (LIB)- Ülemine ja alumine tala vöö on tehtud vineerist . Toodetakse kahes mõõdus 63mm ja 88mm mõlemad paksusega 39mm. Seinaks kasutatakse 9mm vineeri . Saadaval on mõõdud kõrgusega 200,240,300,ja 360mm.

Seina tugevdamiseks kasutatakse vineeri lisatuna olemas olevale 9mm vineerist seinale.

Suurbritannia- Šotimaa

JJI- Studs Ülemine ja alumine tala vöö tehtud puidust tugevusklassiga C16. Toodetakse neljas erinevas mõõdus 45mm x47mm, 45x63mm, 45x72mm ja45x97mm. Seinaks kasutatakse OSB/3. Saadaval talad mõõduga 195;220;245;300mm. Edasised mõõdud eritellimusega kuni 450mm.

2. I- TALADEST PÕRANDAPANEELI SERVATALA KANDEVÕIME MÄÄRAMINE

2.1. Katsekehad ja nende arvutuslikud kandevõimed

2.1.1. I-taladest servatalade katsekehad

Katsekehade koostamisel kasutatakse saepuitu mille tugevusklass on C24. Materjali kasutatakse survepostina, seinavööna, täiendava püsti klotsina või põranda toeprussina. Saepuidu C24 tugevus ja jäikusomadused on toodud tabelis 2.1. (EVS-EN 338:2009)

Tabel 2.1. C24 tugevusklassiga saematerjali omadused (EVS-EN 338:2009)

Tugevusomadused	Tähis	Väärtus, N/mm ²
Paindetugevus	$f_{m,k}$	24
Tõmbetugevus pikikiudu	$f_{t,0,k}$	14
Tõmbetugevus ristikiudu	$f_{t,90,k}$	0,4
Survetugevus pikikiudu	$f_{c,0,k}$	21
Survetugevus ristikiudu	$f_{c,90,k}$	2,5
Nihketugevus	$f_{v,k}$	4,0
Jäikusomadused	Tähis	Väärtus, N/mm ²
Elastsusmoodul pikikiudu	$E_{0,mean}$	11000
Elastsusmoodul 5% pikikiudu	$E_{0,05}$	7400
Elastsusmoodul ristikiudu	$E_{90,mean}$	370
Nihkemoodul	G_{mean}	690
Tihedusomadused	Tähis	Väärtus, kg/m ³
Tihedus	ρ_k	350
Keskmine tihedus	ρ_{mean}	420

Katsekehade materjalina kasutati Masonite I-talasisid. Põranda vöömaterjalina kasutati HI300 talasisid ja põrandataladeks kasutati H300 talasisid. Tala olulised parameetrid on toodud tabelis 2.2. Täitena kasutatakse 18mm okaspuu (mänd) vineeri, 30 mm kasevineeri ja 12 mm puitlaastplaati (klass P5). Põranda plaadina kasutatakse 22mm puitlaastplaati (klass P6).

Tabel 2.2. Masonite talade omadused (ETA-12/0018 Masonite Beams and Columns, 2012)

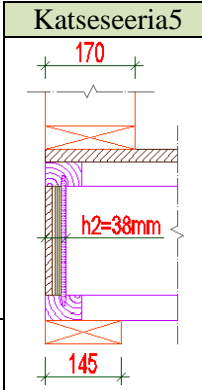
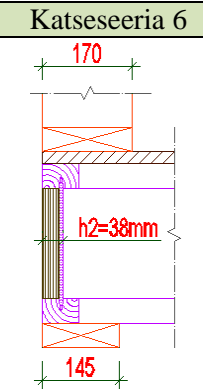
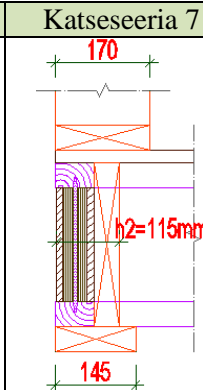
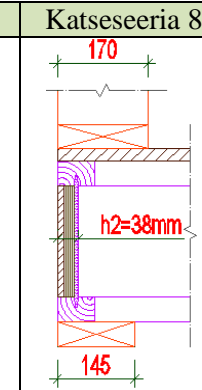
Tala parameetrid		Tähis, ühik	H300	HI300		
Tala kõrgus		H, mm	300	300		
Tala vöö kõrgus		b_f , mm	47	47		
Tala vöö laius		b_f , mm	47	70		
Vööna kasutatav materjal			C24	C24		
Tala seinapaksus		t_w , mm	10	10		
Tala seinana kasutatav materjal			OSB/3	OSB/3		
Tala tugevus ja jäikusomadused		Tähis, ühik	H300	HI300		
Paindemomendi vastupanu		M_k , kNm	12,7	15,6		
Paindejäikus		EI, kNm ²	920	1170		
Nihkejõu vastupanu		$f_{c,90,k}$	20,5	20,5		
Nihkejäikus		GA, kN	2570	2570		
		Toepinna pikkus				
Toepinna vastupanu	Tala otsas	täitega	45mm	, kN	9,0	13,0
			145mm	, kN	13,3	13,3
		täiteta	45mm	, kN	9,0	13,0
			145mm	, kN	16,2	23,3
	Tala keskosas	täitega	70mm	, kN	20,0	24,9
		täiteta	70mm	, kN	20,0	24,9
	Ühepoolne punktkoormus	täitega	70mm	, kN	20,0	24,9

Katsekehade teostusjoonised on toodud lisas 1. Tabelis 2.3 on toodud ära olulised mõõdud ja kasutatavad materjalid, mida kasutati põrandapaneelide ehitusel.

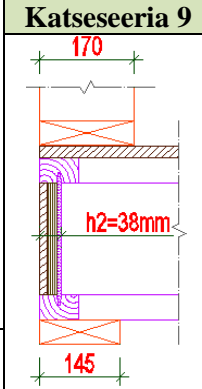
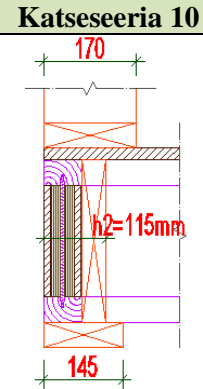
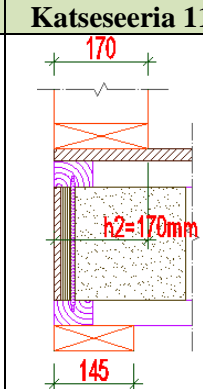
Tabel 2.3. Katseseeriade katsekehades kasutatavad materjalid ja olulised mõõdud

	Katseseeria 1	Katseseeria 2	Katseseeria 3	Katseseeria 4
Kasutatavad materjalid				
Seinavöö	C24 45x170	C24 45x170	C24 45x170	puudub
Põranda toepruss	C24 45x145	C24 45x145	C24 45x145	C24 45x145
I-tala (Masonite)	HI300	HI300	HI300	HI300
Välimine täide	–	männivineer 18mm, PLP 12mm	männivineer 18mm, PLP 12mm	männivineer 18mm, PLP 12mm
Sisemine täide	–	–	–	–
Sisemised klotsid	–	–	–	45mm
Suruva posti laius b	45mm	45mm	45mm	45mm
Efektiivlaius h₂	8mm	38+45mm	38mm	38+45mm

Tabel 2.3 järg. Katseseeriade katsekehades kasutatavad materjalid ja olulised mõõdud

	Katseseeria 5	Katseseeria 6	Katseseeria 7	Katseseeria 8
Kasutatavad materjalid				
Seinavöö	C24 45x170	C24 45x170	C24 45x170	C24 45x170
Põranda toepruss	C24 45x145	C24 45x145	C24 45x145	C24 45x145
I-tala (Masonite)	HI300	HI300	HI300	HI300
Välimine täide	männivineer 18mm, PLP 12mm	kasevineer 30mm	männivineer 18mm, PLP 12mm	männivineer 18mm, PLP 12mm
Sisemine täide	–	–	okaspuu vineer 18mm, PLP 12mm	–
Sisemised klotsid	–	–	45mm	–
Suruva posti laius b	45mm	45mm	45mm	90mm
Effektiivlaius h₂	38mm	38mm	115mm	38mm

Tabel 2.3 järg. Katseseeriade katsekehades kasutatavad materjalid ja olulised mõõdud

	Katseseeria 9	Katseseeria 10	Katseseeria 11
Kasutatavad materjalid			
Seinavöö	C24 45x170	C24 45x170	C24 45x170
Põranda toepruss	C24 45x145	C24 45x145	C24 45x145
I-tala (Masonite)	HI300	HI300	HI300
Välimine täide	männivineer 18mm, PLP 12mm	männivineer 18mm, PLP 12mm	männivineer 18mm, PLP 12mm
Sisemine täide	–	männivineer 18mm, PLP 12mm	–
Sisemised klotsid	–	45 mm	H300 tala
Suruva posti laius b	135mm	90mm	45mm
Efektiivlaius h₂	38mm	115mm	170mm

2.1.2. Katsekehade ristikiudu survekandevõime arvutus eurokoodeks 5 (EVS-EN 1995-1-1/NA:2007+A1:2008/NA:2009) järgi

2008 aastal uuenes ristikiudu survekandevõime arvutusmetoodika. Surve puhul ristikiudu (muljumise puhul) peab olema täidetud järgmine tingimus

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,d} , \quad (2.1)$$

kus $\sigma_{c,90,d}$ on efektiivse kontaktpinna arvutuslik survepinge ristikiudu;

$f_{c,90,d}$ – arvutuslik survetugevus ristikiudu;

$k_{c,90}$ – tegur, mis arvestab koormuse konfiguratsiooni, lõhestumisvõimalust ning survedeformatsioonide astet.

Katsekehade arvutuslik survepinge tuleb leida järgmise valemiga

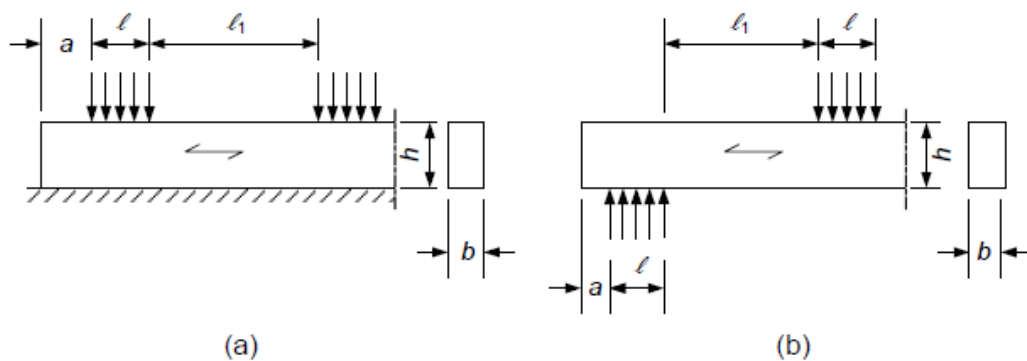
$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} , \quad (2.2)$$

kus $\sigma_{c,90,d}$ on efektiivse kontaktpinna arvutuslik survepinge ristikiudu;

$F_{c,90,d}$ – arvutuslik survejõud ristikiudu;

A_{ef} – efektiivne kontaktpind ristikiudu survele.

Efektiivse kontaktpinna ristikiudu survele A_{ef} leidmisel tuleb arvestades efektiivset kontaktpikkust pikikiudu. Efektiivne kontaktpikkus saadakse kui tegelikku kontaktpikkust l suurendatakse mõlemas suunas 30 mm võrra kuid mitte rohkem, kui a , l või $l_1/2$ vt joonis 2.1, kus h on elemendi ristlõike kõrgus ning l on kontaktpikkus.



Joonis 2.1. Element pideval toel (a) ja kohttoel (b)
(EVS-EN 1995-1-1/NA:2007+A1:2008/NA:2009)

Uuritavate katsekehade koormusolukorda arvesse võttes ($l_1 \geq 2h$) korra tuleb võtta tegur $k_{c,90}$, mis on pideval toel ja saepuidu jaoks võtta teguri väärtuseks 1,25.

Teisendades valemid 2.1 ja 2.2 saadakse teada katsekehade efektiivse pindala kandevõimeid. Hilisemateks analüüsivateks võrdlusteks on vaja teada normatiivset (valem 2.3) kandevõimeväärtust. Teisendame valemid

$$F_{c,90,k} = A_{ef} \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,k}, \quad (2.3)$$

$$F_{c,90,d} = A_{ef} \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}, \quad (2.4)$$

kus $F_{c,90,k}$ – normatiivne survejõud ristikiudu;

$F_{c,90,d}$ – arvutuslik survejõud ristikiudu;

A_{ef} – efektiivne kontaktpind ristikiudu surveel.

Efektiivne kontaktpind ristikiudu surveel leitakse valemiga

$$A_{ef} = b_{ef} \cdot h_2 \quad (2.5)$$

kus h_2 – suruva posti efektiiv sügavus tabelis 2.3;

b_{ef} – efektiivne ristlõike laius ristikiudu surveel.

Efektiivne ristlõikelaius ristikiudu surveel leitakse valemiga

$$b_{ef} = b + 2 \cdot 30mm \quad (2.6)$$

kus b – suruva posti laius tabelis 2.3

2.1.3. Katsekehade ristikiudu survekandevõime arvutunäide ja katsekehad kandevõimed eurokoodeks 5 järgi

Arvutusnäide tehakse katseseeria 2 katsekeha kohta. Katsekehade seinavöö oli tehtud C24 tugevusklassi puitmaterjaliga, siis võeti muljumispinna sama tugevusklassi näitajad (vt. tabel 2.1).

Algandmed (katsekeha 2)

Saepuidu tugevusklass	C24
Survetugevus ristikiudu	$f_{c,90,k}=2,5 \text{ N/mm}^2$
Elastsusmoodul ristikiudu	$E_{90,\text{mean}}=370\text{N/mm}^2$
Materjali kasutusklass	1
Modifikatsioonitegur – keskkestev	$k_{\text{mod}}=0,8$
Materjali osavarutegur	$\gamma_M=1,3$
Posti ristlõike mõõtmed (bxh):	45x170 mm.
Surveposti toepinna laius b	45mm
Suruva posti efektiiv sügavus h_2	38+45mm

Leitakse efektiivne ristlõikelaius ristikiudu survele valemiga 2.6.

$$b_{ef} = b + 2 \cdot 30\text{mm} = 45\text{mm} + 60\text{mm} = 105\text{mm}$$

Leitakse efektiivne kontaktpind ristikiudu survele valemiga 2.5.

$$A_{ef} = b_{ef} \cdot h_2 = 150\text{mm} \cdot (38\text{mm} + 45\text{mm}) = 8715\text{mm}^2$$

Leitakse normatiivne survekandevõime ristikiudu valemiga 2.3.

$$F_{c,90,k} = A_{ef} \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,k} = 8715\text{mm}^2 \cdot 1,25 \cdot 2,5 \text{ N/mm}^2 = 27234\text{N} \approx 27,2\text{kN}$$

Leitakse arvutuslik survetugevus ristikiudu valemiga

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 2,5\text{N/mm}^2}{1,3} = 1,54 \text{ N/mm}^2 \quad (2.7)$$

Leitakse arvutuslik survekandevõime ristikiudu valemiga 2.4.

$$F_{c,90,d} = A_{ef} \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 8715\text{mm}^2 \cdot 1,25 \cdot 1,54 \text{ N/mm}^2 = 16776\text{N} \approx 16,8\text{kN}$$

Samasuguse arvutuskäiguga on teiste katseseeria katsekehade ristikiudu survekandevõimete kohta koostatud tabel 2.4

Tabel 2.4. Katseseeriade katsekehade ristikiudu normatiivsed ja arvutuslikud survekandevõimed eurokoodeks 5 järgi

Katseseeriad	Normatiivne ristikiudu survekandevõime	Arvutuslik ristikiudu survekandevõime
	$F_{c,90,k}$, kN	$F_{c,90,k}$, kN
Katseseeria 1 katsekeha	2,6	1,6
Katseseeria 2 katsekeha	27,2	16,8
Katseseeria 3 katsekeha	12,5	7,7
Katseseeria 4 katsekeha	27,2	16,8
Katseseeria 5 katsekeha	12,5	7,7
Katseseeria 6 katsekeha	12,5	7,7
Katseseeria 7 katsekeha	37,7	23,2
Katseseeria 8 katsekeha	17,8	11,0
Katseseeria 9 katsekeha	23,2	14,3
Katseseeria 10 katsekeha	53,9	33,2
Katseseeria 11 katsekeha	55,8	34,3

2.1.4. Katsekehade ristikiudu survekandevõime arvutus Treteknisk 86 (Eide, 2013) järgi

2013 aastal avaldati Norras uurimus kus võrreldi eurokoodeks 5 arvutuskäiku katse tulemuste omadega aastal uuenes ristikiudu survekandevõime arvutusmetoodika. Surve puhul ristikiudu (muljumise puhul) peab olema täidetud järgmine tingimus

$$\sigma_{c,90,d} \leq k^*_{c,90} f_{c,90,d} , \quad (2.8)$$

kus $\sigma_{c,90,d}$ on efektiivse kontaktpinna arvutuslik survepinge ristikiudu;

$f_{c,90,d}$ – arvutuslik survetugevus ristikiudu;

$k^*_{c,90}$ – tegur, mis vastavalt tabelile 2.5 arvestab, et lühikesel koormatud alal võib muljumistugevus kasvada (sõltuvalt koormuse konfiguratsioonist)

Arvutusliku survetugevuse ristikiudu leiame valemist

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f^*_{c,90,k}}{\gamma_M} , \quad (2.9)$$

kus $f^*_{c,90,k}$ – normatiivne survetugevus ristikiudu Treteknisk 86 järgi kus C24 materjalil (ASTM-D143 järgi) on survetugevus 5,3 N/mm²;

k_{mod} – modifikatsioonitegur eurokoodeks 5 järgi;

γ_M – materjali osavarutegur eurokoodeks 5 järgi.

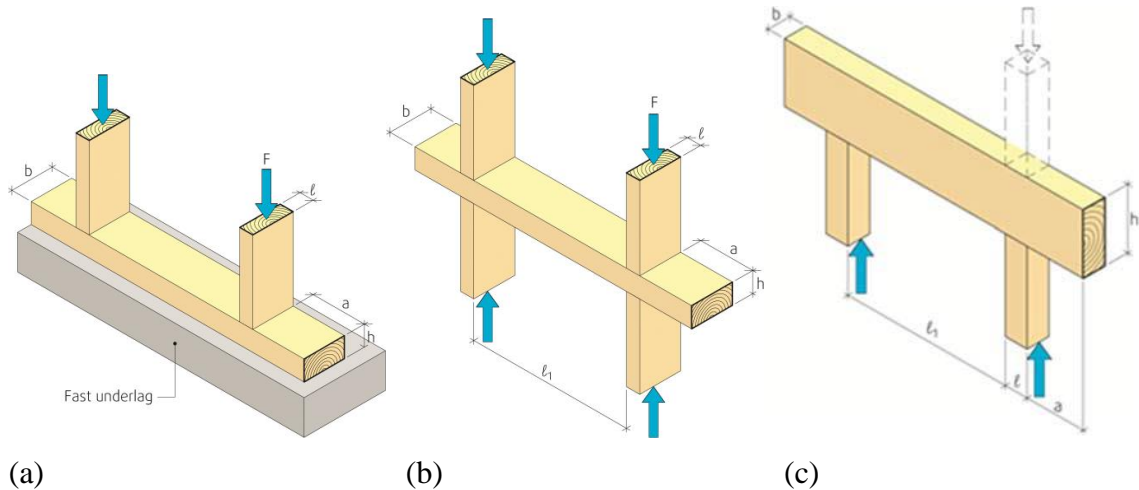
Katsekehade arvutuslik survepinge tuleb leida järgmise valemiga

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{net,t}}, \quad (2.10)$$

kus $\sigma_{c,90,d}$ on kontaktpinna arvutuslik survepinge ristikiudu;

$F_{c,90,d}$ – arvutuslik survejõud ristikiudu;

$A_{net,t}$ – kontaktpind ristikiudu survele.



Joonis 2.2. Element pideval toel (a), element toepindade vahel (b) ja talade korral (c)

Uuritavate katsekehade koormusolukorda arvesse võttes tuleks teguri $k^*_{c,90}$ arväärtused arvutada vastavalt tabelis 2.5 lahendustele.

Tabel 2.5. Tegur $k^*_{c,90}$

Konfiguratsioon (Joonis 2.5)	$k^*_{c,90}$ mille puhul $l_1 < 150\text{mm}$	$k^*_{c,90}$ mille puhul $l_1 > 150\text{ mm}$	
		$a \geq 100\text{ mm}$	$a < 100\text{ mm}$
$l \geq 150\text{ mm}$	1,0	1,0	1,0
$150 > l \geq 15\text{ mm}$	1,0	$1 + \frac{150 - l}{170}$	$1 + \frac{a(150 - l)}{17000}$
$15\text{ mm} > l$	1,0	1,8	$1 + \frac{a}{125}$

Teisendades valemeid 2.8 ja 2.10 saadakse teada katsekehade pindala kandevõimeid. Hilisemateks analüüsivateks võrdlusteks on vaja teada normatiivset (valem 2.11) kandevõimeväärtust. Teisendame valemid

$$F^*_{c,90,k} = A_{net,t} \cdot k_{c,90} \cdot f^*_{c,90,k}, \quad (2.11)$$

$$F_{c,90,d}^* = A_{net,t} \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}^* \quad (2.12)$$

kus $F_{c,90,k}^*$ – normatiivne survejõud ristikiudu;

$F_{c,90,d}^*$ – arvutuslik survejõud ristikiudu;

$A_{net,t}$ – kontaktpind ristikiudu survele.

Efektiivne kontaktpind ristikiudu survele leitakse valemiga

$$A_{net} = b \cdot h_2 \quad (2.13)$$

kus h_2 – suruva posti efektiiv sügavus tabelis 2.3;

b – ristlõike laius ristikiudu survele.

2.1.5. Katsekehade ristikiudu survekandevõime arvutunäide ja katsekehad kandevõimed Treteknisk 86 järgi

Arvutusnäide tehakse katseseeria 2 katsekeha kohta. Katsekehade seinavõõ oli tehtud C24 tugevusklassi puitmaterjaliga, siis võeti muljumispinna sama tugevusklassi näitajad (vt. tabel 2.1).

Algandmed (katsekeha 2)

Saepuidu tugevusklass	C24
Survetugevus ristikiudu	$f_{c,90,k}^* = 5,3 \text{ N/mm}^2$
Materjali kasutusklass	1
Modifikatsioonitegur – keskkestev	$k_{mod} = 0,8$
Materjali osavarutegur	$\gamma_M = 1,3$
Posti ristlõike mõõtmed (bxh):	45x170 mm.
Surveposti toepinna laius b	45mm
Suruva posti efektiiv sügavus h_2	38+45mm

Leitakse kontaktpind ristikiudu survele valemiga 2.13.

$$A_{net,t} = b \cdot h_2 = 45 \text{ mm} \cdot (38 \text{ mm} + 45 \text{ mm}) = 3735 \text{ mm}^2$$

Leitakse normatiivne survekandevõime ristikiudu valemiga 2.11.

$$F^*_{c,90,k} = A_{net,t} \cdot k^*_{c,90} \cdot f^*_{c,90,k}$$

$$= 3735 \text{ mm}^2 \cdot \left(1 + \frac{150 - 45}{170}\right) \cdot 5,3 \text{ N/mm}^2 = 32000 \text{ N} \approx 32,0 \text{ kN}$$

Leitakse arvutuslik survetugevus ristikiudu valemiga 2.9.

$$f^*_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f^*_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 5,3 \text{ N/mm}^2}{1,3} = 3,26 \text{ N/mm}^2$$

Leitakse arvutuslik survekandevõime ristikiudu valemiga 2.12.

$$F^*_{c,90,k} = A_{net,t} \cdot k^*_{c,90} \cdot f^*_{c,90,k}$$

$$= 3735 \text{ mm}^2 \cdot \left(1 + \frac{150 - 45}{170}\right) \cdot 3,26 \text{ N/mm}^2 = 19700 \text{ N} \approx 19,7 \text{ kN}$$

Samasuguse arvutuskäiguga on teiste katseseeria katsekehade ristikiudu survekandevõimete kohta koostatud tabel 2.6

Tabel 2.6. Katseseeriade katsekehade ristikiudu normatiivsed ja arvutuslikud survekandevõimed Treteknisk 86 järgi

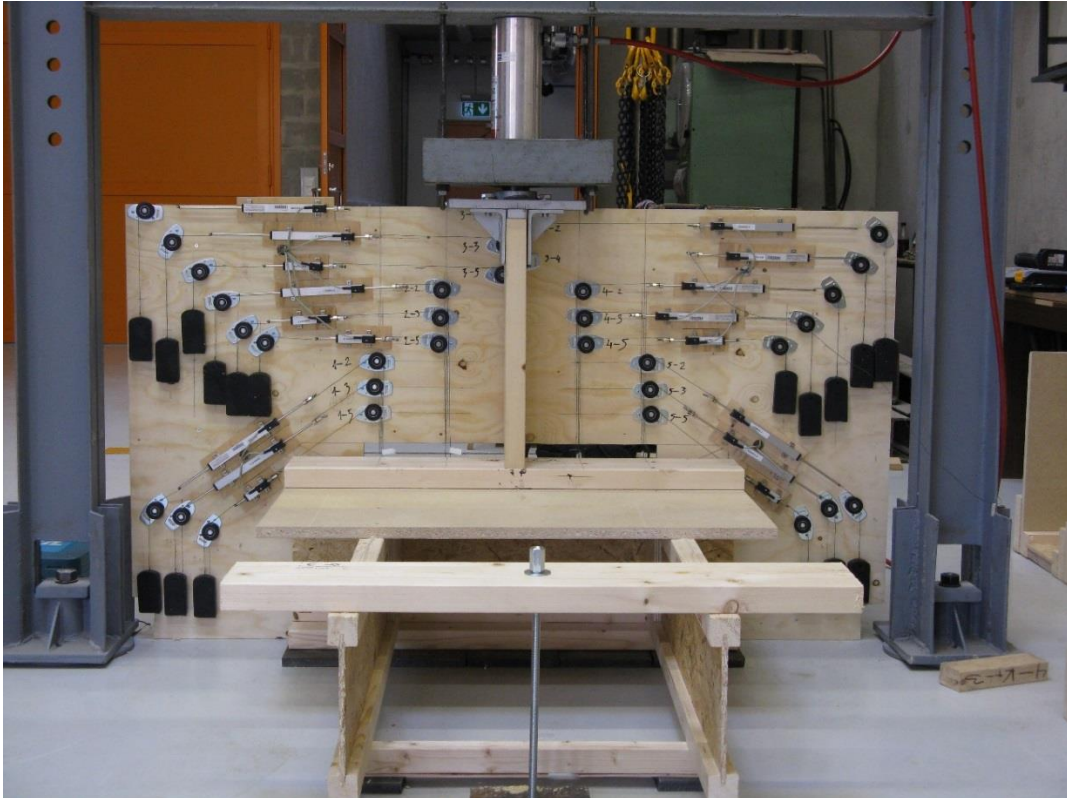
Katseseeriad	Normatiivne ristikiudu survekandevõime	Arvutuslik ristikiudu survekandevõime
	$F^*_{c,90,k}$, kN	$F^*_{c,90,d}$, kN
Katseseeria 1 katsekeha	3,1	1,9
Katseseeria 2 katsekeha	32,0	19,7
Katseseeria 3 katsekeha	14,7	9,0
Katseseeria 4 katsekeha	32,0	19,7
Katseseeria 5 katsekeha	14,7	9,0
Katseseeria 6 katsekeha	14,7	9,0
Katseseeria 7 katsekeha	44,4	27,3
Katseseeria 8 katsekeha	24,5	15,1
Katseseeria 9 katsekeha	29,6	18,2
Katseseeria 10 katsekeha	74,2	45,7
Katseseeria 11 katsekeha	65,6	40,4

2.2. Katsemetoodika väljatöötamine

Katsed viidi läbi koos juhendajaga Eesti Maaülikooli maaehituse osakonna ehituskonstruksioonide laboris. Katsete eesmärk on teada saada millistele koormustele peavad vastu I-taladest põrandapaneeli erinevad servatalade tugevdamise viisid mis on toodud tabelis 2.3. Katsete läbiviimiseks kasutati jõupõrandal olevat jõuraami mille alla ehitati mõõteseadmete stend ja stendi alla paigaldati uuritavad katsekehad, mida igas seerias oli kolm tükki. Erinevaid seeriad tehti üheteistkümnele erinevale lahendusele. Jõuraam koos katsestendi ja katsekehadega on toodud joonisel 2.3.

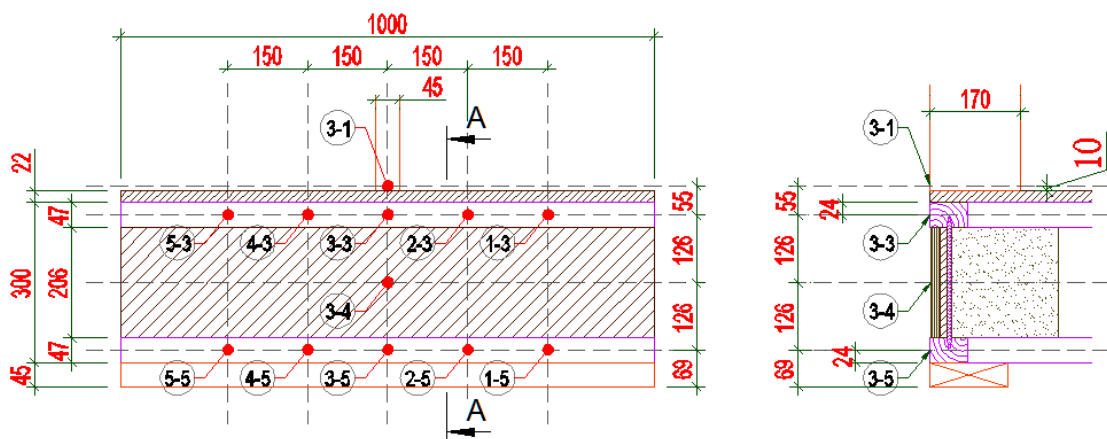
Koormus katsekehadele rakendati hüdraulise survesilindriga LUKAS LZM 25-200, mille poolt tekitatav maksimumkoormus on 250 kN. Rõhku silindris mõõdab digitaalne rõhuandur (Type FD821421U) baarides täpsusega 0,1 bar. Rõhuühiku (bar) teisendamise aluseks jõuühikuks (kN) oli LUKAS pressi kalibreerimistunnistus ATLF-10-/0053, mille põhjal võeti et 1 bar on võrdne 0,4915kN. Survesilindri poolt rakendatav koormus on paigutati otse seinapostile, mis toetus katsekeha ehk põranda konstruktsioonile.

Siirdeid mõõtvad nihkeandurid asusid stendil paigutatuna nii et põrandapaneelist kindlatest punktide positsioonidelt tõmmatud traadid ei puutuks omavahel kokku. Traadid paigutati 3 mm vahedega üle siinirullikute siirdeanduriteni. Siirdeandurile oli tekitatud vastukaal teiselt poolt mis samuti üle siini rullikute paigutati nii et raskused omavahel kokku ei puutuks.



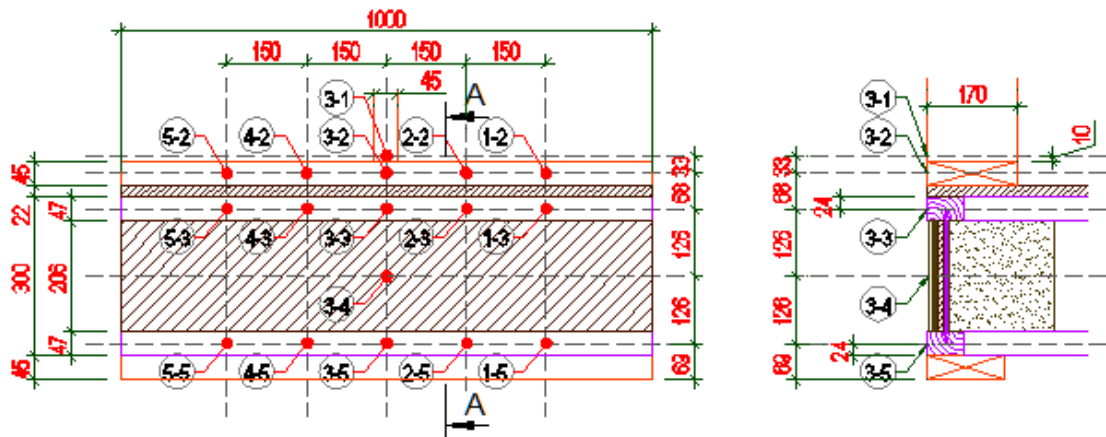
Joonis 2.3. Jõuraam koos katseandurite stendiga kus katsekeha on koormatud olukorras (Foto M.-J. Miljan)

Mõõdetavate punktide paigutus on toodud joonistel 2.4, 2.5 ja 2.6. Joonisel 2.4 toodud mõõdepunktide paigutus oli katseseeria 4 katsekehadel, kus puudus seinapuitvöö.



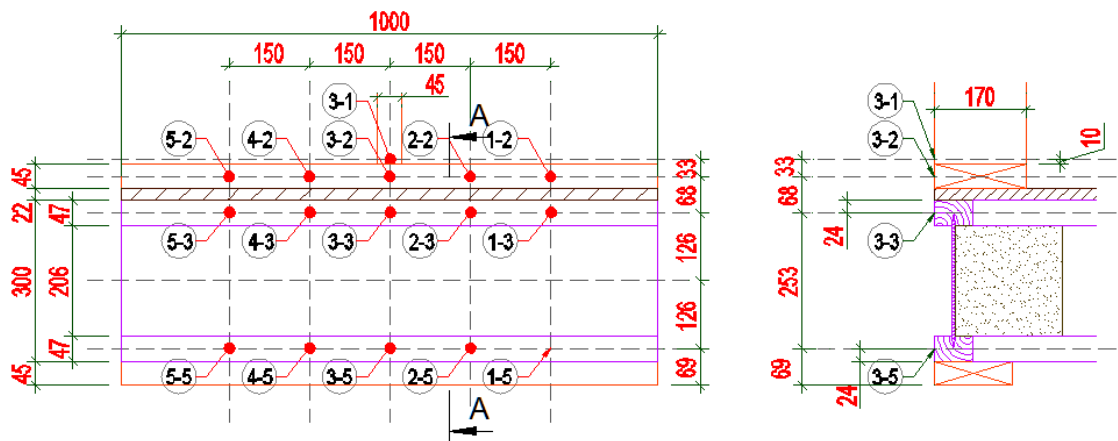
a) **Joonis 2.4.** Katsekeha andurite paigutus a)eest vaade , b)lõige A-A

Joonisel 2.5 toodud mõõdepunktide paigutus oli katseseeria 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ja 11 katsekehadel kus oli olemas seinavöö 45x170 ja tala välimine täide.



a) b)
Joonis 2.5. Katsekeha andurite paigutus a) eest vaade, b) lõige A-A

Joonisel 2.6 toodud mõõtepunktide paigutus oli katseseeria 1 katsekehadel, kus oli olemas seinavöö 45x170 aga puudus tala välimine täide.



