

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

TALLINNA KOLLEDŽ

Kinnisvara haldamine

Märt Pärna

**BETOONELEMENTHOONED NING NENDES KASUTATAVATE
SOOJUSTUSMATERJALIDE ANALÜÜS**

Lõputöö

Juhendaja: prof. Roode Liias

Tallinn 2016

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
1 BETOONELEMENDI TUTVUSTUS	5
1.1 U-arvu olemus.....	5
1.2 Seinaelemendi tutvustus ja näidis	7
1.3 Soojustusmaterjalid.....	10
1.4 Betoonelementide hinnaarvutus ning soojustuse mõju hinnale	12
2 VÄLISSEINTE SOOJAPIDAVUSE ANALÜÜS	18
2.1 Eramud.....	19
2.2 Kortermajad	23
2.3 Mitte-eluhooned.....	26
2.4 Soklielemendid	29
3 HOONETE ASUKOHA MÕJU U-ARVULE	32
BETOONELEMENTHOONETE HOOLDUS	35
ENERGIAKLASSID.....	38
KOKKUVÕTE	40
SUMMARY	42
VIIDATUD KIRJANDUS	44
LISAD	46
Lisa 1 Tootejoonis. Gabariidid	47
Lisa 2 Tootejoonis. Armeerimine	48
Lisa 3 Tootejoonis. Detailid.....	49
Lisa 4 Tootejoonis. Elektriskeem	50
Lisa 5 Projektide tabeli fragment.....	51

SISSEJUHATUS

Eesti kliima puhul ehitist projekteerides või ehitades on kindlasti vaja arvestada suurte temperatuurivahemikega. Talvisel ajal ei ole tavapäratu -30°C , või suvel vastupidiselt $+30^{\circ}\text{C}$. Sellest tulenevalt tuleb hooneid, ja vahel ka rajatisi, isoleerida, reeglina kaitseks külma eest.

Eestis on peamisteks hoonete ehitusmaterjalideks kas kivi või puit, mõningate variatsioonidega. Vähem kasutatakse teraskonstruksioone. Terasi kasutatakse rohkem kõrgemate hoonete kandeskeleti osas või ladude ja suuremaid sildeid nõudvate katuslahenduste puhul. Pehmeid ja ajutise iseloomuga ehitusmaterjale reeglina ei kasutata.

Käesolevas töös analüüsitakse lähemalt betoonelementidest ehitiste välisseinte U-arvusi. Raudbetoon on meie kliimat arvestades väga mugav ja laialt levinud ehitusmaterjal. Seda nii elementidena kui ka monoliitsena ja ka kombineerituna. Raudbetoonist hooned on tugevad ja vastupidavad. Betoonelemendid kaasaegsetes ehitistes on loogiline areng võrreldes möödunud sajandi alguse kivihoonetega.

Tänapäevased betoonist seinalelemendid tulevad tehast juba valdavalt soojustatuna. Energiaklassid ning soojapidavus on tänapäeval iga ehitaja või koduomaniku huviorbiidis. Käesoleva töö analüüs põhineb viimase viie aasta jooksul Eestis ehitatud või projekteeritud hoonete projektidel ning nendes kasutatud seinalelementide soojustusmaterjalide võrdlusel. Eramute puhul on arvesse võetud ka õõnesplokkidest või muudest kiviplokkidest ehitatud hooned, kuna komplektseid täislahendusega raudbetoonelementidest eramuid ei ehitata piisavas mahus, et saaks tulemusi, mis näitaks teatavat trendi. Kokku on analüüsitavas nimekirjas 235 projekti. Projektid on valitud juhuslikkuse alusel vastavalt algmaterjalide olemasolule.

Antud analüüsi eesmärk on saada ülevaade viimastel aastatel Eestis ehitatud hoonete välisseinte soojapidavusest ning võrrelda neid riiklikult kehtestatud normidega.

Soojuskaod välisseinte kaudu võivad moodustada ligi kolmandiku kogu hoone soojakadudest. Seetõttu on välisseinte soojustus väga oluline [13]. Uurimuse läbiviimiseks reastati projektid tabelisse ning arvutati nende U-arv ehk soojusjuhtivusarv (soojatakistuspöörväärtus), ühikuks $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ehitusseaduse §3 lõike7 (EVS 837-1:2003) alusel. 2007. aastal kehtestatud „Energiatõhususe miinimumnõuded“ sätestavad väikemajade välisseinte soojajuhtivuseks $0,2\text{--}0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. 2012. aastal kehtestatud nõuded, mis hakkasid kehtima 9.01.2013, elamutel $0,12\text{--}0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ja mitte-elamutel $0,15\text{--}0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [11, 12]. Hooneid tuleb muidugi vaadelda komplektsetena. Hoonel on lisaks seintele ka katus ja avadeks aknad ning uksed. Käesolevas töös analüüsiti aga ainult seinu, sest need on hoone puhul kõige kandvam osa ning hiljem on

kulukas ja raske muudatusi teha. Aknaid ja uksi aga saab vahetada. Lagedele saab ka reeglina soojustust lisada, aga seinte soojustus on üldiselt kihtide vahel, olenemata maja materjalist. Soojustuse peal on alati ka veel mõni lisakiht või välisviimistlus.

Selleks, et andmed oleksid võrreldavad, jagati hooned eraldi tüüpide kaupa: eramud, kortermajad ning mitte-eluhooned. Lisaks eri hoonetüüpidele võrreldakse hooneid ja ka tellijaid tüüpide kaudu, seal kus võimalik.

Töö jaguneb kolme suuremasse ossa. Esimene osa on U-arvu ja betoonelemente tutvustav osa. Teine osa on projektide kogumi analüüs ning tulemuste võrdlus. Kolmas osa on betoonelement-hoonete hooldus.

1 BETOONELEMENDI TUTVUSTUS

1.1 U-arvu olemus

Käesolevas töös analüüsitakse välispiirete (välisseinte) U-arvu. Selleks, et mõista, mida tulemused näitavad on vaja aru saada, mida U-arv tähistab.

Piirde omadus on takistada soojavoolu. Seda nimetatakse piirde soojapidavuseks ehk soojustakistuseks. Soojustakistus R ($\text{m}^2 \text{K/W}$) näitab aega tundides, mis kulub 1,16 kW soojuse voolamiseks läbi 1 m^2 seinat kui õhutemperatuuride vahe on 1° C(K).

Soojustakistus R leitakse valemiga:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad 1$$

Kus d – materjali kihi paksus (m)

λ – materjali sooja-erijuhtivus ($\text{W/m}^2\text{K}$)

Piirde soojusjuhtivus U ($\text{W/m}^2\text{K}$) on soojustakistuse R pöördväärtus ehk soojajuhtivus (U-arv), mis näitab, mitu vatti (W) liigub läbi piirde ühe ruutmeetri, kui temperatuur piirde eri pooltel erineb üks kraad.

Soojajuhtivus U leitakse valemiga:

$$U = \frac{1}{R}$$

2

Kus R – piirde soojustakistus, kus omakorda

$$R=R(\text{sise})+R_1+R_2+R_3+\dots R_n+R(\text{välis})$$

R on kogu piirde moodustavate erinevate materjalide soojatakistuste summa. Mida väiksem tuleb U-arv, seda paremate soojapidavusomadustega on materjal. Enamus tootjaid paneb oma materjalidele peale λ väärtuse, kust on võimalik välja arvutada U-arv, vastavalt kasutatava materjali kihi paksusele. Tabelis 1 on välja toodud mõningad materjalid, mida antud töös olevad projektid sisaldavad.

Tabel 1. Materjalide sooja-erijuhtivus

Materjal	$\lambda - (\text{W/m}^2\text{C(K)})$
Kivivill	0,035-0,040
Klaasvill	0,032-0,040
EPS 60	0,042
EPS 100 Silver	0,031
SPU	0,023
Raudbetoon	2,000
Aeroc EcoTerm pluss 500	U= 0,17 W/m ² °K
Fibo 3 plokk	0,240
Puit	0,120 - 0,140
Silbeti plokk	0,100 - 0,120
Teras	45,0 – 55,0

Allikas: Ehituskonstruktori käsiraamat , tootjate WWW

Märkused:

Aeroc EcoTerm pluss 500 on valmistoode ning sellele saab esitada lõpliku U-arvu. Ei ole vaja arvutuskäiku vastavalt paksusele, et leida U-arv.

1.2 Seinaelemendi tutvustus ja näidis

Tänapäevasel kujul kasutatav raudbetoon leiutati aastatel 1849-1850 kahe prantslase Jean Louis Lambot ja Joseph Monier'i poolt [5, 14]. Esimene neist oli advokaat, kes valmistas betoonplaadi, mille armeeris terasega. Kuigi tema konstruktsioonis ei olnud veel tegemist klassikalise raudbetooniga, kus teras võtab vastu tõmbepingeid ja betoon survele tekkivaid pingeid. Teine neist oli tegelikult aednik ning hädas lillepottide tugevusega. Tema töö ning katsetused betooni ja rauaga panid aluse tänapäeva raudbetoonile.

Monoliitse ehk paigalvalu raudbetooni kõrval hakkas kiiresti arenema ka vabrikutes eelnevalt valmistatud elementide suund. Tehases valmistatud raudbetoonelemendid võimaldasid hooneid ja rajatise kordades kiiremini püstitada. Tänapäevased raudbetoonelemendid jagunevad väga laia toodete nomenklatuuri. Toodetakse seinaelemente, lagede/põrandate elemente, poste, talasid, plaate jne. Enamus elemente on võimalik tootmise käigus ka soojustada ja/või isoleerida niiskuse eest. Monteeritava raudbetoonhoone puhul kasutatakse laialdaselt juba eelnevalt soojustatud 3-kihilisi raudbetoon-seinaelemente (Sandwich ehk SW seinaelemendid). Sein koosneb raudbetoon-kandekihist, soojustusest ja väliskoorikust. Väliskoorikud on mõningatel juhtudel juba ka viimistletud. Reeglina mitte lõppviimistlusega, vaid lõppviimistlusele eelnevas staadiumis, et lihtsustada monteerimist objektil. 100%-lise lõppviimistluse saanud paneele on ülimalt keeruline monteerida ilma igasuguste komplikatsioonide tekketa. On mõningad erandid, kus seinapaneelid tulevad tehases juba lõppviimistlusega, mis on tehnoloogilised viimistlused, näiteks: patineeritud pind (roostvärvi või rohekas välimus), graafiline pind, pesubetoon jne.



