

New European Bauhaus Academy

Ehitus- ja lammutusjäätmed
kui ringlusse võetav materjal

Simo Ilomets/TalTech



**Circular
Bio-based
Europe**

Joint Undertaking

 Bio-based Industries
Consortium



Co-funded by
the European Union

KLIIMA-
NEUTRAALNE
AASTAKS
2035

**TAL
TECH**

EHITUS- JA LAMMUTUSJÄÄTMED KUI RINGLUSSE VÕETAV MATERJAL

SIMO ILOMETS, PhD, Volitatud ehitusinsener (tase 8.)
Vanemlektor, programmijuht (Hooned ja rajatised)



25.08.2025, EKÜL veebikoolitus

**TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOO**

LINEAARNE VS RINGNE MATERJALIDE KASUTAMINE



Refuse		Make products redundant; either abandon its function or offer the same function with a radically different product
Rethink		Make products' use more intensive (e.g. by sharing product)
Reduce		Increase efficiency in product manufacturing or use by integrating fewer natural resources and materials
Reuse		Reuse by another consumer or discarded products which are still in a as-good-as new condition and fulfills its original
Repair		Repair and maintenance of defective products in order to be used with its original function
Refurbish		Restore old products and bring them up to date
Remanufacture		Use parts of discarded product in new products with the same functions
Repurpose		Use discarded product or its parts in a new products with different functions
Recycle		Process materials to archive the same (high grade) or lower (low grade) quality
Recover		Incineration of material for energy recovery purposes
Waste		Disposal

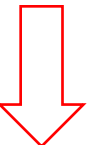


Figure 2 The Circular Economy hierarchy, developed from Kirchherr et al. (2017)

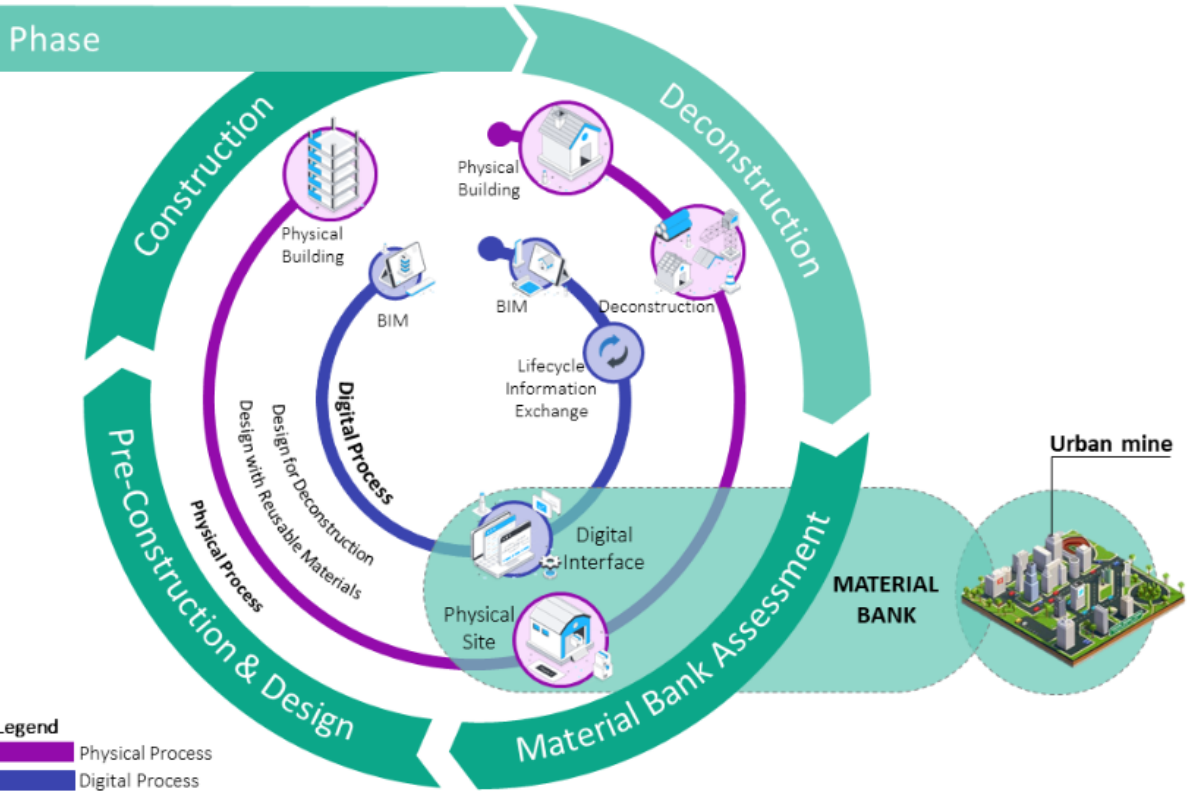


Figure 3. Material banks interact with the parallel worlds of digital and physical workflows

SEADUSANDLUS SENINE CPR 305/2011 (SUJUV ÜLEMINEK)

- Euroopa parlamendi ja nõukogu määrus nr 305/2011 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0305&qid=1708959290993>):

punktid 34-39

- (34) Et vältida selliste ehitustoodete tarbetut katsetamist, mille toimivust on juba piisavalt tõestatud katsete stabiilsete tulemuste või muude olemasolevate andmete alusel, tuleks tootjatel lubada ühtlustatud tehnilistes kirjeldustes või komisjoni otsuses sätestatud tingimustel deklareerida teatav toimivustase või -klass ilma katsetamata või ilma täiendavalt katsetamata.
- (39) Individuaalselt projekteeritud ja toodetud ehitustoote puhul tuleks tootjal lubada kasutada toimivuse hindamiseks lihtsustatud menetlusi, kui on võimalik tõestada, et turule lastav toode vastab kohaldatavatele nõuetele.
- (36) Tuleks määratleda tingimused lihtsustatud menetluste kasutamiseks ehitustoodete toimivuse hindamisel, et võimalikult vähendada nende turulelaskmise kulusid, vähendamata seejuures ohutuse taset. Selliseid lihtsustatud menetlusi kasutavad tootjad peaksid nõuetekohaselt näitama, et vastavad tingimused on täidetud.

UUS CPR 2024/3110 (ISESEISVAKS LUGEMISEKS)

- **„kasutatud toode“** – toode, mis ei ole jäätmed või mida ei käsitata enam jäätmetena direktiivi 2008/98/EÜ kohaselt, mis on vähemalt ühel korral paigaldatud ehitisse ning mis:
 - a. ei ole läbinud protsessi, mis läheb kaugemale kontrollimise, puhastamise või parandamisega seotud taastamistoimingust, millega valmistatakse toode või tootekomponendid ette kasutamiseks selliselt, et neid on võimalik korduskasutada ehituses ilma muu eeltöötluseta, või
 - b. on ümber töödeldud viisil, mis läheb kaugemale kontrollimise, puhastamise või parandamisega seotud taastamistoimingust, mis on toote toimivuse seisukohast ebaoluline vastavalt kohaldatavale ühtlustatud tehnilisele spetsifikatsioonile;
- **„taastoodetud toode“** – toode, mis ei ole jäätmed või mida ei käsitata enam jäätmena direktiivi 2008/98/EÜ kohaselt, mis on vähemalt ühel korral paigaldatud ehitisse ning mis on ümber töödeldud viisil, mis ei piirdu vaid kontrollimise, puhastamise ja parandamisega seotud taastamistoiminguga, mis on toote toimivuse seisukohast olulised vastavalt kohaldatavale ühtlustatud tehnilisele spetsifikatsioonile;
- **„ringlussevõtt“** – ringlussevõtt direktiivi 2008/98/EÜ artikli 3 punktis 17 määratletud tähenduses (taaskasutamistoiming, mille käigus jäätmematerjalid töödeldakse toodeteks, materjalideks või aineteks kasutamiseks nende esialgsel või mõnel muul eesmärgil. See hõlmab orgaaniliste ainete töötlemist, kuid ei hõlma energiakasutust ja töötlemist materjalideks, mida kasutatakse kütustena või kaeveõõnete täitmiseks);
- **„ringlussevõetavus“** – võime materjali või toodet tulemuslikult ja tõhusalt eraldada, koguda, sortida ja koondada kindlaksmääratud jäätmevoogudeks, et võtta see ringlusse teise toormena, minimeerides samal ajal kvaliteedi või funktsionaalsuse kadu asjaomase esmase toormega võrreldes;

UUS CPR 2024/3110

- **Kasutatud toode/taastoodetud toode on võrdsustatud uue tootega.**
S.t. kasutatud toote kasutamine ja turustamine EÜ riikides allub samadele reeglitele.
- Toodete kasutusjuhendisse on lisatud „Soovitused toote ringlussevõtuks”
- Ehitisele (mitte tootele) esitatavas 8’ndas (Loodusvarade säästev kasutamine ehitistes) põhinõudesse on lisandunud:
 - f) tervete ehitiste või nende osade ja nende materjalide korduskasutatavuse või ringlussevõetavuse maksimeerimine pärast demonteerimist või lammutamist;
 - g) lihtne demonteeritavus.

RENOVEERIMIST KAVANDADES...

- Eeltööd, materjalide kaardistamine, renoveerimisvajaduse selgitamine
- Renoveerimiseelse auditi sisutegevused ning ettepanekud paremaks liigiti kogumiseks (eramu, miljöo/muinsus, kortermaja)
- Tekkiva materjali ringse kasutamise võimalused enne lammutustöödega alustamist (liigid, kogused, seisukord, eemaldamine, ladustamine, pildid, müük või endale jms)
- Terve mõistus ning vanade teadmiste-kogemuste ellu äratamine

**TAL
TECH**



RENOVEERIMISEL TEKKIVAD JÄÄTMED TÖÖKULTUURI OSANA



Renoveerimisvajadus

Renoveerimisele eelneva hoone tehnilise seisukorra ning renoveerimisvajaduse hindamine on projekteerija kohustus. Seda kohustust võib osaliselt katta hoone audit või sellele järgnev täiendav (täpsem, põhjalikum, fookusseeritud) kontrolltegevus (nn ekspertiis)

Renoveerimisvajadus võib tuleneda järgmistest tehnilistest aspektidest:

- Hoone **ohutus** (ehituskonstruktsioonide üldine kandevõime, rõdu, varikatused, plahvatus, elekter, alla kukkumine, libisemine vms)
- Hoone suur **energiatarve** (tarindite suur soojusläbivus, õhulekked, külmasillad, tehnosüsteemid)
- Kehv **sisekliima** (õhu- või operatiivne temp., tuuletõmbus, ebapiisav vent., õhu kvaliteet)
- Helipidavus? Loomulik või tehisvalgus?
- Piirdetarindite mittetoimivus tulenevalt **sisekliimakoormustest**
- Piirdetarindite lagunemisprotsessidest **välise** kliimakoormuste toimetel

Eesti elamufondile on iseloomulik renoveerimisvõlg tulenevalt ebapiisavast hooldusest ja õigeaegsest remondist (+mittevastavus kliimale ja tänastele nõuetele / ootustele)