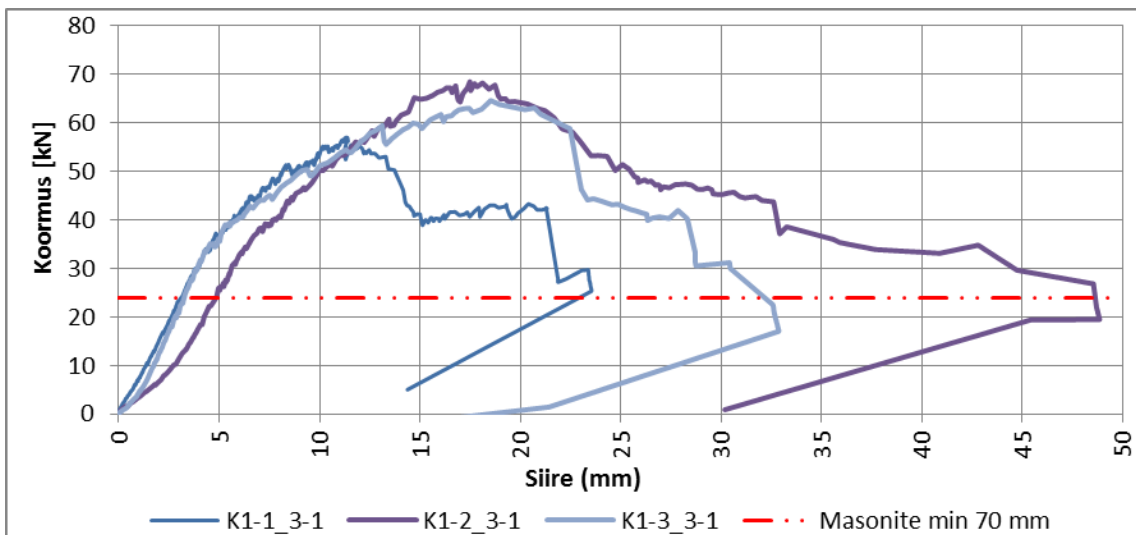
a) b)
Joonis 2.6. Katsekeha andurite paigutus a) eest vaade, b) lõige A-A

Koormuse rakendamise plaan koostati vastavalt standardile EVS-EN408, kus katse maksimaalse jõu saavutamise kestuse ajaks määrati 300 ± 120 sekundit (EVS-EN 408:2010+A1:2012). Koormust rakendati ühtlaselt vastava prognoositava kandevõimeväärtuse printsiipi pidades. Iga seeria esimene katse võis teha koormuse valikusse korrekture, et jääda katsetamise aja piiridesse. Katsete ülesanne oli deformatsioonide määramine kuni kandevõime kaotuseni

3. KATSETULEMUSED JA NENDE ANALÜÜS

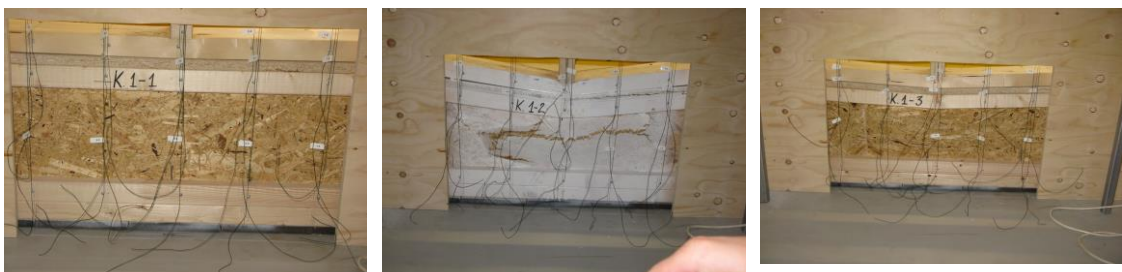
3.1. Katseseeria 1

Katsekehade K1-1, K1-2 ja K1-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisa 2 joonistel L2.1, L2.3 ja L2.5. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisa 2 joonistel L2.2, L2.4 ja L2.6. Joonisel 3.1 on võrreldud Masonite HI talanormatiivse toepinna vastupanujõuga mis on tabelis 2.2. Jõu 24kN normatiivne väärtus on küll mõeldud ilma täiteta olukorrale kus toepind on minimaalselt 70 mm. Maksimaalne jõud katses katsekehadel oli vastavalt 57kN, 68kN ja 65kN. Normatiivsete väärtusteni jõuab põrandapaneeli servatala kui on deformeerunud 3,1mm , 4,58mm ja 3,22mm.



Joonis 3.1. Katseseeria 1 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

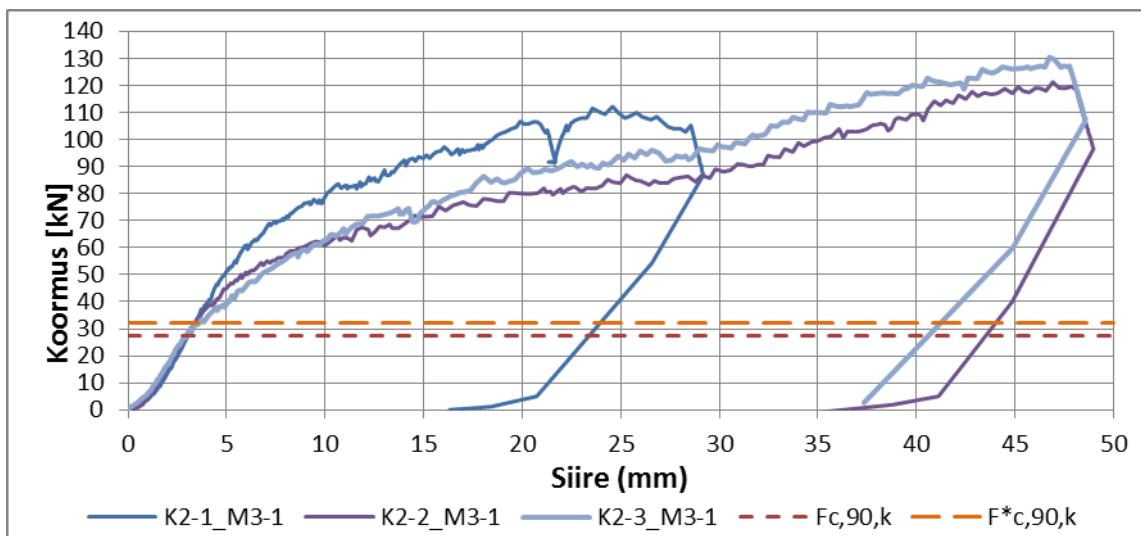
Joonisel 3.2 on näha kuidas I-tala sein mõlkub välja ja tänu sellele deformeerub koormuse suurenedes ka sein ja servatala ülemine vöö.



a) b) c)
Joonis 3.2. Katseseeria 1 katsekehade olukorrad katse lõpus a) katsekeha K1-1, b)katsekeha K1-2, c)katsekeha K1-3

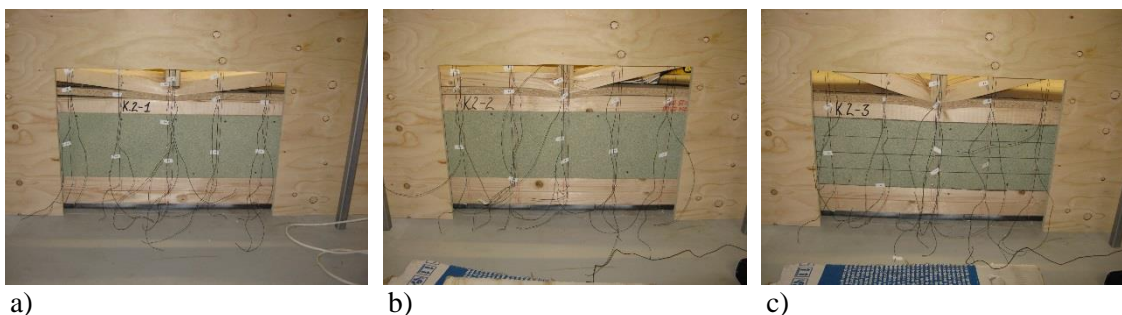
3.2. Katseseeria 2

Katsekehade K2-1, K2-2 ja K2-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisas 2 joonistel L2.7, L2.9 ja L2.11. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisas 2 joonistel L2.8, L2.10 ja L2.12. Joonisel 3.3 on võrreldud normatiivse ristikiudu survekandevõimega, mis Eurokoodeks 5 reeglite järgi arvatud normatiivne ristikiudu survekandevõime on 27,2kN ja maksimaalne jõud katses olevatel katsekehadel oli vastavalt 112kN, 121kN ja 130kN. Normatiivsete kandevõime väärtusteni jõuab põrandapaneeli servtala kui on deformeerunud 2,78mm, 2,85mm ja 2,9mm.



Joonis 3.3. Katseseeria 2 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

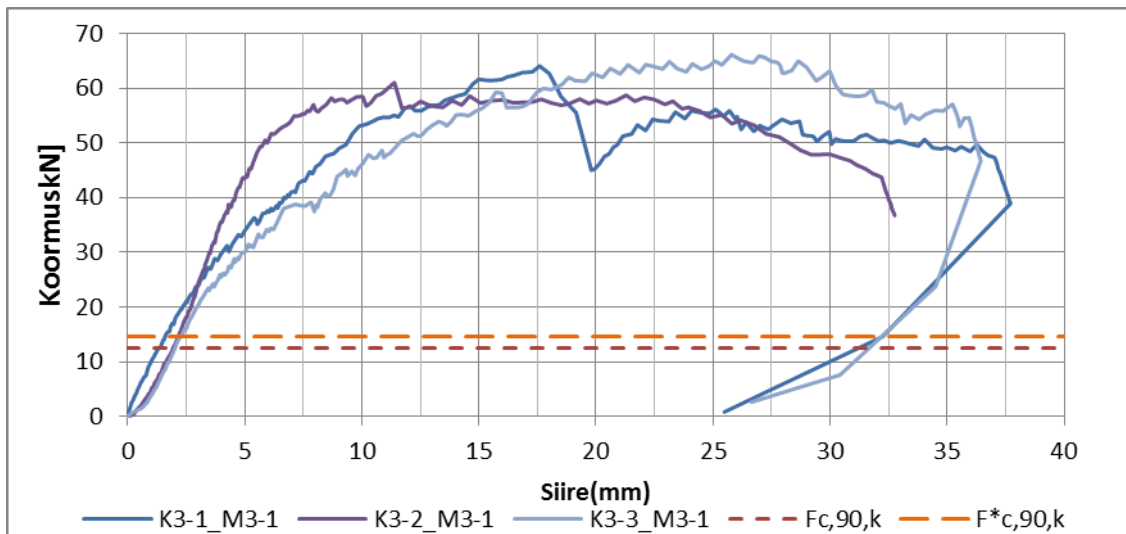
Joonisel 3.4 on näha kuidas seinavöö deformeerub koormuse suurenedes.



Joonis 3.4. Katseseeria 2 katsekehade olukorrad katse lõpus a) katsekeha K2-1, b) katsekeha K2-2, c) katsekeha K2-3

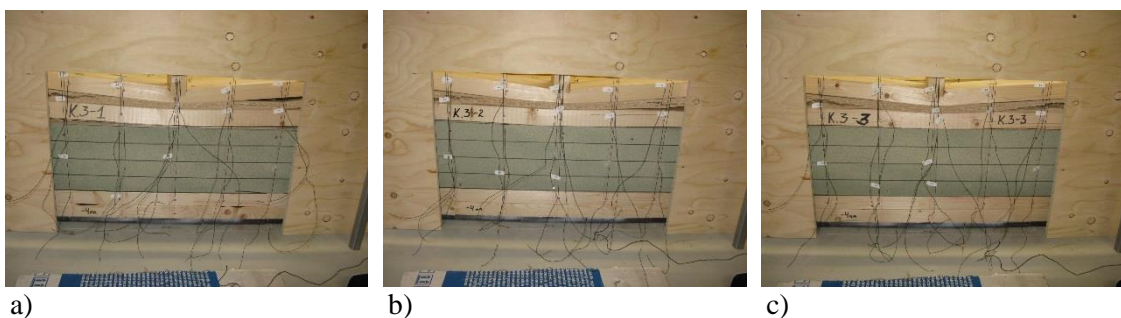
3.3. Katseseeria 3

Katsekehade K3-1, K3-2 ja K3-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisa 2 joonistel L2.13, L2.15 ja L2.17. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisa 2 joonistel L2.14, L2.16 ja L2.18. Joonisel 3.5 on võrreldud normatiivse ristikiudu survekandevõimega, mis Eurokoodeks 5 reeglite järgi arvatud normatiivne ristikiudu survekandevõime on 12,5kN ja maksimaalne jõud katses olevatel katsekehadel oli vastavalt 64kN, 61kN ja 66kN. Normatiivsete kandevõime väärtusteni jõuab põrandapaneeli servatala kui on deformeerunud 1,15mm, 1,88mm ja 2,01mm.



Joonis 3.5. Katseseeria 3 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

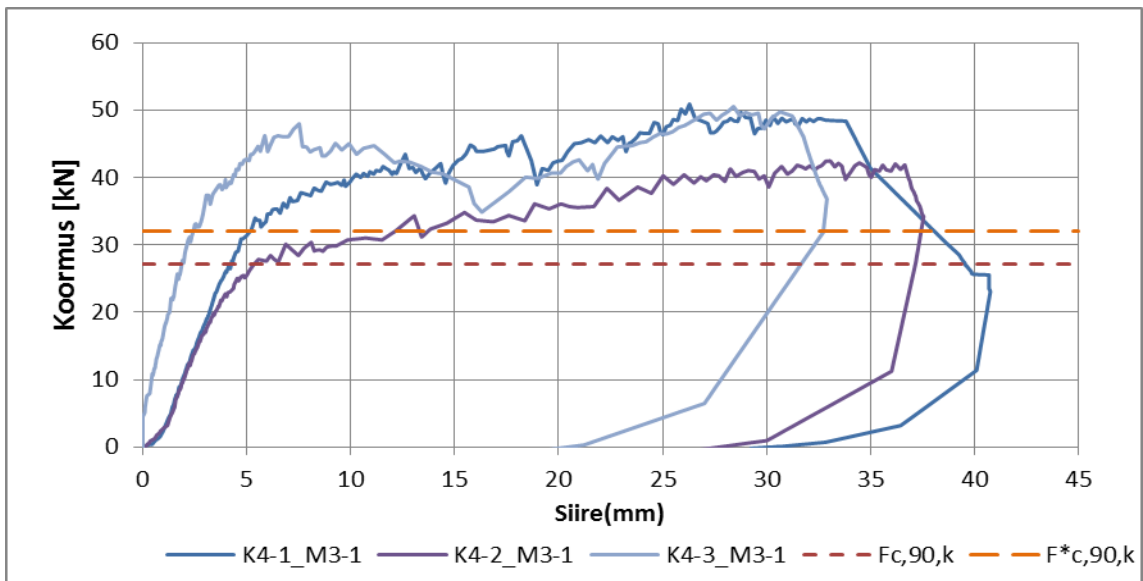
Joonisel 3.6 on näha kuidas seinavöö ja põranda I-tala ülemine vöö deformeerub koormuse suurenedes aga välise täite jätab praktiliselt kahjustamata.



Joonis 3.6. Katseseeria 3 katsekehade olukorrad katse lõpus a) katsekeha K3-1, b) katsekeha K3-2, c) katsekeha K3-3

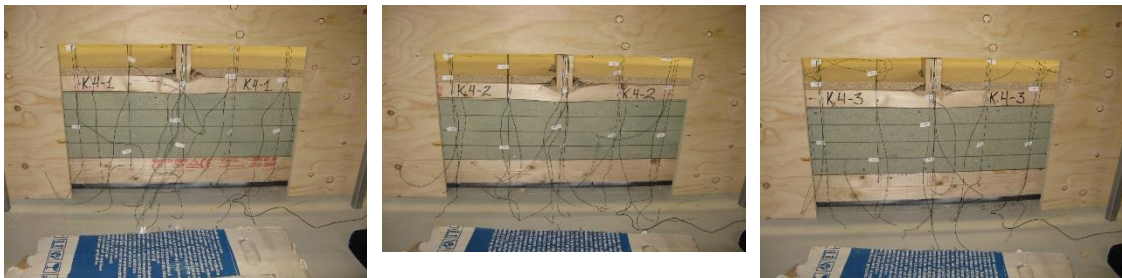
3.4. Katseseeria 4

Katsekehade K4-1, K4-2 ja K4-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisa 2 joonistel L2.19, L2.21 ja L2.23. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisa 2 joonistel L2.20, L2.22 ja L2.24. Joonisel 3.7 on võrreldud normatiivse ristikiudu survekandevõimega, mis Eurokoodeks 5 reeglite järgi arvatud normatiivne ristikiudu survekandevõime on 27,2kN ja maksimaalne jõud katses olevatel katsekehadel oli vastavalt 51kN, 42kN ja 51kN. Normatiivsete kandevõime väärtusteni jõuab põrandapaneeli servatala kui on deformeerunud 4,2mm, 5,32mm ja 1,87mm.



Joonis 3.7. Katseseeria 4 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

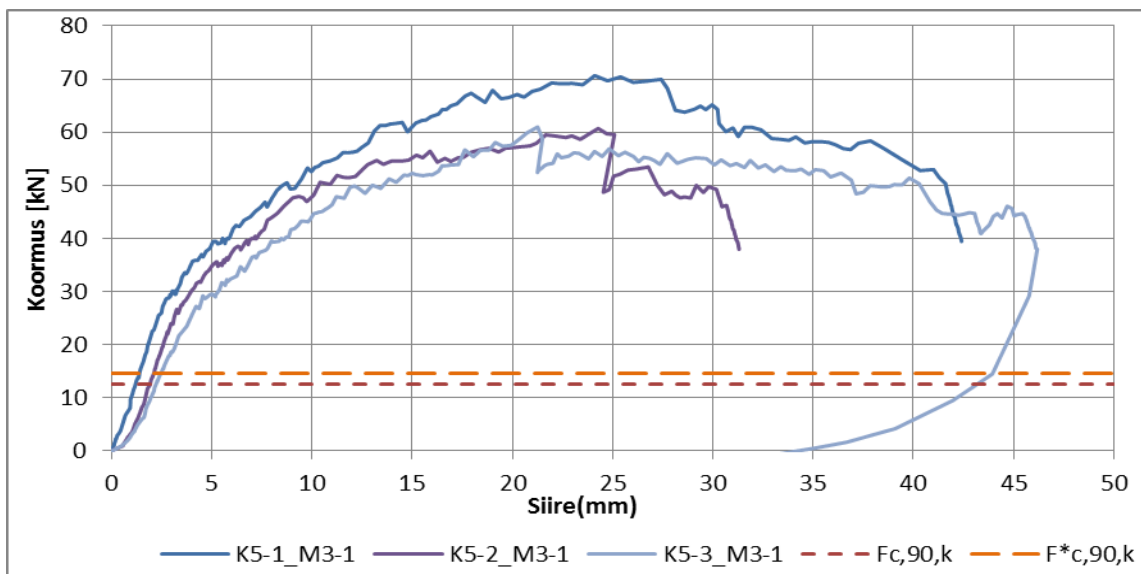
Joonisel 3.8 on näha kuidas I-talast põrandavöö deformeerub koormuse suurenedes aga välise täite jätab praktiliselt kahjustamata.



Joonis 3.8. Katseseeria 4 katsekehade olukorrad katse lõpus a) katsekeha K4-1, b) katsekeha K4-2, c) katsekeha K4-3

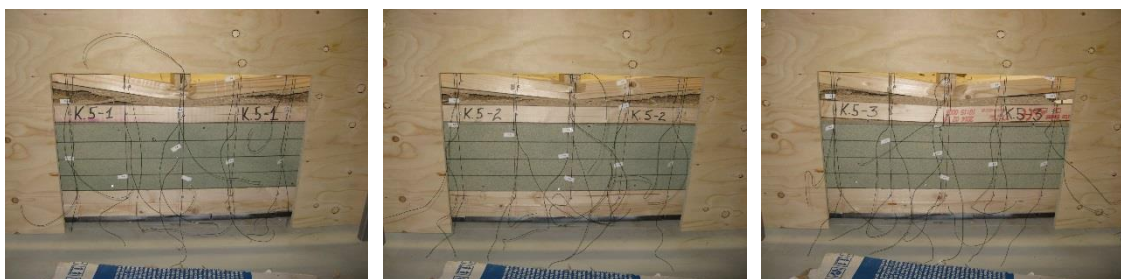
3.5. Katseseeria 5

Katsekehade K5-1, K5-2 ja K5-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisa 2 joonistel L2.25, L2.27 ja L2.29. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisa 2 joonistel L2.26, L2.28 ja L2.30. Joonisel 3.9 on võrreldud normatiivse ristikiudu survekandevõimega, mis Eurokoodeks 5 reeglite järgi arvatud normatiivne ristikiudu survekandevõime on 12,5kN ja maksimaalne jõud katses olevatel katsekehadel oli vastavalt 71kN, 61kN ja 61kN. Normatiivsete kandevõime väärtusteni jõuab põrandapaneeli servtala kui on deformeerunud 1,17mm, 1,91mm ja 2,14mm.



Joonis 3.9. Katseseeria 5 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

Joonisel 3.10 on näha kuidas seinavöö deformeerub koormuse suurenedes aga välise täite jätab praktiliselt kahjustamata.

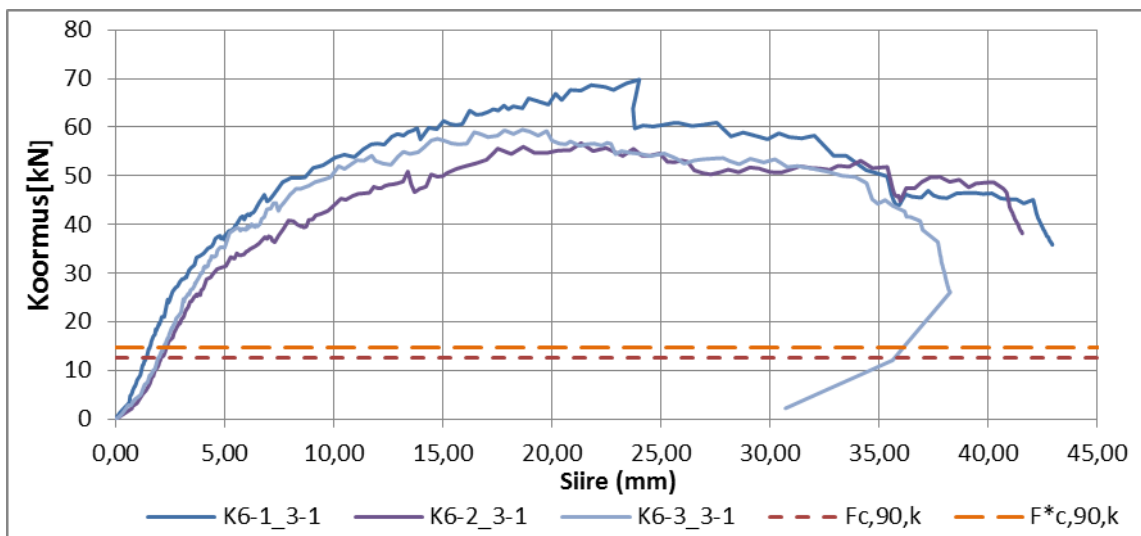


a) katsekeha K5-1, b) katsekeha K5-2, c) katsekeha K5-3

Joonis 3.10. Katseseeria 5 katsekehade olukorrad katse lõpus

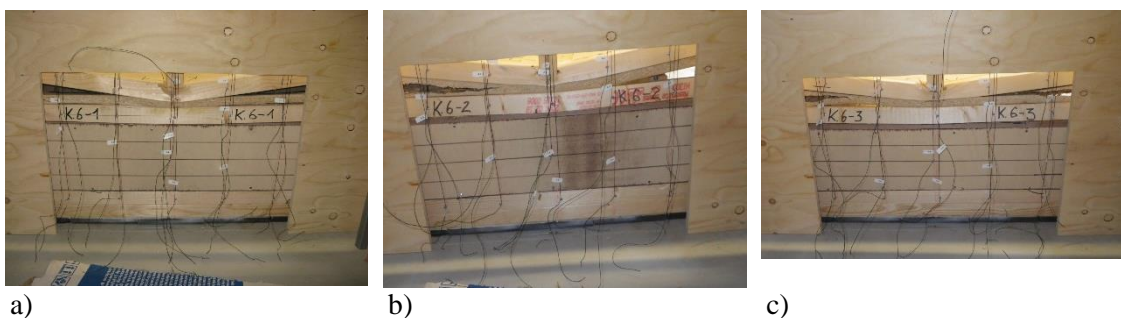
3.6. Katseseeria 6

Katsekehade K6-1, K6-2 ja K6-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisa 2 joonistel L2.31, L2.33 ja L2.35. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisa 2 joonistel L2.32, L2.34 ja L2.36. Joonisel 3.11 on võrreldud normatiivse ristikiudu survekandevõimega, mis Eurokoodeks 5 reeglite järgi arvatud normatiivne ristikiudu survekandevõime on 12,5kN ja maksimaalne jõud katses olevatel katsekehadel oli vastavalt 70kN, 57kN ja 60kN. Normatiivsete kandevõime väärtusteni jõuab põrandapaneeli servatala kui on deformeerunud 1,31mm, 2,02mm ja 1,91mm.



Joonis 3.11. Katseseeria 6 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

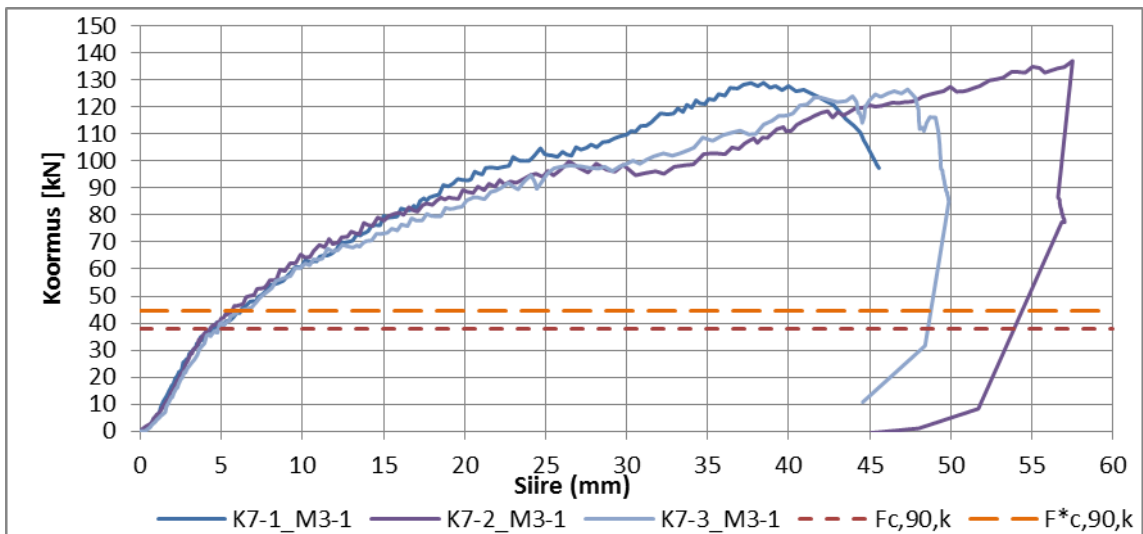
Joonisel 3.12 on näha kuidas seinavöö ja põranda I-tala ülemine vöö deformeerub koormuse suurenedes aga välise täite jätab praktiliselt kahjustamata.



Joonis 3.12. Katseseeria 6 katsekehade olukorrad katse lõpus a) katsekeha K6-1, b) katsekeha K6-2, c) katsekeha K6-3

3.7. Katseseeria 7

Katsekehade K7-1, K7-2 ja K7-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisa 2 joonistel L2.37, L2.39 ja L2.41. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisa 2 joonistel L2.38, L2.40 ja L2.42. Joonisel 3.13 on võrreldud normatiivse ristikiudu survekandevõimega, mis Eurokoodeks 5 reeglite järgi arvatud normatiivne ristikiudu survekandevõime on 37,7kN ja maksimaalne jõud katses olevatel katsekehadel oli vastavalt 129kN, 137kN ja 127kN. Normatiivsete kandevõime väärtusteni jõuab põrandapaneeli servatala kui on deformeerunud 4,5mm, 4,26mm ja 1,91mm.



Joonis 3.13. Katseseeria 7 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

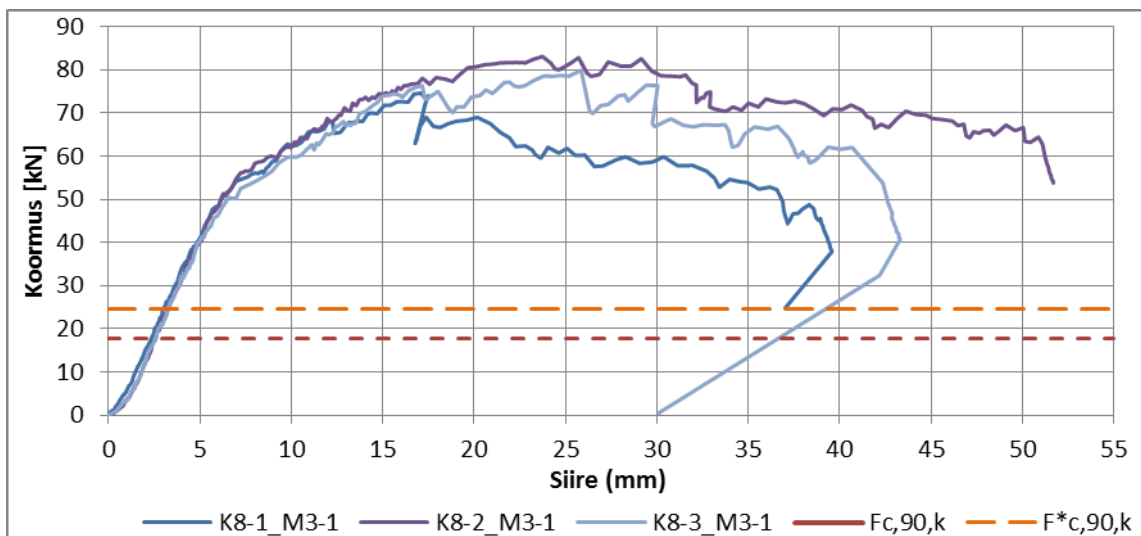
Joonisel 3.14 on näha kuidas seinavöö ja põranda I-tala ülemine vöö deformeerub koormuse suurenedes aga välise täite jätab praktiliselt kahjustamata



Joonis 3.14. Katseseeria 7 katsekehade olukorrad katse lõpus a) katsekeha K7-1, b) katsekeha K7-2, c) katsekeha K7-3

3.8. Katseseeria 8

Katsekehade K8-1, K8-2 ja K8-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisa 2 joonistel L2.43, L2.45 ja L2.47. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisa 2 joonistel L2.44, L2.46 ja L2.48. Joonisel 3.15 on võrreldud normatiivse ristikiudu survekandevõimega, mis Eurokoodeks 5 reeglite järgi arvutatud normatiivne ristikiudu survekandevõime on 17,8kN ja maksimaalne jõud katses olevatel katsekehadel oli vastavalt 75kN, 83kN ja 80kN. Normatiivsete kandevõime väärtusteni jõuab põrandapaneeli servatala kui on deformeerunud 2,3mm, 2,58mm ja 2,47mm.



Joonis 3.15. Katseseeria 8 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

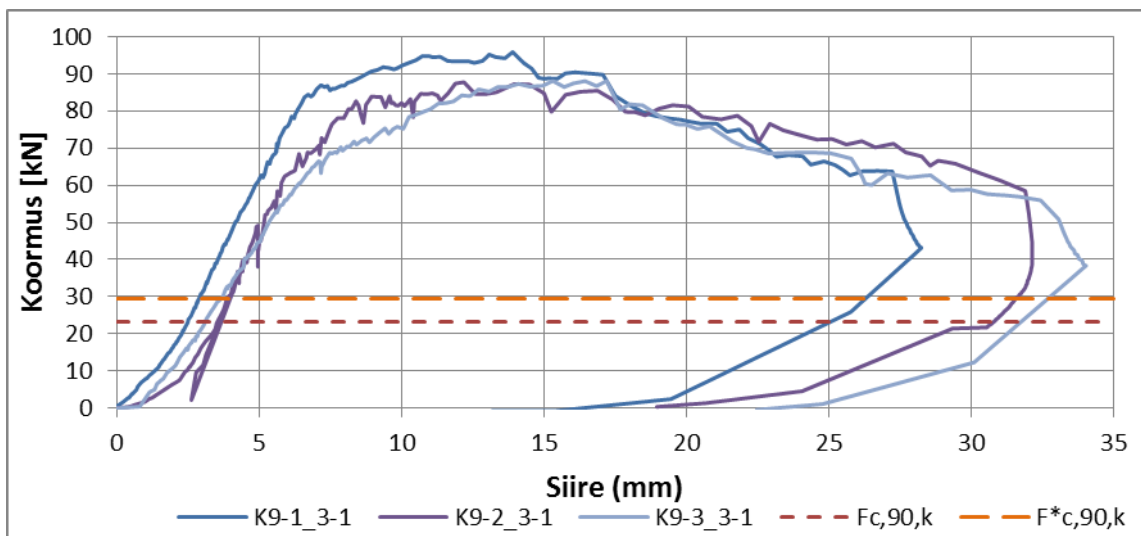
Joonisel 3.16 on näha kuidas seinavöö ja põranda I-tala ülemine vöö deformeerub koormuse suurenedes aga välise täite jätab praktiliselt kahjustamata



a) b) c)
Joonis 3.16. Katseseeria 8 katsekehade olukorrad katse lõpus a) katsekeha K8-1, b) katsekeha K8-2, c) katsekeha K8-3

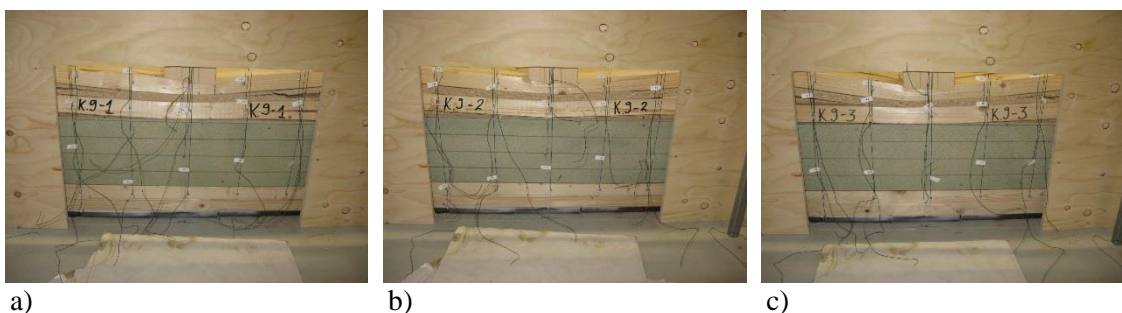
3.9. Katseseeria 9

Katsekehade K9-1, K9-2 ja K9-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisa 2 joonistel L2.49, L2.51 ja L2.53. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisa 2 joonistel L2.50, L2.52 ja L2.54. Joonisel 3.17 on võrreldud normatiivse ristikiudu survekandevõimega, mis Eurokoodeks 5 reeglite järgi arvatud normatiivne ristikiudu survekandevõime on 23,2kN ja maksimaalne jõud katses olevatel katsekehadel oli vastavalt 96kN, 88kN ja 88kN. Normatiivsete kandevõime väärtusteni jõuab põrandapaneeli servatala kui on deformeerunud 2,48mm, 3,57mm ja 3,04mm.