Joonis 1. Pesubetoonpind



Joonis 2. Keemiliselt töödeldud pind (Patineeritud pind)



Joonis 3. Graafiline betoon

Allikas: WWW E betoonelement AS

Seinapaneele saab tehases viimistleda lisaks eeltoodule veel väga erinevalt. Tootmises on valdavalt levinud meetod, kus seinapaneelidel valatakse vormipind välispinda, ehk väliskiht all-pool vastu teraslauda. See jätab sileda ja ühtlase tulemuse, mida on hea hiljem värvida. Lisaks on elemente võimalik ka nõ tagurpidi valada, kus vormipind on sisepinnas ja välispind jääb valamise hetkel ülespoole. See annab võimaluse elemendile tekitada erinevaid mustreid või tekstuure. Näiteks harjapind, rullipind või erinevad hõrdepinnad.



Joonis 4. Harja ja rullipinna näidised

Allikas: WWW E-betoelement AS

Lisaks on võimalik elemendile juba tehases külge valada maakivi või tellised, mis väliselt ei viita betoelement-majale. Erinevus paistab silma ainult elemendi vuukides.

Seinapaneeli tootmine saab alguse esmalt kogu hoone arhitektuursest projektist. Sellest koostatakse konstruktiivne projekt, mis omakorda jaguneb mitmesse staadiumisse – eelprojekt, põhiprojekt ja tööprojekt. Peale tööprojekti valmimist tehakse iga konkreetse elemendi kohta tootejoonis. Tehases toodetakse elemendid vastavalt tootejoonistele. Tootejoonisel on kujutatud kõik võimalikud parameetrid ning kogu info. Tootejoonis koosneb reeglina kahest või kolmest lehest. Gabariitjoonisest, kus on kõik mõõdud, armeerimisjoonisest, kus on näidatud armatuur ning armatuuri painutused ning lisaks sõlmede ja detailide leht. Tänapäeval on laialt levinud ka elektri projekteerimine elementidesse, millest tulenevalt on lisaks ka joonise neljas leht, kus on näidatud elektri-torutuse ja karbikute paiknemine elemendis. Jooniste näidised Lisa 1.

3-kihilised (SW) seinaelemendid jagunevad üldiselt kandvateks ja mittekanvateks elementideks. Soojustuse paksust see üldiselt ei mõjuta. Reeglina muutub sellest ainult sisekihi paksus ning armeeringu osakaal.

Eestis toodetavate betoelementide kehtivad tolerantsid ja normid on välja töötatud vastavalt Soome betooniühingu juhistele BY 40 ja BY 47 [7, 8]. Eestis aluseks olev BÜ4 kirjeldab väga täpselt kõik normid ja tolerantsid erinevatele toodetele [6]. Näiteks õõnespaneelide pikkused, laiused, ühtlasi eeltõusude erinevused jne. Seinapaneelidel samuti kõik mõeldavad parameetrid, alustades pistikupesadest, betooni konarustest või pooridest ja lõpetades elementide välisgabriitidega .

1.3 Soojustusmaterjalid

Soojustus pannakse SW-elementi vahele peale ühe kihi betooni valamist. Kaks betoonikihti on omavahel seotud diagonaalsidemetega, mis läbivad soojustust. Välimine kiht, reeglina, nii öelda ripub sisekihi küljes ja konstruktiivselt kandev ei ole. Selline meetodika annab soojustuse kasutamiseks piisavalt vabad käed. Ainus tingimus soojustusmaterjali kasutamisel on tema survetugevus. Kui üks betoonikiht on valatud ja osaliselt kivinenud, siis paigaldatakse sinna peale soojustusmaterjal. Teine kiht betooni valatakse soojustuse peale. Sealt ka vajadus, et soojustusmaterjal oleks piisavalt tugev, et suudaks kanda volavat betoonimassi. Selle jaoks on spetsiaalselt välja töötatud klaasvillad, kivivillad ning muud plastvahud (EPS ja analoogid) [1, 2, 3, 4]. Võrreldes objektile kasutatavate mineraalvilladega on nende tugevus piisav, et seal võiks inimene peal seista, ilma et soojustus kokku vajuks. Selliselt toodetud elemendil on mõlemad betoonikihid tugevalt vastu soojustusmaterjali surutud.

Vahtpolüstüreen ehk standardkohase nimetusega EPS on kerge jäik plastvahul põhinev soojustusmaterjal. EPS on hinna- ja kvaliteedisuhte poolest üks efektiivsemaid soojustusmaterjale. Soojustusplaadid on kerged, lihtsalt käsitsetavad, ei kaota aja jooksul soojust isoleerivaid omadusi ega deformeeru ning on samas tugeva konstruktsiooniga. EPS-isolatsioonimaterjale kasutatakse nii uusehitistes kui ka vanemate ehitiste renoveerimisel. EPS on väikese tihedusega poorne soojusisoleerimismaterjal, mis koosneb 98% ulatuses õhust. EPS-soojusisoleerimisplaadid koosnevad paisutatud polüstüreeni graanulitest, mis on veeauru toimel omavahel tihedalt kokku ühendatud. EPSi graanulitel on osaliselt avatud mikropoorid, kuhu vesi ei tungi, kuid veeauru liikumine neis toimub.

Klaasvill on klaaskiududest isoleermaterjal, mida toodetakse peamiselt klaasijäätmeist, kvartslüüvast, soodast ja lubjakivist. Kiud on omavahel seotud sideainega. Klaasiks emulgeeruva toorsegu sulatusprotsess toimub ahjus temperatuuril üle 1400°C. Sulatatud klaas suunatakse tsentrifugaaltrumlisse, kus klaas muutub kiududeks paksusega ligikaudu 6 mikronit, so. 20 korda peenemaks kui inimjuus. Kiudude vahel olev seisev õhk annab klaasvillale head isolatsiooniomadused. Betonelementides kasutatava Isoveri villtoodete soojusjuhtivustegur on 0,032 - 0,035 W/mK .

Kivivilla toodetakse kivimaterjalist, Paroc näiteks basaldist. Kiud on seotud vaiguga, kiudude vahele suletud õhk tagab toote hea soojapidavuse. Toorained ja koks valatakse automaatselt sulatusahju. Sulatusahjust välja voolav sulam suunatakse ketrusmasinale, kus moodustuvad kiud. Lisatakse väike kogus sideainet ja mineraalõli, kiud kogutakse dekanterisse lintkonveierile. Villa

tootmisstruktuuri ja tihedust reguleeritakse, kuni see läheb tahkestamiskambrisse. Need omadused jäävad materjalile pärast sideaine tahkestumist. Soojusjuhtivusteguri väärtused on vahemikus 0,033 - 0,035 W/mK. Kivivillatooted on tulekindlad.

Tänapäevased mineraalvilladel baseeruvad soojustusmaterjalid on reeglina ka juba tuulutussoontega. See annab võimaluse niiskusel elemendist väljuda – nii ei teki kihtide vahele vee kondenseerumist (näiteks Paroc COS 5 ggt). See on oluline, sest ehituse käigus on konstruktsioonid reeglina mingil ajahetkel avatud. Villad on imavad materjalid ning vihm pääseb villa sisse. Samas on vill kahelt poolt betooni vahel ning niiskusel sealt välja auruda on keeruline. Tuulutussooned peavad olema avatud ning kanalid peavad olema juhitud vuukidesse, kus läbi spetsiaalsete avade või torude saaks niiskus välja auruda või tilkuda.



Joonis 5. Paroc cos 5ggt tuulutussoontega villa näidis

Allikas: WWW Paroc Group Oy

1.4 Betoonelementide hinnaarvutus ning soojustuse mõju hinnale

Betoonelementide hinnaarvutus saab alguse tellija poolse hinnaküsimisega. Hinnaküsimised tehakse erinevates staadiumites. Mõningad projektid on lahendatud alles eelprojektina ning on projekte, mis on juba valmis tootejoonistega. Tootja seisukohalt on alati parem, kui projekt on juba lõpuni läbi lahendatud. See välistab erinevad üllatused. Tihti võib vastasel juhul tekkida erinevaid hindade kallinemisi, mida projektis polnud võimalik ette näha. Selliseid kallinemisi lepingus kirjeldada on tülikas.

Kahjuks kasutatakse Eestis palju sellist praktikat, kus üldised hanked kuulutatakse välja alles eelprojekti või põhiprojekti staadiumis. Elementitootja jaoks on see suhteliselt ebamugav olukord. Sellisel juhul ei ole veel lõplikust tootest oluliselt rohkem infot kui ainult tema esialgne kuju. Põhiprojekti staadiumis on toodud välja ainult põhilised sõlmed ja üldised armeerimise põhimõtted. Laias plaanis on sellest tulenevalt tihti meedias kuulda ka olukordadest, kus erinevad hanked on läbi kukkunud. Eeldatav maksumus jäi oluliselt madalamaks reaalsest hoone rajamise kulust või on tööde käigus avastatud planeerimata kallinemisi.

Betoonelemendi tootmine eeldab väga täpset joonist (alginfot) ning kulud vastavalt elemendi tootmiseks võivad väga suurel määral muutuda, vastavalt elemendi valmistamiseks kasutatavate materjalide maksumusele. Sellest tulenevalt on hinnapakumise tegemisel vaja kõik riskid ära kirjeldada, mida olemasolevalt infolt ei ole võimalik näha. Eestis, kahjuks vaadatakse üldiselt pakumuste lõpphinda. Pakumuse sisu tundub kohati teisejärguline. Võidab see, kes pakub paremat lõpphinda ja julgeb võtta kõige rohkem riske. Näiteks Soomes koostatakse alati projekt teatud staadiumini. Elementide hinnaküsimisel saadetakse lisaks üldprojektile ka tüüpjoonised erinevate elementide kohta. Lisaks kirjeldatakse projektis kasutatavaid taridetaile, mida ei ole veel joonistel näha. Seejärel arvutatakse väga täpselt näidiselemendi hind ning see on lepingu hinna alus. Projekti lõppedes kontrollitakse näidiselemendi vastavust reaalsele elementidele mida toodeti ning arvestatakse välja elementide kallinemised. Taridetailide hinnad ja lisanduv tööraha on kirjeldatud eraldi lepingu lisadega. Sellest tulenevalt on mõlema poole riskid proportsionaalselt jagatud.