Väline renoveerimisvajadus

*TTÜ ja EstKonsult 2015

*P. Pihelo

- Betooni külmakahjustused
 - Hoone ülanurgad, ülasarv, sokkel, horisontaalpinnad, sein varikatuse liitekohas, akna alumiste nurkade tsoon (hoone ülaosas)
- Paneelivuukide lagunemine
 - suur lokaalne veekoormus (külmakahjustused)
 - paneeli märgumine (terase korrosioon, suur soojusläbivus, seina sisepinna märgumine)
- Soolkahjustused
- Betooni pinna pragunemine
 - Temperatuuri ja niiskusdeformatsioonid, etringiit, mehaanilised vigastused, mahukahanemine
- Paneeli terassidemete või väliskooriku armatuuri korrosioon
 - Väiksem risk väliskooriku eemaldumiseks tep-plaat soojustuse korral
 - Kasutati tavalist roostetavat nn musta terast
- Rõdud, lodzad, rõdude/lodzade piirdepaneelid, varikatused, räästad (ei ole otseselt piirdetarind)

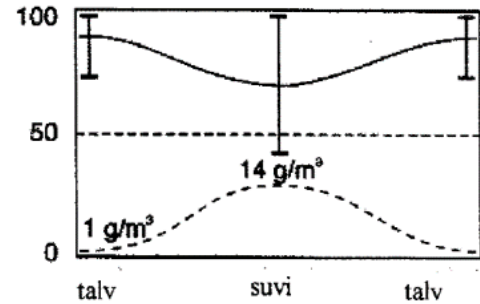


*K. Õiger



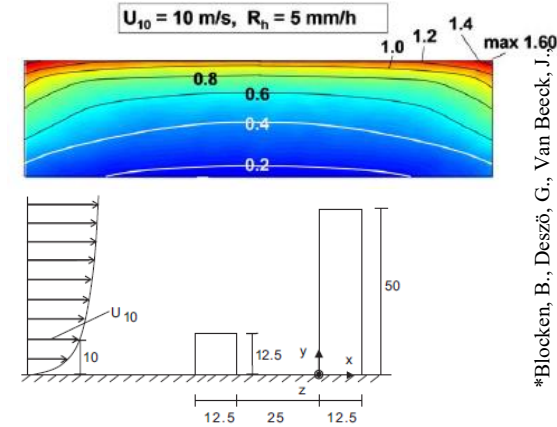
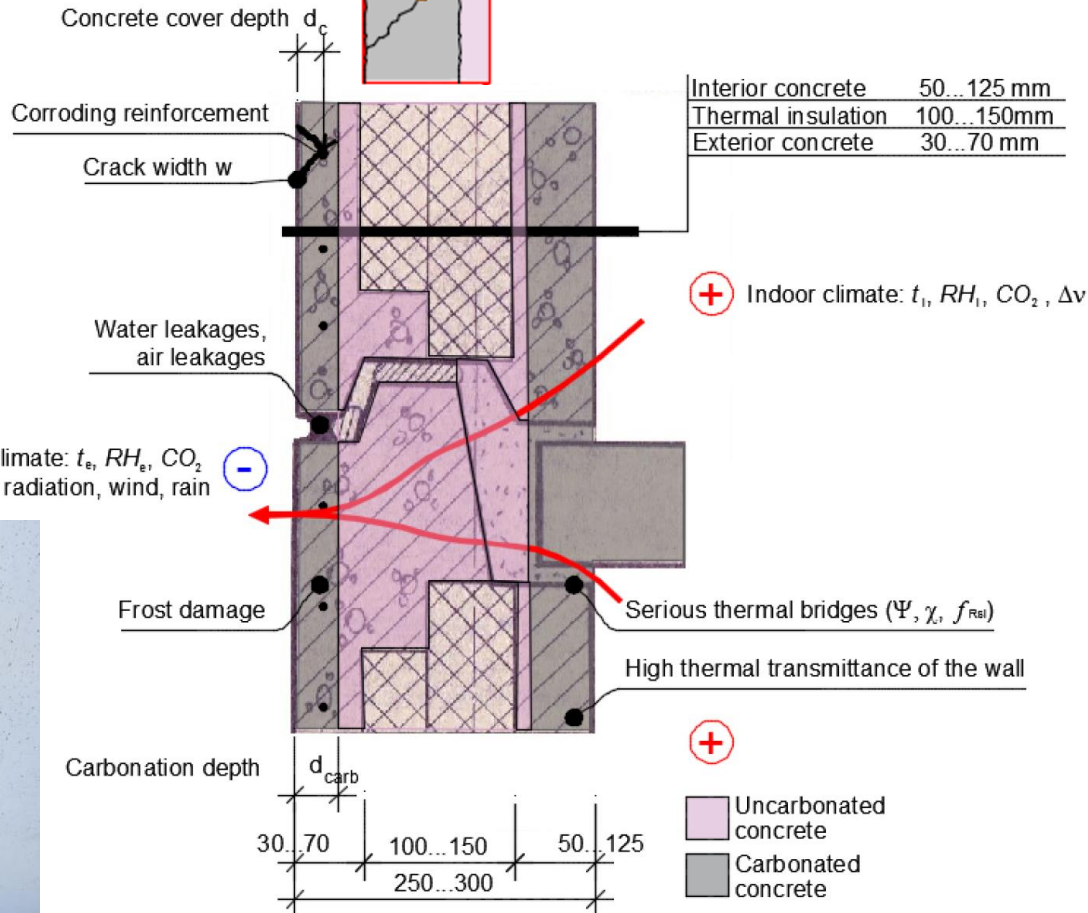
Piirdetarinditele mõjuvad sise- ja väliskliima koormused

Suhteline niiskus (%RH)



Vee hulk kuupmeetris õhus (g/m^3)

Outdoor climate: t_e, RH_e, CO_2
Solar radiation, wind, rain



*Blocken, B., Deszö, G., Van Beeck, J., Carmeliet, J. 2009. The mutual influence of two buildings on their wind-driven rain exposure and comments on the obstruction factor. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 97 (5-6). p. 180-196.

S4	C4	S4
S3	C3	S3
S2	C2	S2
S1	C1	S1

*Choi 1994

- Prognoos-stsenaariumid väliskliima muutusteks tulevikus: välisõhu temperatuuri tõus, sademete hulga suurenemine (s.h. ekstreemselt intensiivsed sademed), tuule kiiruse suurenemine, päikesekiirguse vähenemine ja õhusaaste suurenemine, CO_2 taseme tõus (400->860...1000 ppm), ekstreemsed ilmastikuolud

Kasutusea projekteerimine (iseseisvalt)

Hoone kasutusega mõjutavad tegurid (CPR 2011, ISO 15686):

- Ehitusprojekti kvaliteet
- Ehitusmaterjalide kvaliteet
- Ehitustööde kvaliteet
- Sise- ja väliskliima koormused
- Kasutus- ja hooldustingimused

Projekteeritud kasutusega erineb hinnatud kasutuseast kuna:

- Projekteerimise ajal kasutati mineviku kliimat kuid hoone ekspluatatsioon on tulevikus
- Kasutusega mõjutavad tegurid ekspluatatsiooni jooksul erinevad eeldatust
- (Jääk)kasutusega saab pärast teatud ekspluatatsiooni aega ümber hinnata

- **Lisasoojustamata** r/b välisseinas võib kasutusea lõppemine saabuda **3...6 aasta** jooksul alates karboniseerumise jõudmisest terasarmatuurini. Lisasoojustatud seinas aktiivne korrosioon peatub: <https://digikogu.taltech.ee/et/Search/Items?registerValueIds=688652>

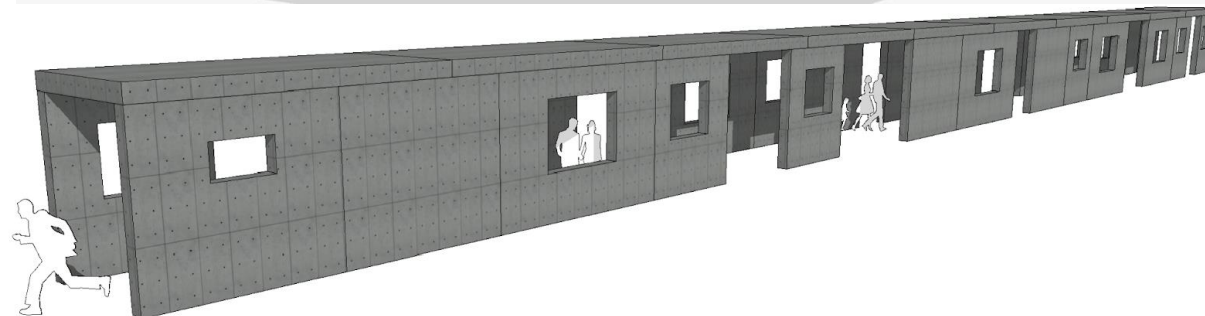
RAUDBETOON ÕÕNESPANEELIDE OHUTU KORDUSKASUTUS LÄTIS



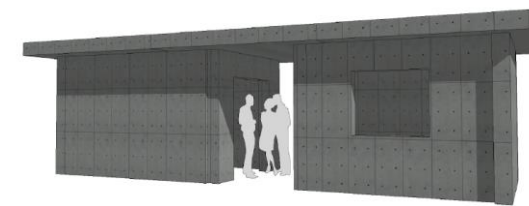
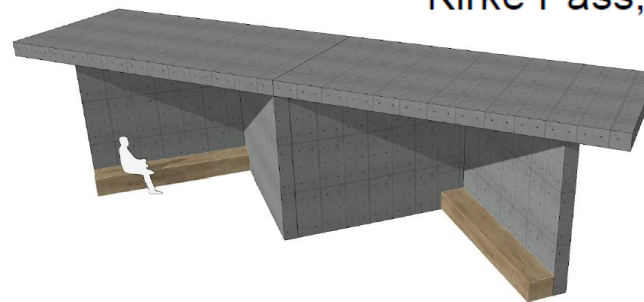
EHITUSELEMENTIDE KORDUSKASUTATAVUS (NN TARTU TÜÜPI SUURPANEELELAMU VALGAS)



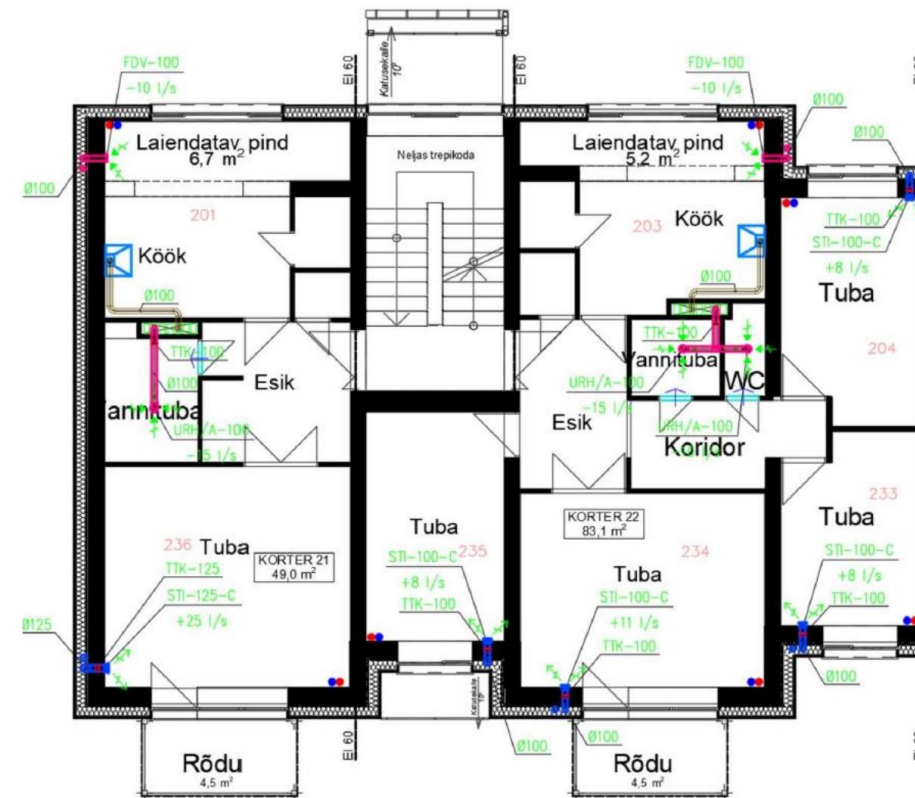
EHITUSELEMENTIDE KORDUSKASUTATAVUS (NN TARTU TÜÜPI SUURPANEELELAMU VALGAS)