Joonis 3.17. Katseseeria 9 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

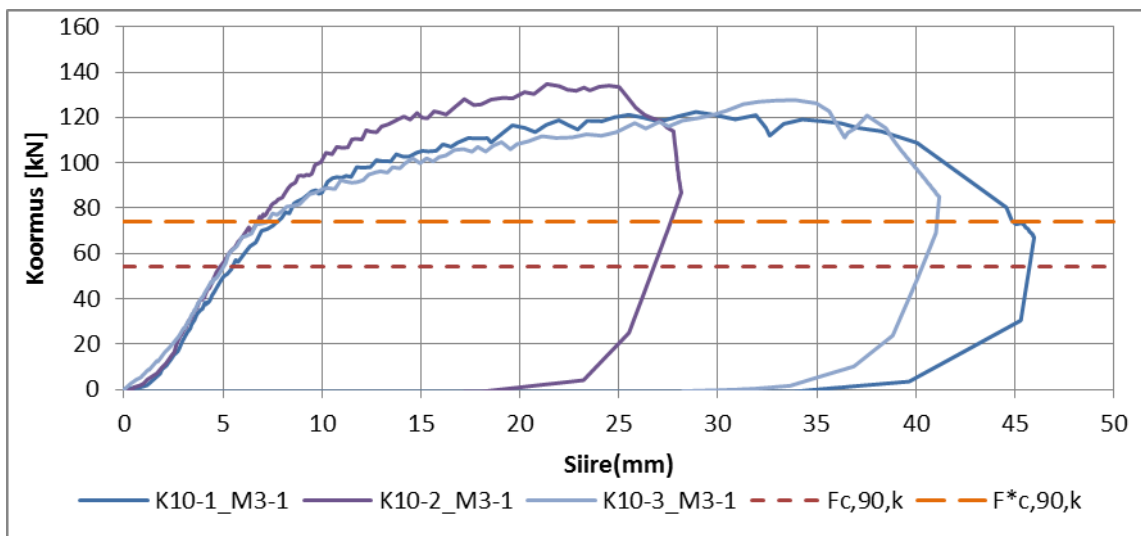
Joonisel 3.18 on näha kuidas seinavöö ja põranda I-tala ülemine vöö deformeerub koormuse suurenedes aga välise täite jätab praktiliselt kahjustamata



Joonis 3.18. Katseseeria 9 katsekehade olukorrad katse lõpus a) katsekeha K9-1, b) katsekeha K9-2, c) katsekeha K9-3

3.10. Katseseeria 10

Katsekehade K10-1, K10-2 ja K10-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisa 2 joonistel L2.55, L2.57 ja L2.59. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisa 2 joonistel L2.56, L2.58 ja L2.60. Joonisel 3.19 on võrreldud normatiivse ristikiudu survekandevõimega, mis Eurokoodeks 5 reeglite järgi arvatud normatiivne ristikiudu survekandevõime on 53,9kN ja maksimaalne jõud katses olevatel katsekehadel oli vastavalt 123kN, 135kN ja 128kN. Normatiivsete kandevõime väärtusteni jõuab põrandapaneeli servatala kui on deformeerunud 5,42mm, 4,67mm ja 4,92mm.



Joonis 3.19. Katseseeria 10 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

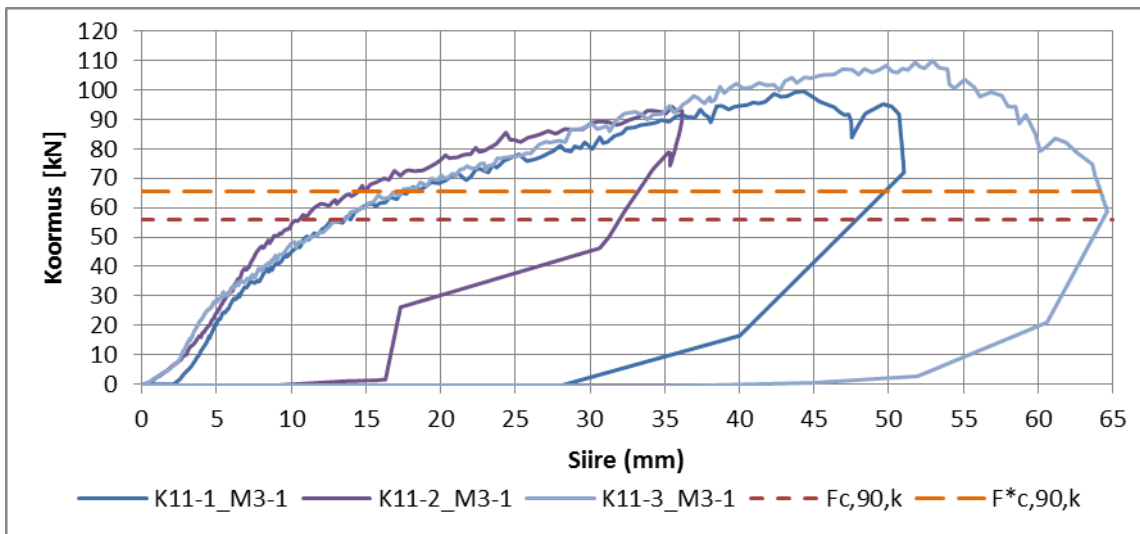
Joonisel 3.20 on näha kuidas seinavöö ja põranda I-tala ülemine vöö deformeerub koormuse suurenedes aga välise täite jätab praktiliselt kahjustamata



Joonis 3.20. Katseseeria 10 katsekehade olukorrad katse lõpus a) katsekeha K10-1, b) katsekeha K10-2, c) katsekeha K10-3

3.11. Katseseeria 11

Katsekehade K11-1, K11-2 ja K11-3 koormamise ajaline graafik on toodud lisa 2 joonistel L2.61, L2.63 ja L2.65. Kesktelje mõõtepunktide siirete graafikud toodud lisa 2 joonistel L2.62, L2.64 ja L2.66. Joonisel 3.21 on võrreldud normatiivse ristikiudu survekandevõimega, mis Eurokoodeks 5 reeglite järgi arvatud normatiivne ristikiudu survekandevõime on 55,8kN ja maksimaalne jõud katses olevatel katsekehadel oli vastavalt 100kN, 94kN ja 110kN. Normatiivsete kandevõime väärtusteni jõuab põrandapaneeli servatala kui on deformeerunud 13,43mm, 10,4mm ja 13,2mm.



Joonis 3.21. Katseseeria 11 kehade posti liikumine ja normatiivse kandevõime piirid

Joonisel 3.22 on näha kuidas seinavöö ja põranda I-tala ülemine vöö deformeerub koormuse suurenedes aga välise täite jätab praktiliselt kahjustamata



a) b) c)
Joonis 3.22. Katseseeria 11 katsekehade olukorrad katse lõpus a) katsekeha K11-1, b) katsekeha K11-2, c) katsekeha K11-3

3.12. Koondtabel

Tabelisse 3.1 on koondatud katsekehade kandevõime maksimaalse koormuse väärtused. Lisaks on koondatud siirde arväärtused vastavate normatiivse kandevõime ristikiudu surve kohta, kus jõu väärtused on võetud tabelites 2.4 ja 2.6 normatiivse arväärtused. Nendele arväärtusi silmas pidades leiti deformatsioonid vastava jõu juures.

Tabel 3.1

Katsekeha	F max		Eurokoodeks 5 järgi			Tretetnisk 86 järgi		
	Aeg [s]	Jõud [kN]	F _{c,90,k} [kN]	Aeg [s]	Def [mm]	F*c,90,k	Aeg [s]	Def [mm]
K1-1	1725	57,01	2,6	116	0,27	3,1	116	0,32
K1-2	440	68,47	2,6	18	0,71	3,1	18	0,71
K1-3	452	64,60	2,6	18	0,71	3,1	18	0,71
K2-1	850	112,21	27,2	173	2,78	32	173	3,4
K2-2	578	121,27	27,2	108	2,85	32	108	3,28
K2-3	630	130,44	27,2	100	2,9	32	100	3,55
K3-1	312	64,05	12,5	51	1,15	14,7	51	1,54
K3-2	356	61,03	12,5	60	1,88	14,7	60	2,11
K3-3	384	66,13	12,5	56	2,01	14,7	56	2,22
K4-1	457	50,87	27,2	153	4,2	32	153	4,96
K4-2	379	42,46	27,2	219	5,32	32	219	13,41
K4-3	477	50,53	27,2	188	1,87	32	188	2,35
K5-1	385	70,65	12,5	76	1,17	14,7	76	1,37
K5-2	359	60,68	12,5	68	1,91	14,7	68	2,08
K5-3	375	60,98	12,5	96	2,14	14,7	96	2,36
K6-1	381	69,80	12,5	79	1,31	14,7	79	1,53
K6-2	328	56,73	12,5	81	2,02	14,7	81	2,18
K6-3	393	59,50	12,5	59	1,91	14,7	59	2,16
K7-1	425	128,95	37,7	125	4,5	44,4	125	6,12
K7-2	486	137,03	37,7	117	4,26	44,4	117	5,59
K7-3	424	126,51	37,7	38	0,72	44,4	38	0,74
K8-1	353	74,66	17,8	101	2,3	24,5	101	2,89
K8-2	414	83,13	17,8	82	2,58	24,5	82	3,21
K8-3	389	79,91	17,8	45	2,47	24,5	45	3,2
K9-1	409	95,87	23,2	100	2,48	29,6	100	2,85
K9-2	402	87,75	23,2	139	3,57	29,6	139	3,85
K9-3	338	88,10	23,2	86	3,04	29,6	86	3,64
K10-1	277	122,47	53,9	134	5,42	74,2	134	7,68
K10-2	277	134,78	53,9	110	4,67	74,2	110	6,74
K10-3	288	127,70	53,9	133	4,92	74,2	133	7,23
K11-1	453	99,59	55,8	266	13,43	65,6	266	17,68
K11-2	426	94,38	55,8	250	10,4	65,6	250	14,42
K11-3	519	110,01	55,8	258	13,2	65,6	258	17,23

KOKKUVÕTE

Puitu kasutatakse ehituses väga laialdaselt konstruktsiooni ehitusmaterjalina. Eesti aladel on seda edukalt kasutatud juba sajandeid. Puidust on võimalik valmistada erinevaid tooteid keerulistest kandekonstruktsioonidest kuni kapinuppudeni. Saematerjalist puitpruss on suhteliselt kerge, lihtsalt töödeldav ja väga vastupidav ehitusmaterjal.

Puidul on muude ehituses leiduvate konstruktsioonimaterjalide ees mitmed eelised. Puiduvarud on taastuvad, sellel on suhteliselt hea kaalu ja tugevuse suhe, puit sobitub hästi ümbritseva keskkonnaga ning on esteetilise välimusega. Puidu kasutust konstruktsioonides on palju uuritud, aga senimaani parandatakse puitkonstruktsioone käsitlevaid normdokumente.

Antud töös uuritakse I-taladest põrandapaneeli servatalade (koos seinä vööga) kandevõimet survele (muljumisele), mida normdokumendid ei käsitle. Katsetati erinevaid servatalale tugevdavaid talatäidistega kombinatsioone.

Arvutades eurokoodeks 5 reeglitele puidu normatiivse ristikiudu survekandevõime oli ületanud kandevõime väärtuse 2mm deformatsiooni juures 10 katsekeha, 5mm deformatsiooni juures 27 katsekeha ja 10mm deformatsiooni juures 30 katsekeha. Suurem osa katsekehast saavutavad normatiivse kandevõime deformatsiooni 2- 3 mm vahemikus, samas maksimaalse kandevõime väärtus jäi arvutatud normatiivsest ristikiudu survekandevõime arväärtusest 4-5 korda suuremaks.

Arvutades Treteknisk 86 juhendi arvutusreeglite järgi siis oli normatiivse ristikiudu survekandevõime ületanud kandevõime väärtuse 2 mm deformatsiooni juures 6 katsekeha, 5mm deformatsiooni juures 22 katsekeha ja 10mm deformatsiooni juures 29 katsekeha. Suurem osa katsekehast saavutavad normatiivse kandevõime 2 - 4 mm vahemikus, samas maksimaalse kandevõime väärtus jäi arvutatud normatiivsest ristikiudu survekandevõime arväärtusest 3-4 korda suuremaks.

Konstruktsiooni osade katsetamise korral tuleb kuskile tõmmata kandevõime piir. 412mm kõrguse puitosa kohta ei tohiks seinte all üle 5 mm puidul lasta deformeeruda, Suuremad deformatsioonid võivad esile tuua konstruktsiooni plaatide purunemis või pragunemise.

Teema on aktuaalne ja vajab laiemapõhjalisemat uurimist seinavöö ja põrandapaneeli servatala ristikiudu survetugevuse uurimisel. Täiendavalt okaspuidust puitvöö muljumise uurimisele võiks proovida uurida ka kasevineeri, kerdopuu ning tugevama lehtpuidu kasutamist seinavööprussidena.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Ahlborn Product Catalog [WWW]. 2015.** Ahlborn Product Catalog. *Measuring instruments and sensors*. [Võrgumaterjal] 18. 05 2015. a.
<http://ahlborn.de/download/Katalog/en/AhlbornCat-e.pdf>.
- Allikas, L. 1985.** *Puit- ja plastmasskonstruktsioonid*. Tallinn : kirjastus Valgus, 1985.
- Allikas, L., Kulbach, V. 1962.** *Puitkonstruktsioonid*. Tallinn: : Eesti riiklik kirjastus, 1962.
- Almemo Manual. 2011.** Almemo Manual for all ALMEMO measuring instruments up to version 6. Holzkirchen : Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH, 2011. a.
- Eide, S., Glasø, G., Aasheim, E. 2013.** *Trateknisk 86. Prosjektering av trekonstruksjoner. Trykk vinkelrett på fiberretning, en anbefaling*. Oslo : Norsk Treteknisk Institutt, 2013. 0333 – 2020.
- ETA-12/0018 Masonite Beams and Columns. 2012.** Masonite Beams and Columns. *Light composite wood-based beams and columns for*. Karlskrona : SITAC, 2012. a.
- EVS-EN 1995-1-1/NA:2007+A1:2008/NA:2009.** *Eurokoodeks 5: Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreegliid ja reegliid hoonete projekteerimiseks*. Tallinn : Eesti Standardikeskus.
- EVS-EN 312:2010.** *Puitlaastplaadid*. Tallinn : Eesti Standardikeskus.
- EVS-EN 338:2009.** *Ehituspuit. Tugevusklassid*. Tallinn : Eesti Standardikeskus.
- EVS-EN 408:2010+A1:2012.** *Puitkonstruktsioonid. Ehituspuit ja liimpuit. Mõnede füüsiliste ja mehaaniliste omaduste määramine*. Tallinn : Eesti Standardikeskus.
- ISO 3132:1975.** Wood -- Testing in compression perpendicular to grain. Šveits : International Organization for Standardization.
- Just, E. 2013.** *Puitkonstruktsioonid. Loengukonspekt*. Tallinn : TTÜ, 2013.
- Kronopol OSB 3 plaadid [WWW]. 2015.** [Võrgumaterjal] 18. 05 2015. a.
<http://www.probex.ee/osb.html>.
- Saarman, E., Veibri, U. 2006.** *Puiduteadu*. Tartu : Eesti Metsaselts, 2006.
- Veski, A. 1940.** *Puitehituse käsiraamat*. Tartu : Teaduslik kirjandus, 1940.

SUMMARY

Timber is used very widely as a structural building material. In Estonia, it has been successfully used for centuries. Wood can be used to make various products from complicated structural supports to cupboard knobs. Bulk timber is relatively lightweight, can be easily processed and is a very durable building material.

Timber has several advantages over other structural building materials found in construction business. The resources are renewable, it has relatively good weight-to-strength ratio, timber fits well with the environment and has an aesthetic look. The use of timber as a structural building material has been widely studied, but the normative documents of timber constructions are still being modified.

The present paper studies a small area the normative documents do not cover. The study involved I-beams, the influence of different web filler combinations on edge beams bearing capacity to perpendicular to grain compression.

While calculating the normative perpendicular to grain compression bearing capacity of timber according to Eurocode 5, 10 test pieces had exceeded the bearing capacity value of 2mm deformation, 27 test pieces at 5mm deformation and 30 test pieces at 10mm deformation. The majority of test pieces reached the normative bearing capacity deformation between 2mm and 3mm, while the value of maximum bearing capacity stayed 4 to 5 times higher than calculated normative perpendicular to grain compression bearing capacity numerical value.

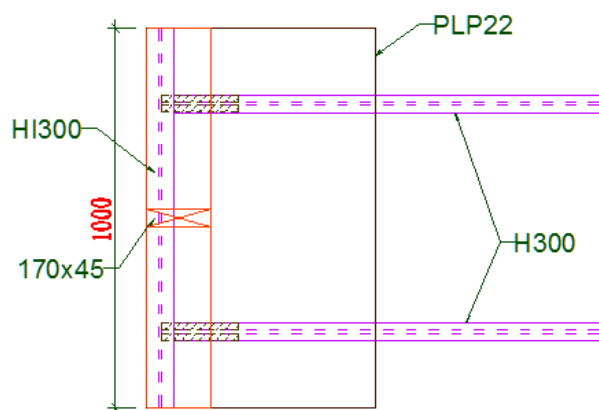
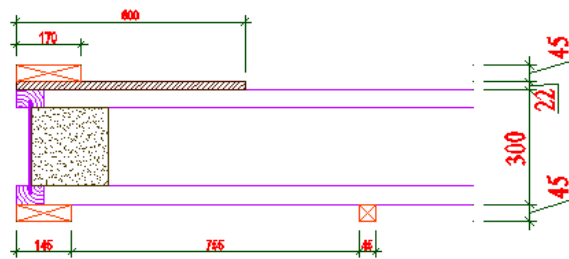
While calculating according to Trateknisk 86 calculation rules, 6 test pieces had exceeded the bearing capacity value of the normative of perpendicular to grain compression bearing capacity at 2 mm of deformation, 22 test pieces at 5mm of deformation and 29 test pieces at 10mm of deformation. The majority of test pieces reached the normative bearing capacity between 2mm and 4mm, while the value of maximum bearing capacity stayed 3 to 4 times higher than calculated normative perpendicular to grain compression bearing capacity numerical value.

There must be a line drawn to while testing the bearing capacity of construction parts. The 412mm high timber should not let the timber deform more than 5mm under the walls. Greater deformations could cause breaking or cracking of construction boards.

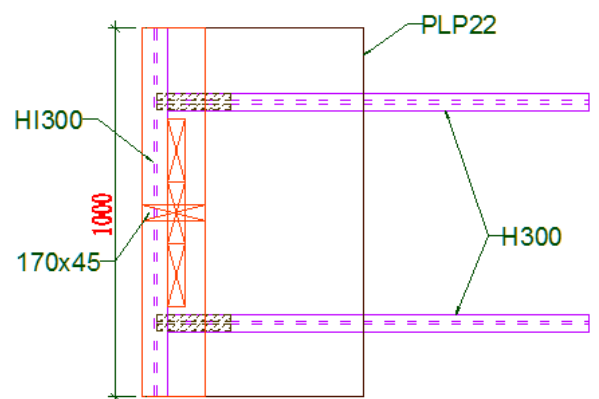
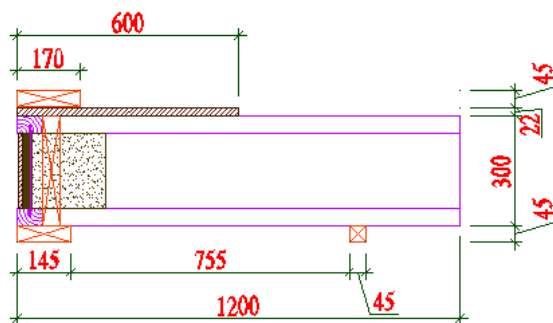
The topic is actual and needs broader studies in testing the perpendicular to grain compression strength of bottom plate and floor panel edge beam. Studies of softwood timber plate compression could try to study also the use of birch plywood, laminated veneer lumber and stronger hardwood as wall plates.

LISAD

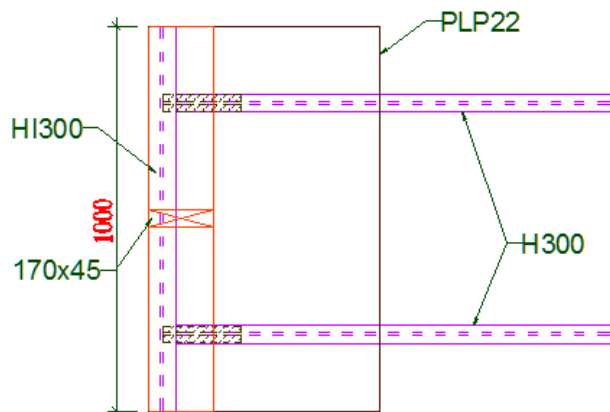
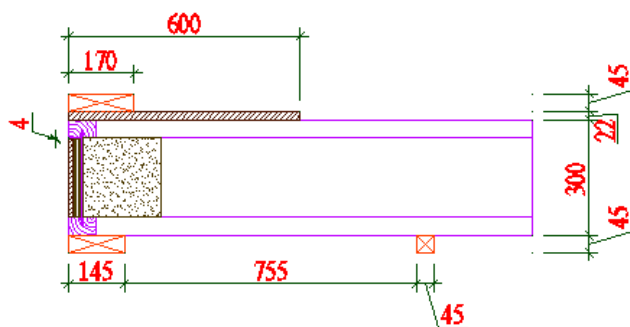
Lisa 1 Katseseeria kehade koostejoonised



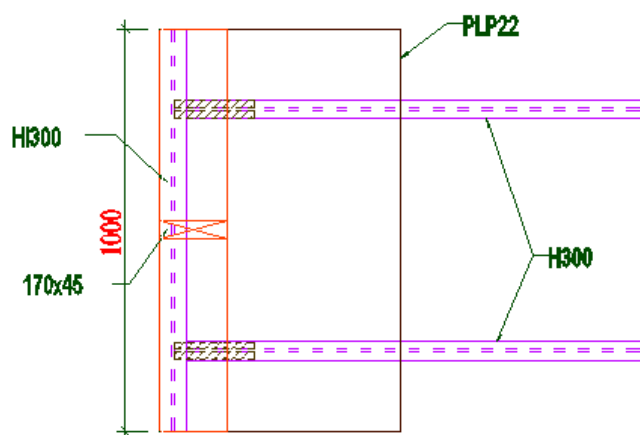
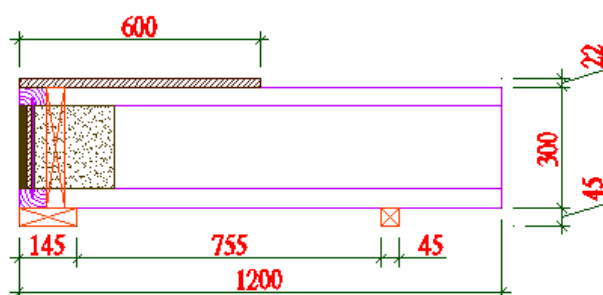
Joonis L1.1. Katsekeha K1 koostejoonis