Eestis on elementitootjad valdavalt ainult tootjad, nõ täislahendusi väga palju ei pakuta. Suuremad tootjad on Muuga Betoonelement AS, TMB Element OÜ, Lasbet AS, Talot AS, Betoneks AS ja E-Betoonelement AS. Neist ainult E-Betoonelement AS pakub täislahendust: projekteerimist, tootmist ja ka monteerimist. Ülejäänud tehased kasutavad erinevaid

koostööpartnereid. Juhul kui kallinemisi ei ole võimalik eraldi kokku leppida, jäävad tootjale kõige suuremad riskid.

Kui projekt on lahendatud lõpuni, kuni tootejoonisteni, siis saab betoonelemendi hinda arvutada väga täpselt. Seinaelemendi puhul võetakse iga komponent eraldi. Seinaelement kantakse tabelisse oma gabariitide ja muude parameetritega. Vastavalt tootejoonisele ning armeerimisjoonisele kantakse tabelisse kõik armatuurikogused ning muude taridetailide kogused. Vastavalt betooni, soojustuse, armatuuri ja muude detailide määramisele saab väga täpse materjalide ühe ruutmeetri hinna. Seinaelemente müüakse üldiselt ruutmeetritena. Elemendi materjalide hind on suurim kolmest osast, millest elemendi lõpphind kujuneb. Lisaks elemendi otsestele materjalidele tuleb hinnata elemendi tootmise efektiivsuse koefitsienti ning vastavalt sellele saab arvutada elemendile kuluvat tööjõukulu ning üld- ja püsikulu. Efektiivsuskoefitsient näitab, mitu tundi kulub ühe ruutmeetri tootmiseks antud elemendist. Selle määramiseks on igal tehasel välja kujunenud kriteeriumid ja kogemuslik nägemus. Kui kõik erinevad omahinna osad on välja arvatud, võib lisada müügitarginaali ja pakkumuse kliendile väljastada.

Seinaelementides kasutatavad materjalid võivad elemendi hinda muuta väga erinevalt. Tabelis 2 (lk 13) on välja toodud ühe keskmise näidiselemendi hinnaarvutuse meetodika. Tabelisse on sisestatud elemendi parameetrid ning kasutatavad materjalid. Edasi on kirjeldatud, kuidas näiteks armatuuri või soojustuse muutus üht tüüpi elemendi hinda väga otseselt mõjutab.

Näidiselement on kolm meetrit kõrge ja neli meetrit pikk umbsein. Elemendis on kasutatud sisekihi kandvas osas 2x6/150/150 A500HW armatuuri ja väliskihis 1x5/150/150 A500HW armatuuri, kandekihis 12mm ümberrauda ja väliskihis 8mm ümberrauda. Soojustuseks 200mm Paroc cos5 ggt kivivilla, betoonikihid 180mm+ 80mm. Lisaks elemendi tõstehülsid, tapiaasad ja diagonaalsidemed kahe kihi ühendamiseks. See sein vastab U-arvule 0,18 W/(m²K). Sellise näidisseina materjalide hind tuleb arvutuslikult 39,62€/m².

Tabel 2. Näidiselemendi hinnaarvutus

Element:	N-1					
Joonis:						
Transport	€/m ²					
Laius, mm	4000					
Kõrgus, mm	3000					
Betooni paksus, mm	260					
Soojustus, mm	200					
Elemendi S, m ² :	12,00					
Elemendi P, m:	14,00					
Betoon	Kogus	Ühik	Ühiku hind	Hind kokku	Kadu	Summa
K45	3,12	m ³		134,16	1,05	140,87
Soojustus	Kogus	Ühik	Ühiku hind	Hind kokku	Kadu	Summa
Paroc 5ggt	12,00	m ²	11	132,00	1,1	145,20
Võrk	Kogus	Ühik		Hind kokku	Kadu	Summa
T6-150	12,00	m ²		24,86	1,15	28,59
T6-150	12,00	m ²		24,86	1,15	28,59
T5-150	12,00	m ²		17,22	1,15	19,80
	12,00	m ²				
Armatuur	Kogus	Ühik		Hind kokku	Kadu	Summa
1 T12	15	jm		9,32	1,1	10,26
2 T12	15,00	jm		9,32	1,1	10,26
3 T16	3	jm		3,31	1,1	3,65
14 T8	15	jm		4,15	1,1	4,56
15		jm				
Detailid	Kogus	Ühik	Ühiku hind	Hind kokku	Kadu	Summa
PVL	12	tk		6	1	6
Diagonaalside (Fe)	18	tk		45	1	45
RD20	2	tk		10	1	10
Kokku:						452,78 €/tk
						37,73 €/m ²
Summa						
+5%:						39,62 €/m²

Allikas: autori arvutused

Kui materjali hind on eraldi välja arvestatud, siis vastavalt sellele saab arvutada edasi kogu elemendi omahinna. Selleks on vaja määrata elemendi efektiivsuskoefitsient. Näidiselement N-1 on oma raskuastmelt keskmine. Selle efektiivsuskoefitsient võiks olla $2,5 \text{ h/m}^2$. Efektiivsuskoefitsiendi alusel saab arvutada tööjõu maksumuse ning tehase üld- ja püsikulud. Igal tehasel on kindel tootmisvõimsus, st mida suudetakse elementide lõikes ühes kuus toota. Vastavalt sellele jagatakse kulud tooteliikide kaupa ära. Kui on teada, kui suure osa ühe ruutmeetri valmistamine üld- ja püsikuludest moodustab, saab kokku arvestada kogu elemendi maksumuse. Jämedalt koosneb seinaelmendi omahind kolmest suuremast osast, mis antud näidiselemendi puhul jagunevad vastavalt tabelile 3. Arvestades N-1 elemendi materjali hinda, saab keskmiseks ruutmeetri hinnaks näidise puhul $99\text{€}/\text{m}^2$. See on ilma viimistluseta välisseina puhul täiesti levinud keskmine hind. Hinda on võimalik välisviimistlusega muidugi tunduvalt kergitada.

Tabel 3

N-1	
Materjali maksumus	40%
Tööjõu maksumus	30%
Üld- ja püsikulu	30%
+ Marginaal %	

Allikas: autori arvutused

Lisaks omahinnale kujuneb pakkumiste voorus välja marginaali protsent. Marginaali protsent võib tooteliikide kaupa olla väga erinev. See on tingitud sellest, et reeglina suuremate hoonete puhul, kus on erinevaid konstruktsioonitüüpe ja -elemente, on tellija huvitatud kogu lahenduse tellimisest ühest tehastest. Erinevatel tehastel jaguneb aga erinevate tooteliikide tootmisefektiivsus erinevalt. Määravaks saab pigem lõpphind. Kui erinevad tootjad võistlevad lõpphinna osas, siis ei ole tavapäratu, kui ühel või teisel tehasel on mõni tooteliik marginaali real miinusmärgiga.

Sellistes situatsioonides on ülimalt oluline elementide optimeerimine ning efektiivsuse suurendamine. Sama kujuga, aga näiteks kõrvalseinas asuv paneel, mis ei pea olema konstruktiivselt kandev, võib olla lahendatud ka ilma armatuurvõrguta. Võttes ära kandevkihi armatuurvõrgu maksumuse, saame ruutmeetri hinnaks $34,61\text{€}/\text{m}^2$. Sama sein projekteerija poolt kandekihis üle-dimensioneerituna $2 \times 8/150/150$ võrguga, maksab $44,29\text{€}/\text{m}^2$. Siit on selgelt näha,

et armatuuri osakaalu muutus muudab paneeli hinda väga suurel määral. Kahjuks sellist optimeerimist väga palju ei tehta ning tihti toodetaksegi elemente, mille hind võiks olla näidise alusel 10€/m² odavam. Kõige elementaarsem näide on see, kui ühe kaheksakordse korterelamu esimese ja kaheksanda korruse elemendid on projekteeritud samasuguse armeeringuga, olenemata sellest, kas sein on konstruktiivselt kandev või mitte. Isegi ilma erialase hariduseta inimene saab aru, et neile kahele elemendile mõjuvad väga erinevad koormused.

Kokkuhoidu tehakse kohtade peal, mis tunduvad ilmsemad ja paistavad kohe silma. Näiteks betooni kogust 180mm-i pealt 150mm-i peale vähendades võidab näidiselemendi puhul 1,42€/m². Tegelikult nii otseselt betooni kogust vähendada ei saa ja reeglina betooni paksuse vähendamisel tuleb tõsta betooni survetugevuse klassi, mis omakorda teeb betooni ühikhinda kallimaks. Soojustuse muutus 200mm-i pealt 180mm-i peale annab võiduks 1,27€/m², aga samas tõstab U-arvu juba 0,2 W/m²K peale. Kui vähendada soojustuse paksus 200mm-i pealt 150mm-i peale, siis võidaks 3,18€/m², aga välisseina U-arv tõuseb 0,24 W/m²K peale. Kahjuks valdav osa optimeerimist käibki just betooni mahu ja soojustuse osas, mis tegelikult suurt võitu ei anna, küll aga kaotavad majad soojapidavuselt kõvasti. Välisseina soojapidavus võib halveneda isegi rohkem kui 30%, aga tellija võidab sellest ehituse staadiumis ainult 3€/m² (seina pinnast).

Lisaks valdavalt kasutatud kivivilla või EPS soojustusele on alternatiivina ka SPU soojustus mida Eestis kasutatakse võrdlemisi vähe. SPU hind on võrreldes mineraalvilla või EPS-ga ca 2-2,5 korda kallim. Samas juba 120mm SPU soojustust annab U-arvuks 0,17 W/m²K. Tabelis toodud näidiselemendi alusel tuleks ruutmeetri hinnaks 46,32€ – seega kallinemine algse seinaga võrreldes oleks 6,70€/m².