Kirke Päss, Ivar Marist ja Kaarel Svätski



RINGNE RENOVEERIMINE TEHASELASELT EELTOODETUD ELEMENTIDEGA

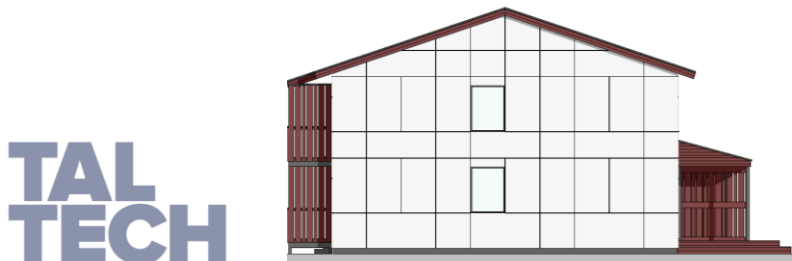


**TAL
TECH**

- <https://timbeco.ee/portfolio/tervikrenoveerimine-saue/>
- <https://timbeco.ee/wp-content/uploads/2022/03/Kuuma4.pdf>



SAMADE EELTOODETUD ELEMENTIDEGA UUELE RINGILE



TAL
TECH



MIHO OÜ
Registrikood: 11344754
Reg.nr: EEP000998
Pae 25-33 Tallinn
phone: +372 56 642 338
email: kristina@miho.ee

Objekt: **RIDAEELAMU**

Asukoht: **KUUMA TN 4 KORTERELAMU
SOOJUSTUPANEELIDE
TAASKASUTAMINE**

Joonis: **VAATED 1 JA 3**

Tellijä: **TIMBECO OÜ**

Arhitekt: **HELEN TIKKA**

Vastutav arhitekt: **KRISTINA SEPP**

Projekti staadium: **ESKIIISPROJEKT**

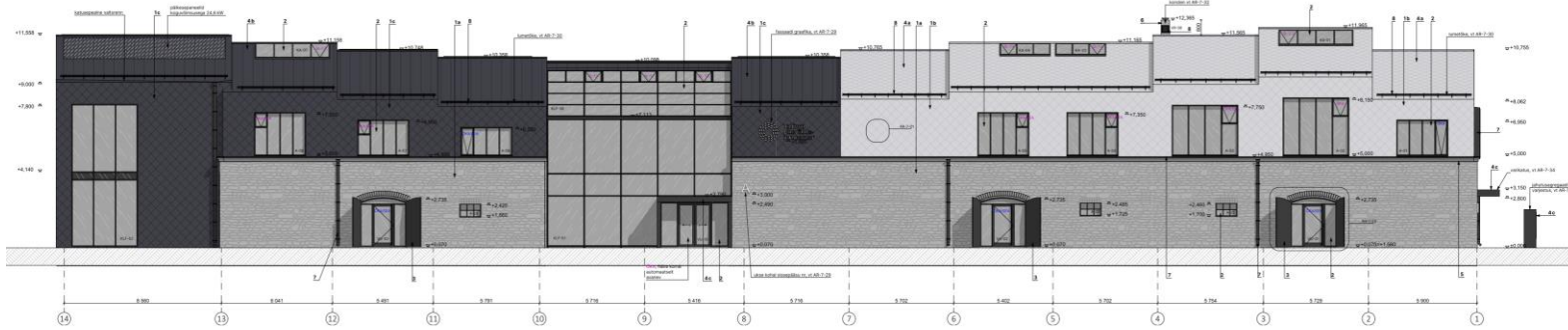
Kuupäev:
24/10/2021

Töö nr:

Mõõtkava:
1:100

Leht:
AR-6-03

TALLINNA LOOME- JA RINGMAJANDUSKESKUS KORDUSKASUTATUD PÄEKIVIST



**TAL
TECH**

The chart displays the bending strength ($f_{m,k}$ [N/mm²]) for various specimens (4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 22, 23) tested using different methods: Bending test (orange), UNI 11035 (green), UNI 11119 (light green), and INSTA 142 (yellow). Horizontal lines indicate characteristic bending strengths (C16, C18, C22, C24, C30, C35, C40, C45, C50) for different concrete classes.

Specimen	Bending test	UNI 11035	UNI 11119	INSTA 142
4	42	25	27	30
5	87	25	27	30
6	64	18	15	18
7	40	25	25	24
8	28	25	25	24
10	59	25	27	30
11	43	25	25	24
14	50	25	25	24
15	61	25	25	24
16	44	25	25	30
17	57	25	27	30
22	55	25	27	30
23	28	25	25	24

- **UNI 11119** (Itaalia)
- **UNI 11035** (Itaalia)
- **INSTA 142** (Põhjamaad)

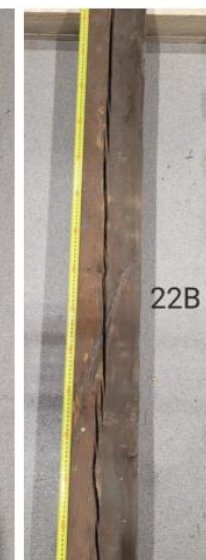
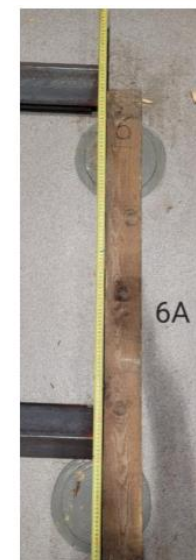
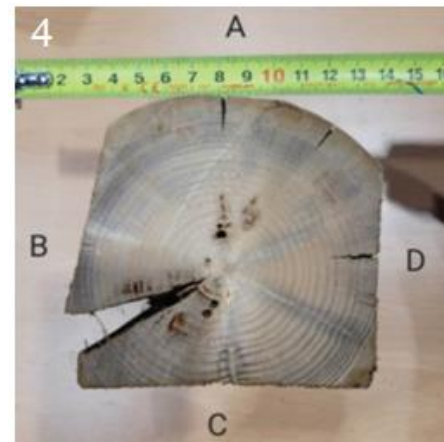
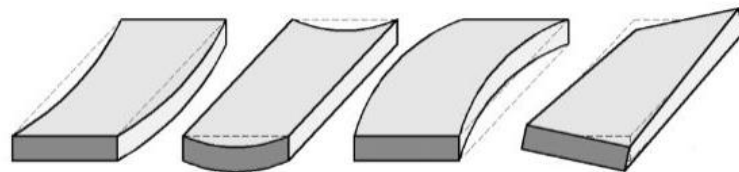
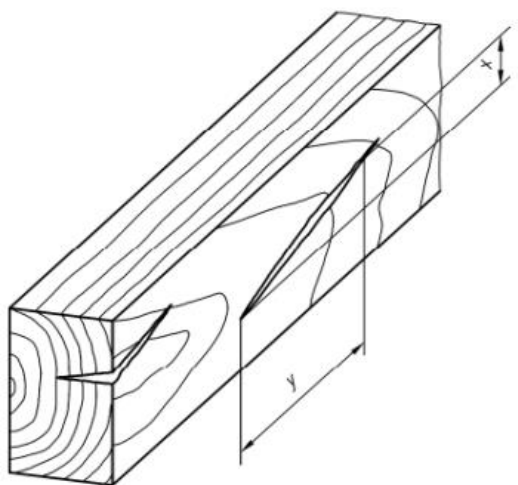
- Tagavara kasuks võib kasutada puidu tugevusklassi C16 või C18

(KIIR)MEETODID EHITUSMATERJALIDE HINDAMISEKS (PUIT)

- PUIDU TUGEVUSE VISUAALNE HINDAMINE



vältida oksakoha
sattumist tõmbetsooni



(KIIR)MEETODID EHITUSMATERJALIDE HINDAMISEKS (PUIT)

- ABITABELID MAKSIMAALSE SILDEAVA HINDAMISEKS ($s=0,6$ m)
- Publitseeritud teadusartikkel Kauniste et al. 2024 Assessment on Strength and Stiffness Properties of Aged Structural Timber (FWBB 2024)

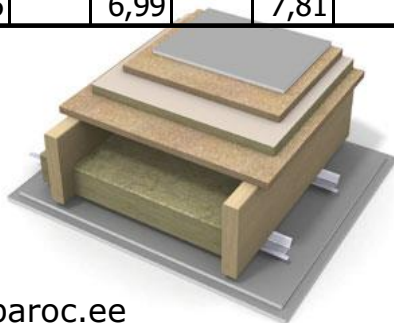
<https://sace.ktu.lt/index.php/DAS/article/view/35534>

VAHE- LAED		Tala laius B [mm]										
		45	50	95	100	145	150	195	200	245	250	220
Tala kõrgus H [mm]	45	0,90		1,21		1,42		1,59		1,74		
	50		1,05		1,38		1,60		1,79		1,94	
	95	1,90		2,57		3,01		3,37		3,67		
	100		2,11		2,76		3,21		3,58		3,89	
	145	2,90		3,93		4,60		5,14		5,60		
	150		3,16		4,14		4,82		5,37		5,84	
	195	3,90		5,28		6,19		6,92		7,54		
	200		4,22		5,52		6,43		7,16		7,79	
	245	4,90		6,64		7,78		8,69		9,47		
	250		5,27		6,90		8,04		8,96		9,74	
	220	4,40		5,96		6,99		7,81		8,50		8,17

KATU- SED		Tala laius B [mm]										
		45	50	95	100	145	150	195	200	245	250	220
Tala kõrgus H [mm]	45	0,93		1,25		1,46		1,64		1,78		
	50		1,09		1,42		1,65		1,84		2,00	
	95	1,96		2,64		3,10		3,46		3,77		
	100		2,18		2,84		3,30		3,68		4,00	
	145	3,00		4,04		4,73		5,29		5,76		
	150		3,27		4,26		4,96		5,52		6,01	
	195	4,04		5,43		6,37		7,12		7,75		
	200		4,36		5,68		6,61		7,37		8,01	
	245	5,07		6,83		8,00		8,94		9,74		
	250		5,46		7,10		8,27		9,21		10,01	
	220	4,55		6,13		7,18		8,03		8,75		8,40