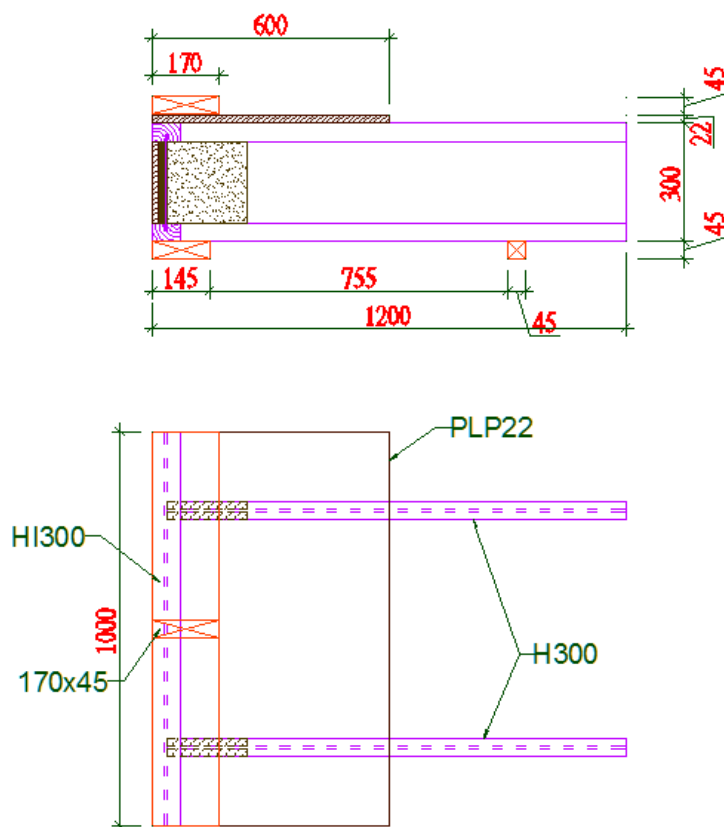
Joonis L1.2. Katsekeha K2 koostejoonis



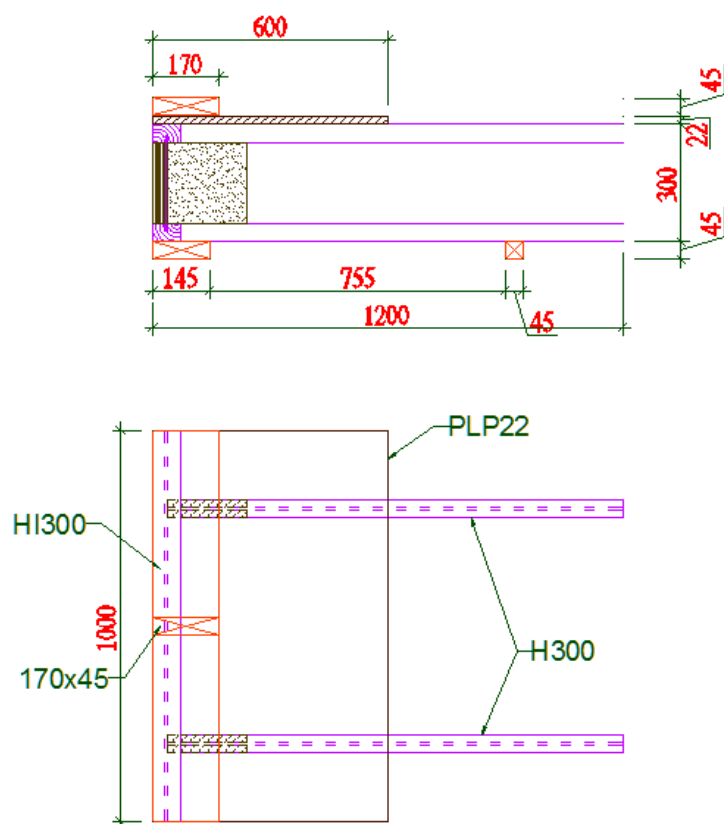
Joonis L1.3. Katsekeha K3 koostejoonis



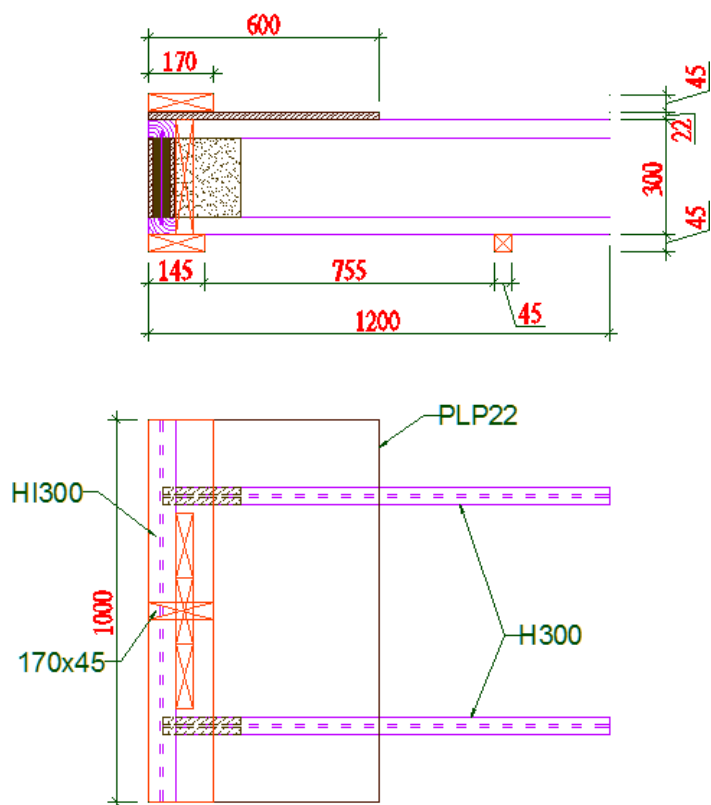
Joonis L1.4. Katsekeha K4 koostejoonis



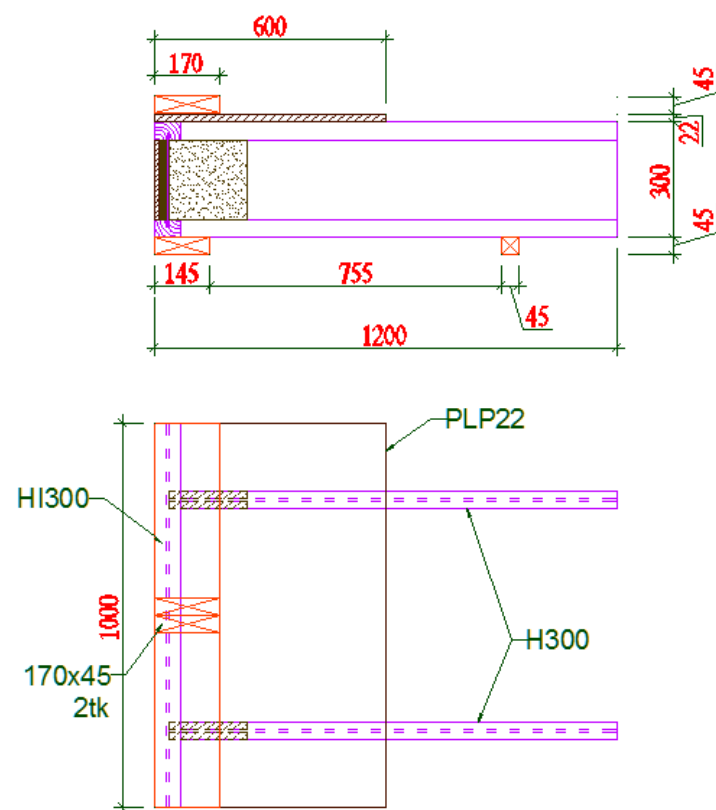
Joonis L1.5. Katsekeha K5 koostejoonis



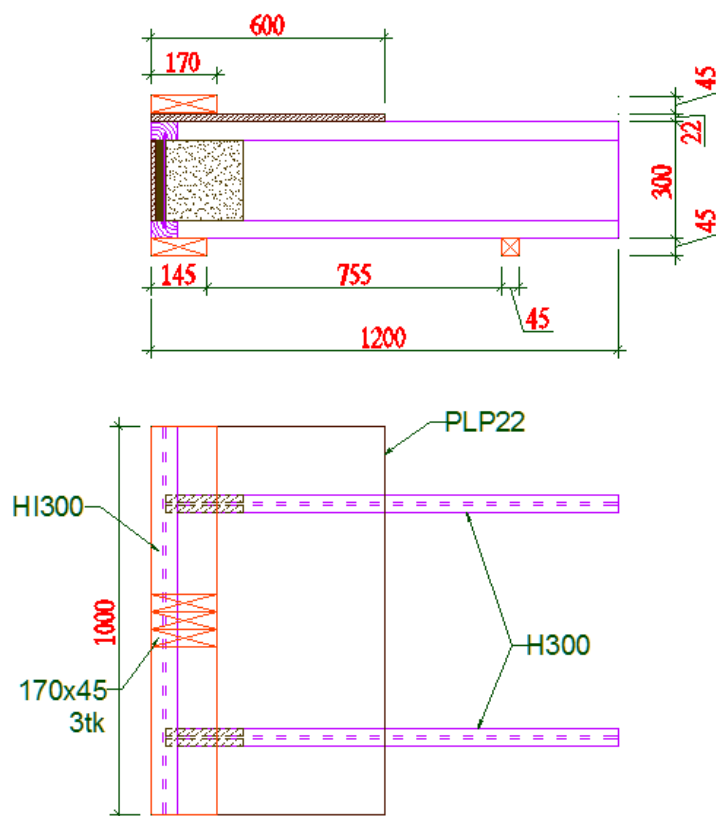
Joonis L1.6. Katsekeha K6 koostejoonis



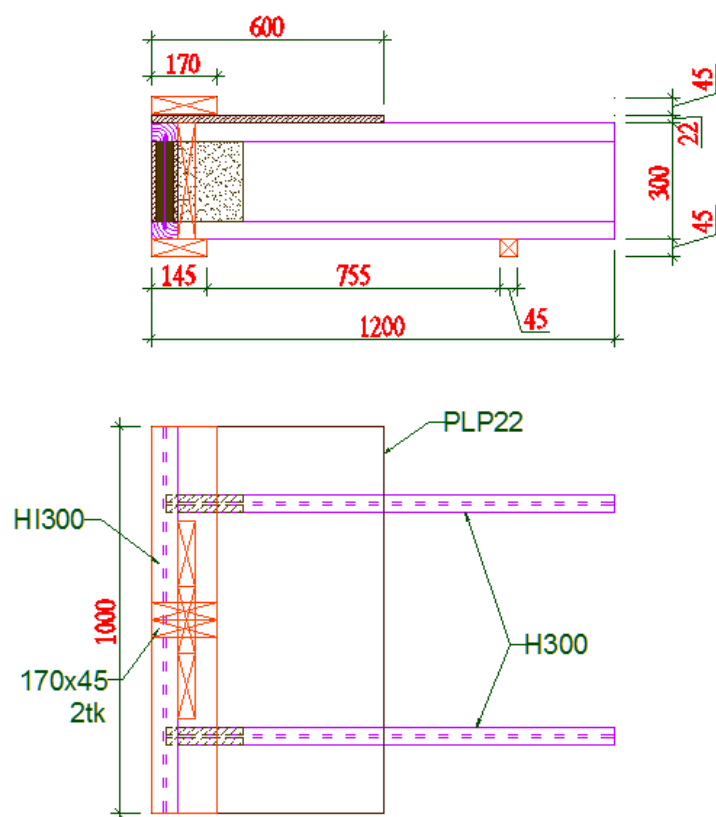
Joonis L1.7. Katsekeha K7 koostejoonis



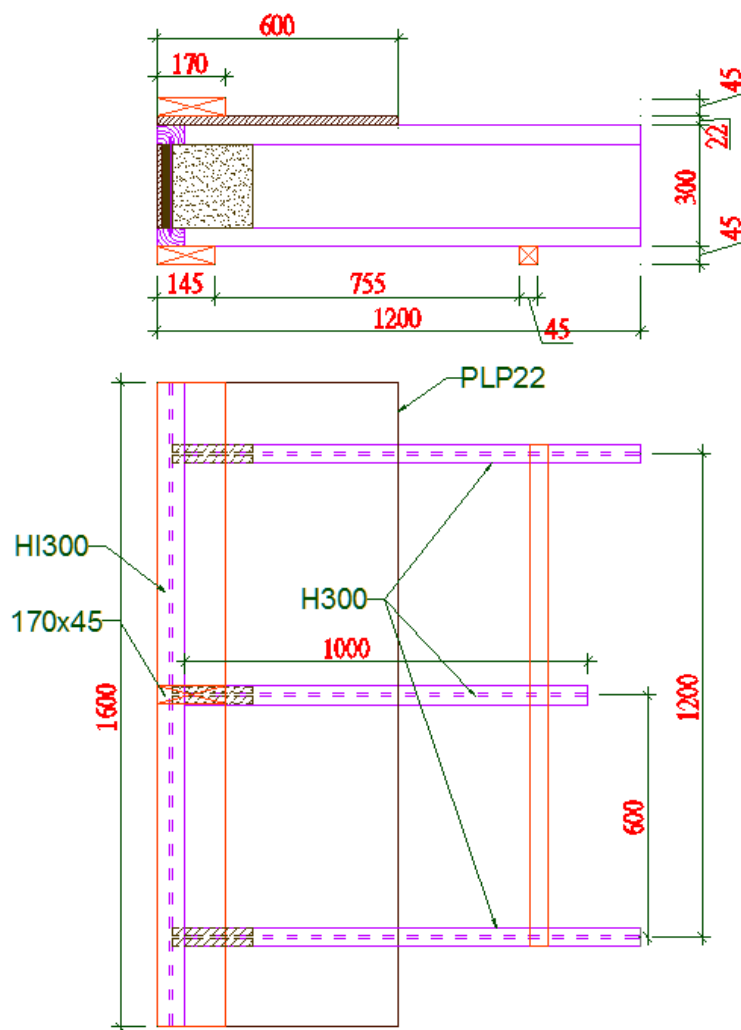
Joonis L1.8. Katsekeha K8 koostejoonis



Joonis L1.9. Katsekeha K9 koostejoonis

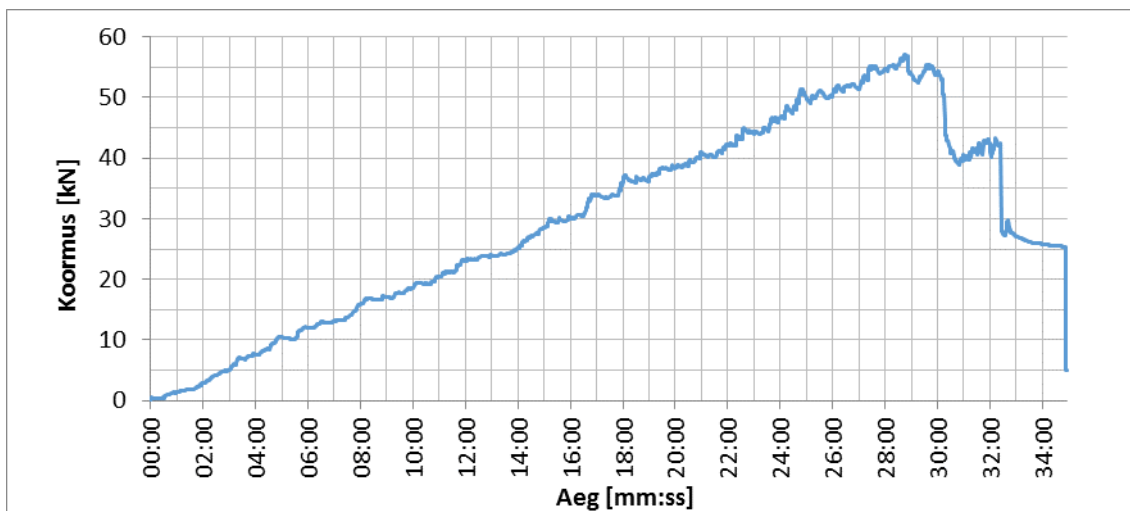


Joonis L1.10. Katsekeha K10 koostejoonis

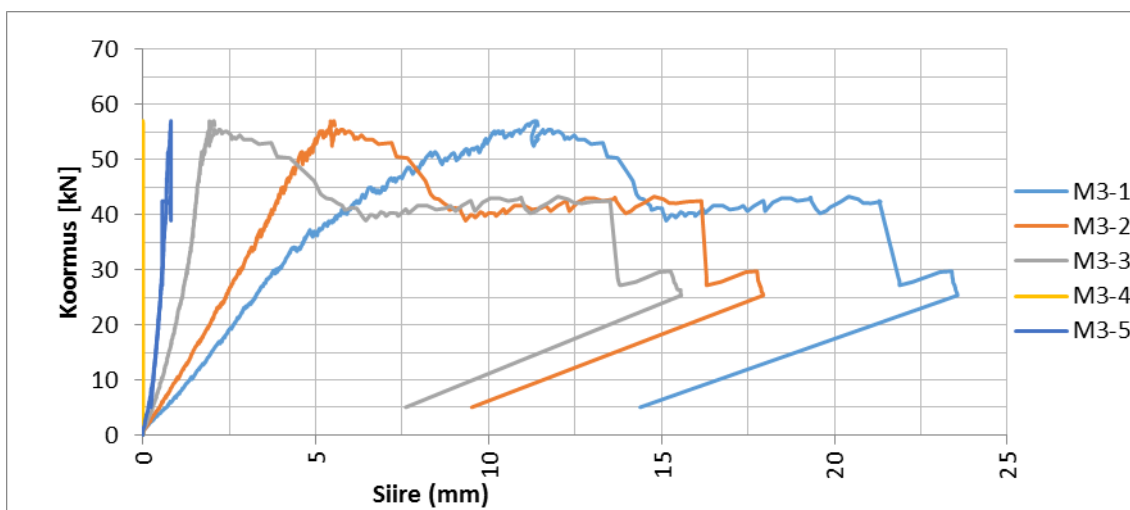


Joonis L1.11. Katsekeha K11 koostejoonis

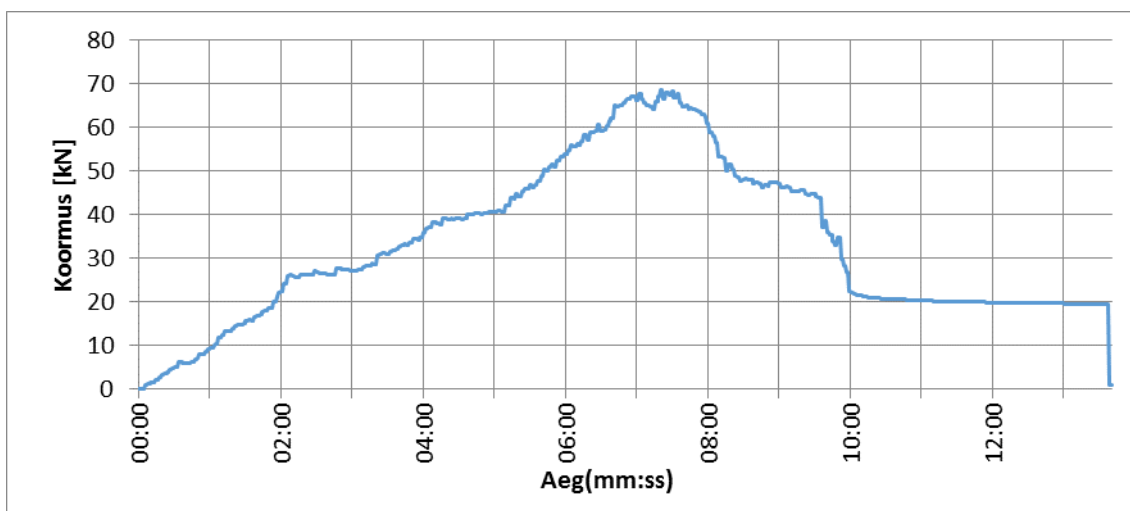
Lisa 2 Katsetekehade koormamine ja kesktelje siirded



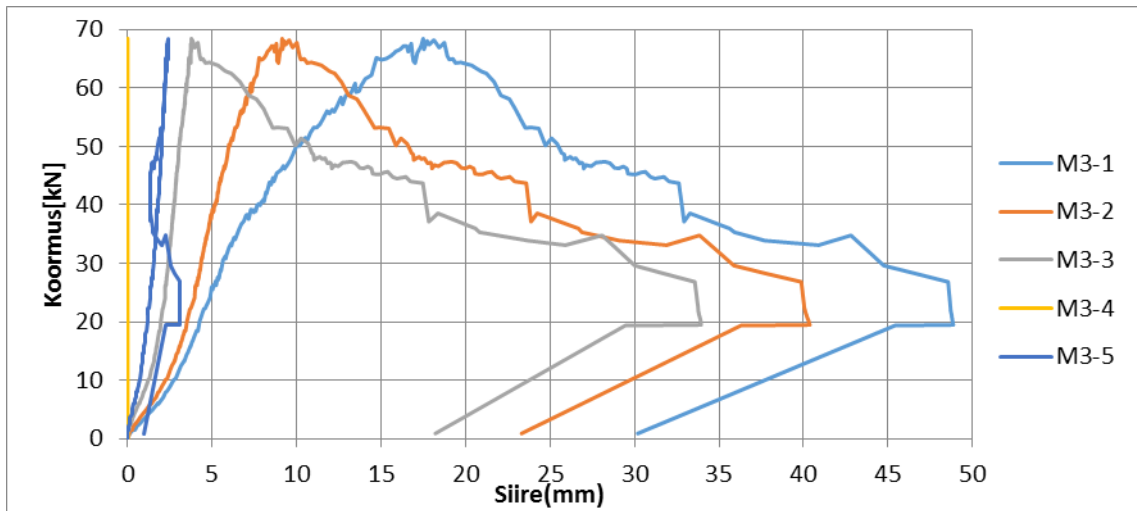
Joonis L2.1. Katsekeha K1-1 koormamine ajas



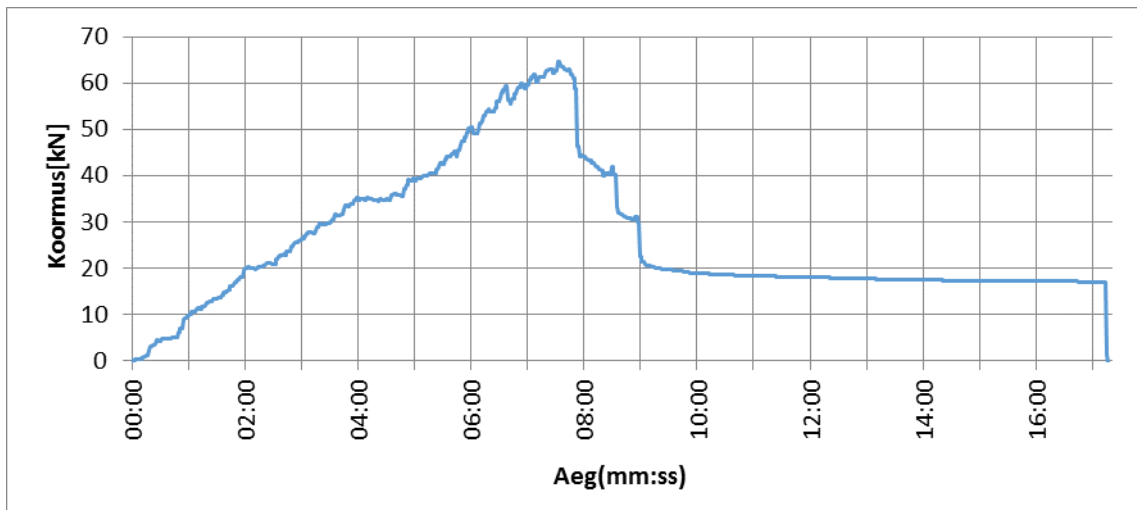
Joonis L2.2. Katsekeha K1-1 kesktelje siirded



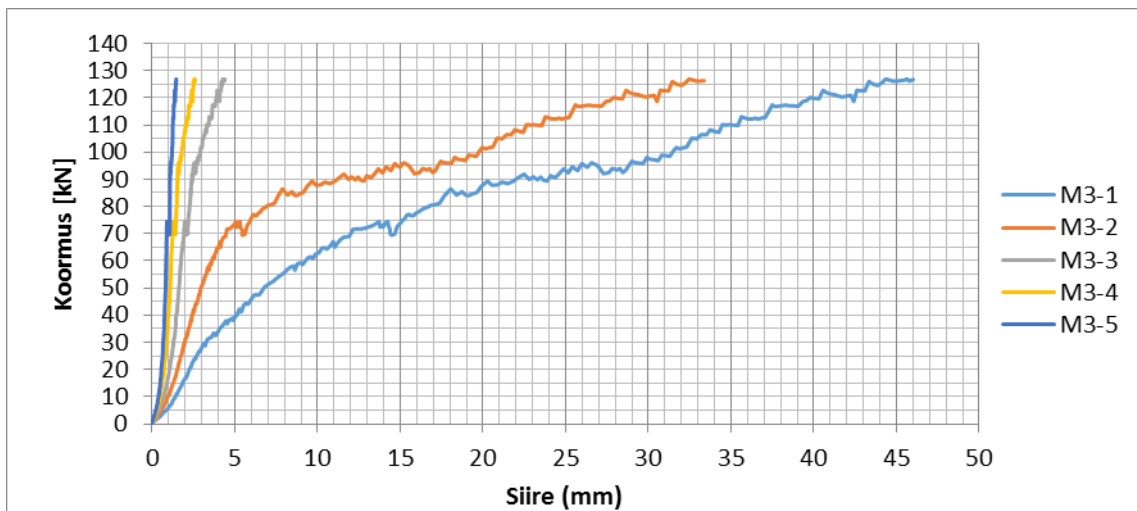
Joonis L2.3. Katsekeha K1-2 koormamine ajas



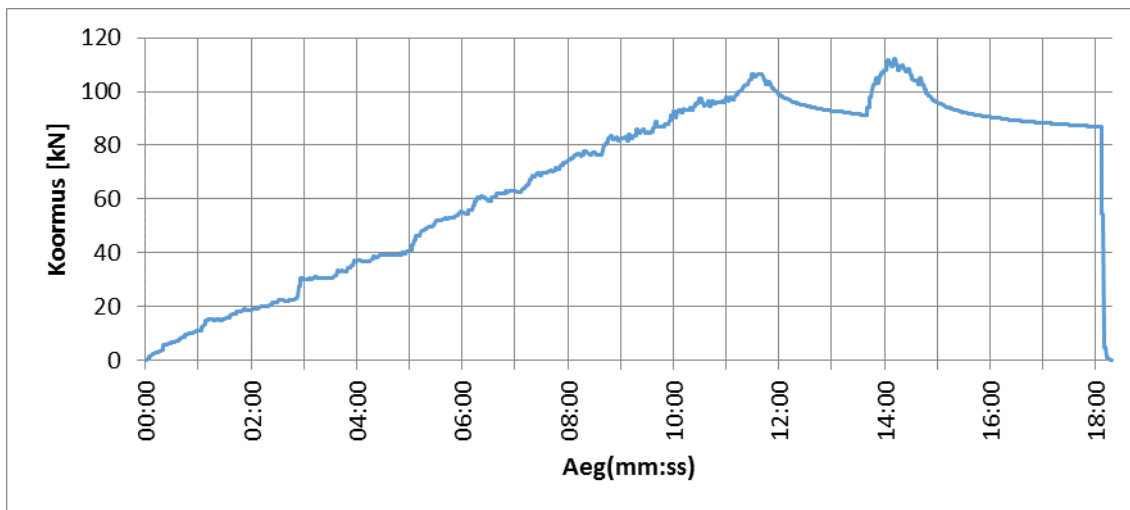
Joonis L2.4. Katsekeha K1-2 kesktelje siirded



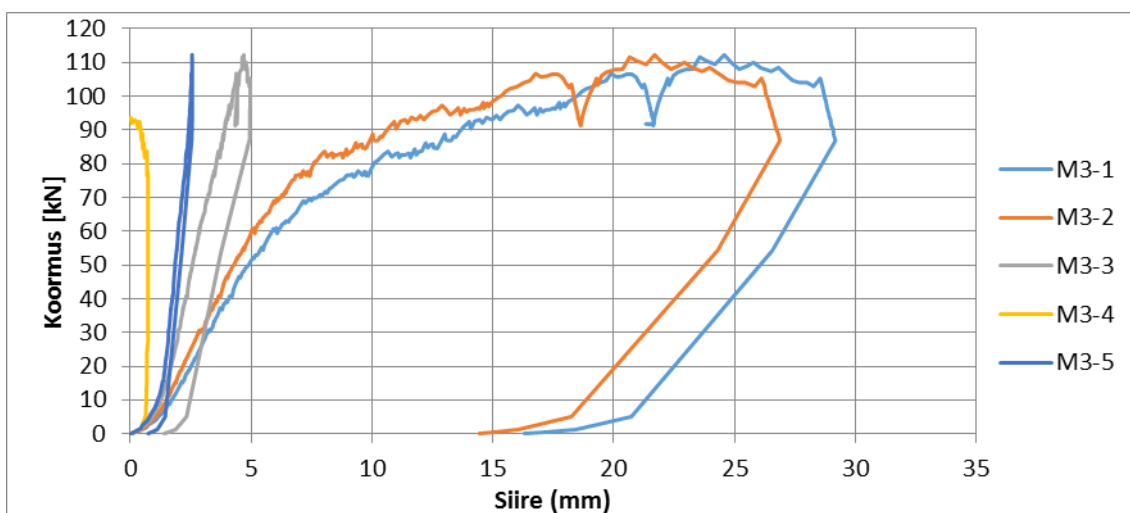
Joonis L2.5. Katsekeha K1-3 koormamine ajas



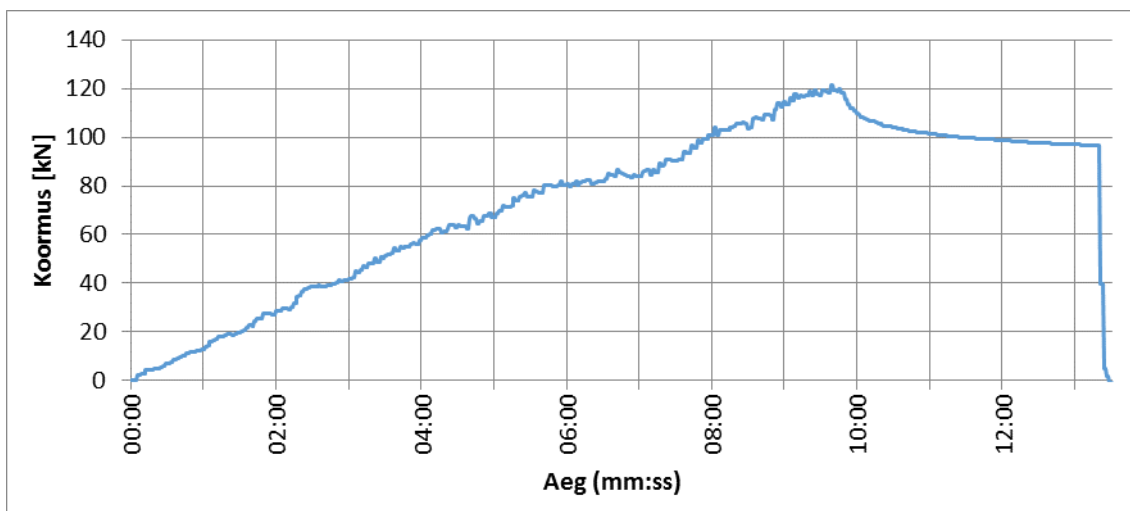
Joonis L2.6. Katsekeha K1-3 kesktelje siirded



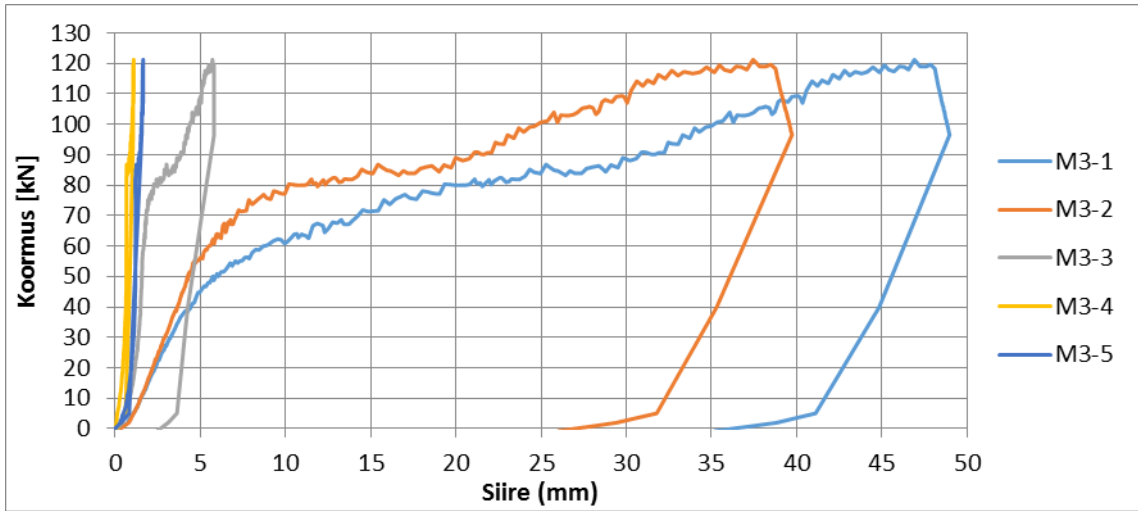
Joonis L2.7. Katsekeha K2-1 koormamine ajas



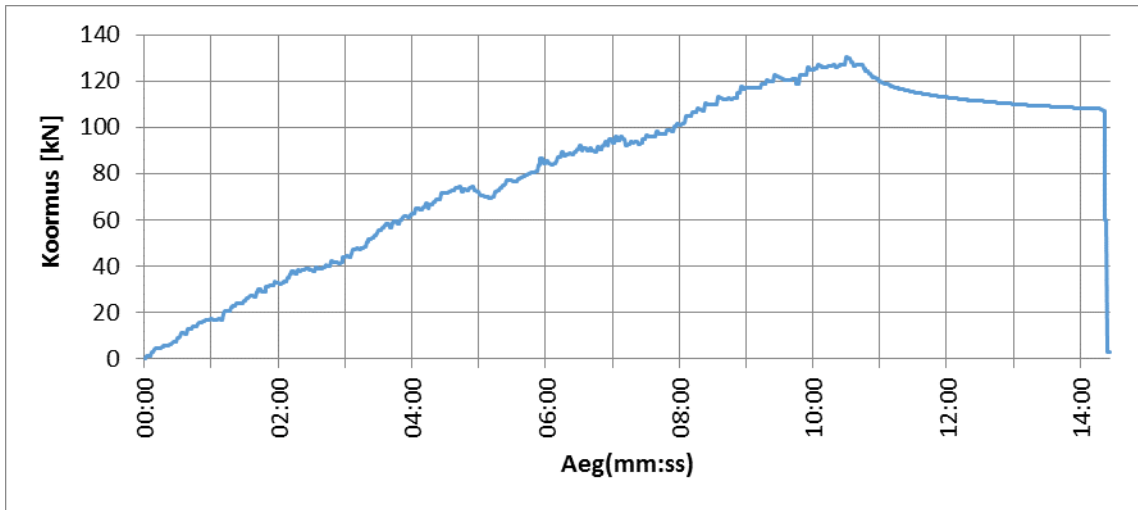
Joonis L2.8. Katsekeha K2-1 kesktelje siirded



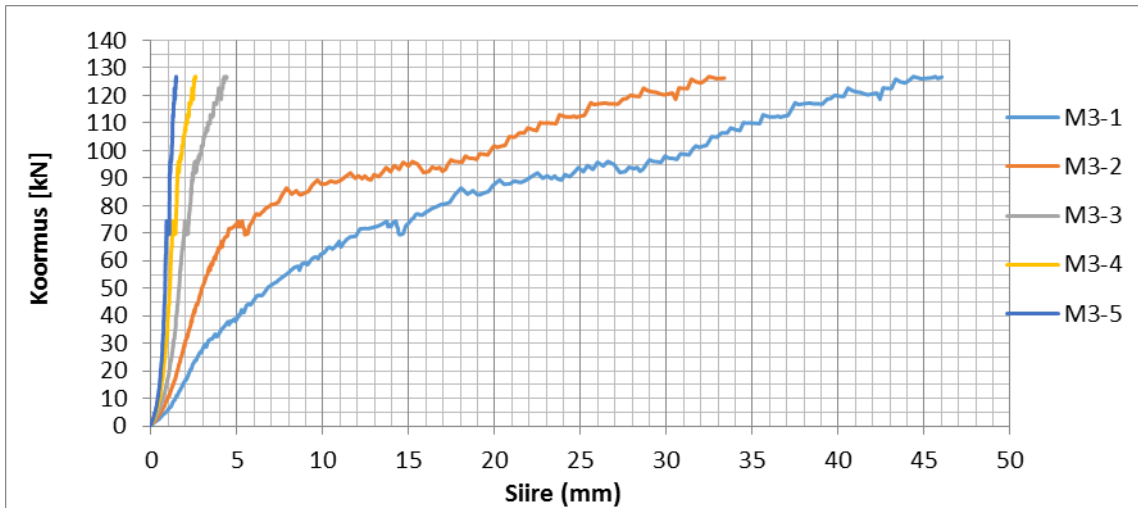
Joonis L2.9. Katsekeha K2-2 koormamine ajas



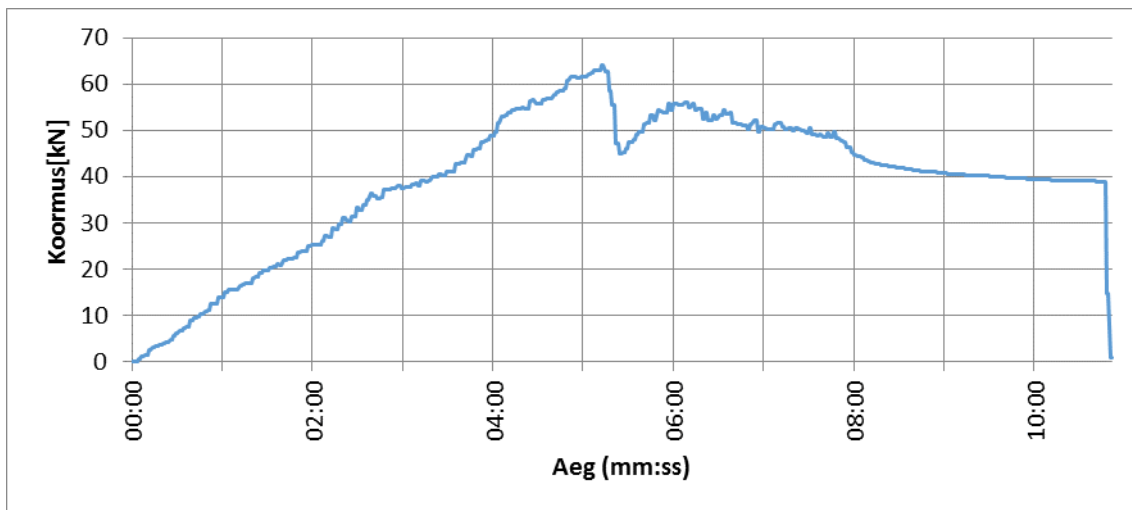
Joonis L2.10. Katsekeha K2-2 kesktelje siirded



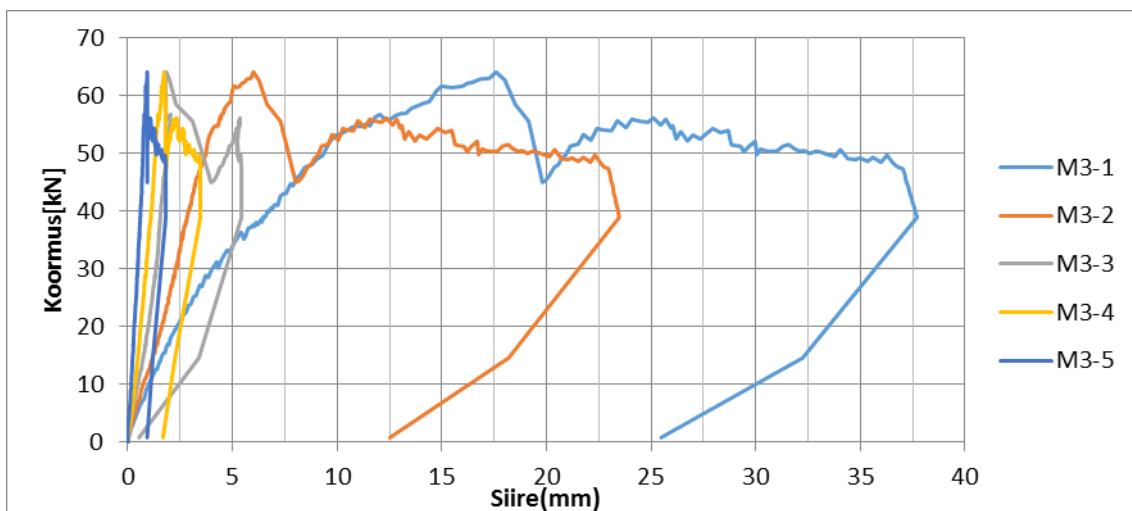
Joonis L2.11. Katsekeha K2-3 koormamine ajas



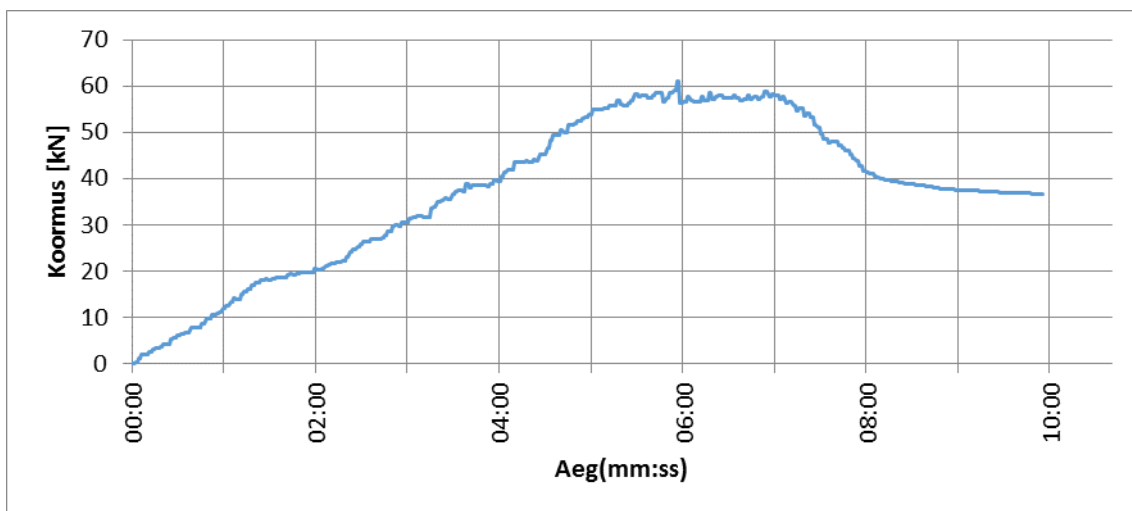
Joonis L2.12. Katsekeha K2-3 kesktelje siirded



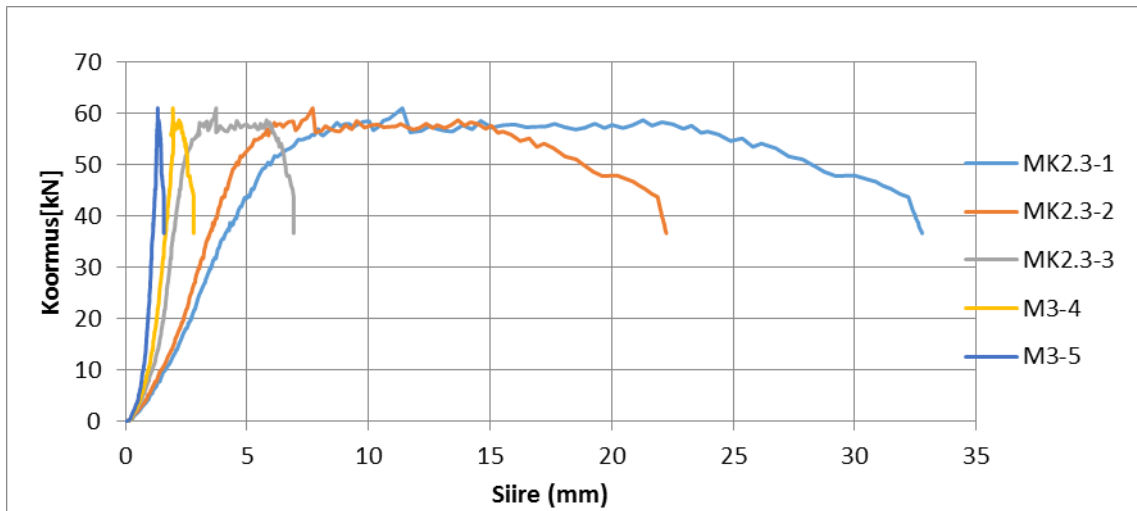
Joonis L2.13. Katsekeha K3-1 koormamine ajas