Paljude hoonete puhul on detailplaneeringuga paika pandud maja välised mõõdud, mis on kitsastes oludes oluliseimaks kriteeriumiks hoone projekti lahendamisel. Kui SPU-d kasutada, siis saaks hoone sisemõõt ca 8cm kogu perimeetris suurem, jättes U-arvu samasse suurusjärku. Näiteks 20x30 meetrit mõõduga maja korruse puhul, kasutades SPU soojustust, saaks perimeetri peale 4,0 m² pinda juurde. Uute korterite puhul on keskmine ruutmeetri hind Tallinna kesklinnas ja Pirital üle 2000€. Seega korruse peale oleks lisanduv raha 8 000€. Kui sein ruutmeeter on kallim kui 6,7€ ja sellise maja keskmine sein kõrgus ei ole reeglina üle kolme meetri, siis seinad oleksid ühe korruse osas kokku 2010€ kallimad. Muidugi tuleb korruse pindala arvutamisel (bruto – neto), arvestada ka kandeseintega, mis vähendavad pindala võitu, aga selline jääme arvutuskäik näitab, et teatav kasu võib siiski olemas olla. Ei tasu karta kallimaid materjale. See

arvutuskäik kinnitab vanasõna, et koonerdamine pole kokkuhoid. Tihti aga välistatakse kallimad materjalid juba eos ning lõpptulemust ei vaevuta arvutama.

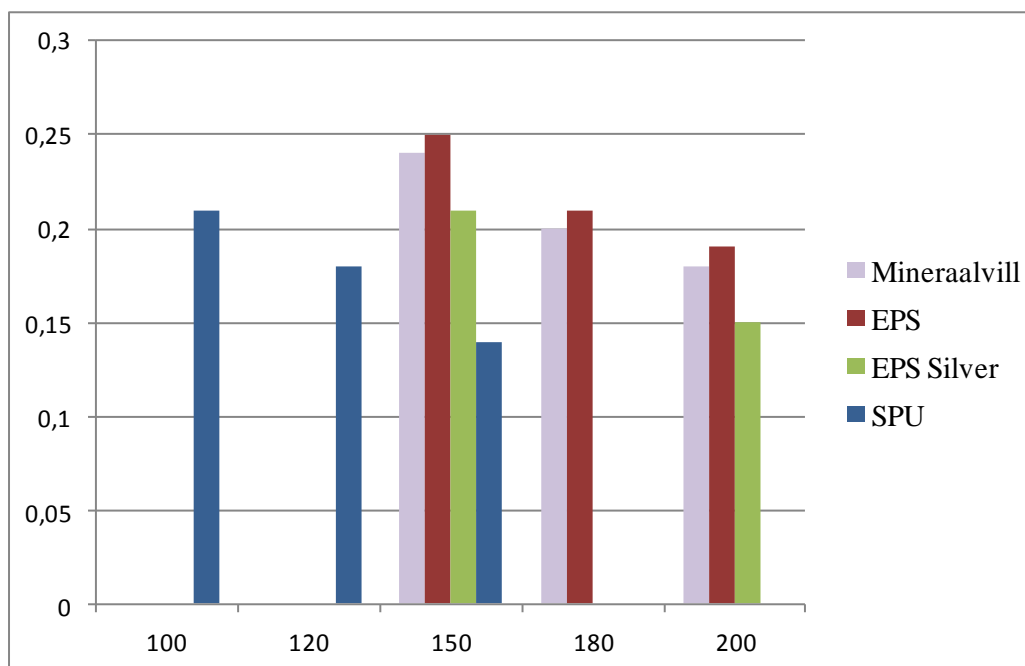
2 VÄLISSEINTE SOOJAPIDAVUSE ANALÜÜS

Välisseinte soojapidavuse analüüsi aluseks tuli koostada tabel, kuhu sisestati viimase viie aasta jooksul läbitöötatud projektid. Kokku jäi valikusse 235 projekti. Projektid reastati tabelisse ning sorteerimiseks kasutati järgnevaid väärtusi: projekti number, hinnaküsimise kuupäev, hoone tüüp, projekti aasta, tellija tüüp, sein tüüp, sein kogupaksus, sein kihid, soojustusmaterjali paksus, soojustusmaterjali tüüp, hoone asukoht, märkused, U-arv tabelarvutusest. Nii palju erinevaid kriteeriume kasutati selleks, et oleks võimalik erinevate analüüside läbiviimine. Projekti number oli abistav suurus, mis näitas asukohta andmebaasis. Hinnaküsimise kuupäeva sai võrrelda projekti kuupäevaga ning see näitas, kas tegemist oli värske projektiga või varasemalt projekteeritud projektiga. Tellija tüübid on: ehitusfirmad, eraisikud ja riigi- või omavalitsused. Ülejäänud parameetrid on otseselt vajalikud analüüsi läbiviimiseks.

Selleks, et nimekirja koostada, tuli läbi töötada ligikaudu 1700 projekti, mille hulgast valik tehti. Valiku eelduseks oli piisavalt heade alusmaterjalide olemasolu kas jooniste või seletuskirja kujul. Mõningate, nii öelda hübriidkonstruktsioonide, puhul ei olnud välisseinte kohta jooniste infot ning seal tuli võtta algandmed seletuskirjast, juhul kui see oli võimalik. Valik oli projektide suhtes juhuslik ning teadlikult ühtegi projekti välja ei jäänud, mille kohta olid piisavalt head algandmed olemas. Valikust jäi hiljem teadlikult välja ca 40 projekti. Need sisaldasid ainult soklipaneele. Soklipaneelid ei ole antud töös nii olulised ning piisav valim oli juba olemas. Lisaks jäid analüüsist välja mõningad projektid, mille ehitus on lükkunud edasi või mille joonistes oli vastuolu või oli ehituse käigus muudetud projekti algsega võrreldes olulisel määral.

Analüüsi eesmärk oli reastada projektid ning arvutada nende U-arv, et hiljem teha võrdlusi ja järeldusi. Analüüsi eesmärk ei olnud öelda, kas keegi ehitab õigesti või valesti. Sellest tulenevalt ei ole ka tellijate real konkreetseid isikuid või ettevõtteid välja toodud. Analüüsi eesmärk oli saada ülevaadet ehitusturul toimuvast.

Joonisel 6 on toodud levinumate soojustusmaterjalide U-arvud erinevatel paksustel. U-arv on saadud vastavalt tootja poolt esitatud keskmistele λ väärtustele erinevate paksuste juures. Joonisel on välja toodud levinumad soojustuse tüübid ja paksused. Kõiki materjale on võimalik saada erinevates paksustes, kuid on välja kujunenud standard-paksused ning ülejäänud on eritoodang mida kasutatakse vähem.



Joonis 6. Soojustusmaterjalide U- arvud vastavalt paksusele

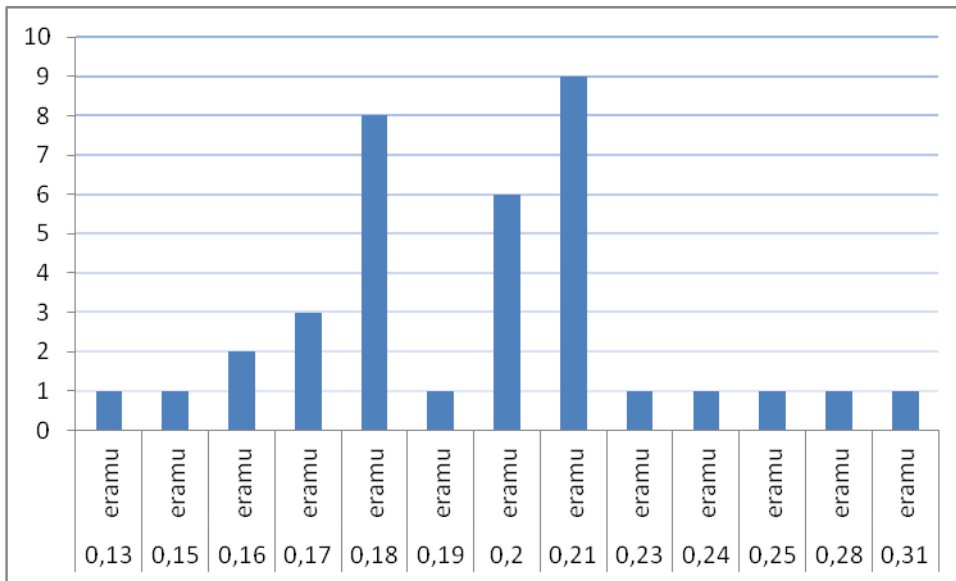
Allikas: autori arvutused, tootjate sertifikaadid

2.1 Eramud

Täislahendusega betoonelementidest eramute ehitus ei ole väga levinud. See on tingitud mitmest probleemist. Esiteks on betoonelementidest eramu ehituse alustamine kallim ning reeglina eeldab suuremat eeltööd. Lisaks tuleb betoonelementidest eramu projekt lahendada lõpuni kuni tööprojekti staadiumisse. Puit- või laotud kivikonstruktsioonide puhul saavad ehitajad hakkama ka eelprojekti või põhiprojektiga. Eramu tellija ei ole reeglina huvitatud nii pikast projekteerimisprotsessist ning ei oma reeglina veel täit nägemust kogu lahendustest.

Käesolevasse analüüsi klassifitseerus kokku 36 projekti. Nendest pooled on täislahendusega betoonmajad ja pooled nõ hübriidkonstruktsioonid; kas plokkidest seinad ja raudbetoonist vahelaed või mõnel juhul ka mõlemate kombinatsioon.

Analüüsitud projektide U- arvud jäid vahemikku 0,13 W/(m²K) kuni 0,31 W/(m²K). Aastatel 2010 ja 2011 kasutati SW elementides soojustusmaterjalidena rohkem EPSi ja klaasvilla, hiljem rohkem kivivilla.