**TAL
TECH**

www.paroc.ee

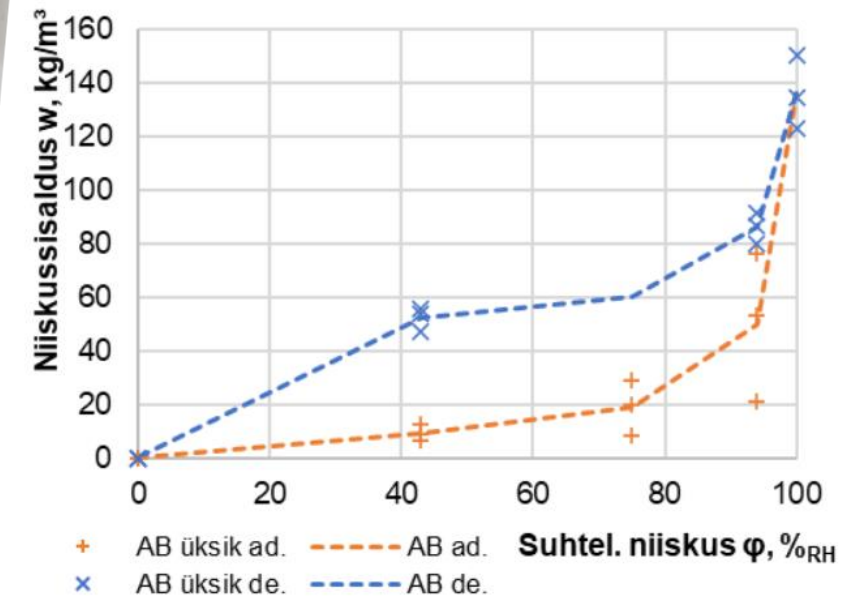


EHITUSMATERJALIDE EHITUSFÜÜSIKALISED OMADUSED

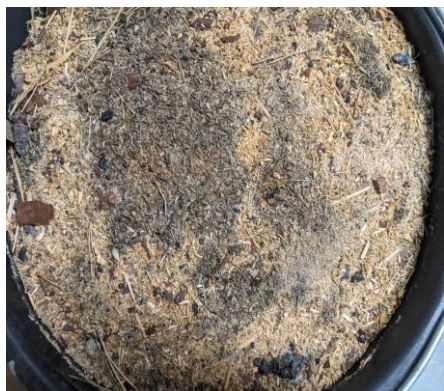
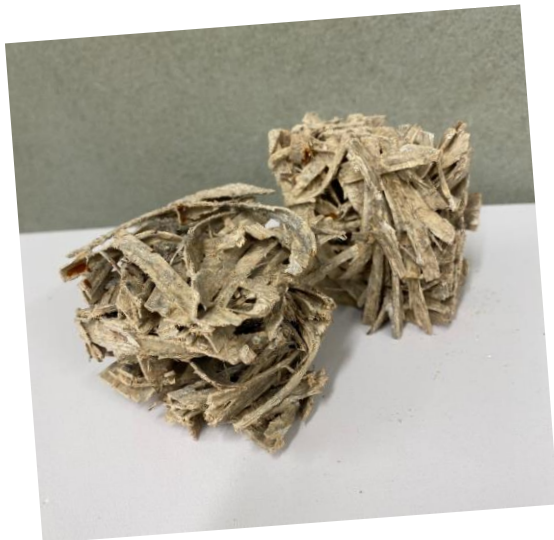


Materjaliomaduste kokkuvõte

Omadus	Kesk- väärtus	Std. hälve σ
Tihedus ρ , kg/m ³	679	39,0
Soojuserihtivus λ_{23} , W/m·K (keskväärtus, ISO 22007-2)	0,35	0,06
Poorsus ψ_{vac} , m ³ /m ³	0,681	0,0562
Niiskussisaldus kapillaarküllastusel ψ_{cap} , m ³ /m ³	0,360	0,0652
Veeaurdifusioonitakistustegur μ_{kuiv} (11/43%RH), -	5,94	2,92
Veeaurdifusioonitakistustegur $\mu_{määrg}$ (97/85%RH), -	3,41	0,08
Veeimavuskiirus A_w , kg/(m ² ·s ^{0.5})	0,0999	0,026
Survetugevus σ_c , MPa	3,40	0,283

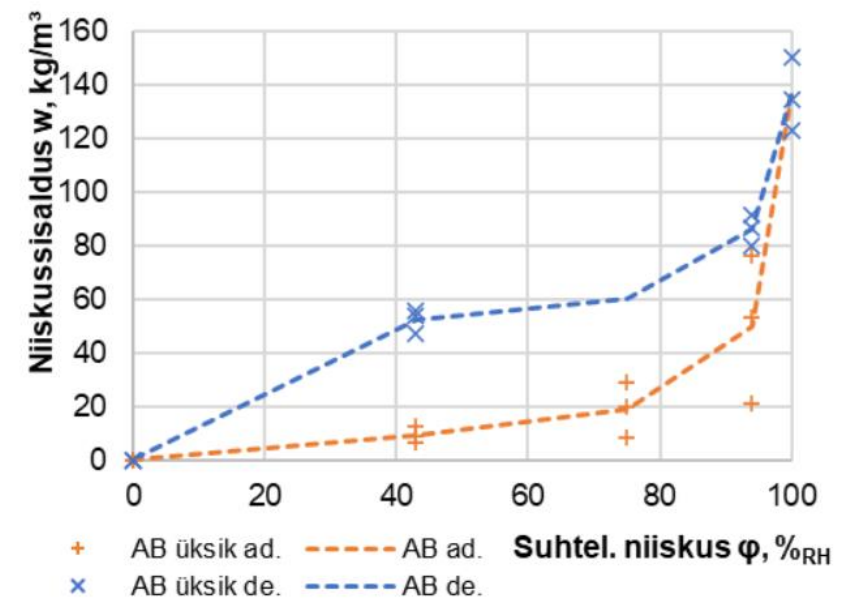


EHITUSMATERJALIDE EHITUSFÜÜSIKALISED OMADUSED



Materjaliomaduste kokkuvõte

Omadus	Kesk- väärtus	Std. hälve σ
Tihedus ρ , kg/m ³	679	39,0
Soojuserihtivus λ_{23} , W/m·K (keskväärtus, ISO 22007-2)	0,35	0,06
Poorsus ψ_{vac} , m ³ /m ³	0,681	0,0562
Niiskussisaldus kapillaarküllastusel ψ_{cap} , m ³ /m ³	0,360	0,0652
Veeaurdifusioonitakistustegur μ_{kviv} (11/43%RH), -	5,94	2,92
Veeaurdifusioonitakistustegur μ_{marg} (97/85%RH), -	3,41	0,08
Veeimavuskiirus A_w , kg/(m ² ·s ^{0.5})	0,0999	0,026
Survetugevus σ_c , MPa	3,40	0,283



**TAL
TECH**

Vaadeldav omadus

MEHAANILISED VIGASTUSED JA NÕRGESTUSED

Tõendamismeetod

Nõrgestuste hindamine visuaalse vaatluse ja mõõtmisega

Valjalõikeid asuvad tavaliselt postide ülemises otsas vootala toetamiseks või posti keskosas, kui jaigastusdiagonaali välispinna viimiseks postiga samasse tasapinda on see sisse tapitud. Nõrgestuste sügavust, ulatust ning asetust elemendi suhtes saab mõõta mõõdulindi või nihikuga.

Joonis 3 Sisselõikega palk

Meetodi rakendamiseiga saadud hinnang materjali korduskasutatavusele

- Väiksemad mehaanilised vigastused nagu kriimustused ja tükid karkasspuidu korduskasutamist kandekonstruktsioonides ei mõjuta
- Valjalõikeid ning avasid tuleb korduskasutamisel arvesse võtta:
 - Posti ristlõike kandevõimet tuleks hinnata nõrgestatud koha järgi, nõtkumisele avaldab mõju nõrgestus mis asub posti keskmisel kolmandikul
 - Posti uuskasutamisel talana tuleks samuti arvestada ristlõike nõrgestustega (sh palkide nurgatapid) ning toetus aluskonstruktsioonile peaks toimuma täisristlõikest alates.
 - Toetamine sisselõike kohast võib põhjustada puidu lõhestumist.
 - Talaelementides on nõrgestatud kohti (sissselõiked toel, avade ümbrus) võimalik armeerida täiskeermekruvide või sisse liimitavate metall- või komposiitmaterjalist varrastega. Vastavad arvutused peab teostama erialase pädevusega insener.

Joonis 4 Sisselõigetega elementide võimalik kasutusviis

Hindamise usaldusväärsus (väga madal, madal, keskmine, kõrge, väga kõrge)

Keskmine

Katsetamise kiirus (kohene, h, päev, nädal, kuu, aasta)

Tund

Kasutamise piirang
Nõrgestuste lähedal vältida suuri kontsentreeritud koormuseid

**TAL
TECH**

Meetodi rakendamisega saadud hinnang materjali korduskasutatavusele

- Oksakohad mõjutavad ennekoike puidu tõmbetugevust ning elemendi uuskasutamisel tuleks ennekoike vältida oksakoha sattumist painutatud tsoonis (vaheala tala puhul alumine külg), eriti alasle, mis jääb tugedest kaugemale kui ¼ sildeavast.

Joonis 8 Oksakoht tuleb vältida tala tõmmatud tsoonis

- Vältida tuleks suurte oksakohtade sattumist elementide liitekohtadesse, kuna oksakohas olev oluliselt tihedam puit võib via liite hõpra purunemiseni.

Hindamise usaldusväärsus (väga madal, madal, keskmine, kõrge, väga kõrge) Keskmine	Katsetamise kiirus (kohene, h, päev, nädal, kuu, aasta) Tund	Kasutamise piirang Vältida oksakoha sattumist painutatud elemendi tõmbetsoonis
--	--	--

Vaadeldav omadus

TUGEVSUUNAJAJAD

Tõendamismeetod

Tugevuse hindamine visuaalse vaatlusega

Vana puidu tugevuse visuaalseks hindamiseks Eestis 2024.a seisuga standard puudub. Puidu tugevusele on võimalik ligikaudne hinnang anda mittepurustavate meetodidega. Mehaaniliste katsetega saab jäikust ja tugevust määrata vastavalt standardile EN-408:2010 „Puitkonstruktsioonid. Ehituspuit ja liimpuit. Mõnede füüsikaliste ja mehaaniliste omaduste määramine“.