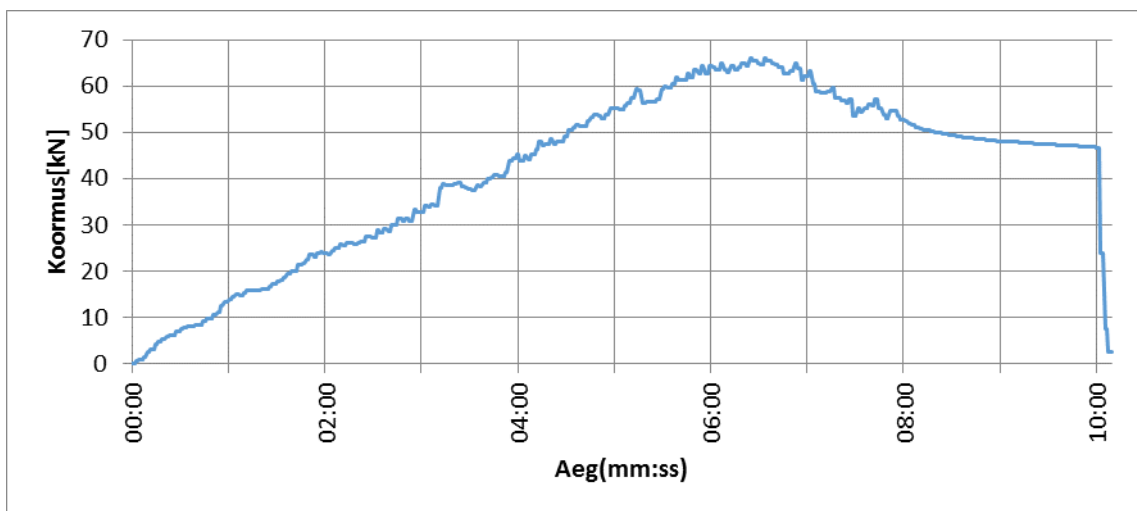
Joonis L2.14. Katsekeha K3-1 kesktelje siirded



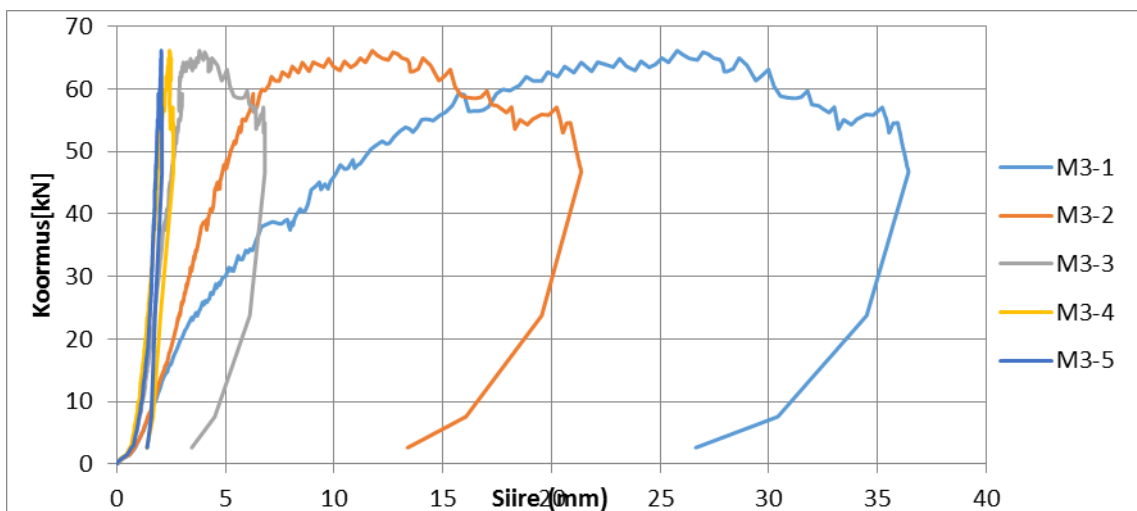
Joonis L2.15. Katsekeha K3-2 koormamine ajas



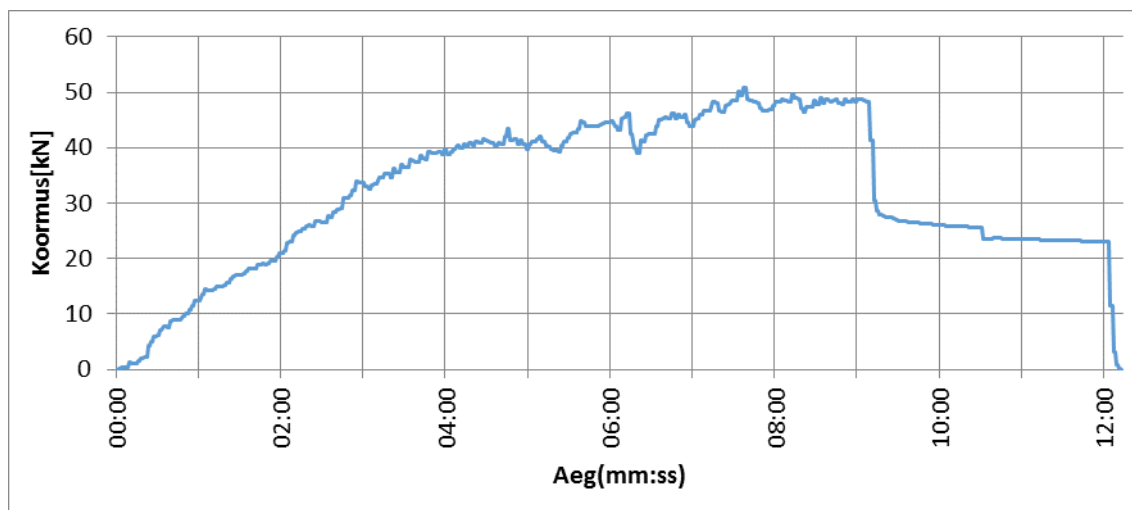
Joonis L2.16. Katsekeha K3-2 kesktelje siirded



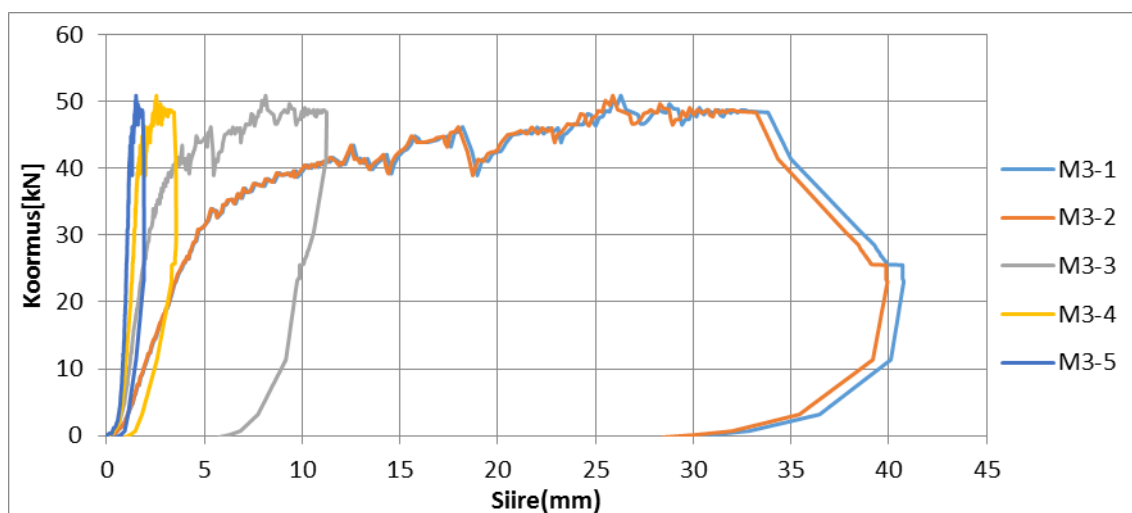
Joonis L2.17. Katsekeha K3-3 koormamine ajas



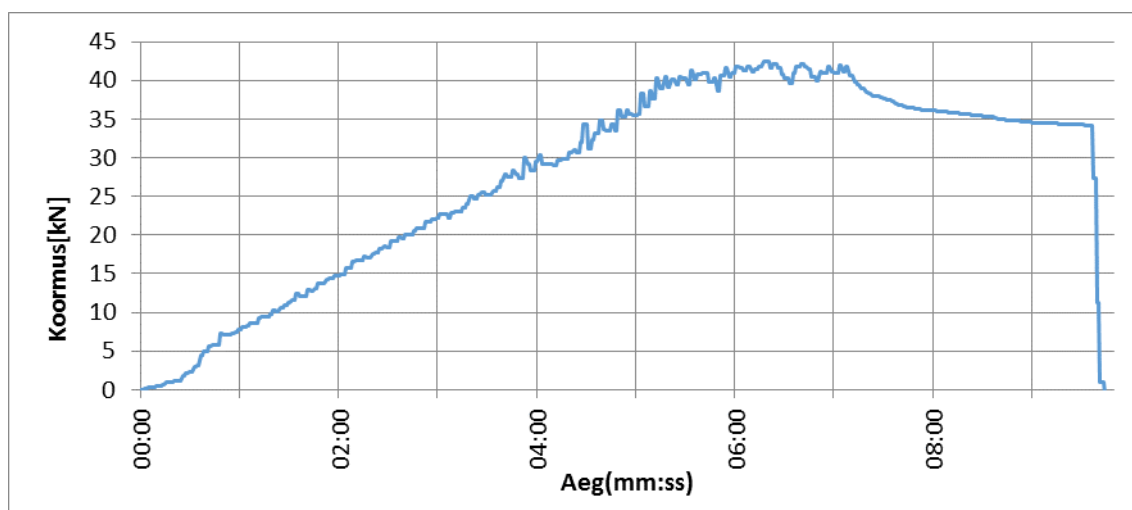
Joonis L2.18. Katsekeha K3-3 kesktelje siirded



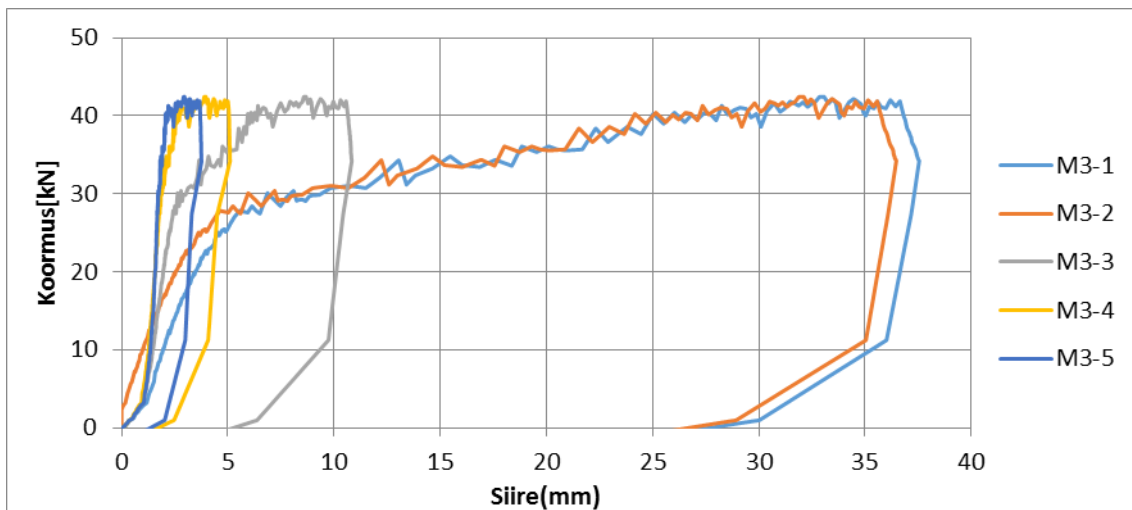
Joonis L2.19. Katsekeha K4-1 koormamine ajas



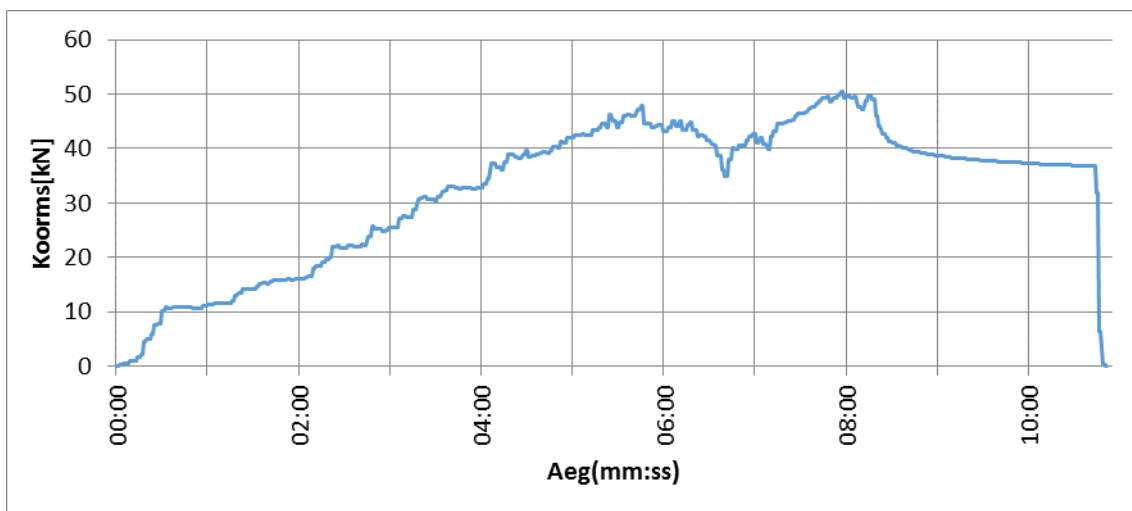
Joonis L2.20. Katsekeha K4-1 kesktelje siirded



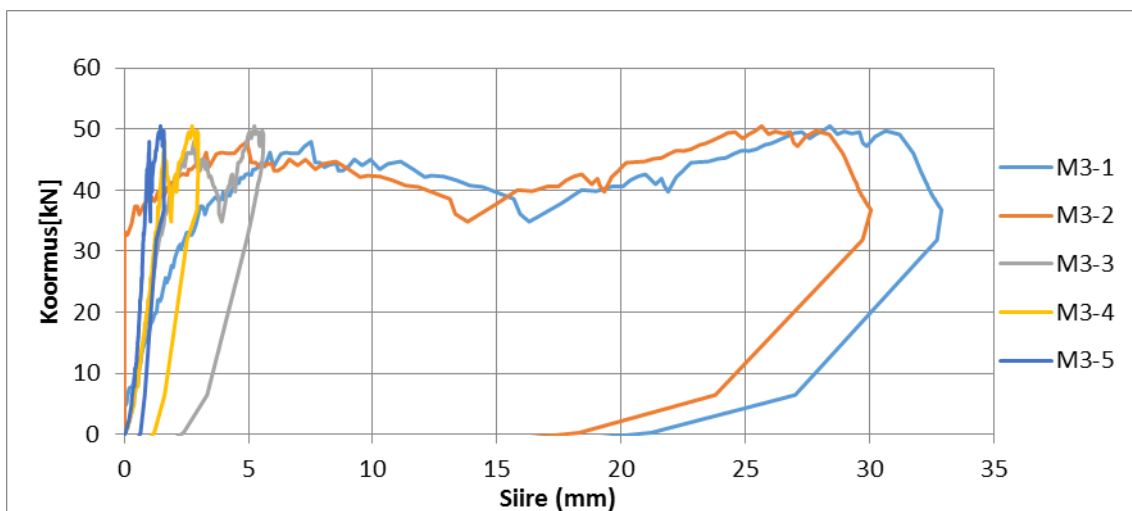
Joonis L2.21. Katsekeha K4-2 koormamine ajas



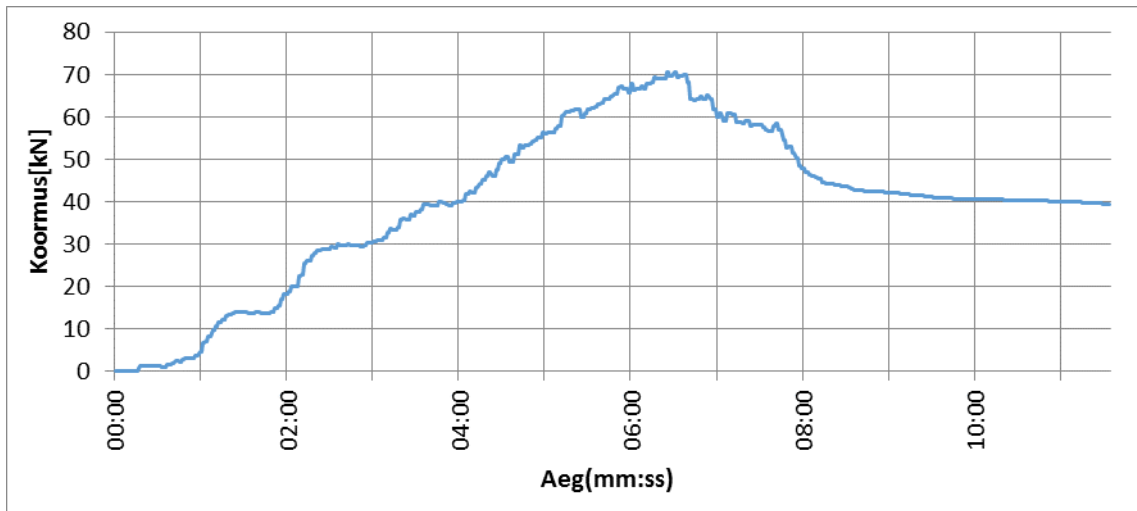
Joonis L2.22. Katsekeha K4-2 kesktelje siirded



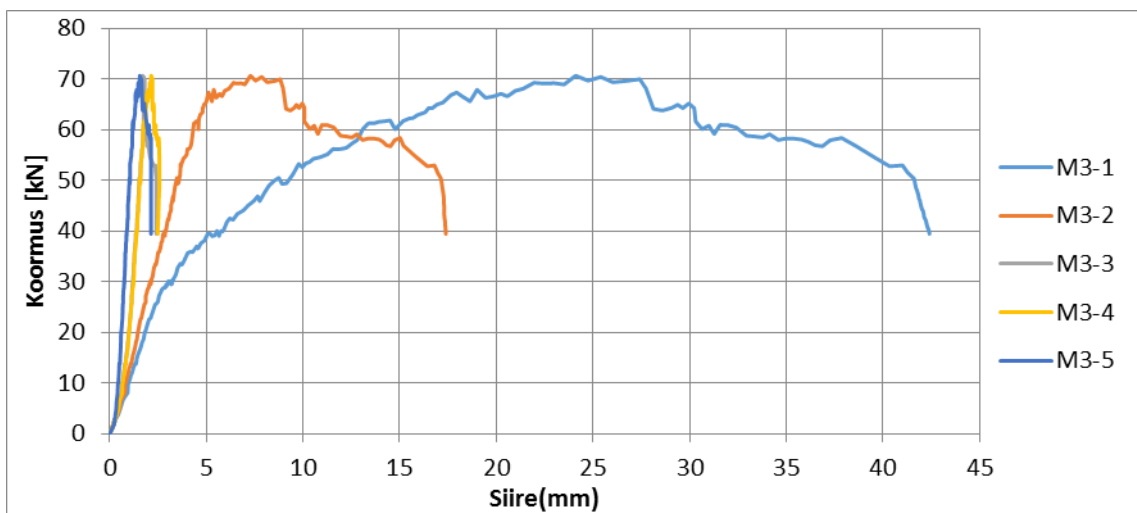
Joonis L2.23. Katsekeha K4-3 koormamine ajas



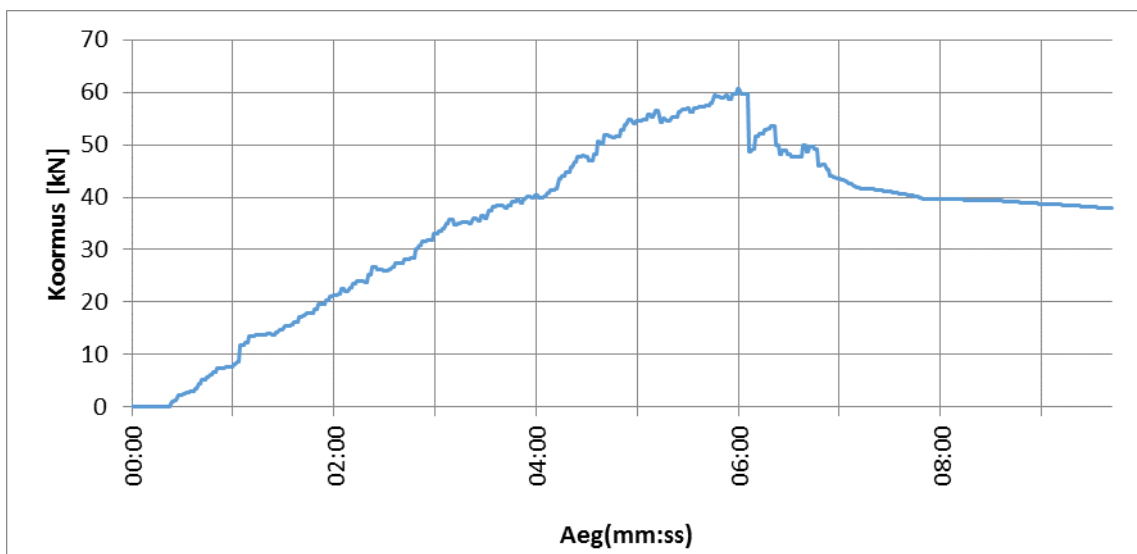
Joonis L2.24. Katsekeha K4-3 kesktelje siirded



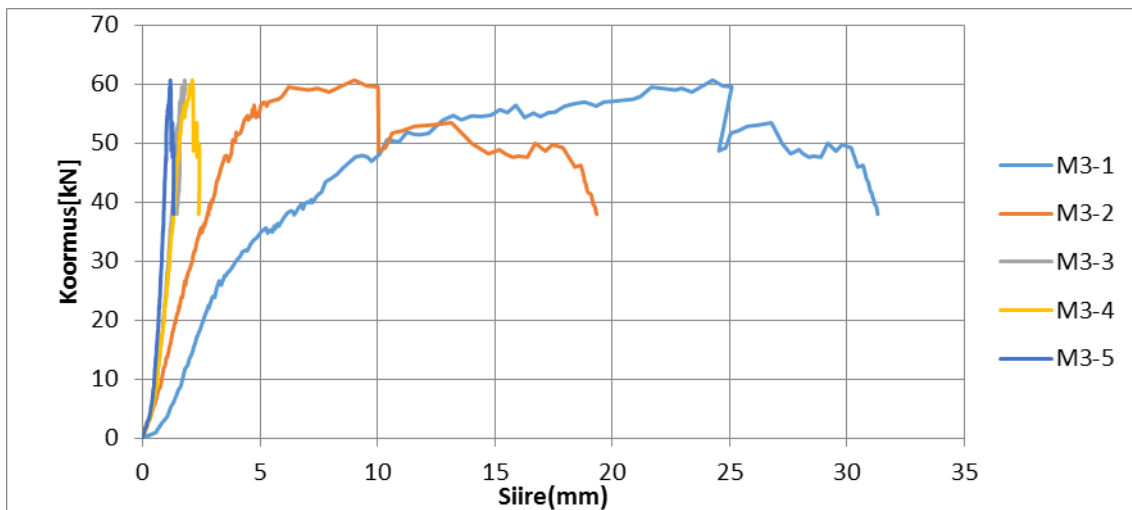
Joonis L2.25. Katsekeha K5-1 koormamine ajas



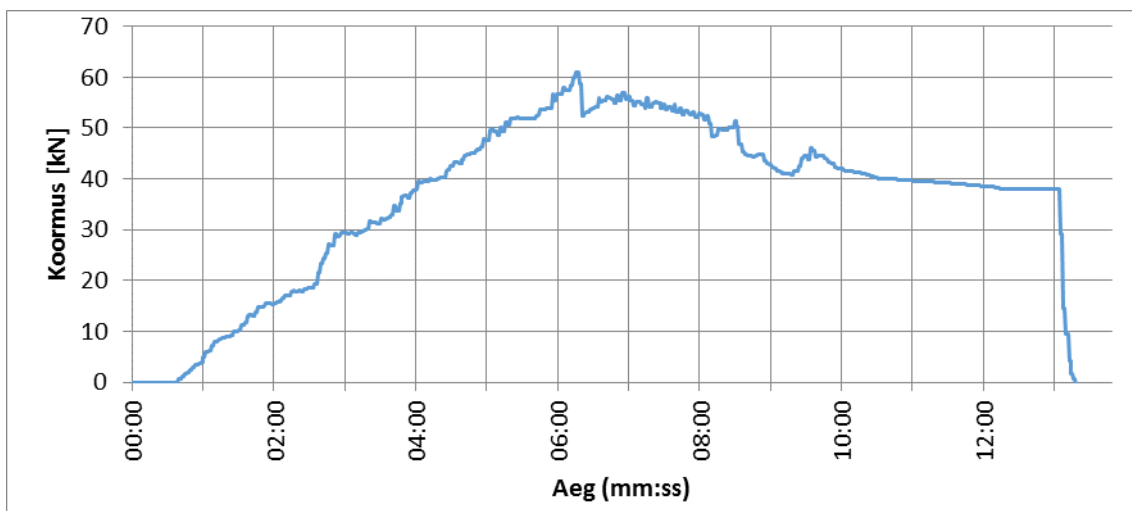
Joonis L2.26. Katsekeha K5-1 kesktelje siirded



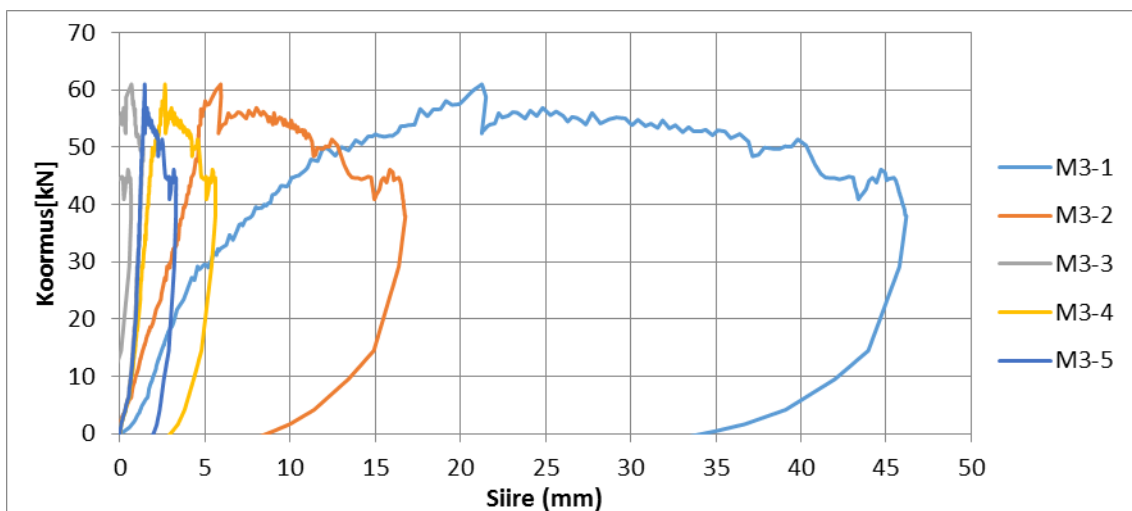
Joonis L2.27. Katsekeha K5-2 koormamine ajas



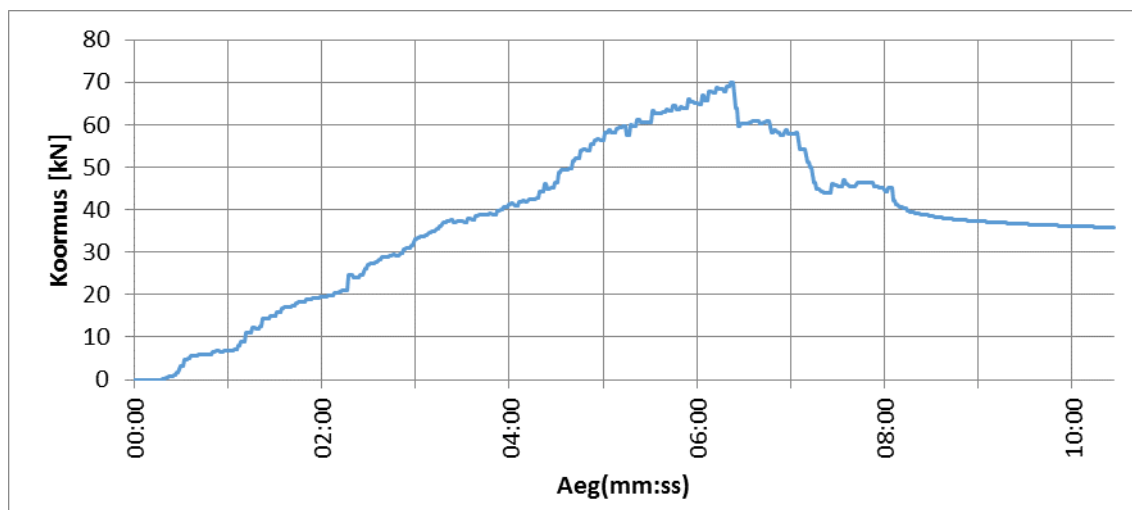
Joonis L2.28. Katsekeha K5-2 kesktelje siirded



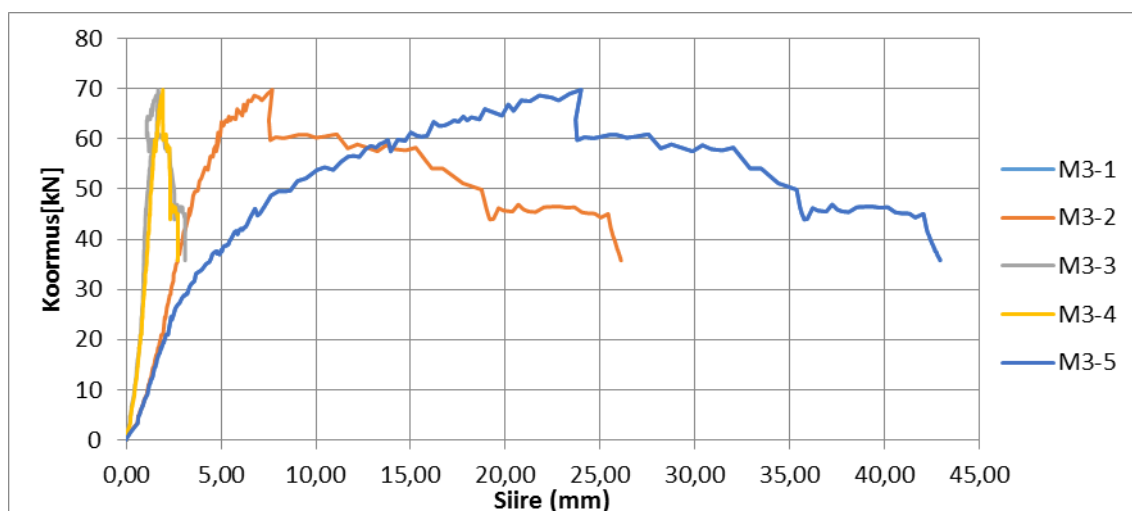
Joonis L2.29. Katsekeha K5-3 koormamine ajas



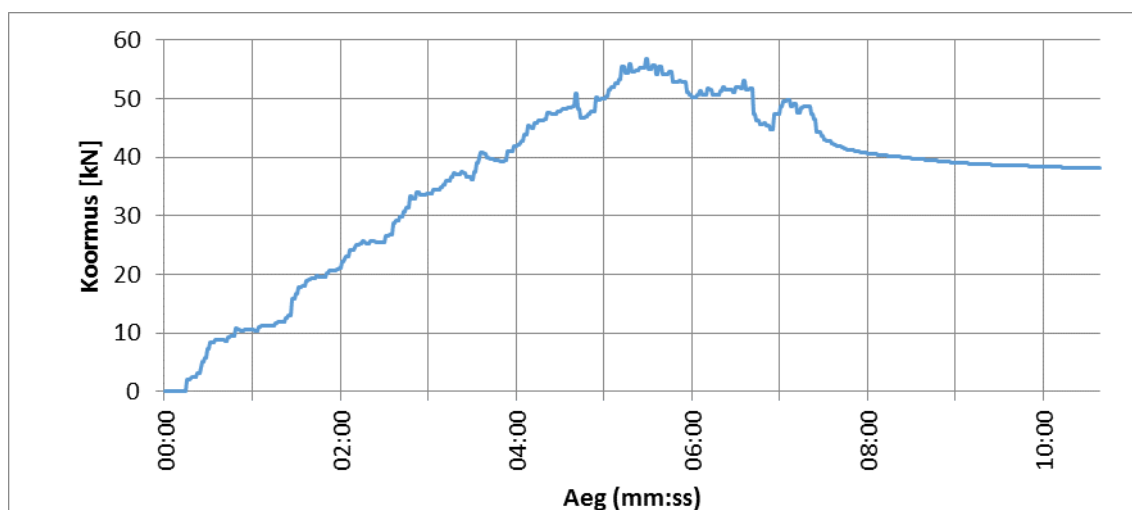
Joonis L2.30. Katsekeha K5-3 kesktelje siirded