Joonis 7. Eramute U-arvude jagunemine

Allikas: autori arvutused

Kõige levinum U-arv kõigi analüüsis olnud projektide kohta tuli 0,21 W/(m²K). See on täpselt täna kehtivate riiklikult kehtestatud määrade ülemine piir. Väärtus 0,19 W/(m²K) jäi võrreldes kõrvalolevate väärtustega oluliselt väiksemaks, sest sellise lahenduse saab kas ühe-kihilise betonelemendi või täis betoneeritava kiviga, millel 200mm EPS soojustust. Selliseid lahendusi sattus projektide hulgas olema ainult üks. Hübriidkonstruktsioone, kus välisseinad olid laotud kivist kasutati valdavalt Fibo plokkide, mille soojatakistus on betoonist parem. See on veidi odavam lahendus ning ehituse poolest ka lihtsam. Fibo või Aeroc kivid on kerged ning neid saab ilma abistava tehnikata laduda. Betoneeritavad kivid, näiteks Columbia-Kivi, on seest õõnsad ning tuleb hiljem täis betoneerida. See moodustab hiljem ühe tugeva tervikliku raudbetoonseina. Selline lahendus on väga levinud väiksemate kortermajade ja büroohoonete, aga mitte eramute puhul.

Kõige levinum lahendus kolmekihiliste seinaelementide puhul oli 180mm ja 200mm soojustusmaterjal, reeglina mineraalvill. Kui maja oli lahendatud plokkidest laotud konstruktsioonina, siis kõige rohkem oli kasutatud 150mm ja 200mm EPS soojustust. Tänavapildis annavad sellised EPSi või analoogiga soojustatud majad ka kõige rohkem tooni. EPS soojustuse peale saab reeglina kanda otse krohvi ning see annab välisviimistlusel väikese kokkuhoiu muude lahendustega võrreldes.

Betoonist või täis betoneeritava kiviga ja 150mm EPS soojustusega välissein annab U-aruks 0,25 W/(m²K). Sama lahenduse ja 200mm EPS soojustusega välissein annab U-aruks 0,19

W/(m²K). Vastavalt Fibo plokiga seinale 150mm EPS soojustusega, tuleb U-arv 0,21 W/(m²K) ja 200mm EPS soojustusega on U-arv 0,17 W/(m²K), betooneeritava kivi või betoonpaneelist kandekihiga elemendi suhtes on ca 10% eelist soojapidavuses. Mineraalvilla kasutati nendest projektidest kolmel juhul, kui tegemist oli plokkidest laotud seintega. Sellisel juhul oli maja viimistluseks kasutatud kas fassaadtellist või puitlaudist. Mineraalvillad on plokkidest laotud või betoonelement-kandekihiga majade puhul vähe levinud. Järeldaigaldatavad mineraalvillad eeldavad roovituse olemasolu, kuhu vahele vill toetub. See tehakse reeglina prussidest mis on kruvide või muude kanduritega toetatud välisseina kandva osa külge. Betooni sisse auke puurida on raske ja sadu jooksvaid meetreid prusse kinnitada ebamõistlik.

Valikus olnud eramutest ainult ühel juhul kasutati soojustuseks SPU soojustust 100mm. Selle maja välisseina U-arv on 0,21 W/(m²K).

Parima U-arvu (0,13 W/(m²K)) sai maja, mis oli laotud 200mm Fibo plokkidest ja lisaks kasutatud 200mm EPS Silver soojustust. Võrdluseks: sarnaselt laotud 200mm Fibo plokkidest, aga tavalise EPS-ga soojustatud maja U-aruks on 0,17 W/(m²K). EPS Silverit kasutati antud valikus ainult kahe maja puhul. Teisel juhul oli tegemist SW elemendiga (200/100/80) ning U-aruks tuli 0,28 W/(m²K).

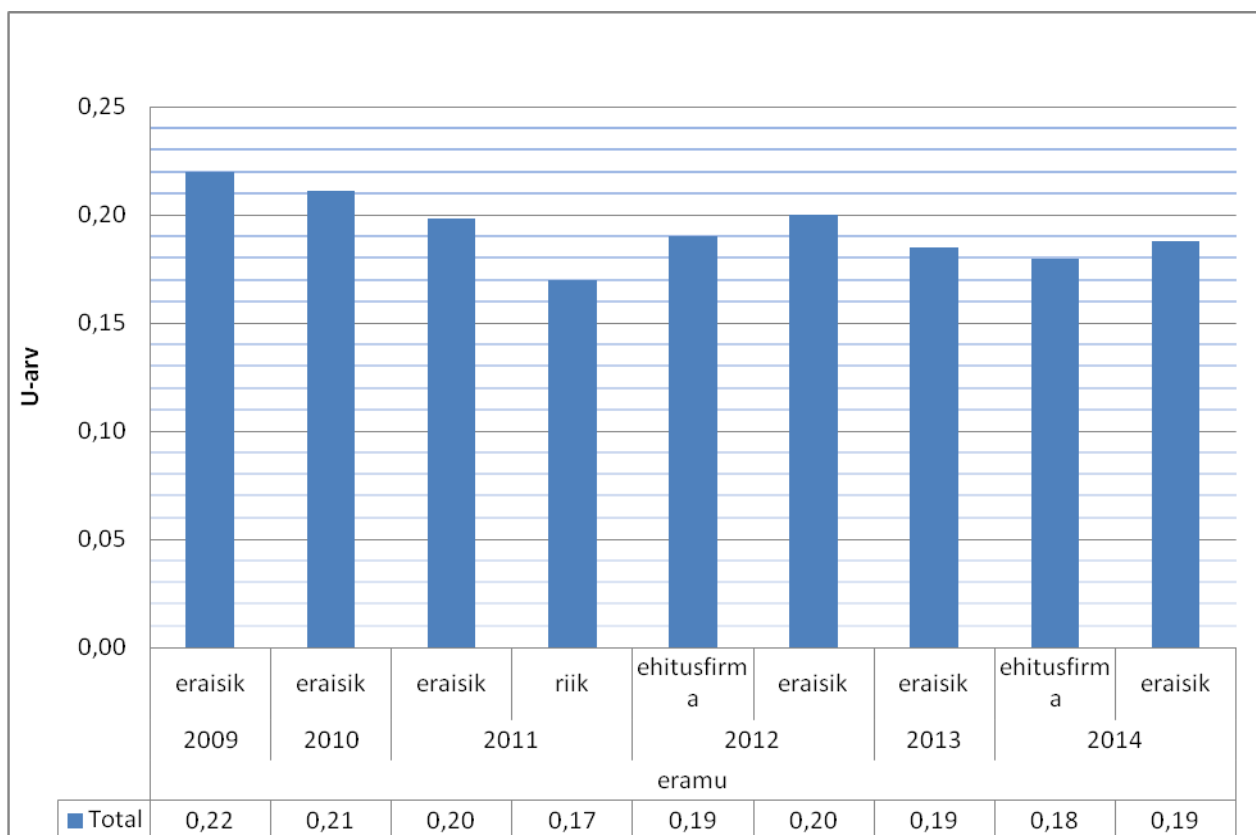
Väga hea näitaja eramute osas oli ka Aeroc EcoTerm pluss 500 plokist laotud majadel. Selline lahendus ei vaja eraldi soojustust ning U-väärtus tuleb 0,17 W/(m²K). Sellise lahenduse tellijaks oli riik. Objektiks peremajad, mis rajati Sinimägedesse. Teoorias ei ole tegemist päris klassikaliste eramutega, kuid oma olemuselt seda nad siiski on.

U-arv 0,17 W/(m²K) saavutatakse ka 200mm Fibo plokkidest väliseina pluss 200mm EPS soojustust kasutades.

Eramute puhul on tellijaks olnud ka ehitusfirmad ja arendajad, kes ehitavad maju müügiks. Ehitusfirmad kasutasid reeglina, ainult ühe erandiga, SW paneele paksusega 430mm (150/200/80). See annab U-aruks 0,18 W/(m²K). Nende seas oli nii ühekordseid projekte kui ka kompleksseid arendusi mitmete sarnaste majadega. 2012 aasta ehitusfirma keskmine jäi 0,19 W/(m²K) peale kuna üks objekt tabelis oli soojustusega 150mm EPS ja andis U-aruks 0,21 W/(m²K). Samas ei ole ehitusfirmade poolt rajatavate eramute U-arvu matemaatiline keskmine eriti täpne näitaja, sest antud töös ei ole arvestatud samalaadsete projektide kordusi.

Valikus olnud projektide keskmine U-arv näitab graafikus minimaalset langust. Analüüsitud 36 projekti reastamisel aastate kaupa on märgata U-arvu teatavat vähenemist. Samas ei saa sellise

valiku põhjal seda veel kindlalt väita, sest üks äärmus või teine äärmus mõne aasta lõikes juurde lisatuna võib muuta tulba kõrgust väga olulisel määral. Lisaks – tabelis toodud projektid ei kajasta ehitusfirmade puhul korduvaid nõ tüüp-projekte.



Joonis 8. Eramute U-aryvude keskmine aastate lõikes

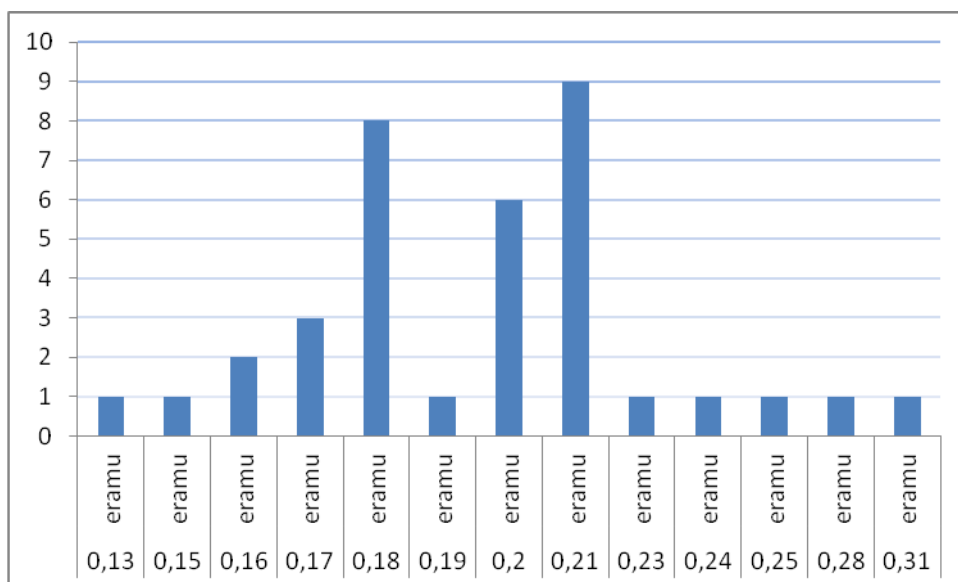
Allikas: autori arvutused

Kuni 2009. aastani kehtinud standardis EVS 837-1:2003 oli välisseinte lubatud maksimaalne U-aryv 0,28 W/m²K. Sellest piirmäärast jäi välja kaks projekti. Üks neist oli ehitatud aastal 2010 ja teine 2011. Alates 2009 aastast kuni 2013. aastani kehtinud Energiatõhususe miinimumnõuetes toodud soovituslik välisseinte U-aryv väärtuste vahemik oli 0,2...0,25W/m²K. Alates 2013. aastast on soovituslik välisseinte U-aryv väärtuste vahemik 0,12...0,22W/m²K. 2013. aastal ehitati üks maja, mille U-aryv ületas juba kehtivaid norme – U-aryv 0,28 W/m²K.