Meetodi rakendamisega saadud hinnang materjali korduskasutatavusele

- Eelnevates punktides nimetatud suuremate vigadeta ja biokahjustusteta painde paindetugevuseks võib võtta konservatiivselt 16-18 N/mm².
- Palkpuitu on sobiv kasutada seinapalkidena, peakandetaladena või postidena. Seda tüüpi konstruktsioone ei saa käsitleda tüüplahendusena ning seepärast peab arvutused teostama vastava pädevusega insener

Hindamise usaldusväärsus (väga madal, madal, keskmine, kõrge, väga kõrge) Keskmine	Katsetamise kiirus (kohene, h, päev, nädal, kuu, aasta) Päev	Kasutamise piirang Mehaaniliste katsetega tugevuse hindamine teostada selleks spetsialiseerunud laboris
--	--	---

Vaadeldav omadus

ISELOOMULIKUD OMADUSED

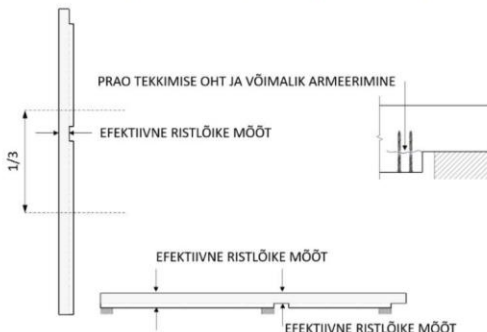
Materjaliomaduste kokkuvõte

Omadus	Keskväärts
Tihedus ρ , kg/m ³	400...450
Soojusjuhtivus risti kiudu λ , W/(m·K)	0,12...0,17
Soojusjuhtivus piki kiudu λ , W/(m·K)	0,22...0,34
Ehituspuidu niiskussisaldus	8-16%
Temperatuuripaisumistegur pikikiudu	(3...5)×10 ⁻⁶

Joonis 9 Kuivamisest ja märgumisest tingitud mahumuutus

EHITUSMATERJALIDE ROHEKAARDID (SAEMATERJAL)

Tüüp		Materjal	SAEMATERJAL
Puitmaterjalid			
CO ₂ jalajalg alternatiivsel uuel materjalil (A1...A3), kgCO ₂ e/kg		Asjakohane standard uuel materjalil	EVS-EN 14081-1
0,10			
Kirjeldus			
Karkasspuit on ristküliku kujulise ristlõikega saetud paralleelsete külgpindadega puitmaterjal, mille laiuse ja paksuse suhe on ≤3. Ristlõike moodud sõltuvad tööstusest (kas tegemist on sae- või hoovalmaterjaliga) ning jäävad vahemikku 45 ... 250 mm. Hoovaldatud materjal on saadud saematerjali hoovaldamise teel ning on seetõttu kvaliteetsem ning väiksema kõverusega. Tüüpristlõigete puhul on nimimõõtude erinevus 5 mm, nt. saepuit 50x150 mm ja hoovaldatud puit 45x145 mm. Karkasspuitu kasutatakse valdavalt kuni 2-korruselistes hoonetes seinte, vahe- ja katuslagede kandekonstruktsioonides. Uuema aja ehitistel võib puitprusside peal olla tempel, mis tähistab puidu tugevusklassi (nt. C16 – normatiivne paindetugevus f _{m,k} = 16 MPa).		Joonis 1 Puitprussid	
Vaadeldav omadus		BIOLOOGILISED KAHJUSTUSED	
Tõendamismeetod		Bioloogiliste kahjustuste tuvastamine visuaalse vaatlusega	
- Mädanenud ja pehkinud puit laguneb kergesti ning on lihtsasti tuvastatav, kuid kahjustuste ulatuse täpsemaks hindamiseks tuleks kaasata vastava eriala ekspert. Infot bioloogiliste kahjustuste hindamiseks leiab ka raamatutest „Hoonete biokahjustused“, K.Konsa, K.Pilt (2012), „Majavamm, hindamiseks leiab ka raamatutest „Hoonete biokahjustused“, K.Konsa, K.Pilt (2013), „Ehitiste renoveerimine“, K.Öiger (2011), puukoi ja teised kahjurid“, K.Konsa, K.Pilt (2013), „Ehitiste renoveerimine“, K.Öiger (2011), „Majavamm – puust ja punaseks“, K.Pilt (2022) ning „Hallitused – puust ja punaseks“, K.Pilt (2024). - Esialgse hinnangu bioloogiliste kahjustuste võib anda ka puitprussi koputamise, kraapimise või puurimise teel. Terve puit annab koputamisel tavaliselt selge ja kõrge tooniga heli, samas kui kahjustatud, mädanenud või õõnestatud puit kõlab tuhmitult või madalalt. Kraapimisel pudeneb pehkinud või mädanenud puit kuni kahjustamata puiduni lihtsalt maha. Puurimise teel võib hinnata prussi seisukorda selle järgi, kui ühtlane vastupanu puurimisel tekib ning milline on puurimise tulemusena tekkiv saepuru – terve puidu puhul puhas, kuiv ja pigem heledat tooni, kahjustatud puidu puhul pehme, niiske ja pigem tumedamat tooni ning võib olla ka ebameeldiva lõhnaga		Meetodi rakendamise saadud hinnang materjali korduskasutatavusele	
- Bioloogiliselt kahjustatud (hallitus, pehkimine, mädanik, seenkahjustus, majavamm) puitu ei tohi korduskasutada välja arvatud juhul, kus kahjustatud osa on mehaaniliselt eemaldatud (saagimine, hoovaldamine) või töödeldud selliselt, et edasine kahjustuse edasine areng on takistatud. Kui osapuul pinnalt on hallituse eemaldamine mehaaniliselt teostatav, siis lehtpuidu puhul mitte. - Korduskasutatav puit peab olema kuiv (niiskuse vahemikus 8-16%) .		Kasutamise piirang	
Hindamise usaldusväärsus (väga madal, madal, keskmine, kõrge, väga kõrge)		Katsetamise kiirus (kohene, h, päev, nädal, kuu, aasta)	Bioloogiliselt kahjustatud puitu mitte kasutada
Keskmine		Kohene	

MEHAANILISED VIGASTUSED JA NÕRGESTUSED		
Tõendamismeetod		
Nõrgestuste hindamine visuaalse vaatluse ja mõõtmisega		
Väljalõikeid asuvad tavaliselt postide ülemises otsas vöötala toetamiseks või posti keskosas, kui jäigastusdiagonaali välispinna viimiseks postiga samasse tasapinda on see sisse tapitud. Nõrgestuse sügavust, ulatust ning asetust elemendi suhtes saab mõõta mõõdulindi või nihikuga.		
		
Joonis 2 Sisselõikega pruss		
Meetodi rakendamise saadud hinnang materjali korduskasutatavusele		
- Väiksemad mehaanilised vigastused nagu kriimustused ja täkked karkasspuidu korduskasutamist kandekonstruktsioonides ei mõjuta - Väljalõikeid ning avasid tuleb korduskasutamisel arvesse võtta: - Posti ristlõike kandevõimet tuleks hinnata nõrgestatud koha järgi, nõtkumisele avaldab mõju nõrgestus, mis asub posti keskmisel kolmandikul - Posti uuskasutamisel talana tuleks samuti arvestada ristlõike nõrgestustega ning toetus aluskonstruktsioonile peaks toimuma täisristlõikest alates. - Toetamine sisselõike kohast võib põhjustada puidu lõhestumist. - Talaelementides on nõrgestatud kohti (siselõiked toel, avade ümbrus) võimalik armeerida täiskeermekruvide või sisse liimitavate metall- või komposiitmaterjalist varrastega. Vastavad arvutused peab teostama erialase pädevusega insener.		
		
Joonis 3 Sisselõigetega elementide võimalik kasutusviis		
Hindamise usaldusväärsus (väga madal, madal, keskmine, kõrge, väga kõrge)	Katsetamise kiirus (kohene, h, päev, nädal, kuu, aasta)	Kasutamise piirang
Keskmine	Tund	Nõrgestuste lähedal vältida suuri kontsentreeritud koormuseid

EHITUSMATERJALIDE ROHEKAARDID (SILIKAATKIVI)

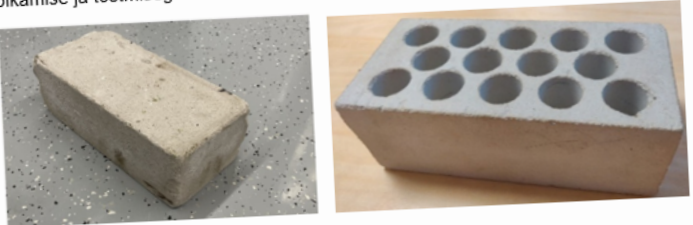
- PDF [Lõppraport](#)
- PDF [Lõpparuanne](#)
- PDF [Äriplaani ehitusmaterjalide korduskasutuse](#)
- PDF [Korduskasutatavad müürimaterjalid](#)

Rohekaardid:

- PDF [Beton](#)
- PDF [Katuseplaat](#)
- PDF [Keraamiline katusekivi](#)
- PDF [Keraamiline tellis](#)
- PDF [Palkpuit](#)
- PDF [Poorbeton](#)
- PDF [Saepuit](#)
- PDF [Silikaatkivi](#)

- Euroopa uus Bauhaus kortermajade renoveerimisel: [2025](#)