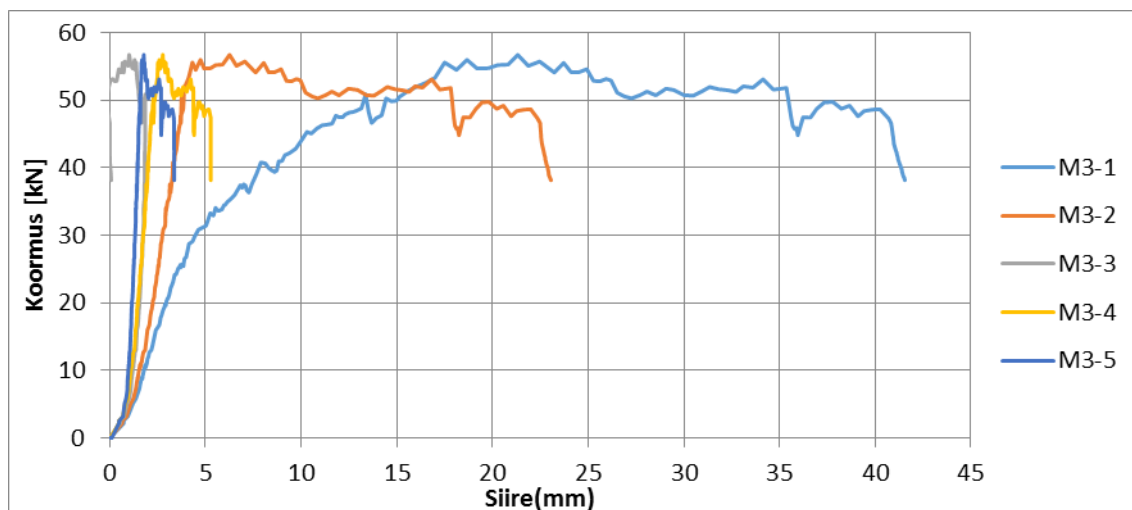
Joonis L2.31. Katsekeha K6-1 koormamine ajas



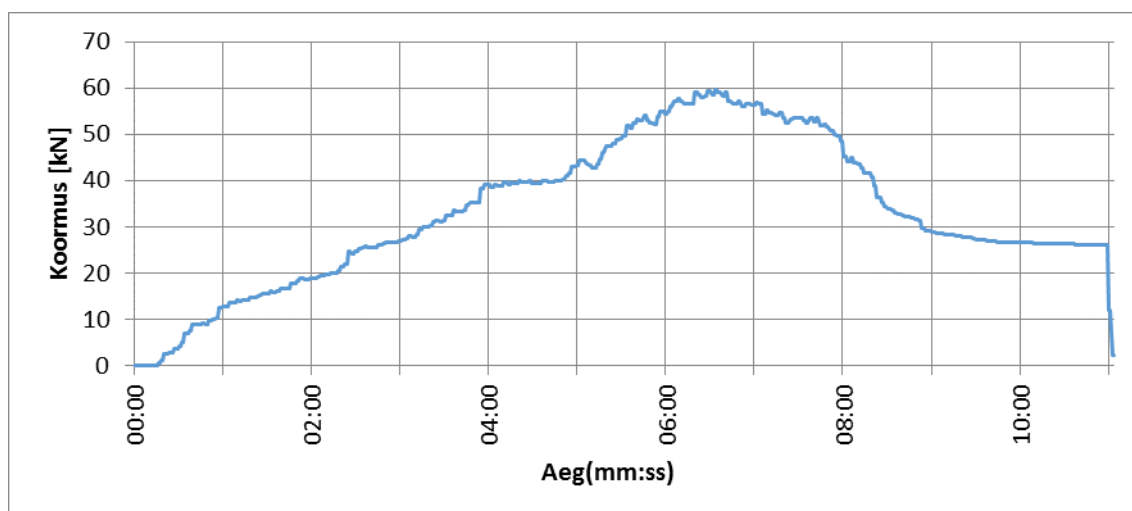
Joonis L2.32. Katsekeha K6-1 kesktelje siirded



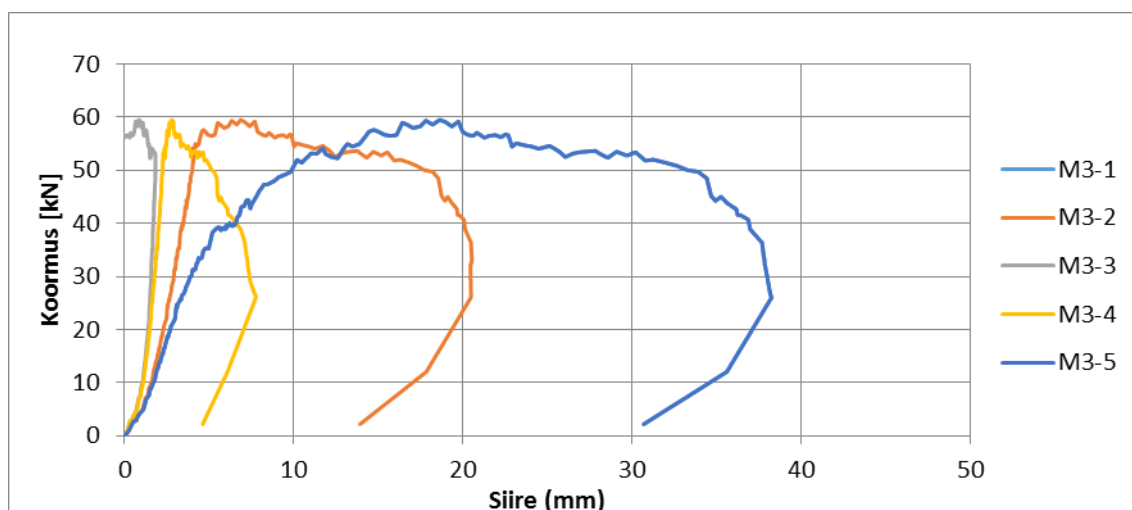
Joonis L2.33. Katsekeha K6-2 koormamine ajas



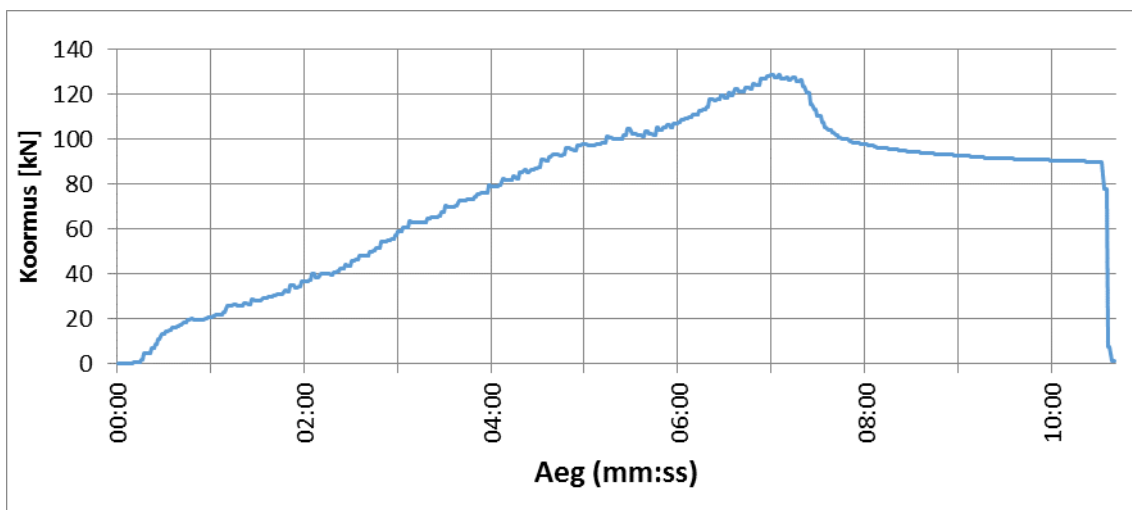
Joonis L2.34. Katsekeha K6-2 keskelje siirded



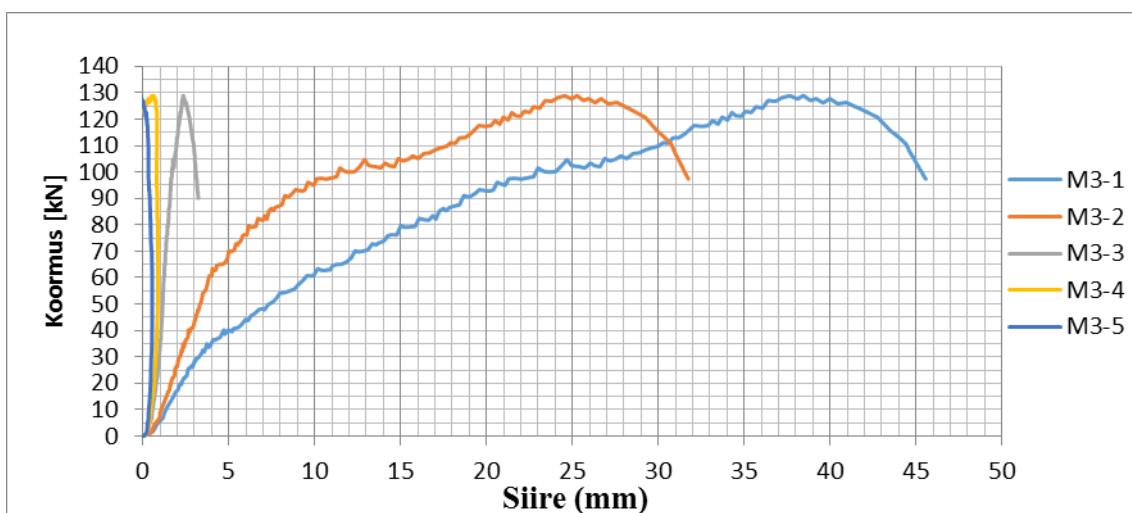
Joonis L2.35. Katsekeha K6-3 koormamine ajas



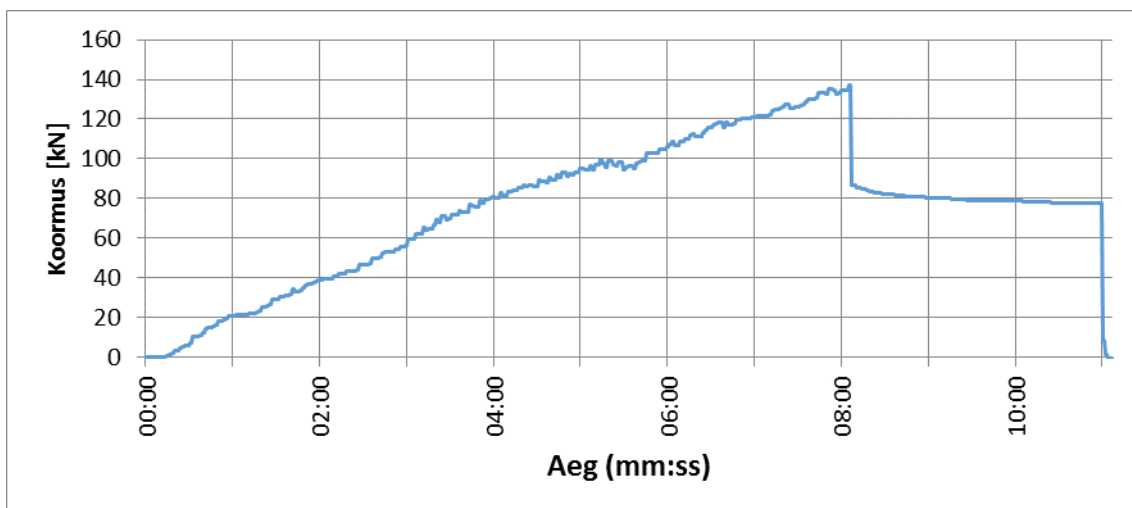
Joonis L2.36. Katsekeha K6-3 keskelje siirded



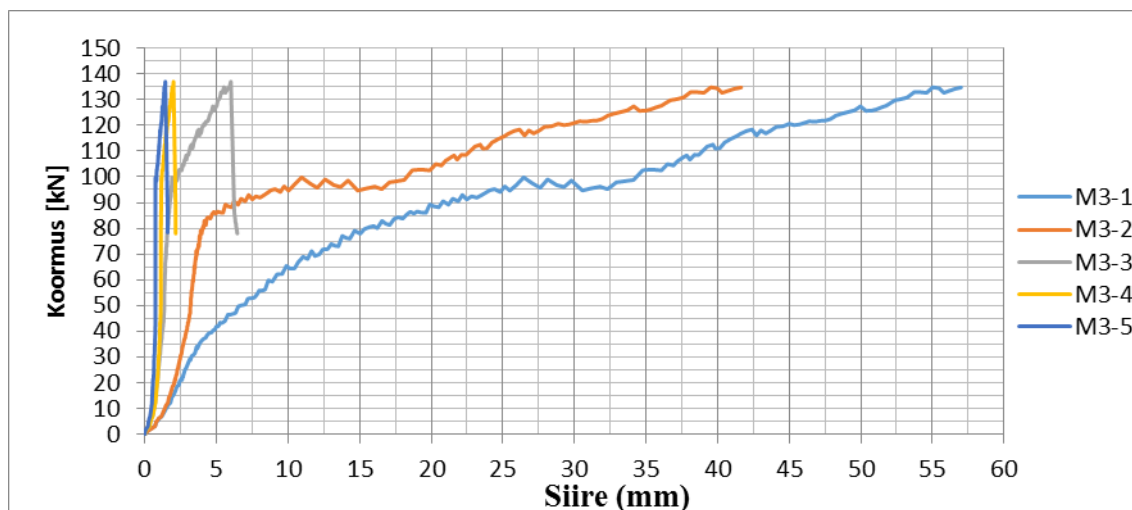
Joonis L2.37. Katsekeha K7-1 koormamine ajas



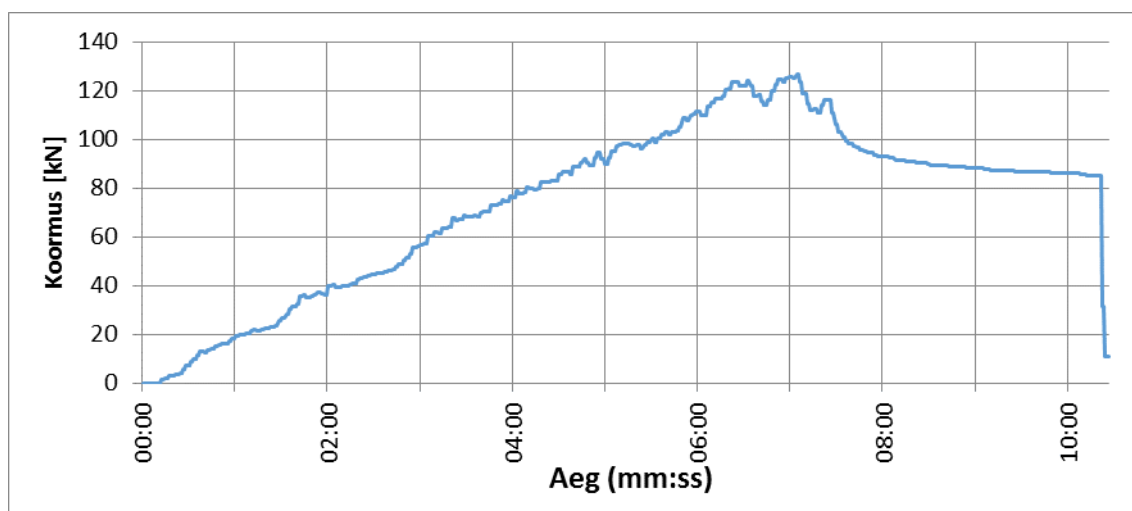
Joonis L2.38. Katsekeha K7-1 kesktelje siirded



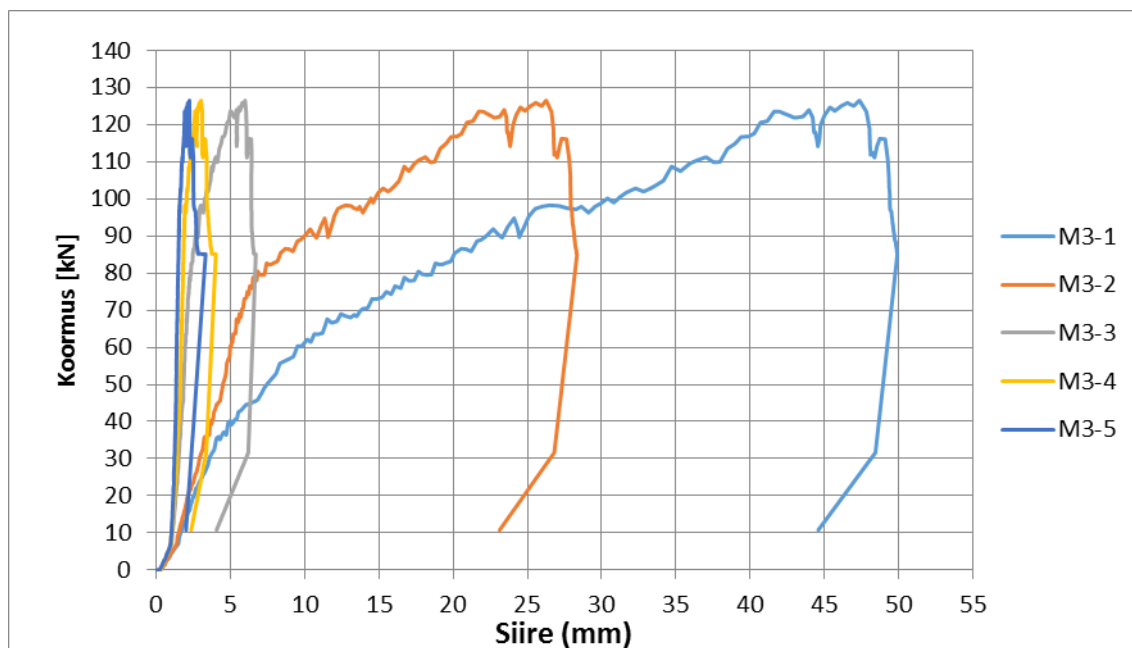
Joonis L2.39. Katsekeha K7-2 koormamine ajas



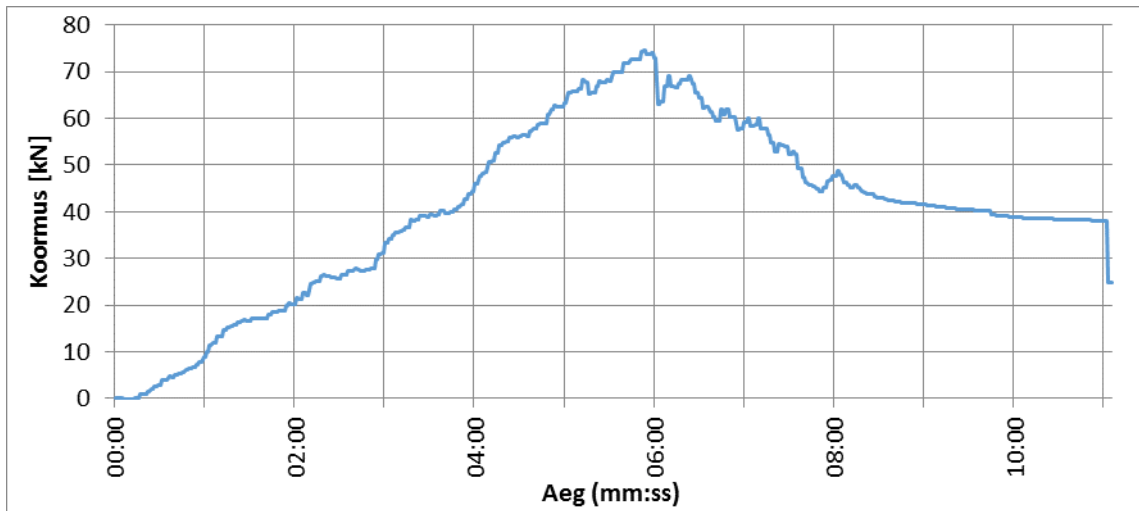
Joonis L2.40. Katsekeha K7-2 kesktelje siirded



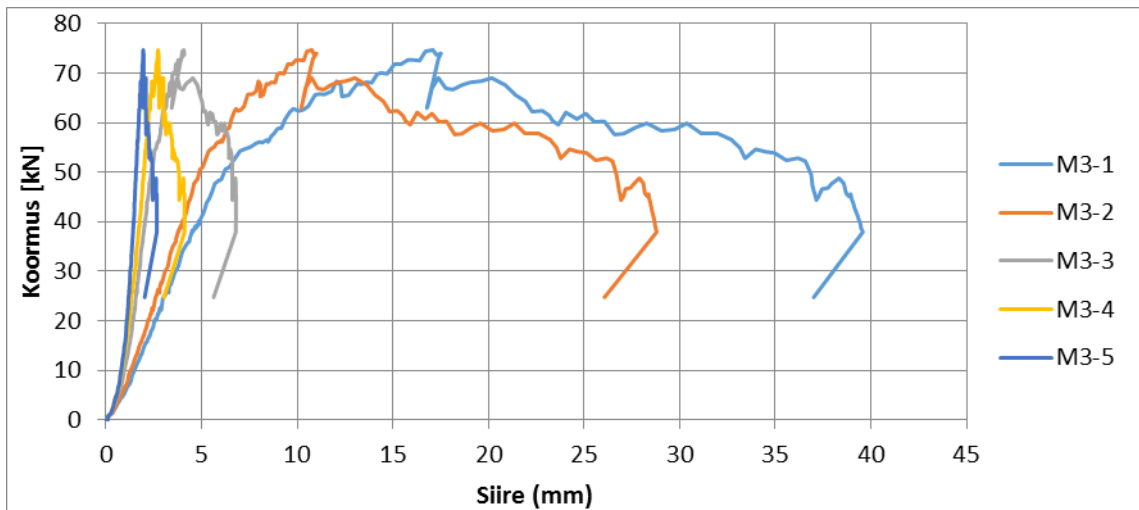
Joonis L2.41. Katsekeha K7-3 koormamine ajas



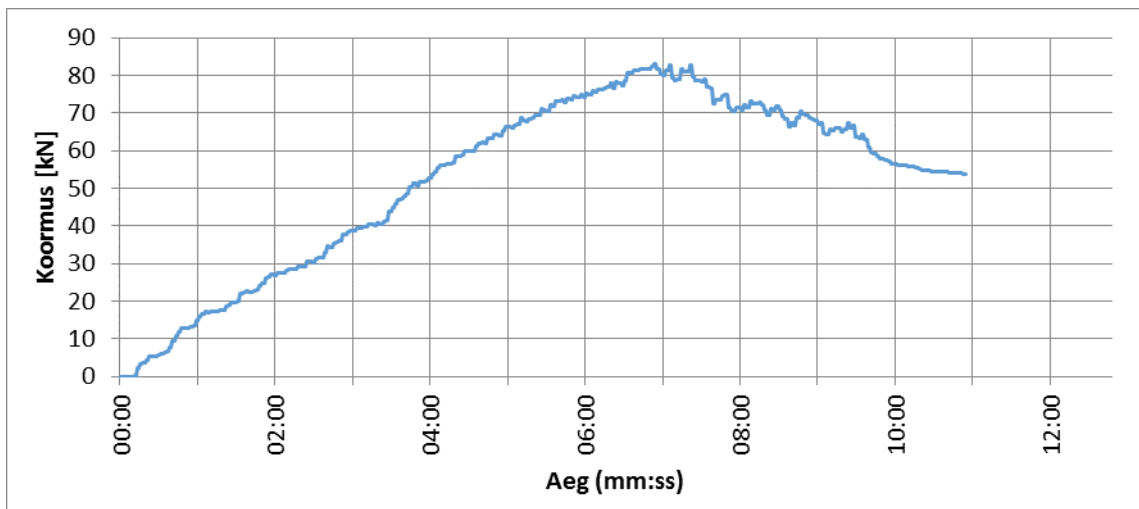
Joonis L2.42. Katsekeha K7-3 kesktelje siirded



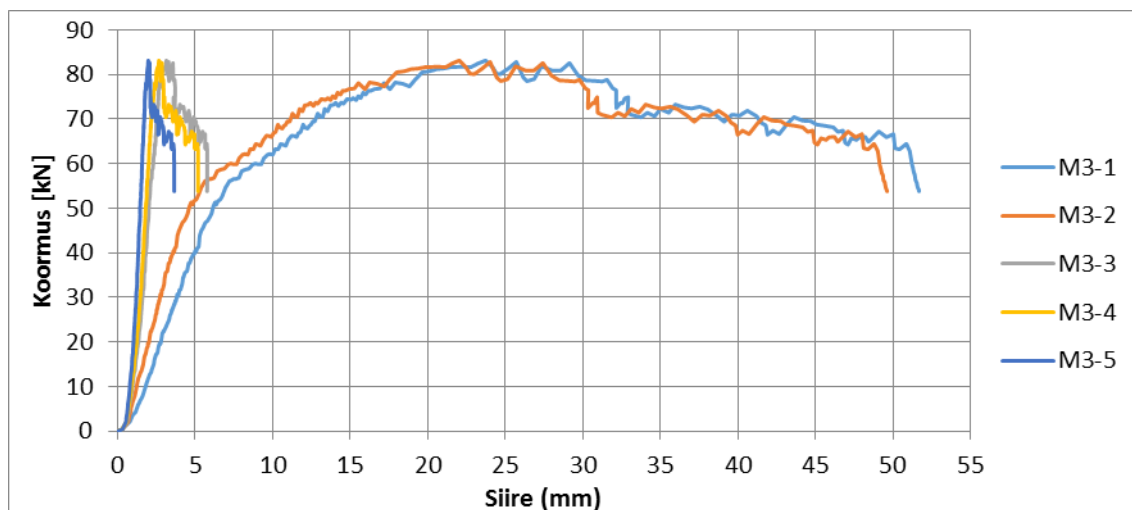
Joonis L2.43. Katsekeha K8-1 koormamine ajas



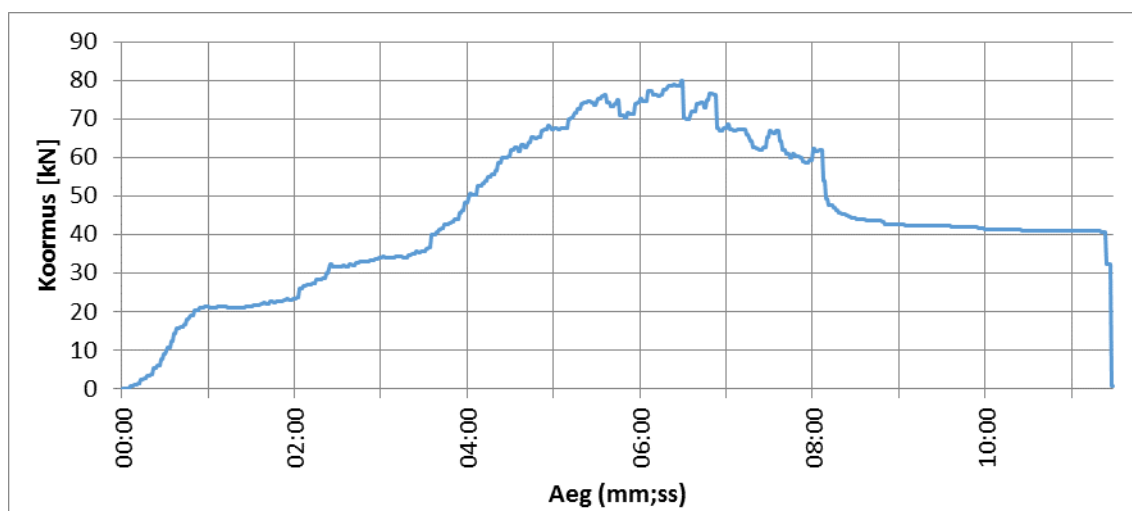
Joonis L2.44. Katsekeha K8-1 kesktelje siirded



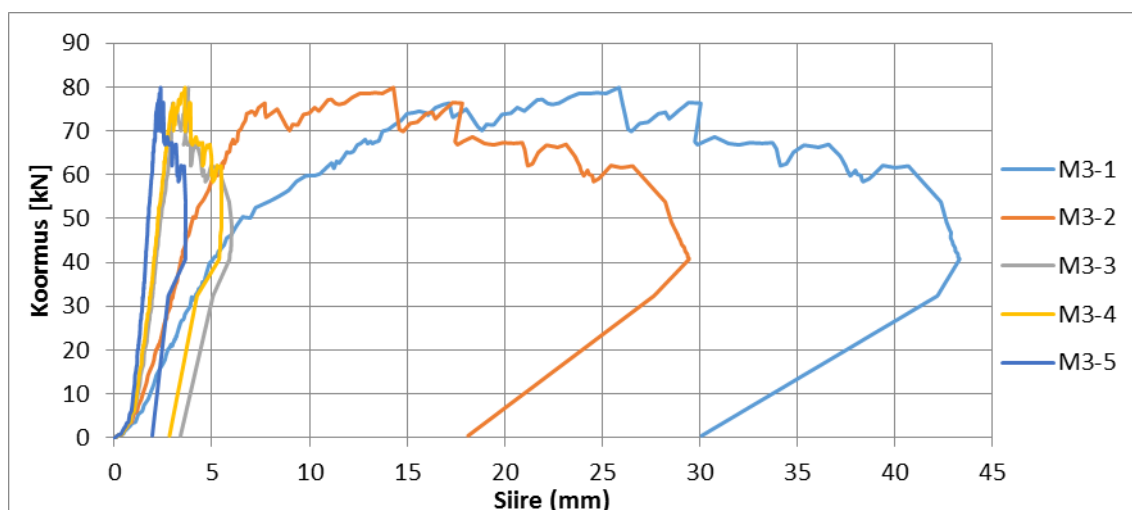
Joonis L2.45. Katsekeha K8-2 koormamine ajas



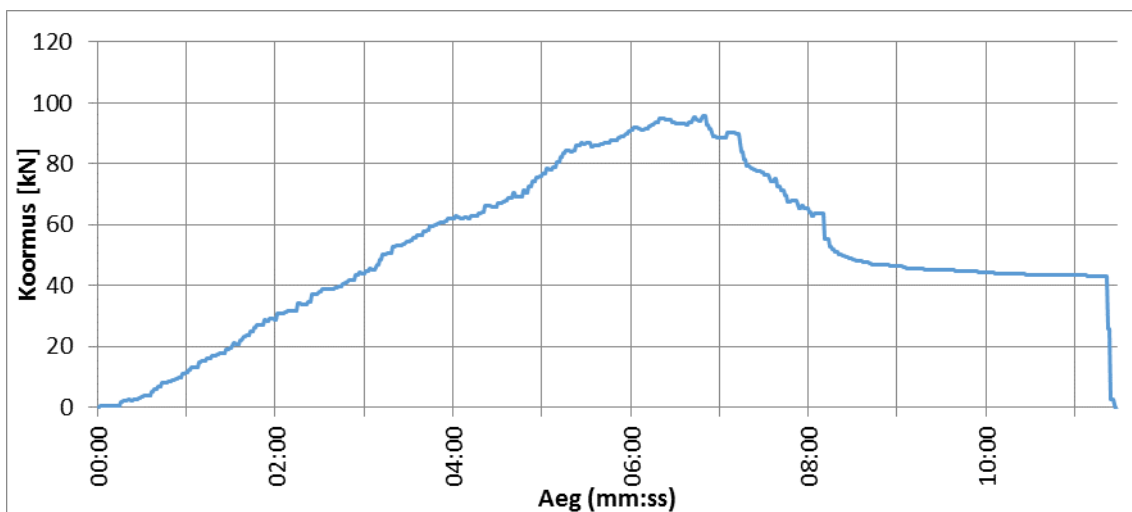
Joonis L2.46. Katsekeha K8-2 kesktelje siirded



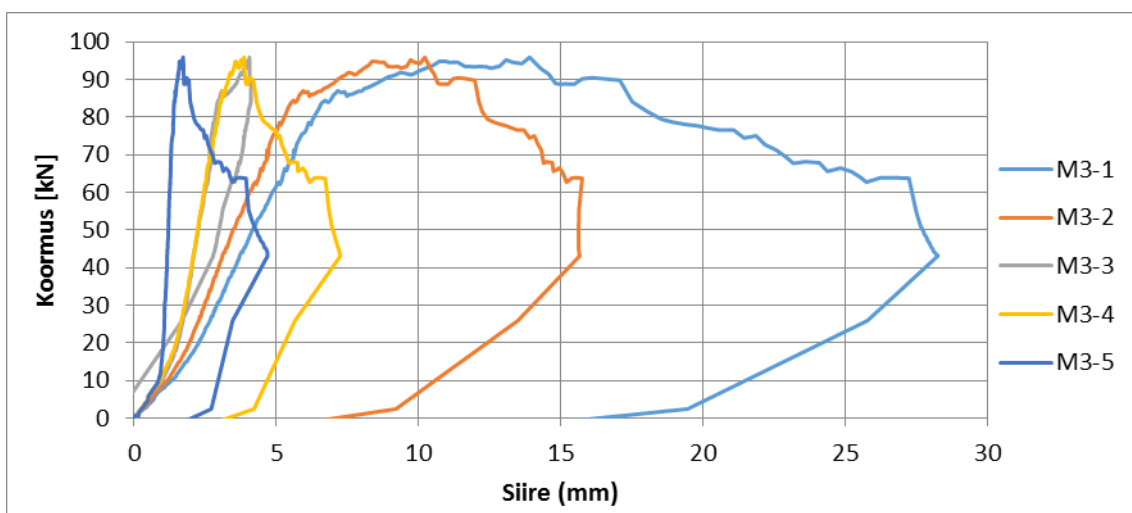
Joonis L2.47. Katsekeha K8-3 koormamine ajas



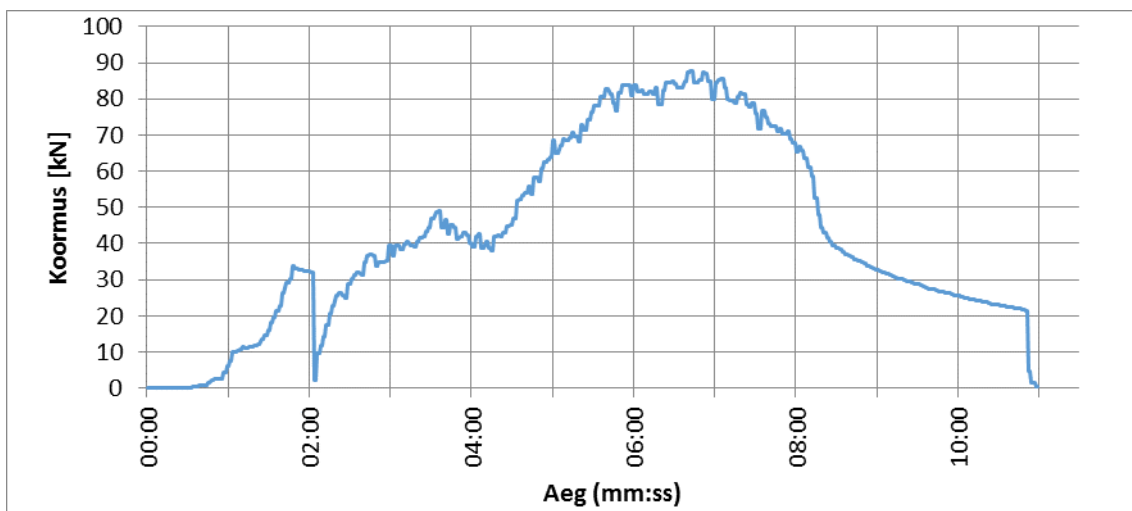
Joonis L2.48. Katsekeha K8-3 kesktelje siirded