2.2 Kortermajad

2.2.1 Arendajad / Ehitusfirmad

Kortermaju tuli valikusse kokku 91 projekti. Võrreldes eramutega kõigub kortermajade välisseina lahendus kihtide paksuste kaupa rohkem. Suuremal hulgal on töö aluseks olevat klassikalist SW seinalahendust. SW seinalahendusega projekte jäi valikusse 63. Projektidest, mille alusel ehitati, olid kõige vanemad pärit 2006. aastast. Võrreldes 2006. aasta projekte tänastega, on juba väga selge vahe soojustuse kasutamises. Seitsmest projektist viiel oli kasutatud 140mm soojustust, jooniste järgi Isoveri klaasvilla. Ühel juhul oli kasutusel 160mm kivivill ja ühel juhul 180mm kivivill. 140mm soojustusega SW seinaelemendi U-arv tuleb 0,25 W/(m²K). Kõigi nende projektide järgi oli ehitatud Tallinnas või Tallinna lähimbruses.



Joonis 9. Korterelementide U-arvude jagunemine

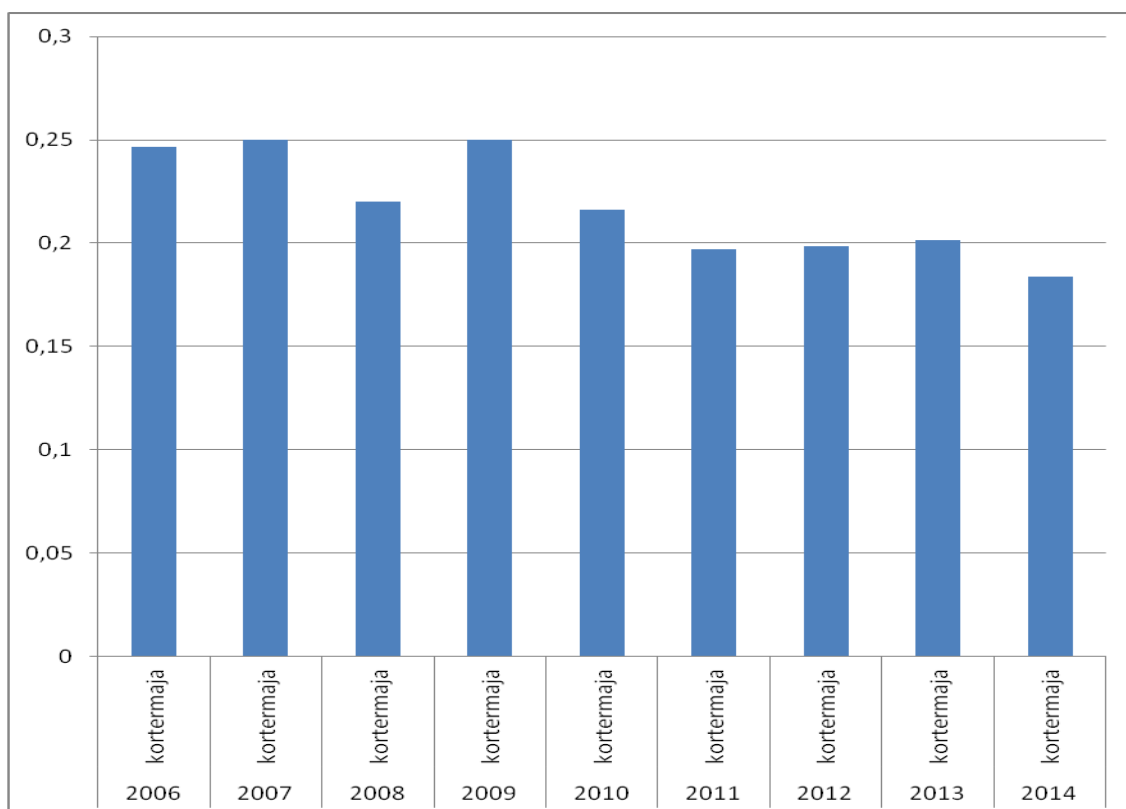
Allikas: autori arvutused

Analüüsitud projektide U-arvud jäid vahemikku 0,12 W/(m²K) kuni 0,29 W/(m²K). U-arvu matemaatiline keskmine kõigi analüüsitud projektide kohta tuli 0,20 W/(m²K). Reaalselt kõige levinum U-arv oli 0,18 W/(m²K). Võrreldes eramutega oli U-arvude nimekiri mõnevõrra ühtlasem, kuigi matemaatiline keskmine tuli täpselt sama. Selline tulemus on mõneti ka loogiline. Ehitusfirmad on reeglina teadlikumad ning ehitatakse suuresti kogemusliku pagasi pealt. Juba varasemalt hästi töötanud lahendusi kasutatakse korduvalt ka järgnevate projektide juures. See loob ehituses teatava stabiilsuse. Nii öelda halvima U-arvuga – 0,29 W/(m²K), oli tegelikult ainult üks projekt, mis pärines 2006. aastast ja mille järgi oli korterelamu ehitatud Pärnusse. Järgmine tase oli juba laiaemalt levinud 0,25 W/(m²K) – seega tegelikult olid

kortermajade seinte soojustuste väärtused suhteliselt väikese kõikumisega. $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ U- arvuga projektides oli kasutusel 140mm mineraalvill ning need projektid on tehtud 2010 või varem.

Väga hea tulemuse sai kaheksa projekti, kus U- arv jäi vahemikku $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) - 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Kõige parema tulemuse sai kahekihiline soojustatud betoonelement, 200mm betoonkiht, millele tehases valatud või liimitud EPS Silver 250mm. See ehitis asub Tallinna kesklinnas Kentmanni tänaval. Kõige paksem mineraalvillaga objekt oli ridaelamute kompleks Harjumaal, kus soojustuseks kasutati 280mm kivivilla, kogu seina paksusega 510mm. Ridaelamuid joonistes 9 ja 10 ei kajastata, sest neid ehitatakse reeglina mitmeid, korduvate projektide kaupa.

Kortermaju polnud mitte ühtegi, analüüsis olnud projektidest, ehitatud SPU soojustust kasutades. EPS Silverit oli kasutatud kolmel juhul. Ülejäänud projektid kõik lahendatud kas mineraalvilla või EPS soojustusega. Erinevaid soojustuskihtide paksusi oli sammuti vähem. Üheksa erinevat paksust vahemikus 140mm kuni 220mm. Keskmise soojustuse paksus oli 177mm.



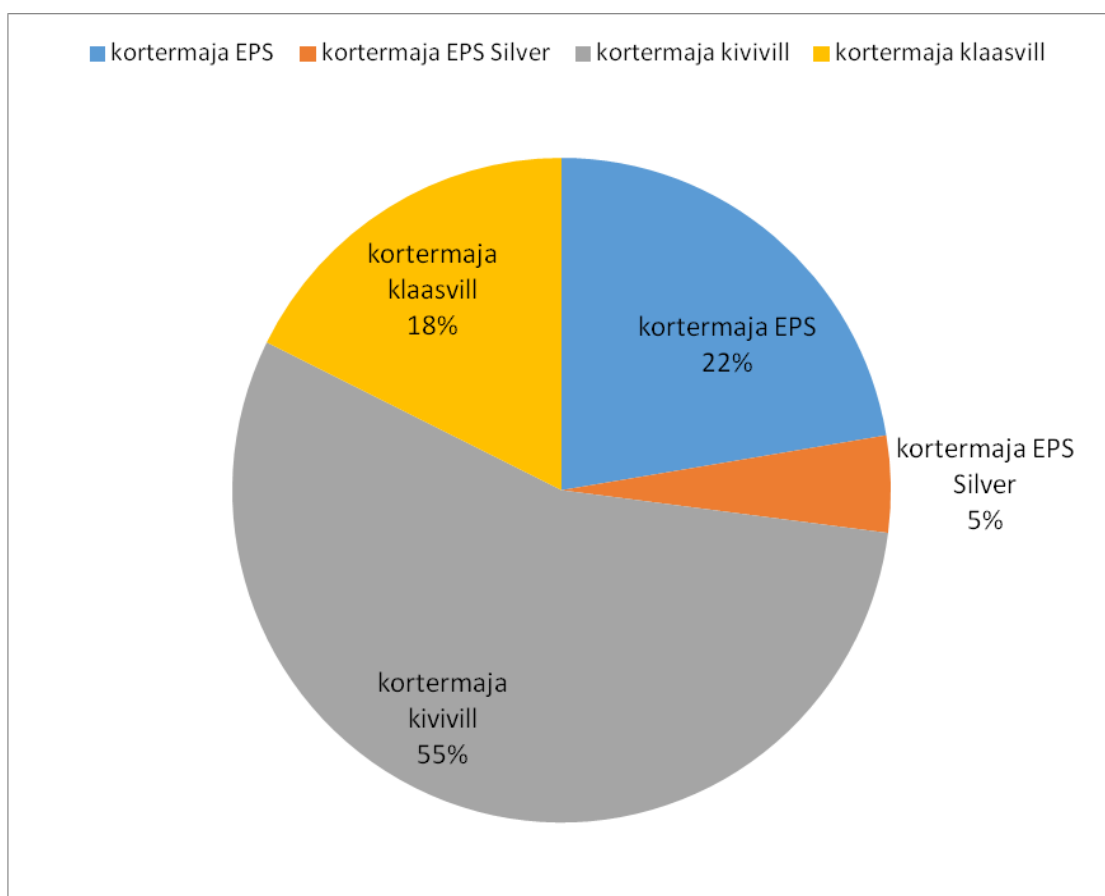
Joonis 10. Kortereelamute keskmine U-arv aastate lõikes

Allikas: autori arvutused

Aastate lõikes tuleb kortermajade puhul välja selgem trend kui eramute puhul. 2009 tõuseb teistest aastatest kõrgemale, sest siis sattus projektide hulka palju sotsiaalmaju, mis olid ehitusfirmade poolt Tallinna linnale ehitatud ning nende U-arv jäi täpselt $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, kuni 2013 a-ni kehtivate normide ülempiirile. Aastate lõikes on aga jooniselt nr 10 näha, kuidas U-arv on kerges languses – mõningaste kõikumistega.