TAL
TECH

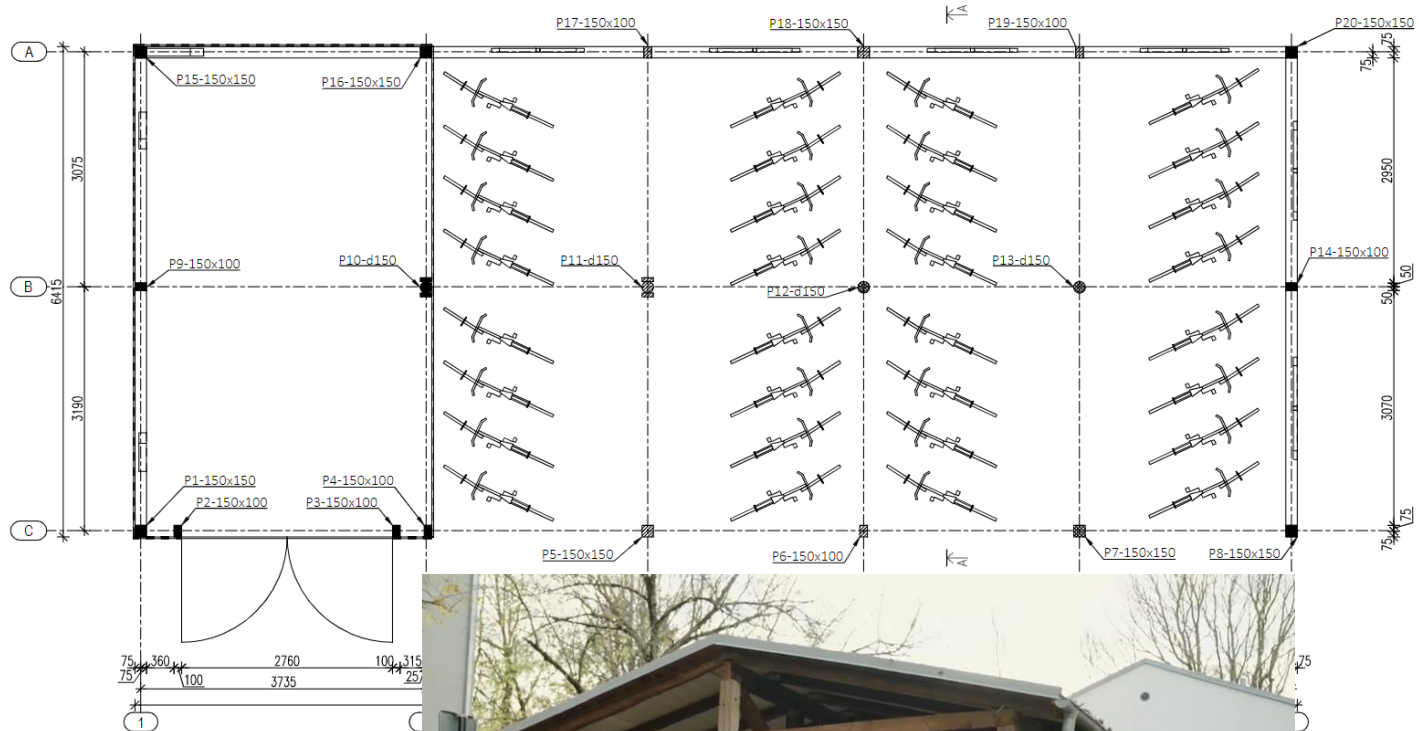
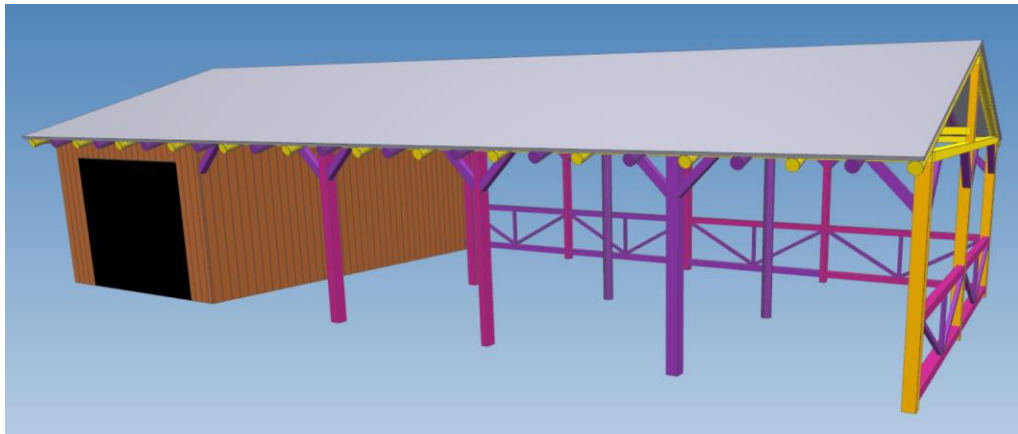
Tüüp	Materjal	SILIKAATKIVI /koos mõrdiga/
Mineraalsed materjalid	Asjakohane standard	Tihedus, kg/m ³
CO ₂ jalajalg alternatiivsel uuel materjalil (A1...A3), kgCO ₂ e/kg	EVS-EN 771-2:2011+A1:2015	~1900
Kirjeldus		
Silikaatkivid on lubja ja peene liiva segust autoklaavimise teel (kõrge temperatuuri ja rõhu tingimustes) valmistatud valkjat värvi tehiskivid, harva plokid, argikeeles, ka silikaattellised (ei ole korrektne, kuna üldiselt nimetatakse tellisteks keraamilisi, ühe käega tõstatavaid risttahukaid). Silikaatkive valmistati erinevate standardmõõtudega (pikkus, laius, kõrgus): -nn moodulkividena 250-120-88 mm -nn normaalkividena 250-120-65 mm (Eesti Vabariigi aegne mõõt 1918-40), -esineb ka mõõte 270-130-70/65 mm (Eesti Vabariigi aegne mõõt 1918-40), 250-125-60 mm (ENSV aegne mõõt) ning 250-85-65 mm (ENSV aegne mõõt), 88 mm paksusi silikaatkive toodeti ka õõnsustega. Õõnessilikaatkivide ümarad ~30 mm läbimõõduga õõnsused ei ole läbivad. Kivide massid on üldjuhul ~3,5... 6 kg. Silikaatkivide ladumiseks kasutatud mört on tavapäraselt tsementmört (tugevam ja jäigem) või lubi-tsementmört. Esimese puhul on liiva sidumiseks kasutatud tsementi ja teiselt lubja ning tsemendi segu. Ainult lubimörti (kasutati ajalooliste hoonete puhul enne silikaatkivide masstootmist) silikaatkivide ladumiseks ei ole tavapäraselt kasutatud. Silikaatkivide masstootmine hoogustus 2. maailmasõja järgsel perioodil 1940.-ndatel. Silikaatkivide puhul on nende mõrdist puhastamine keeruline ja tömahukas, kuna mört on üldiselt tugev ning kiviga hästi nakkunud. Mõeldav on müüritise osade kasutamine järgmiste hoonete survele töötavates seintena, lahendades müüritise osadeks lõikamise ja tõstmise seadnud küsimused.		
		

Vaeldav omadus	Tugevusnäitajad / Survetugevus
Tõendamismeetod	Pragude olemasolu tuvastamine visuaalse vaatlusega
Silikaatkividel esineb kahte sorti pragusid; pinnapealsed võrkpraod ja läbivad praod. Pinnapealsed pragud olemasolu viitab keskkonna tingimustest põhjustatud kivi pealmise kihi lagunemisele. Tüüpiliselt on pinnapealsed praod arenenud ka kivi sisemistesse kihtidesse. Läbivad praod ilmnevad reeglina kividel mille paindetugevus on ammendunud. Kivi poolitub seejuures kaheks.	
Usaldusväärsus (1/2/3)	2
Meetodi rakendamise saadud hinnang materjali korduskasutatavusele	- Pindmiste pragudega kivide korduskasutus ei ole mõeldav kuna kahjustunud kivide gabariitmõõtmel on varieeruvad ja kivide survetugevus on oluliselt vähenenud. - Kivide kasutamine ümbertöödeldud kujul on mõeldav juhul, kui saadavale materjalile ei esitata mehaaniliste omaduste kõrgendatud kriteeriume ja kasutatakse kuivades keskkondades, nt täitematerjalina hoonejälil. - Läbivate pragudega kivid on korduskasutatavad mittekanvates konstruktsioonides. Kivide gabariitmõõtmel võivad pragulisuse tõttu varieeruda ja seetõttu võib laotava müüri tasapinnalisus olla muutuv.
Hinnang materjali ümbertöötlemise potentsiaalile	Läbivate pragudega silikaatkivid on ringlussevõetavad (täitematerjal) ka koormusi vastuvõtvates konstruktsioonides ümbertöödeldud kujul (näiteks üldises plaanis ei ole silikaatkividest valmistatud täitematerjalid kasutatavad kulumiskooormatud (sõidetavad teed/parklad) keskkondades vähesel määral üldiselt tugevuse tõttu. Silikaatkivid ja nendest ümbertöödeldud materjalid ei ole marguvas kandvates konstruktsioonides reeglina kasutatavad neile iseloomuliku suure pehmenemise tõttu margades keskkondades.
Tõendamismeetod	Tugevuse hindamine kriimustamisega
Silikaatkivide survetugevused kõiguvad üldjuhul vahemikus 20-30 N/mm ² . Silikaatkivide tugevuse hindamine käepäraste materjalidega ei pruugi reaalsust piisav täpsusega peegeldada. Silikaatkivide kriimustamine metallist esemetega põhjustab reeglina pinnakriimustusi. Tekkinud kriimustuste sügavuse järgi saab hinnata kivi pindmiste kihtide tugevust, mis ei kajasta siiski sisemiste kihtide olukorda.	
Usaldusväärsus (1/2/3)	2
Meetodi rakendamise saadud hinnang materjali korduskasutatavusele	- Kui kive metallist esemega lihtsasti kriimustada ei õnnestu siis võib eeldada, et kivide tugevus on algupärane (reeglina ≥25 N/mm²); - kui kriimustuse sügavus jätkuvalt kriimustamisel suureneb, siis on põhjust eeldada ka sisemiste kihtide kahjustumist ja kivi tugevust võib hinnata väikeseks.

<https://kliimaministeerium.ee/buildest/ringmajandus-ehituses>

<https://www.tartu.ee/et/ringrenoveerimine>

TARTU RINGRENOVEERIMISE NÄITED



TARTU
ringrenoveerimine

build 
 **EST**

www.ringrenoveeri.ee

TARTU RINGRENOVEERIMISE NÄITED



www.ringrenoveeri.ee

TARTU RINGRENOVEERIMISE NÄITED



www.ringrenoveeri.ee



TARTU
ringrenoveerimine

build 
 **EST**

MATERJALI RINGNE KASUTAMINE TALTECH LINNAKU NÄITEL



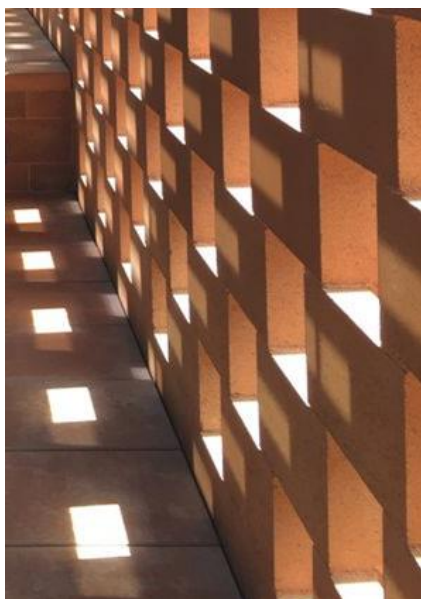
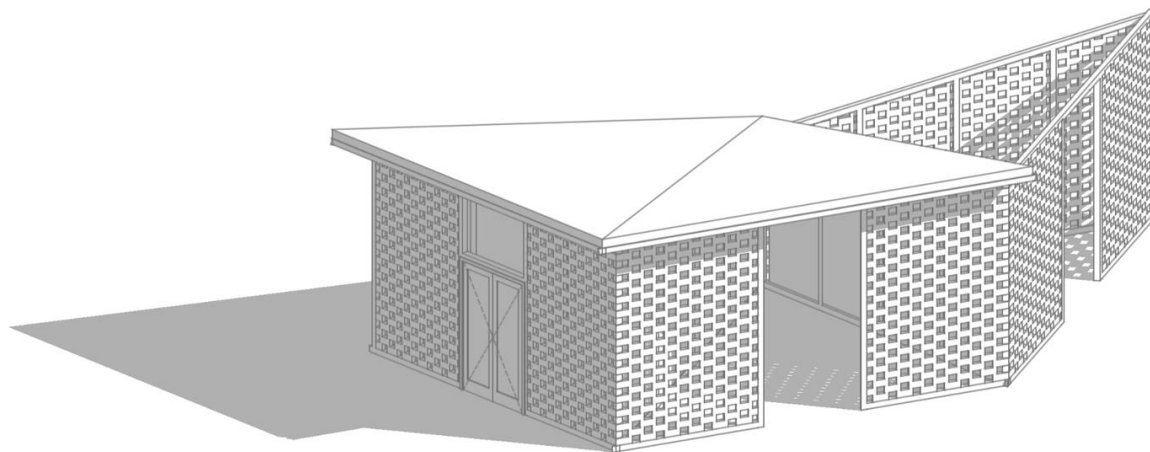
*Projekteeritud TalTech tudengite osalusel õppeaine **Probleem- ja projektõpe** UTT0120 raames kevadel 2024



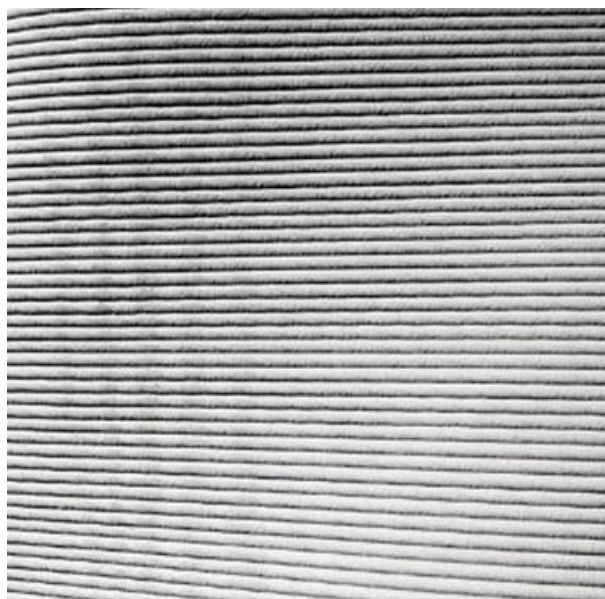
build 
 **EST**

- Termotöötamise mõju vana puidu tugevus- ja püsivusomadustele?