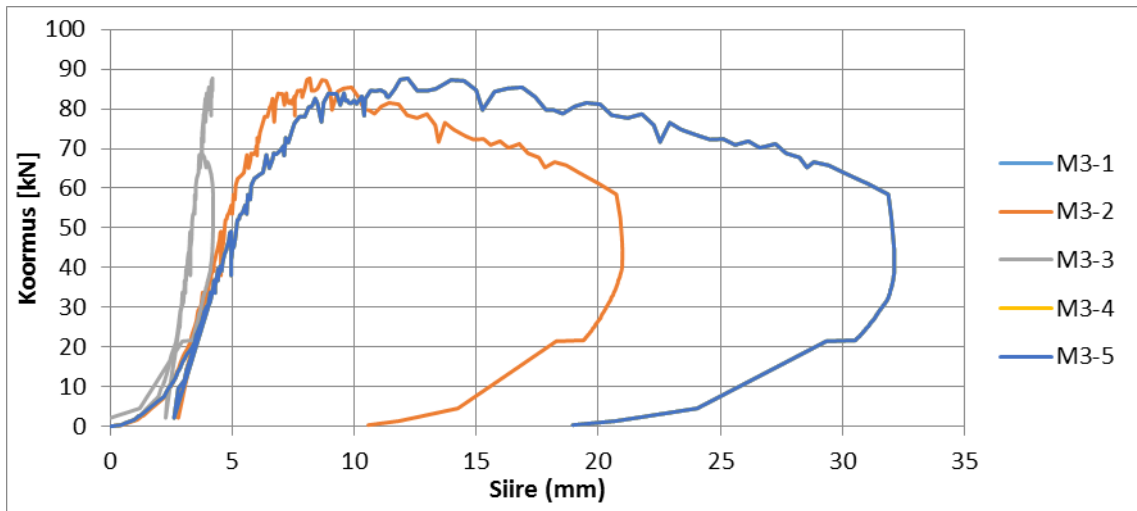
Joonis L2.49. Katsekeha K9-1 koormamine ajas



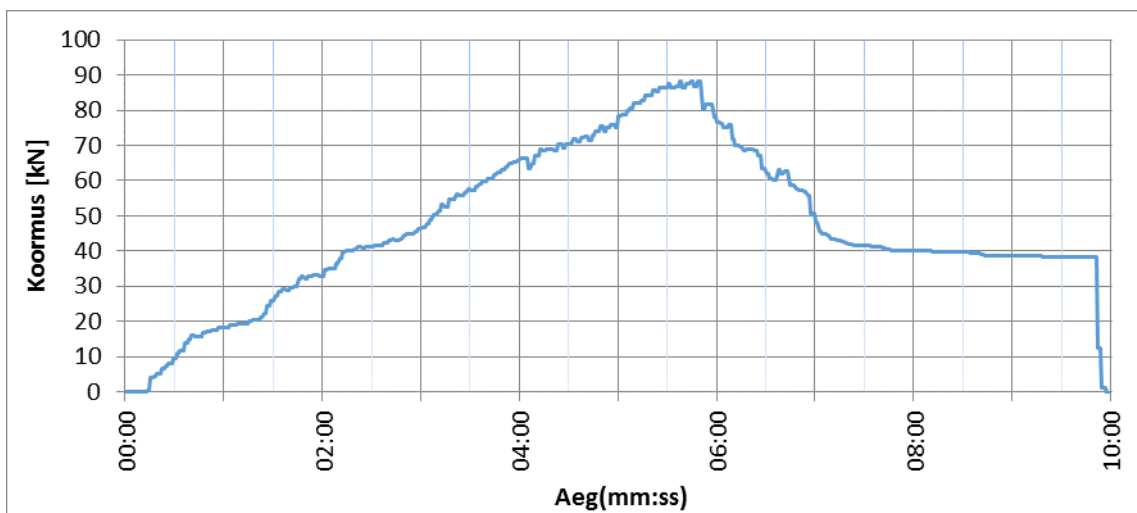
Joonis L2.50. Katsekeha K9-1 kesktelje siirded



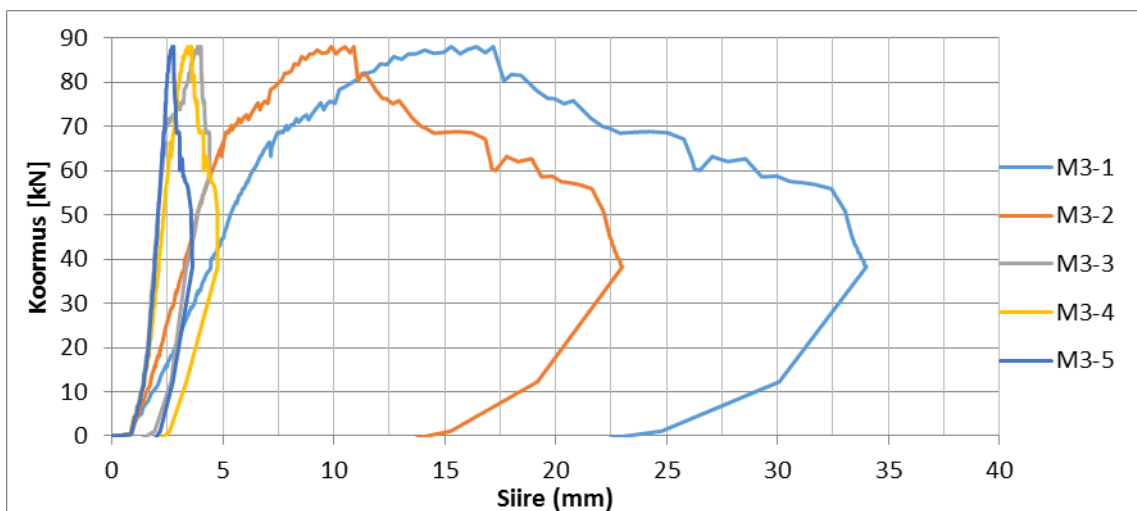
Joonis L2.51. Katsekeha K9-2 koormamine ajas



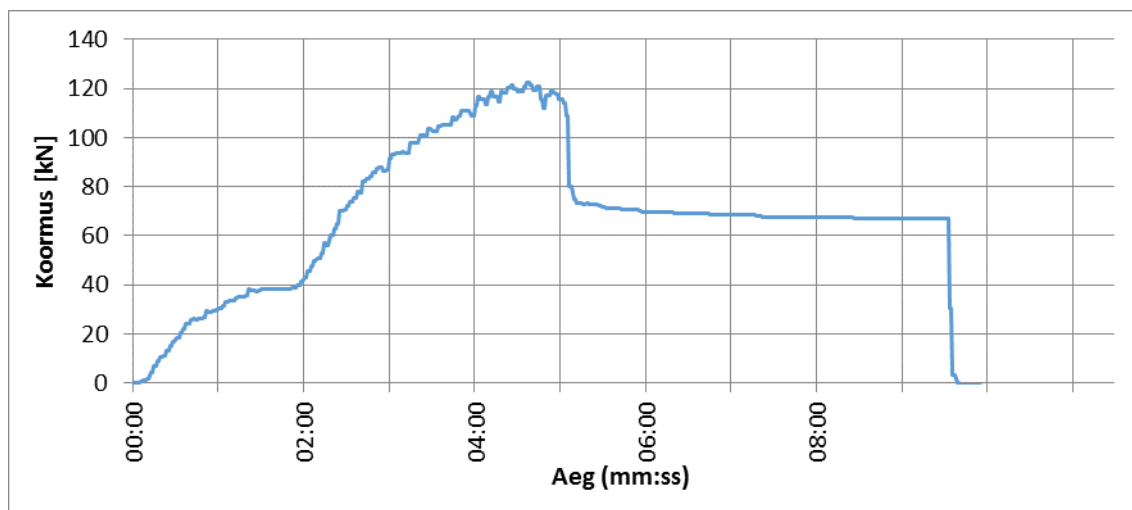
Joonis L2.52. Katsekeha K9-2 kesktelje siirded



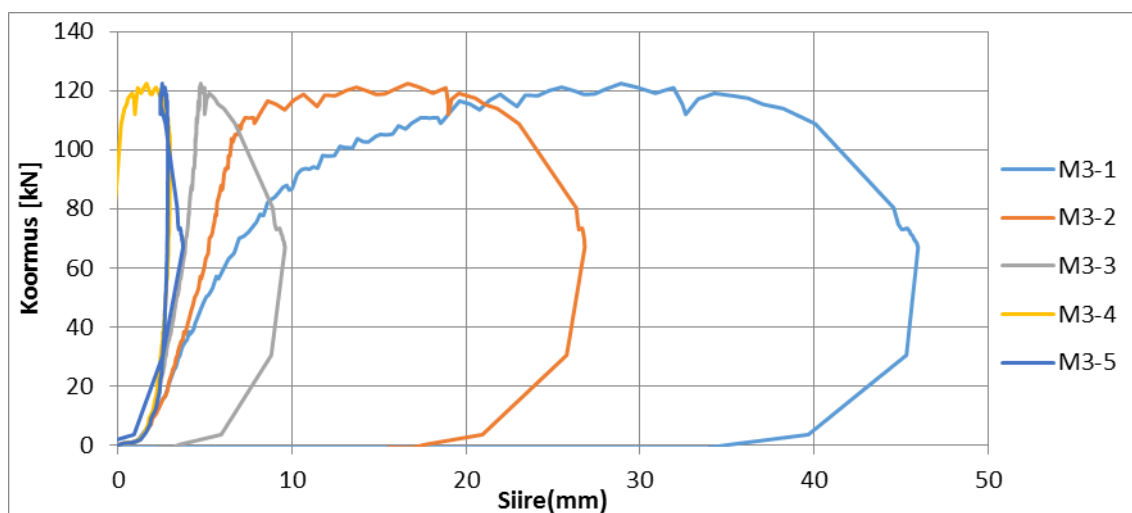
Joonis L2.53. Katsekeha K9-3 koormamine ajas



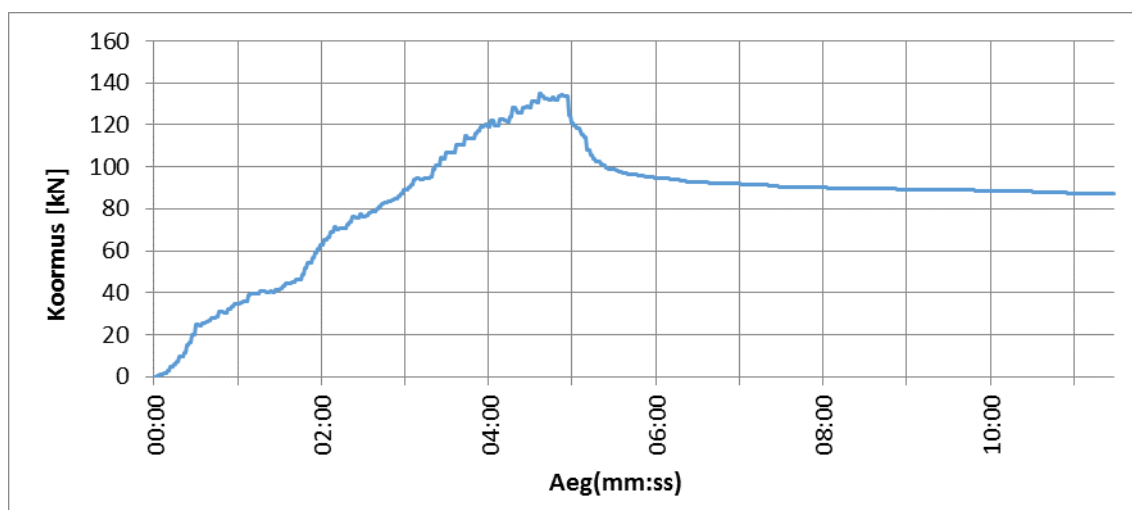
Joonis L2.54. Katsekeha K9-3 kesktelje siirded



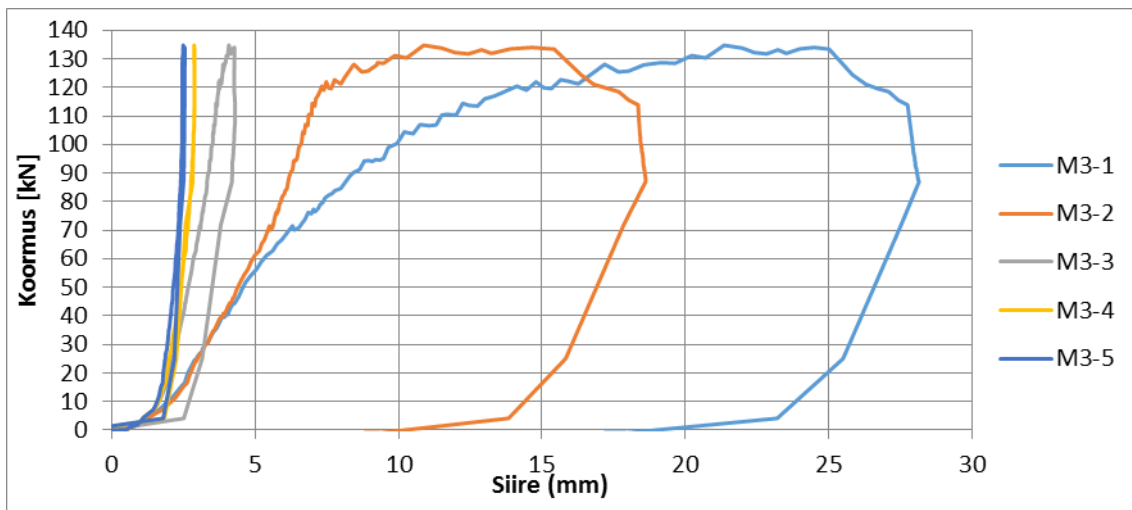
Joonis L2.55. Katsekeha K10-1 koormamine ajas



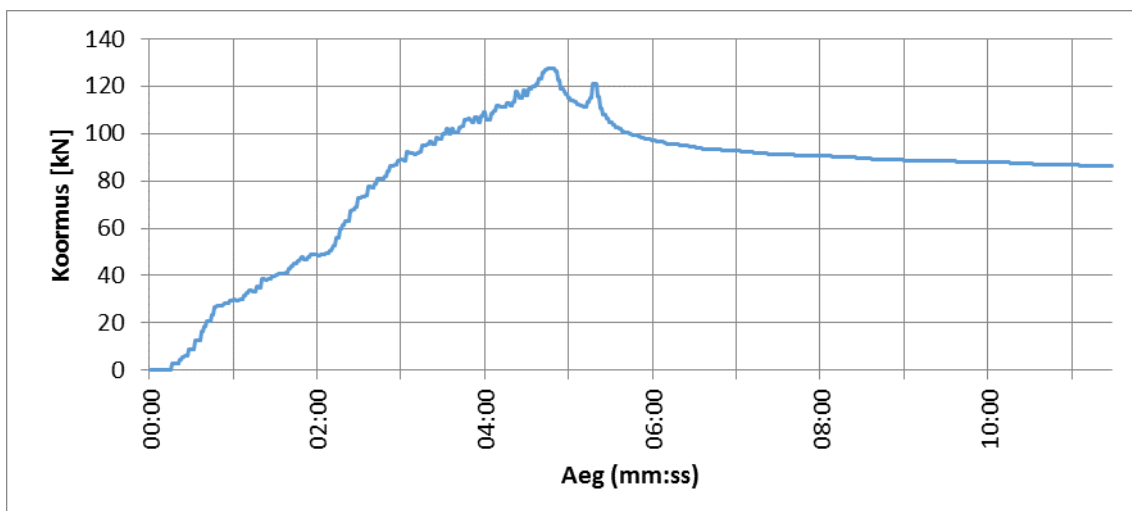
Joonis L2.56. Katsekeha K10-1 kesktelje siirded



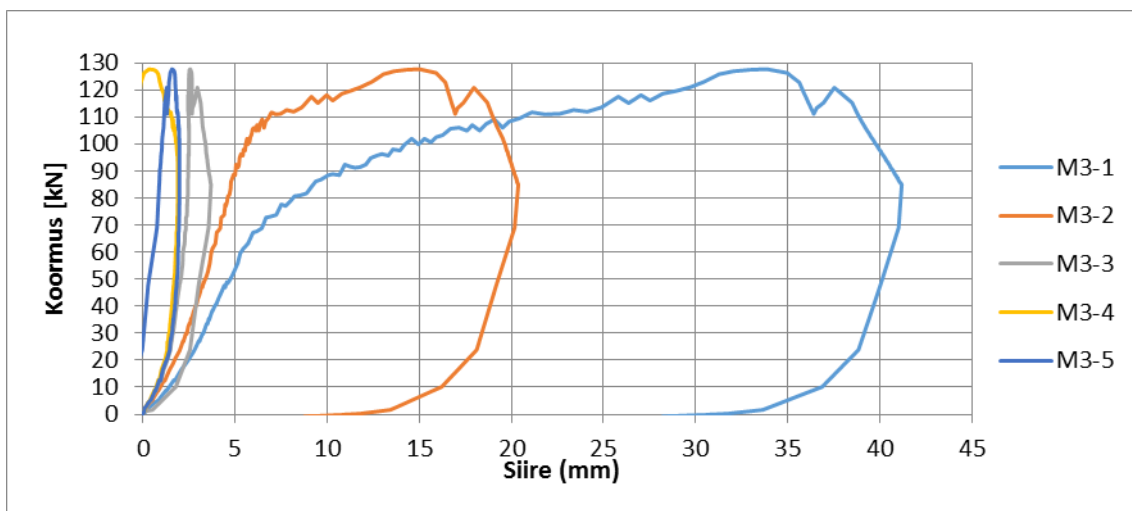
Joonis L2.57. Katsekeha K10-2 koormamine ajas



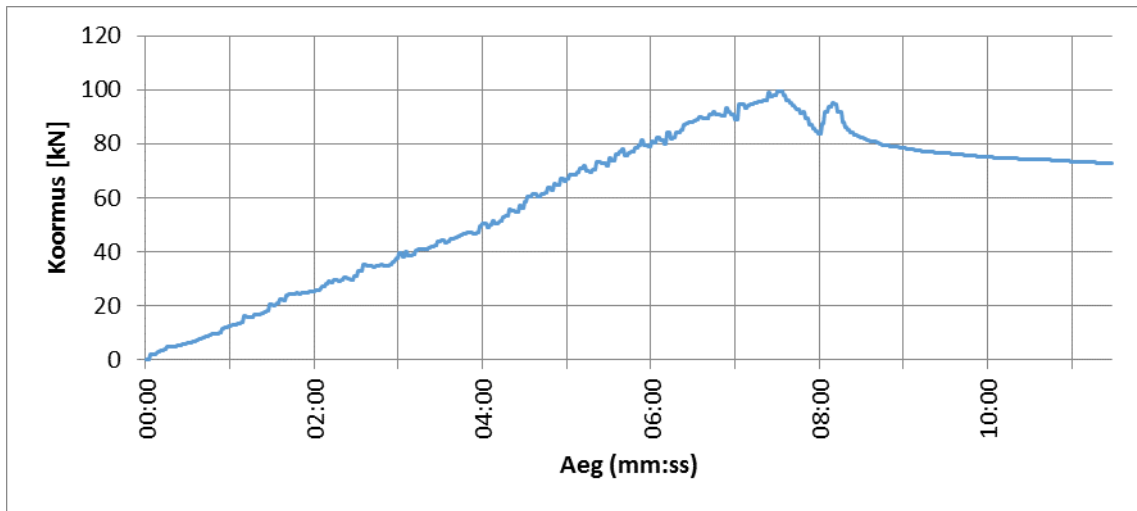
Joonis L2.58. Katsekeha K10-2 kesktelje siirded



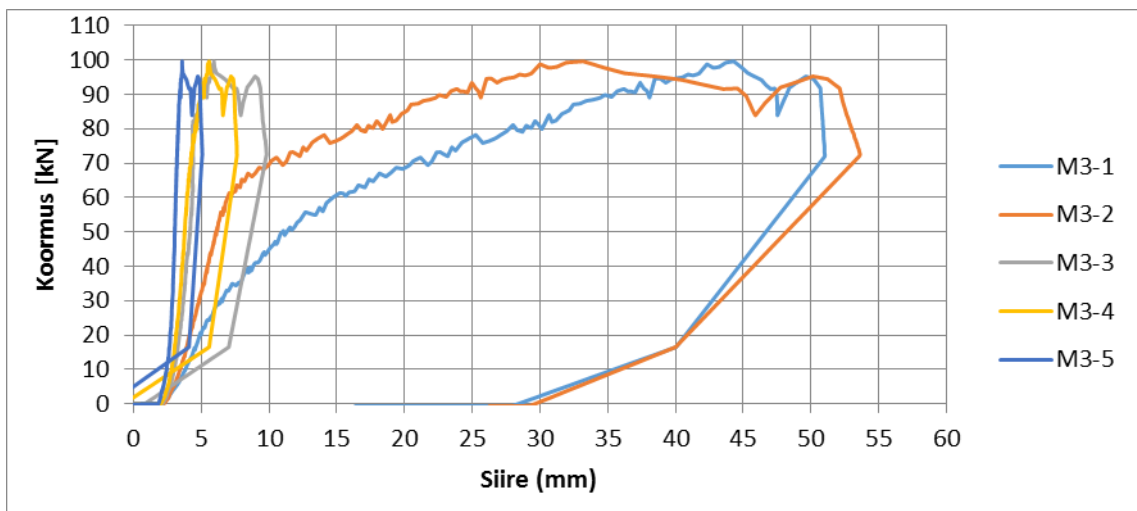
Joonis L2.59. Katsekeha K10-3 koormamine ajas



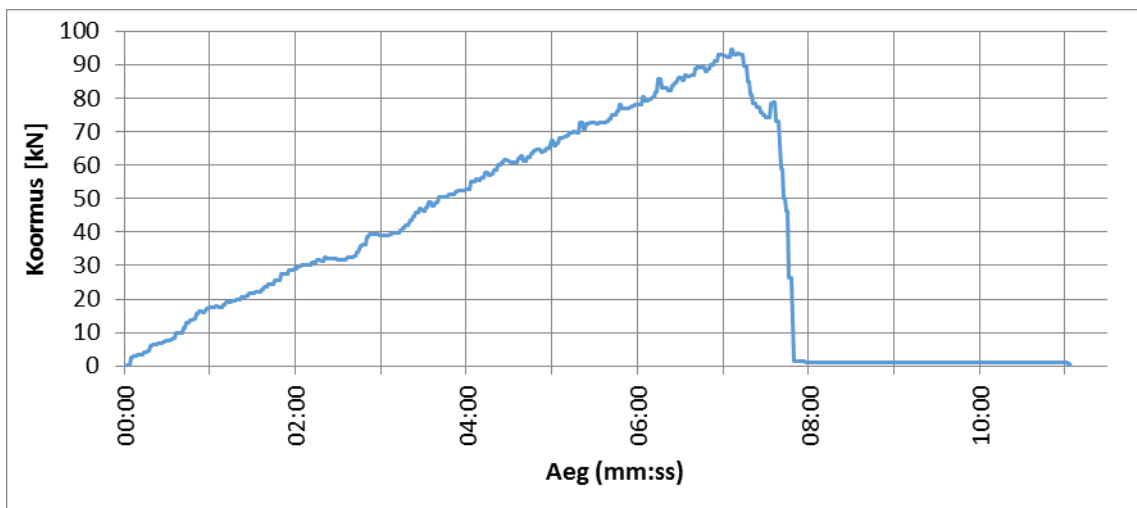
Joonis L2.60. Katsekeha K10-3 kesktelje siirded



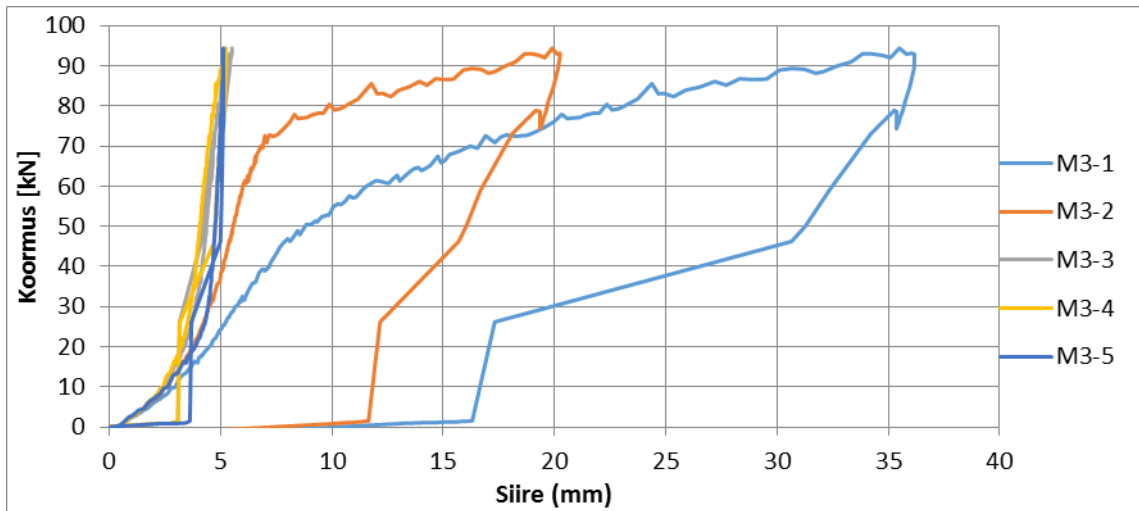
Joonis L2.61. Katsekeha K11-1 koormamine ajas



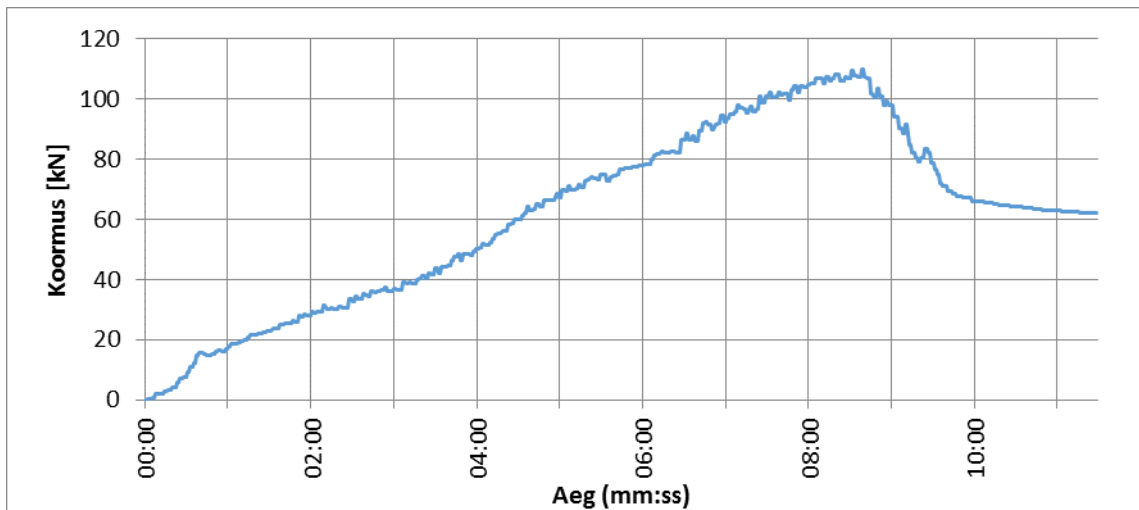
Joonis L2.62. Katsekeha K11-1 kesktelje siirded



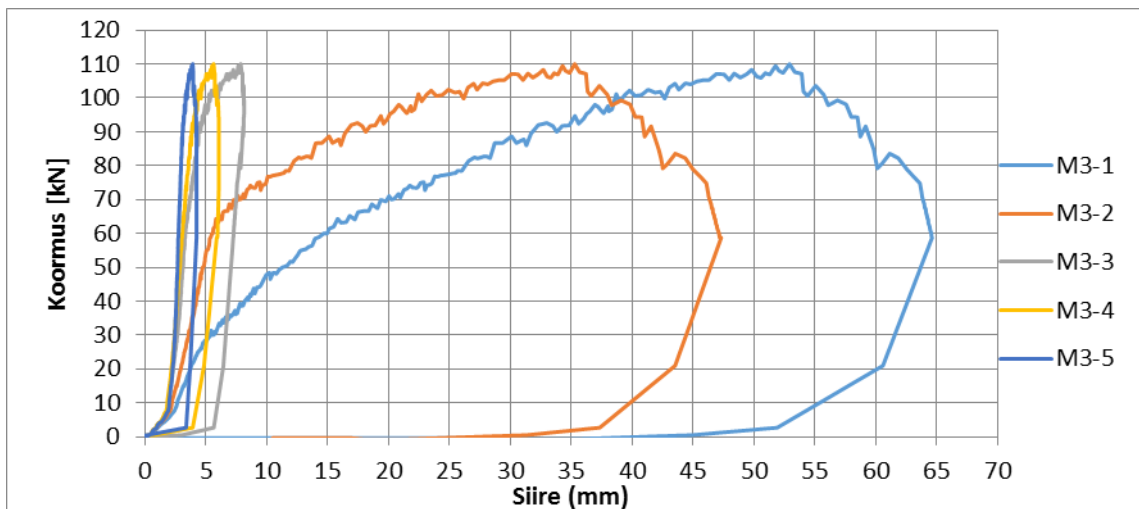
Joonis L2.63. Katsekeha K11-2 koormamine ajas



Joonis L2.64. Katsekeha K11-2 kesktelje siirded

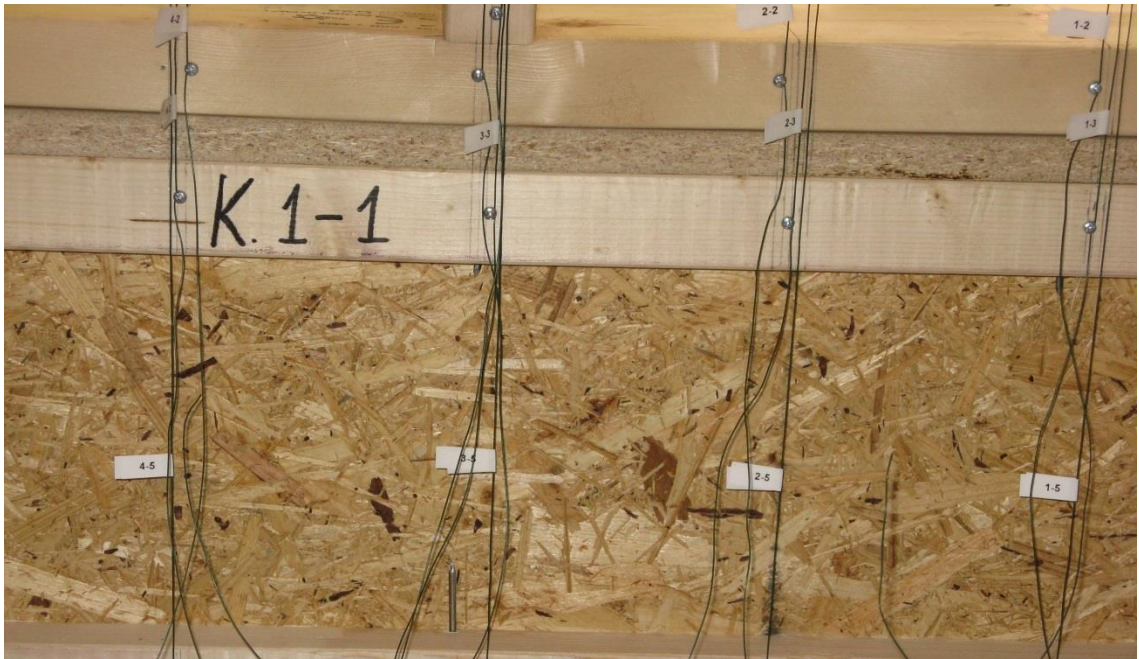


Joonis L2.65. Katsekeha K11-3 koormamine ajas



Joonis L2.66. Katsekeha K11-3 kesktelje siirded

Lisa 3. Katsekehade pildid katsete lõpus



Joonis L3.1. Katsekeha K1-1 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.2. Katsekeha K1-1 pealt küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.3. Katsekeha K1-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto.M. J. Miljan)



Joonis L3.4. Katsekeha K1-2 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.5. Katsekeha K1-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.6. Katsekeha K1-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.7. Katsekeha K1-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.8. Katsekeha K1-3 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



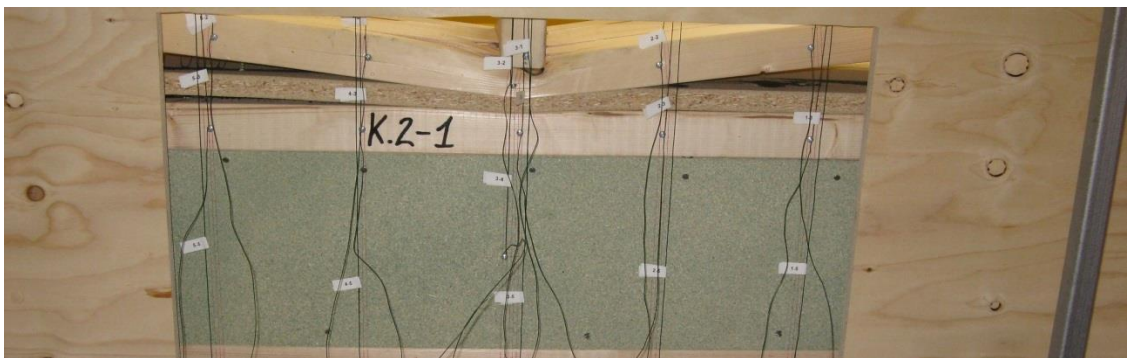
Joonis L3.9. Katsekeha K1-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.10. Katsekeha K1-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.11. Katsekeha K2-1 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.12. Katsekeha K2-1 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