Keskmisest soojapidavamaid lahendusi oli kasutatud 40-l juhul. Soojustusmaterjali paksus alates 180mm.

Materjalide üldises kasutuses domineerib SW elementides enim kivivill, vähem kasutatakse EPS soojustust ja klaasvilla.



Joonis 11. Soojustusmaterjalide jagunemine

Allikas: autori arvutused

2.2.2 Riik või omavalitsus

Riik või omavalitsused Eestis ei ole väga palju kortermaju tellinud. Erinevalt põhjanaabritest on kortermajade turg valdavalt erakätes.

Mõningad erandid on siiski sotsiaalarajoonide rajamisel olnud. Üks suurem piirkond on Meeliku ja teine Raadiku Tallinnas. Need on kaudselt omavalitsuse tellitud.

Nende majade projektid on pärit 2009. aastast või veel varasemast ajast ning valdavalt soojustusega 140mm, mis annab U-arvuks 0,25 W/(m²K).

Varre tänavale ehitatud uue hoone projekt oli Columbia-kivi lahendusega, millele peale kantud 200mm kivivilla. See teeb U-arvuks 0,18 W/(m²K).

2.3 Mitte-eluhooned

Selles peatükis on analüüsitud hooneid, mis ei kvalifitseerunud otseselt kortermajaks ega eramuks. Siia rühma jäid nii bürood kui ka haiglad, koolid, poed, laod jne.

Tellijate kaupa saab projektid jagada kahte suurde rühma: ehitusfirmad ning riik või omavalitsus. Läbitöötatud projekte analüüsiti vastvalt tellijate rühmale.

2.3.1 Arendajad / Ehitusfirmad

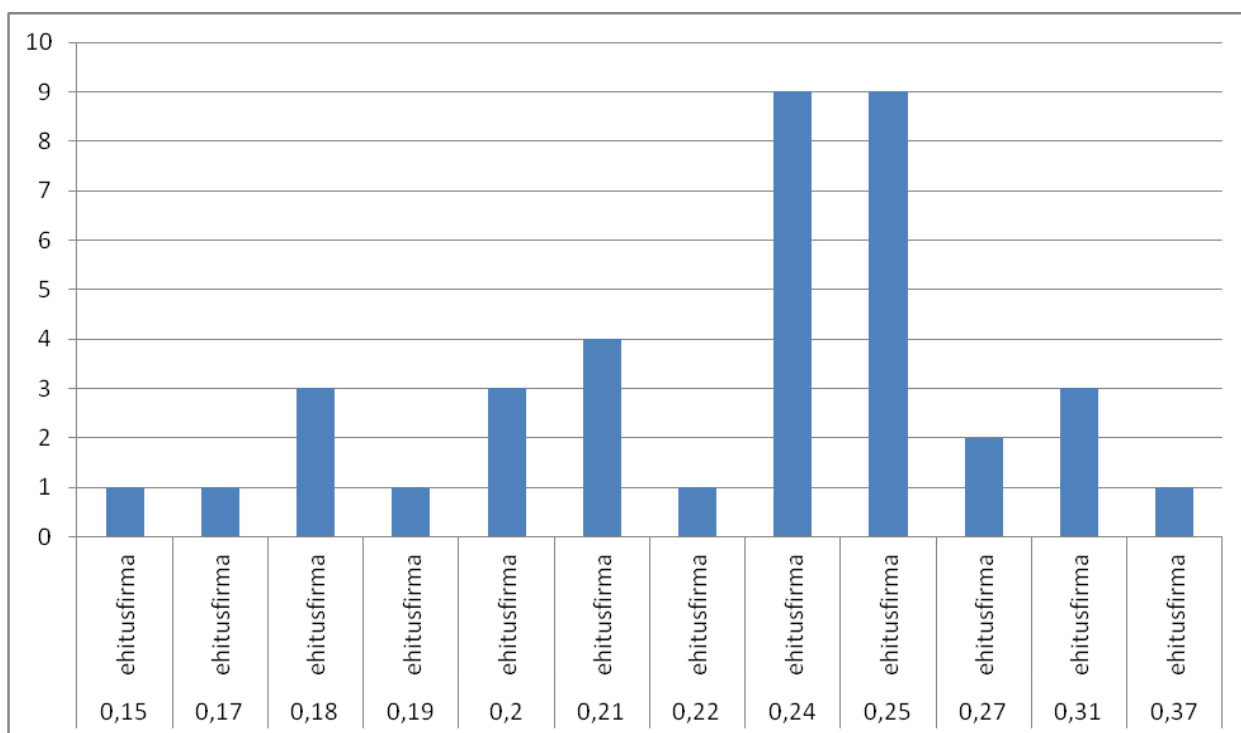
Ehitusfirmade nimekirja jäi 59 projekti. Projektid olid reeglina värsked ning varasemalt sahtlis paremaid aegu oodanud projekte ei olnud. Valdavalt oli tegemist kas tootmishoonete, ladude või büroodega. Mitmel juhul kõige sümbioos. Üha enam ehitatakse multifunktsionaalseid hooneid, kas büroo koos laohoonega või büroo ja tootmishoone.

Jättes arvestamata soklipaneelid, siis matemaatiline keskmine seinaelemendi U-arv oli 0,23 W/(m²K), soklielementidel 0,31 W/(m²K) ning neil kokku 0,26 W/(m²K).

Paljude tootmishoonete puhul kasutatakse hübriidkonstruktsioone, kus omavahel on seotud kõikvõimalikud ehituskonstruktsioonid. Näiteks SW betoonpaneelidest sokkel, plekist sandwich-seinad, terasest laekonstruktsioon ja kiviplokkidest vaheseinad.

Selliseid lahendusi kasutatakse valdavalt just keskmisest suuremate hoonete puhul, kus üldjuhul on soklielement võrreldes eramute või kortermajadega kõrgem ning moodustab tihti ka esimese korruse seina.

Seinalahendustes jäi ehitusfirmade osas analüüsi 38 projekti. Keskmine U-arv 0,23 W/(m²K). Kui jätta kõrvale laod ja tootmishooned, siis büroode puhul jäi keskmiseks U-aruks 0,22 W/(m²K) kuueteise projekti kohta. Kasutatud soojustusmaterjalid olid üsna sarnased. Valdavalt domineeris 150mm soojustus, mis EPS-ga annab U-aruks 0,25 W/(m²K) ja mineraalvillaga 0,24 W/(m²K). Ühe erandina kasutati ka 100mm SPU soojustust U-aruuga 0,21 W/(m²K). Sellist lahendust kasutati Muuga Betoonelemendi kontori ehitusel.



Joonis 12. U-aruude jagunemine mitte-eluhoonetes arendajate/ehitusfirmade osas

Allikas: autori arvutused

Ladude, tootmishoonete või kaupluste puhul on soojustusmaterjalina valdavalt kasutatud EPS soojustust. Sellesse nimekirja jäi 22 projekti, milles ainult 8 olid kasutanud mineraalvilla. Mitte ühelgi juhul ei kasutatud EPS Silver soojustust ega SPU soojustust. Keskmine U-arv jäi 0,25 W/(m²K) ning kõikus vahemikus 0,15 W/(m²K) kuni 0,31 W/(m²K). Kõige levinumad lahendused on seega täpselt riiklikult kehtestatud normide ülempiiri peal, kuuel juhul isegi üle selle. Nende hulgas üks sugulinnufarm, kaks kauplust, Spa jne.

Selles loetelus leidub väga vastandlikke hooneid. Nende vahel U-aru seoseid otsida tundub kentsakas.

2.3.2 Riik või omavalitsus

Omavalitsuse või riigi tellitud objektide nimekirja jäi 48 projekti. Nende hulgas on klassikalisi büroosid, koole, lasteaedu ja ka haiglaid. Riigi poolt on tellitud ka mõned ladude ja tootmishoonete tüüpi hooned, kuid seda võrreldes ehitusfirmadega oluliselt väiksemas mahus.

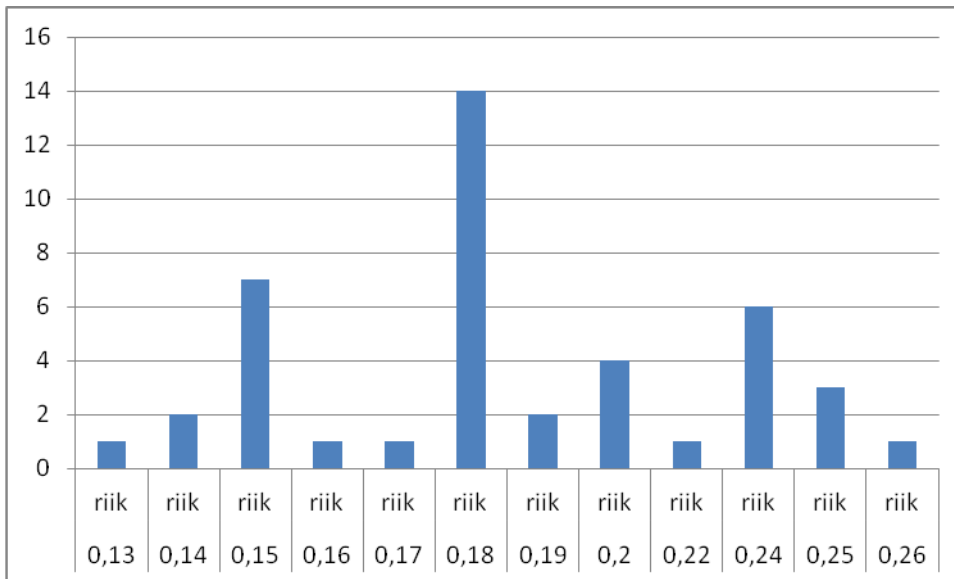
Riigi tellitud objektide nimekirja keskmine U-arv tuli 0,20 W/(m²K). Nende hulgas ka mõningad soklielemendid. Kui sokkel välja jätta, siis tuli seina keskmiseks U-arvuks 0,19 W/(m²K).