MATERJALI RINGNE KASUTAMINE TALTECH LINNAKU NÄITEL



tellis



3D-prinditud betoon



*Projekteeritud TalTech tudengite osalusel õppeaine
Probleem- ja projektõpe UTT0120 raames kevadel 2024

**TAL
TECH**



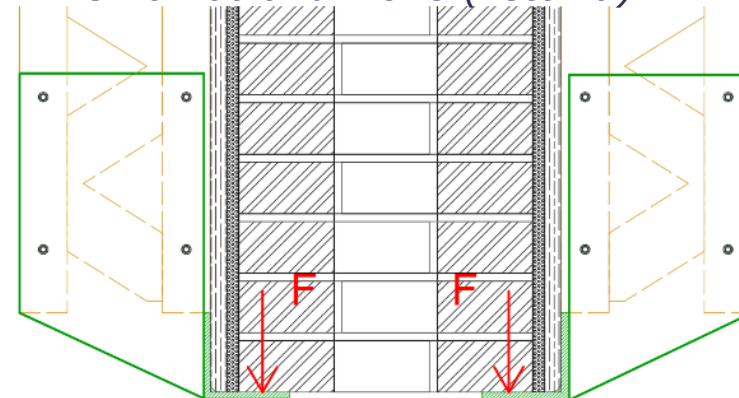
build 
 **EST**

SUURELEMENTIDE KORDUSKASUTUS (VABAÕHUMUUSEUM)

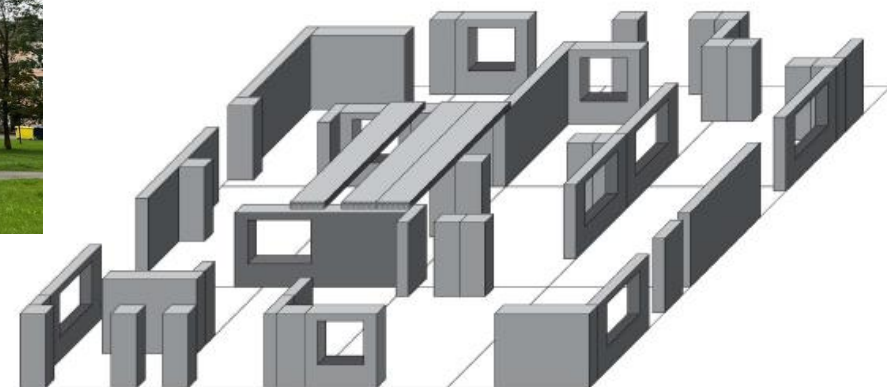
„Doonor“hoone



*Oll & Paalandi 2018 (Estonia)



„Siird“hoone

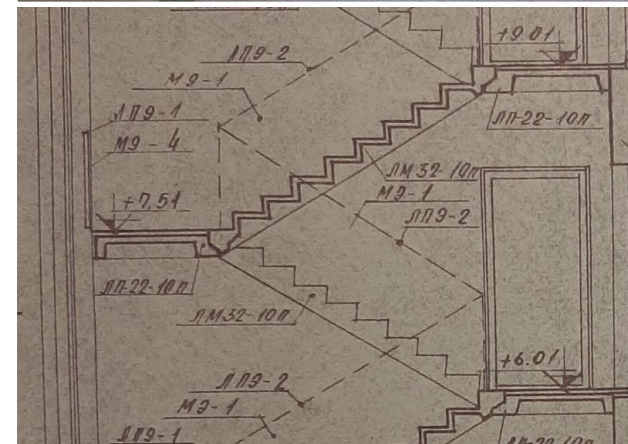


KIVIÕLI JUHTUMIUURING



TULEMUSED - EHITUSELEMENDID

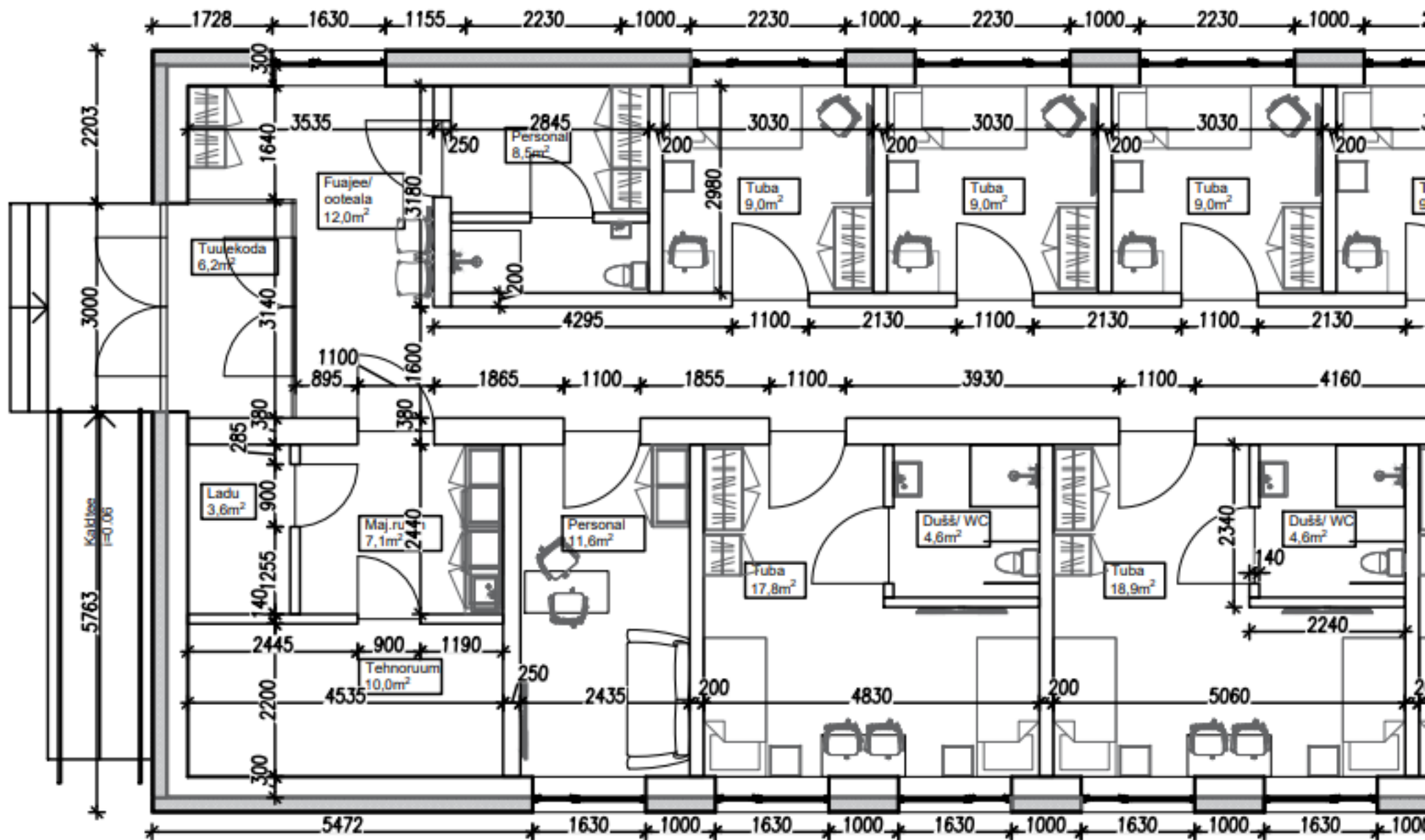
- **Ca 90% raudbetoonist vahelae õõnespaneelidest võiks saada korduskasutada**
(tõendada katsetamise teel)
- Silikaatkivimüüritisest välisseina (suur)elemente võiks saada korduskasutada ilma välisvoodrita
- Trepielemente (marsid, vahemade, laius 105 cm, marsi pikkus) pigem pole mõtet korduskasutada
- Paekivist vundamendid sisaldavad radionukleide ca 20% ehitusmaterjalidele lubatud määrast
- Ohtlikud jäätmed – asbesti sisaldav katusekate eterniit ning küttetorude isolatsioon (oodatult)



EHITUSELEMENDID (NÄIDE 2)

*Ilomets et
al. 2022

TAL
TECH

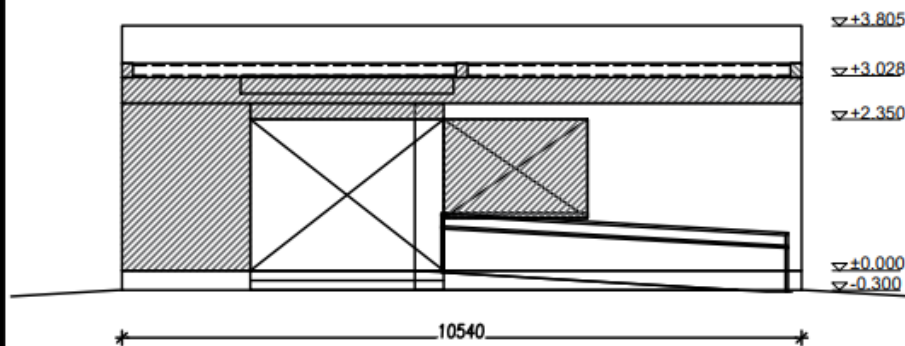


EHITUSELEMENDID (NÄIDE 2)