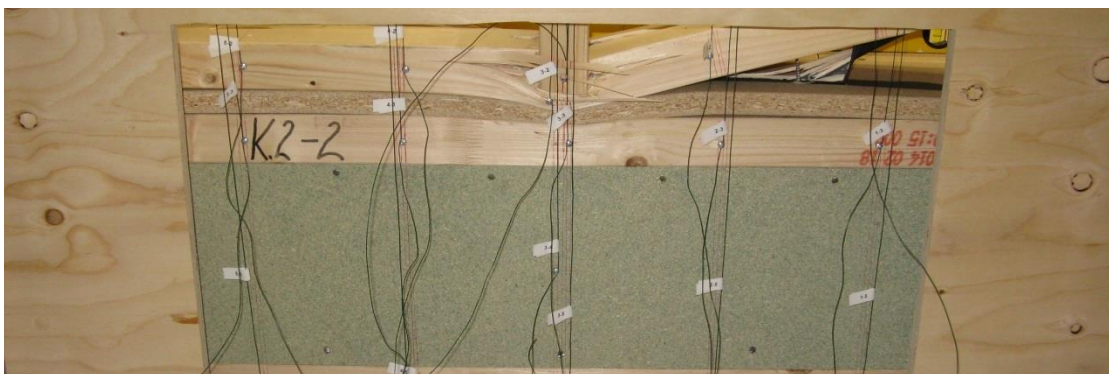
Joonis L3.13. Katsekeha K2-1 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.14. Katsekeha K2-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.15. Katsekeha K2-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.16. Katsekeha K2-2 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



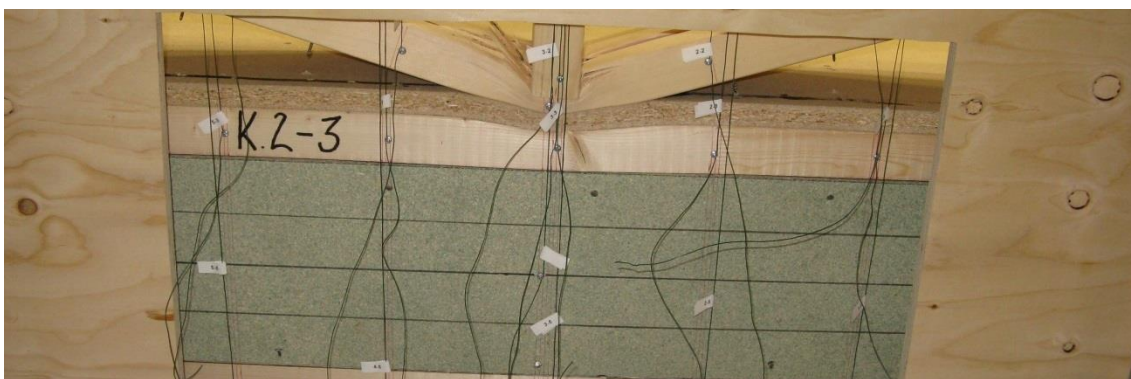
Joonis L3.17. Katsekeha K2-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.18. Katsekeha K2-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.19. Katsekeha K2-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto.M. J. Miljan)



Joonis L3.20. Katsekeha K2-3 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



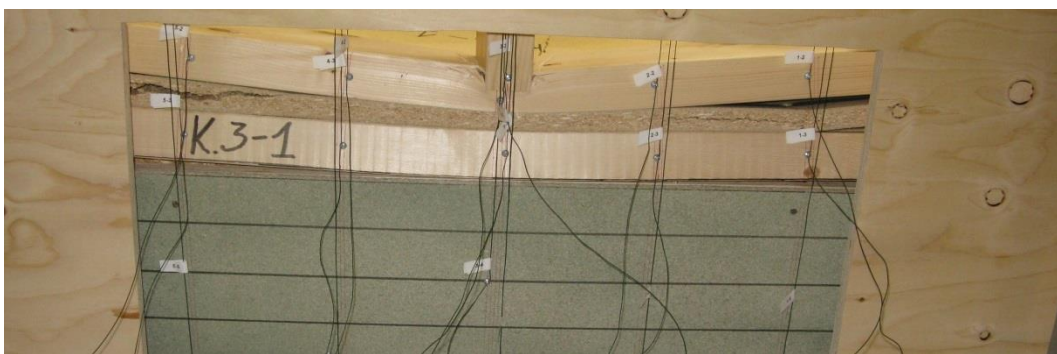
Joonis L3.21. Katsekeha K2-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.22. Katsekeha K2-3 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.23. Katsekeha K3-1 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.24. Katsekeha K3-1 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.25. Katsekeha K3-1 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.26. Katsekeha K3-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (fotot. M. J. Miljan)



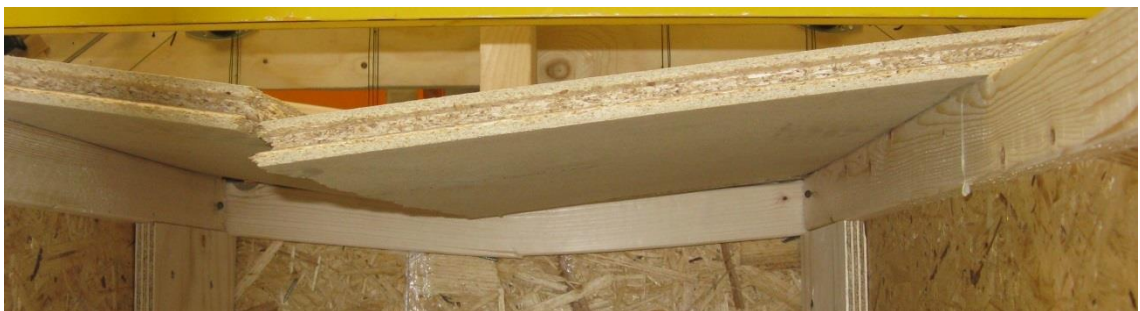
Joonis L3.27. Katsekeha K3-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.28. Katsekeha K3-2 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



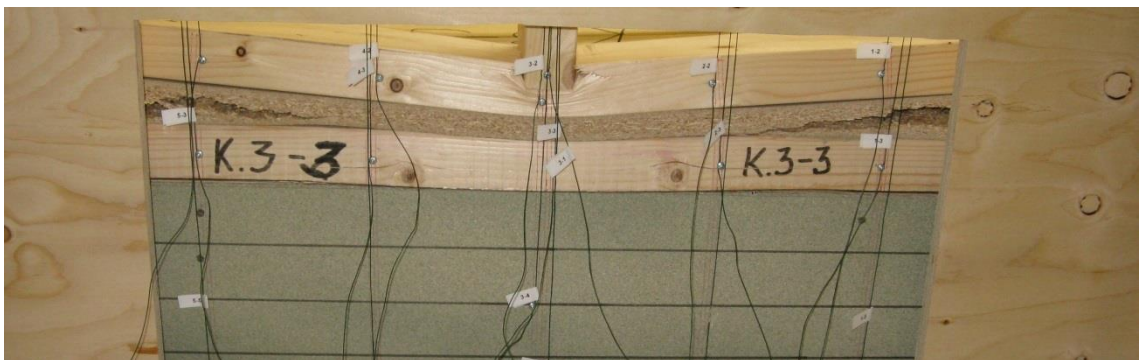
Joonis L3.29. Katsekeha K3-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.30. Katsekeha K3-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.31. Katsekeha K3-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.32. Katsekeha K3-3 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



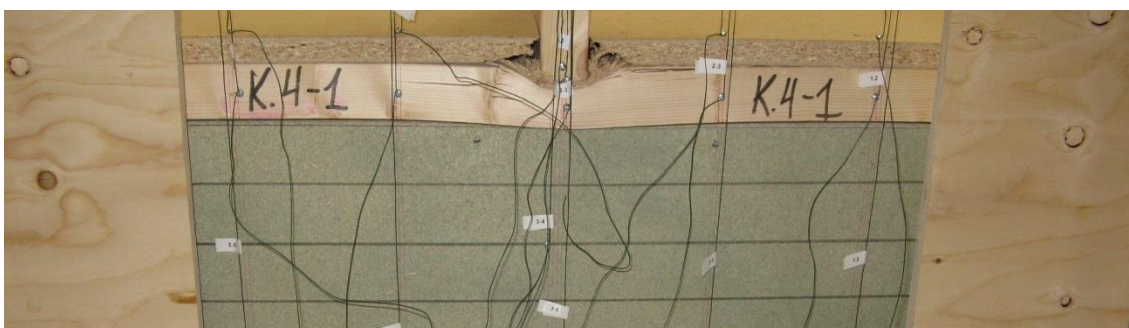
Joonis L3.33. Katsekeha K3-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.34. Katsekeha K3-3 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.35. Katsekeha K4-1 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.36. Katsekeha K4-1 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



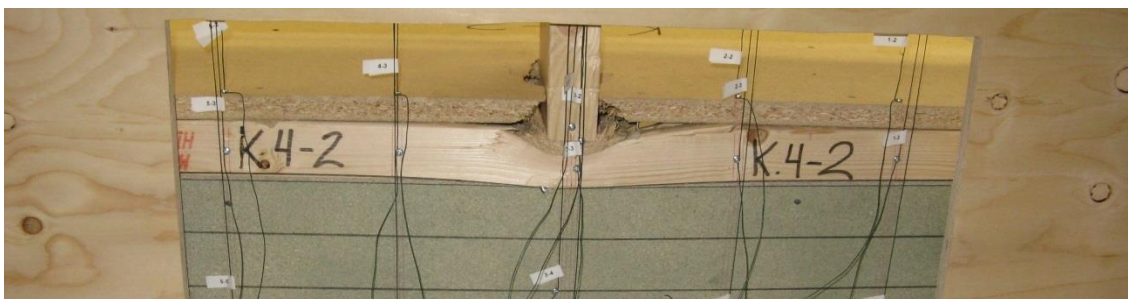
Joonis L3.37. Katsekeha K4-1 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.38. Katsekeha K4-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (fotot. M. J. Miljan)



Joonis L3.39. Katsekeha K4-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.40. Katsekeha K4-2 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



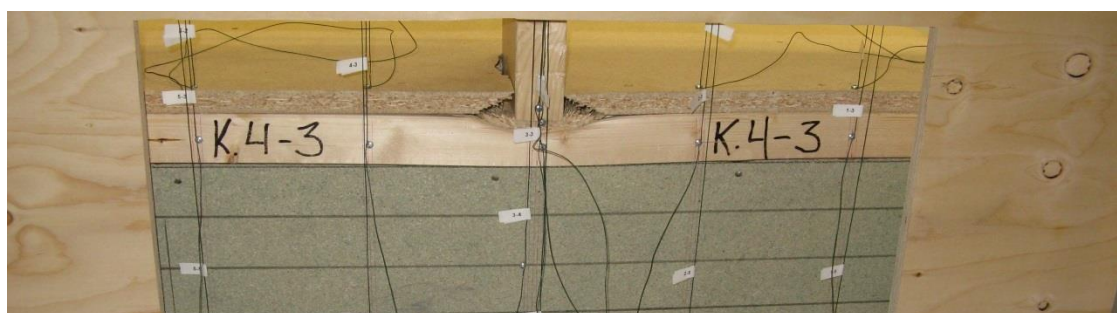
Joonis L3.41. Katsekeha K4-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.42. Katsekeha K4-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.43. Katsekeha K4-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.44. Katsekeha K4-2 3v aade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.45. Katsekeha K4-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.46. Katsekeha K4-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.47. Katsekeha K5-1 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M.-J. Miljan)



Joonis L3.48. Katsekeha K5-1 vaade eest katse lõpus. (foto. M.-J. Miljan)



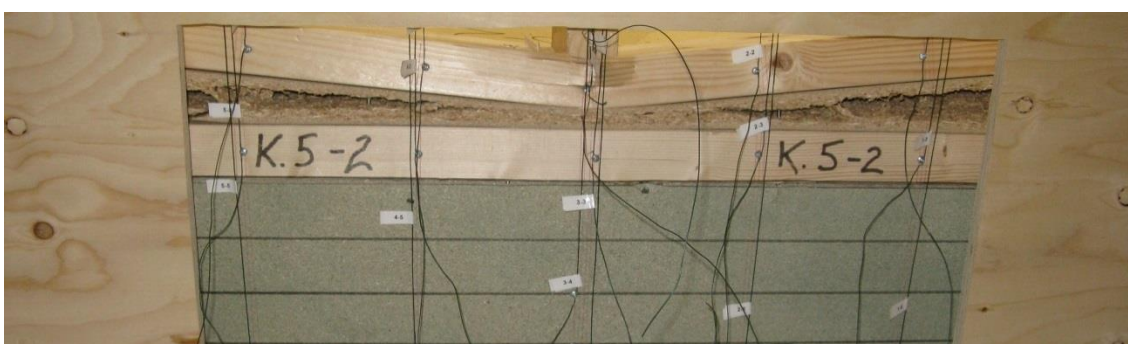
Joonis L3.49. Katsekeha K5-1 vaade tagant/ ülevalt katselõpus.(foto. M.-J. Miljan)



Joonis L3.50. Katsekeha K5-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M.-J. Miljan)



Joonis L3.51. Katsekeha K5-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.52. Katsekeha K5-2 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.53. Katsekeha K5-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.54. Katsekeha K5-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.55. Katsekeha K5-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.56. Katsekeha K5-3 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



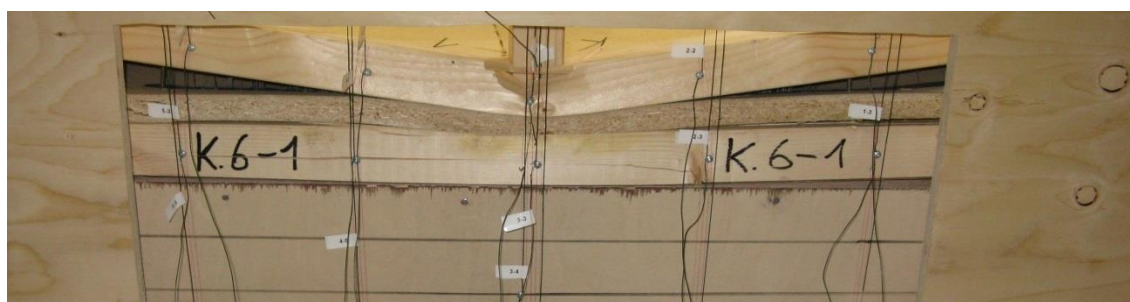
Joonis L3.57. Katsekeha K5-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



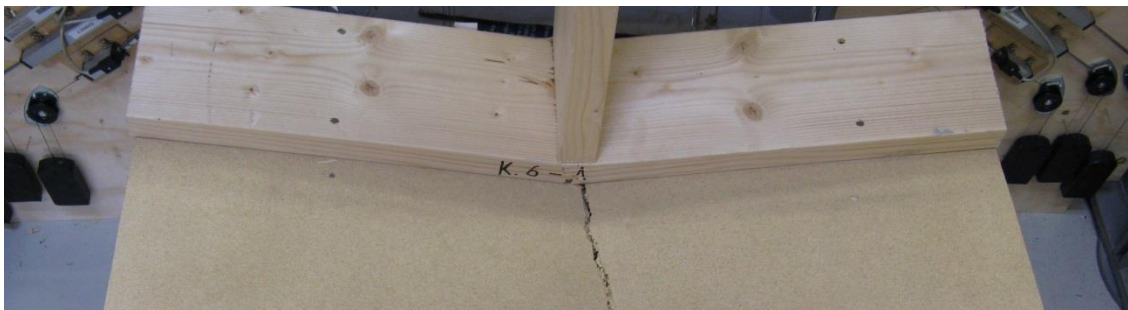
Joonis L3.58. Katsekeha K5-3 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.59. Katsekeha K6-1 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.60. Katsekeha K6-1 vaade eest katse lõpus. (foto.M. J. Miljan)



Joonis L3.61. Katsekeha K6-1 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.62. Katsekeha K6-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.63. Katsekeha K6-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.64. Katsekeha K6-2 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.65. Katsekeha K6-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.66. Katsekeha K6-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.67. Katsekeha K6-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.68. Katsekeha K6-3 vaade eest katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.69. Katsekeha K6-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.70. Katsekeha K6-3 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.71. Katsekeha K7-1 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.72. Katsekeha K7-1 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.73. Katsekeha K7-1 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



Joonis L3.74. Katsekeha K7-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.75. Katsekeha K7-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.76. Katsekeha K7-2 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



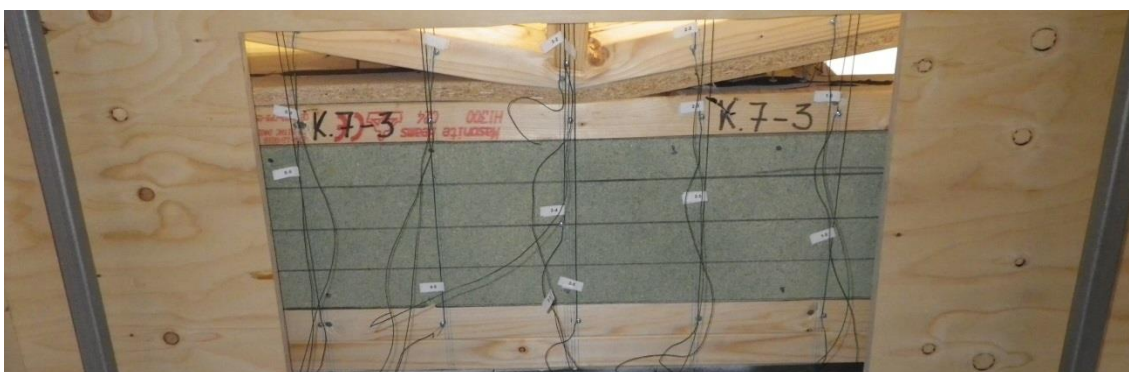
Joonis L3.77. Katsekeha K7-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



Joonis L3.78. Katsekeha K7-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.79. Katsekeha K7-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.80. Katsekeha K7-3 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



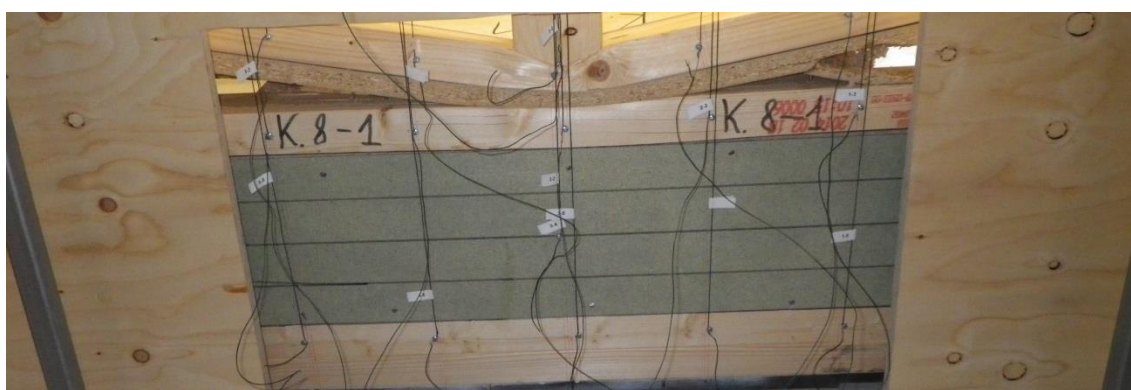
Joonis L3.81. Katsekeha K7-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



Joonis L3.82. Katsekeha K7-3 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.83. Katsekeha K8-1 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.84. Katsekeha K8-1 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



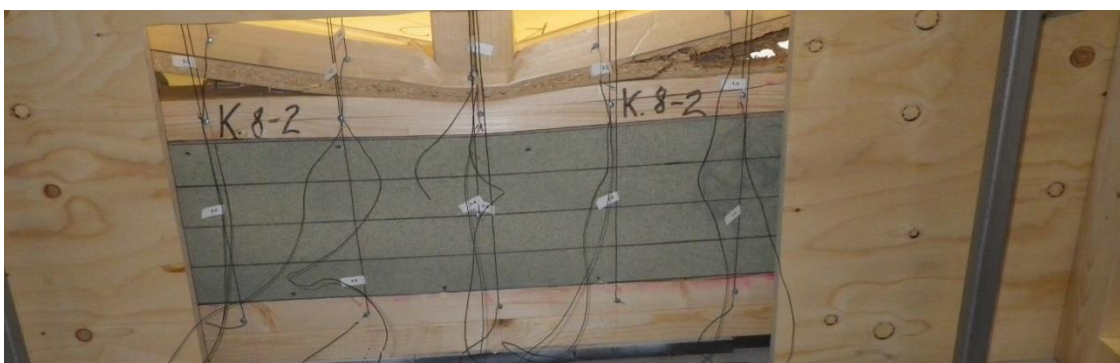
Joonis L3.85. Katsekeha K8-1 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



Joonis L3.86. Katsekeha K8-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.87. Katsekeha K8-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.88. Katsekeha K8-2 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



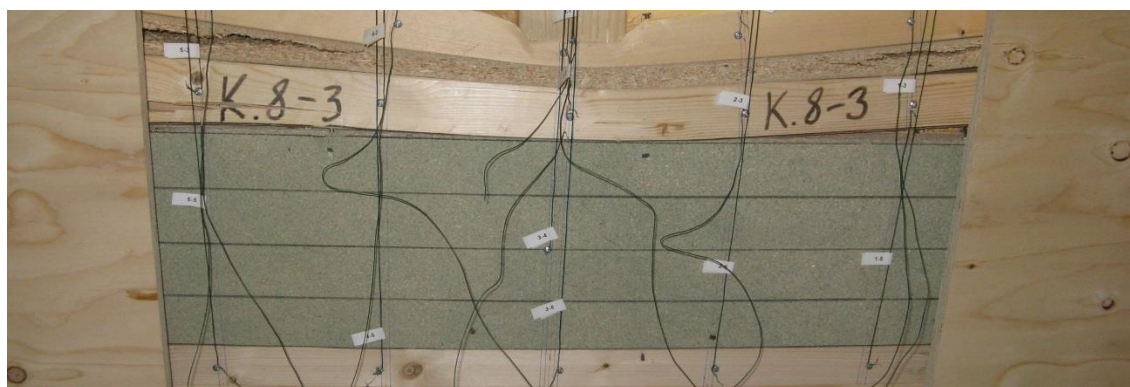
Joonis L3.89. Katsekeha K8-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



Joonis L3.90. Katsekeha K8-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.91. Katsekeha K8-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.92. Katsekeha K8-3 vaade eest katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.93. Katsekeha K8-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.94. Katsekeha K8-3 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.95. Katsekeha K9-1 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.96. Katsekeha K9-1 vaade eest katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



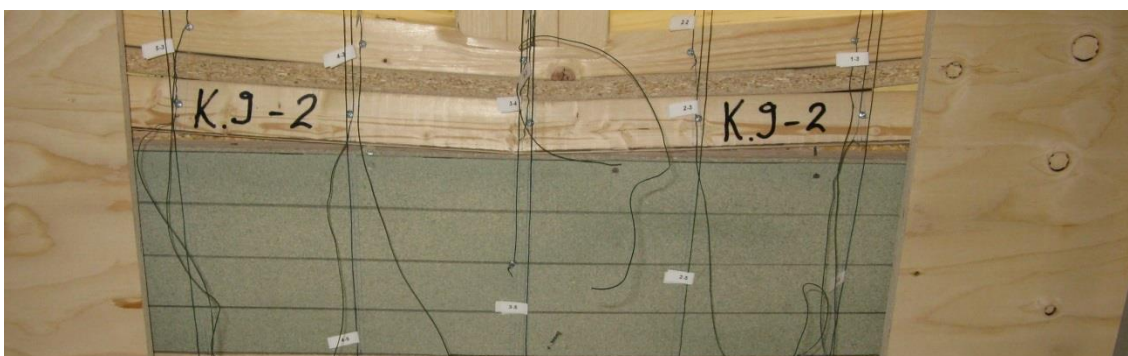
Joonis L3.97. Katsekeha K9-1 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.98. Katsekeha K9-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



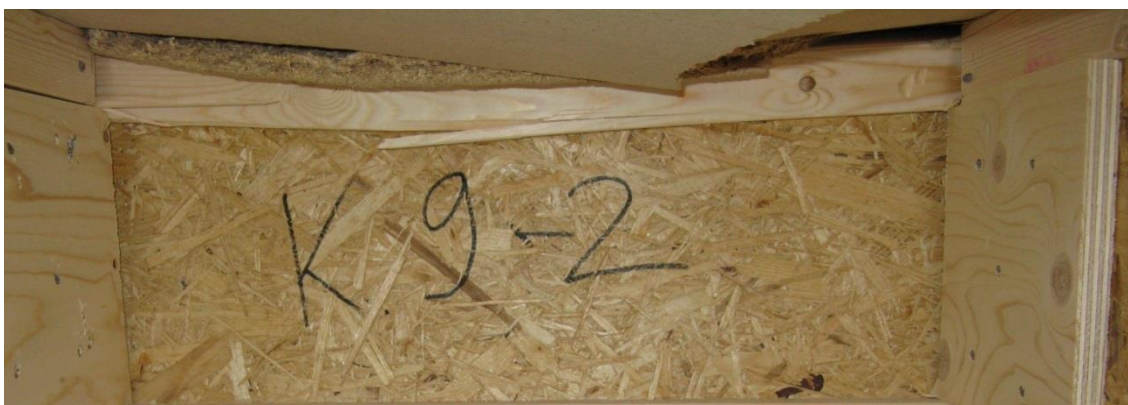
Joonis L3.99. Katsekeha K9-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.100. Katsekeha K9-2 vaade eest katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.101. Katsekeha K9-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



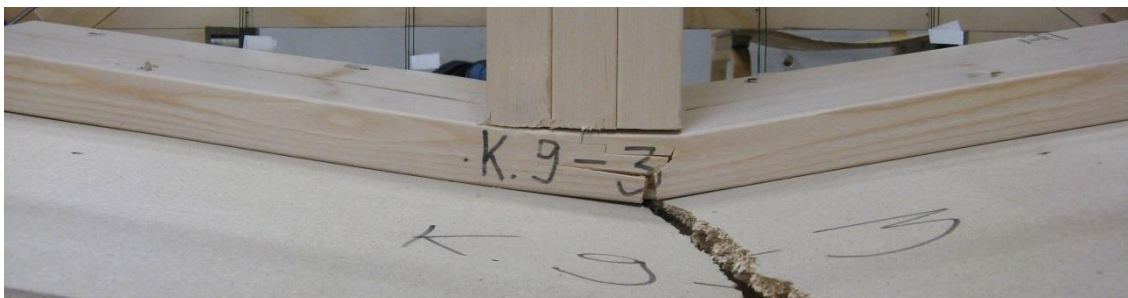
Joonis L3.102. Katsekeha K9-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.103. Katsekeha K9-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.104. Katsekeha K9-3 vaade eest katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



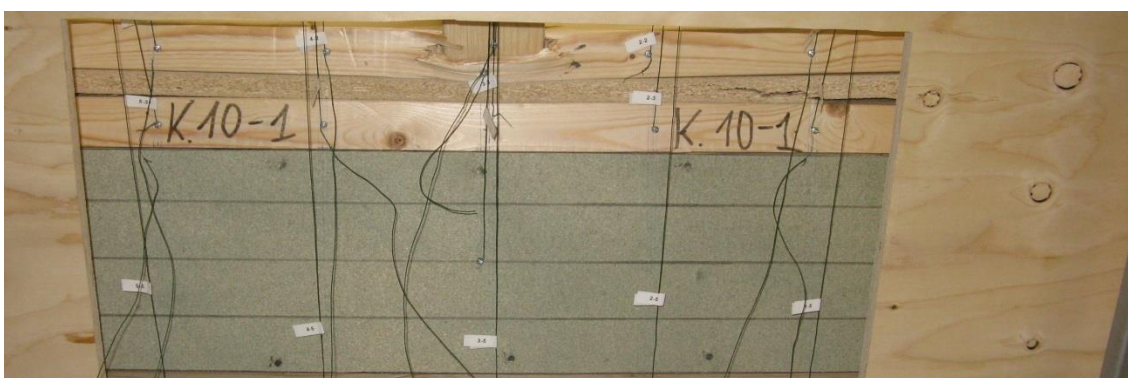
Joonis L3.105. Katsekeha K9-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



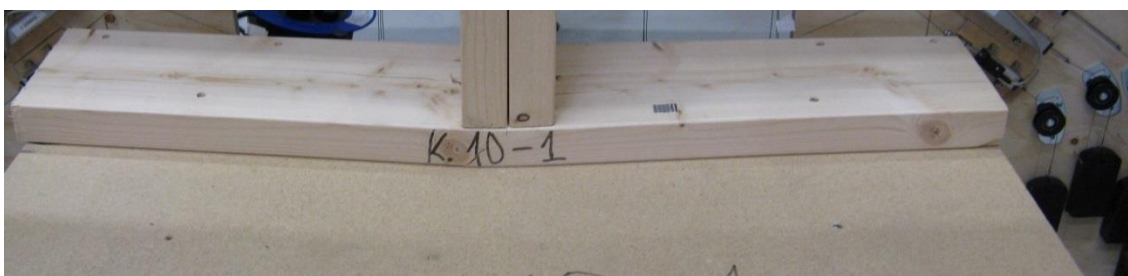
Joonis L3.106. Katsekeha K9-3 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.107. Katsekeha K10-1 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.108. Katsekeha K10-1 vaade eest katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



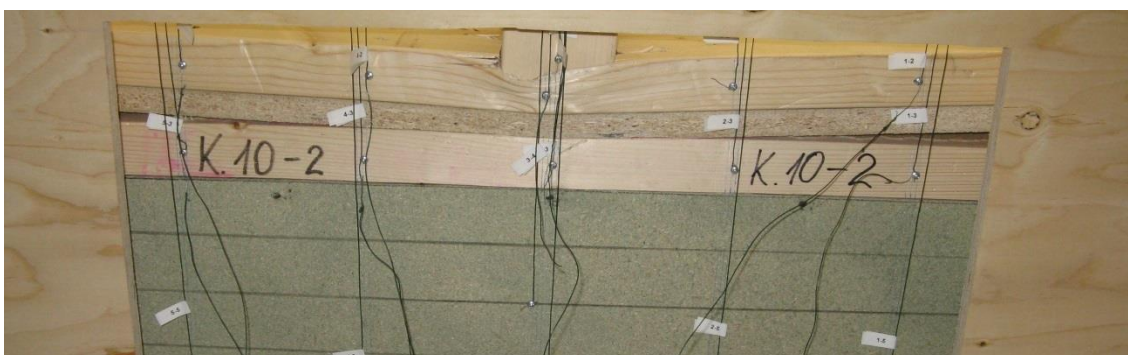
Joonis L3.109. Katsekeha K10-1 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



Joonis L3.110. Katsekeha K10-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto. M. J. Miljan)



Joonis L3.111. Katsekeha K10-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.112. Katsekeha K10-2 vaade eest katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.113. Katsekeha K10-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



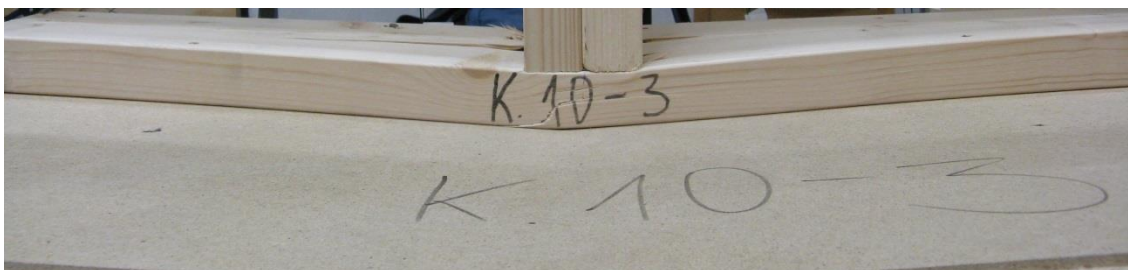
Joonis L3.114. Katsekeha K10-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.115. Katsekeha K10-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.116. Katsekeha K10-3 vaade eest katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.117. Katsekeha K10-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.118. Katsekeha K10-3 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.119. Katsekeha K11-1 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



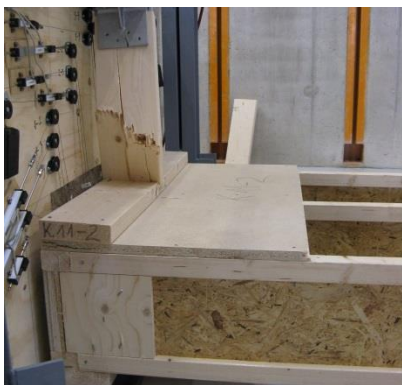
Joonis L3.120. Katsekeha K11-1 vaade eest katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



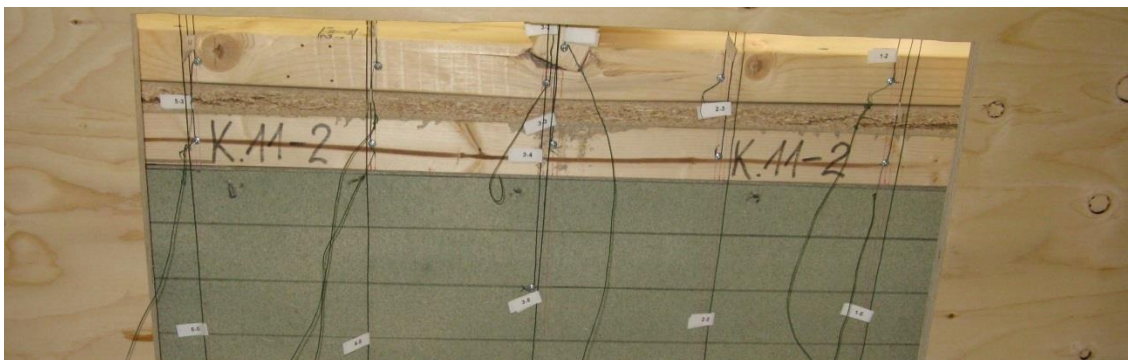
Joonis L3.121. Katsekeha K11-1 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



Joonis L3.122. Katsekeha K11-1 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.123. Katsekeha K11-2 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.124. Katsekeha K11-2 vaade eest katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.125. Katsekeha K11-2 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



Joonis L3.126. Katsekeha K11-2 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.127. Katsekeha K11-3 vaade küljelt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.128. Katsekeha K11-3 vaade eest katse lõpus. (foto M. J. Miljan)



Joonis L3.129. Katsekeha K11-3 vaade tagant/ ülevalt katse lõpus. (foto . M. J. Miljan)



Joonis L3.130. Katsekeha K11-3 vaade tagant/alt katse lõpus. (foto M. J. Miljan)

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Aivo Jõgiaas
(sünnipäev 31.01.1977 ik: 37701312715)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Puidust I-taladest põrandapaneeli servatalade siirded seinte all. mille juhendaja on Martti-Jaan Miljan,
 - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
 - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
 - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 1.06.2015

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)