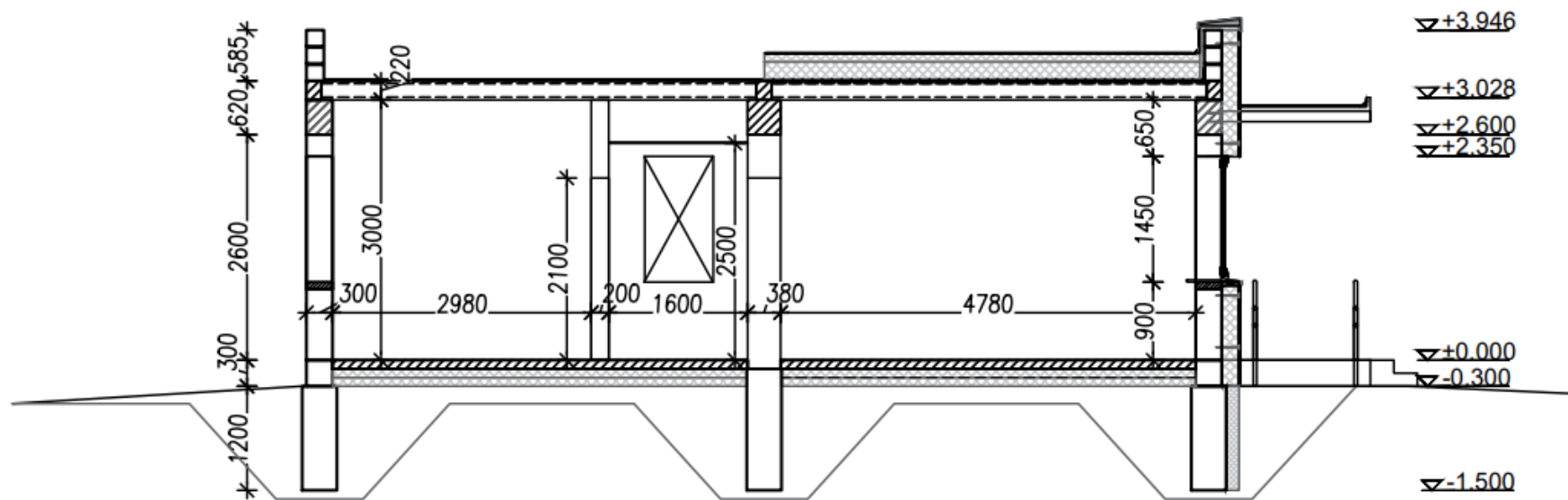
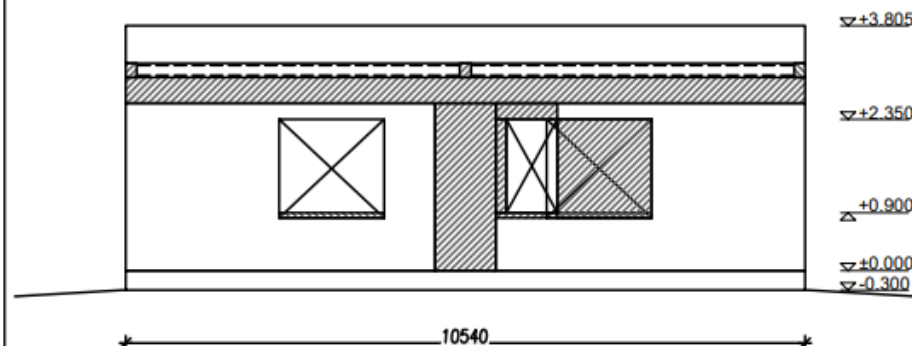
*Ilomets et al. 2022

**TAL
TECH**

VAADE 2



VAADE 4



TULEMUSED - PUIT

- Töötlemata puidu ohtlike ühendite sisaldus madal, mikrobioloogilist reostust üldiselt ei esinenud
- Mikrobioloogilist saastet õhus ja (puit)materjalidel esines keldris
- Värvitud puidu raskmetallide sisaldus (**Zn**, **Pb**, Cr, Cd) ületab (oluliselt) lubatud piirmäärasid



PUIT EHITUS- JA LAMMUTUSJÄÄTMENA

17 02	Puit, klaas ja plastid
17 02 01	Puit
17 02 02	Klaas
17 02 03	Plastid
17 02 04*	Ohtlikke aineid sisaldavad või nendega saastatud puit, klaas ja plastid

- Puit ehitus- ja lammutusjäätmena KeM määrus nr 70 „Jäätmete liigitamise kord ja jäätmenimistu“ Lisa 1
- Ringlussevõtu soodustamiseks tuleks koguda erinevad puidupõhised materjalid liigiti, võimalikult puhtana
- Liigitamine võib olla nt:
 - Korduskasutatavate elementide kaupa (aken, uks, mööbel vms)
 - Kandekonstruktsioon (vs kõik muu)
 - Töötluse, pinnakatte, ohtlikkuse alusel (nt KeM nr 49 A/B kategooria, RT 69-11183 immutatud vs mitte)
 - Seisukorra alusel (kahjustunud vs mitte -> kuidas hinnata?)

Jäätmekood	Jäätme nimetus
02 01 07	Metsamajandusjäätmed (näiteks oksad, risu)
03 01 01	Puukoore- ja korgijäätmed
03 01 05	Saepuru, sealhulgas puidutolm, laastud, pinnud, puit-, laast- ja muud puidupõhised plaadid ning vineer, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 03 01 04*
03 03 01	Puukoore- ja puidujäätmed
15 01 03	Puitpakendid
17 02 01	Puit
19 12 07	Puit, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 19 12 06*
20 01 38	Puit, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 20 01 37*
20 02 01	Biolagunevad jäätmed

*KeM määrus nr 49, Lisa 1

MATERJALIPANGAD (OSLO)



MATERJALIPANGAD (OSLO)



MATERJALIPANGAD (BELGIA JA EESTI)



LAHENDUS: DIGITAALSED + FÜÜSILISED MATERJALIPANGAD (EESTI)



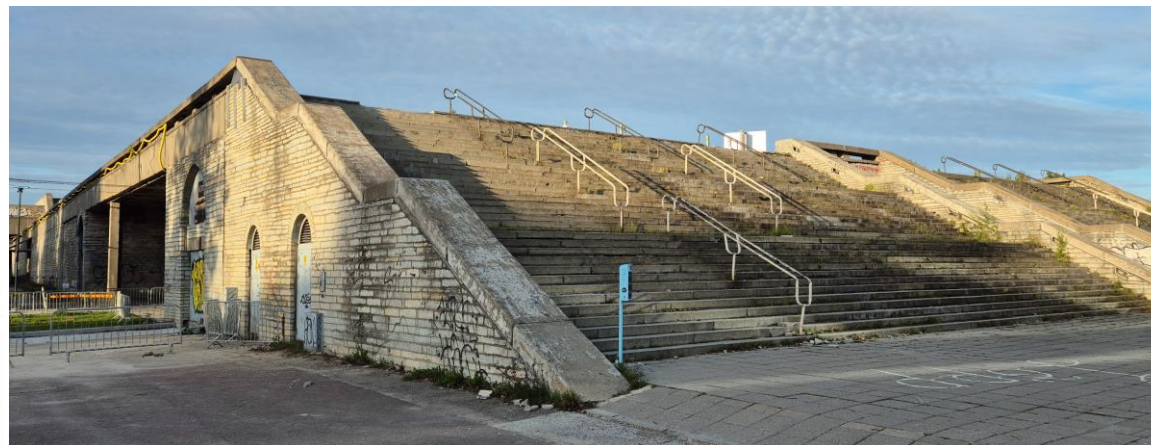
Materjalipank
SRIK



Ehitusplatside savi väärindamine
KUIDAS.WORKS

**TAL
TECH**

E-ehitus, BIM, materjalide andmed, CCI,
digikaksik ehitamisel, kasutamisel,
renoveerimisel, demonteerimisel



enfield.excessmaterialsexchange.com



EHITUSMATERJALIDE JÄÄTMETEKKE MINIMEERIMINE (ISESEISVALT)

- Materjalide geomeetria jäätmetekke minimeerimiseks (ukse või akna ava ei lõigata elemendist välja või kui lõigata, on see tükk kasutatav)
- Ehitusaegne ilmastikukaitse kõikide materjalide puhul, s.h. asukoht, ladustamine, ajutised katted, kiletamine (korduskasutatav või ümbertöötletav)
- Ülejääk (armatuur, müürikivid, puit, ehitusplaadi suuremad tükid) on materjal (saab kasutada mujal), mitte jääde
- Pakendid (taaskasutatav või ümbertöötletav kile)
- Taara (montaaživahu pudelid, purgid-tünnid-kanistrid, puhtad euroalused). Ülejääkide korjepunktid võiksid olla muuhulgas ehituspoed ja tootmisettevõtted
- Liigiti kogumine (konteineri ajutine kate, suurtüki asukoht), töömaa kultuur
- Võti on ehitustööde planeerimine, s.h. materjalivoo logistika

RT 69-11183-et

- <https://kliimaministeerium.ee/media/11791/download>
- Vt. Tabel 2



RENOVEERIMISE VALED OTSUSED = JÄÄTMETEKE

<https://vahuvennad.ee/pur-vaht-on-koige-kergem-viis-kaldlagede-soojustamiseks-tootevalikus-turuliidri-purinova-tooted/>

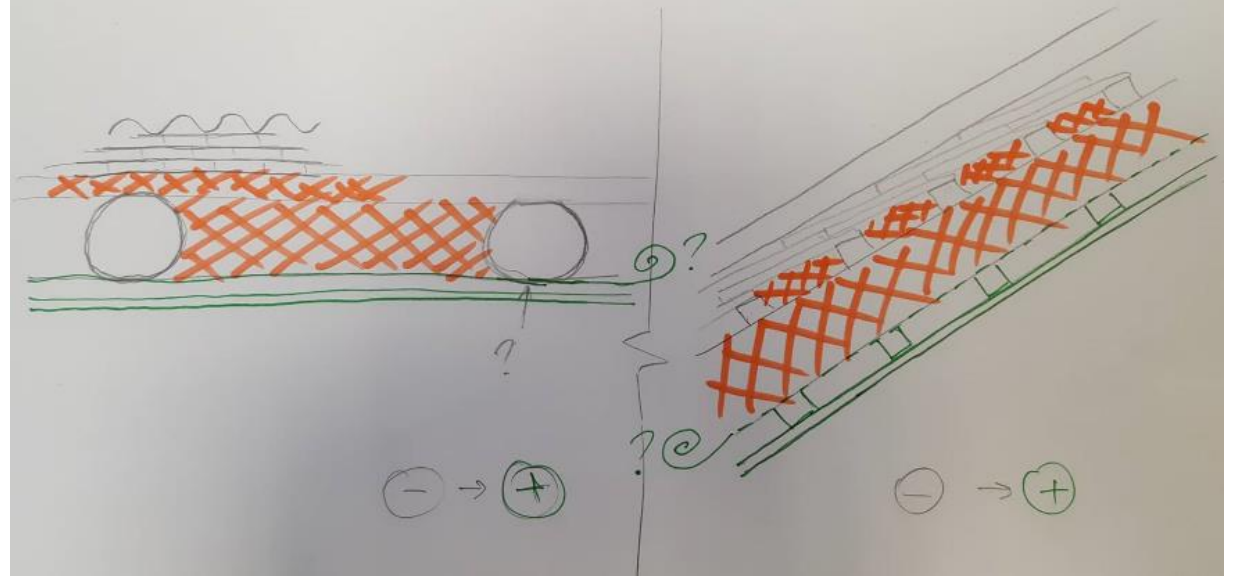


- Mahukahanemine?
- Ülejäägid?
- Tuleohutus?
- Kuidas tulevikus vahtu puidust eraldada (jäätmeteke)?



**TAL
TECH**

Kütmata katusealuse väljaehitamine (halb näide!)



„Avatud” vs „suletud” poor?

Vajalikud on tegelikud mõõdetud füüsikalised omadused!

<https://www.de.weber/en/innovations/facade/circle>

KUIDAS EDASI?

- Uued materjalid ringlussevõetud ehitus- ja lammutusjätmetest (kõrgem lisandväärtus (upcycling), madalam jalajälg, esmatoorme vältimine, lõppladastamise vältimine)
- Märksõna on materjalikasutuse optimeerimine (igas asi omal kohal efektiivselt töötamas, nõuete leevendamine)
 - Segapuistesoojustus (vill, EPS, saepuru, puiduhake jms)
 - Nõrgalt seotud segapuistesoojustus (kips, lubi)
 - Bituumenipõhised tooted (nn asfaldi alternatiiv, <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/3/1313>)
 - Komposiitplaadid (erinevad)
 - ?

Tänan!
Küsimused/arutelu?



New European Bauhaus Academy



**Circular
Bio-based
Europe**

Joint Undertaking



Bio-based Industries
Consortium



**Co-funded by
the European Union**

The project is supported by the Circular Bio-based Europe Joint Undertaking and its members.

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CBE JU. Neither the European Union nor the CBE JU can be held responsible for them.