Riigi poolt tellitud objektides kasutatavate seinapaneelide soojustus jäi alla poole 180mm ainult üheteistkümmel juhul ning kõik projektid olid varasemad kui 2012. aasta. Valdavalt olid nende seinad soojustatud 150mm soojustusega, rohkem mineraalvilla kui EPS-ga. U-arv vastavalt 0,24 W/(m²K) ja 0,25. Mood on selgelt soojustamine 200mm mineraalvillaga. See andis U-arvuks 0,19 W/(m²K).

Keskmisest näitajast kõrgema U-arvuga projektid olid reeglina rajatise tüüpi, kus inimtegevust igapäevaselt vähem. Nende hulgas oli elektriyaam, reoveepuhasti, veepuhastusjaam ning ka mõningad kaitseväe abihooned.

Valdavalt oli paneelides kasutatud 200mm või paksemat soojustust, seda viimastel aastatel järjest rohkem. Riigi või omavalitsuse poolt tellitud projektides oli reeglina U-arvu nõue ka väga rangelt ära kirjeldatud. Ühel erandjuhul oli nõue 0,20 W/(m²K), kuid realselt paneeli U-arvuks tuli 0,24 W/(m²K).

Tabelis 11 (lk 28) jäävad riigi tellimuste puhul silma valdavalt U-arvud 0,15 W/(m²K) ja 0,18 W/(m²K). Kui jätta välja mõned nõ rajatise tüüpi hooned, siis oleks keskmine U-arv veelgi madalam.



Joonis 13. U-arvude jagunemine mitte-eluhoonetes riigi või omavalitsuse osas

Allikas: autori arvutused

2014. ja 2015. aasta projektide puhul kohtab üha enam ka soojustust paksusega 250mm, mis annab U-aruks 0,15 W/(m²K). Selle või parema väärtusega projekte analüüsiti 9. Neist neli olid koolimajad, kaks haigla laiendust, kaks rajatist ja Statistikaameti büroo. Alates 2013 kehtivatest normidest välja jääva U-arvuga 0,26 W/(m²K) oli ainult üks projekt, mis oli tegelikult rajatud juba 2010. aastal.

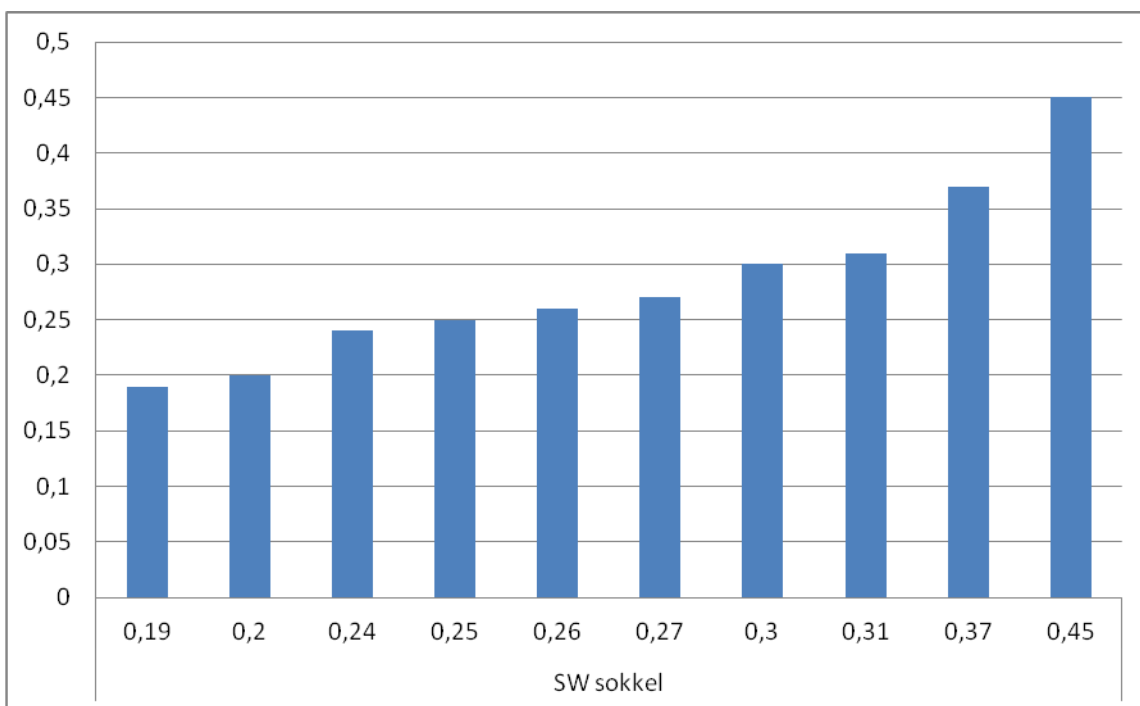
Kui vaadata võrdluseks kahte joonist (*joonis 12 ja joonis 13*) kus toodud välja mitte-eluhoonete U- arvud, siis on selgelt näha, et riigi poolt tellitud objektide U-arvud on paremad ning riik peab kehtestatud nõuetest korrektsemalt kinni, olenemata sellest, mis tüüpi hoonega tegu on. Isegi elektrialajaamal ja kaitseväe laol on U-arvud nõuete piires.

2.4 Soklielemendid

Soklipaneelidele selles töös eriti ei keskendunud. Analüüsi kanti sisse 29 projekti ja tekkis selge muster. U-arv kõigub vastavalt kasutatud soojustuse paksusega, mille eraldi välja toomisel pole mingit mõtet. Soklipaneelide soojustused on projektiti väga erinevad. Kõik sõltub paneeli kasutuskohast, st et ühes hoones võib soklipaneelil olla väga erinev funktsioon. Puhtalt kandevelement külmal laol, tootmishoonel või osaliselt ka välisseina osa bürool. Näiteks Sanitexi uue logistikakeskuse külmlaotehnika toodab ise nii palju jääksoojust, et see omakorda juhitakse torudega asfaldi alla, et kütta talvel laadimisala ukseesiseid. See on omakorda üsna kallid tehnoloogia. Kui tootmishoone või ladu on ehitatud konservatiivsemalt ning

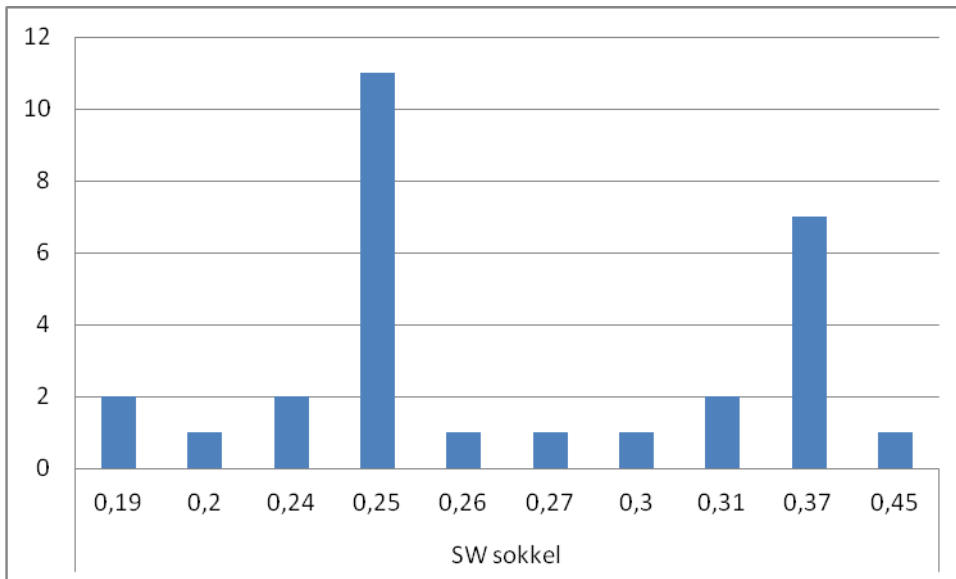
kokkuhoidlikumalt, siis pole soklielemendi soojustusel sellisel ehitisel suurt olulisust. Soklielemendi soojustus sõltub eelkõige sellest, mis tüüpi hoone osaga on tegemist.

Mitte-eluhoonete puhul, v-a kolm erandit, jäid soklipaneelide U-arvud vahemikku 0,24 W/(m²K) kuni 0,37 W/(m²K). Kahel erandjuhul moodustas soklisein ka poole esimese korruse bürooseinast ning oli soojustatud 200mm EPS-ga, mis annab U-arvuks 0,19 ja 0,20 W/(m²K) ning kolmandal juhul oli tegemist külmlao sokliga, mis on, vastupidiselt, madal ning jätkub metallist SW elemendiga. Seal kasutati 80mm soojustust ja U-arv jäi 0,45 W/(m²K). Soklielementides kasutatakse reeglina EPS soojustust. Ainult kahe projekti puhul oli kasutusel kivivill. Mõlemal juhul oli soklielement kõrge ning moodustas ka esimese korruse kandevosa. Ühel juhul oli tegemist värskelt rajatud Viimsi keskusega, kus kasutati 150mm kivivilla ja teisel juhul 2012. aastal projekteeritud Põltsamaa ametikooliga, kus kasutati 180mm kivivilla. Joonisel 14 on näha kui erinevaid U-arve projektidest läbi käib. Lisaks on enamus U-arve oluliselt suuremad kui 0,25 W/(m²K).



Joonis 14. Kõigi analüüsis olnud soklipaneelide erinevad U-arvud

Allikas: autori arvutused



Joonis 15. U-arvude kordus erinevates projektides

Allikas: autori arvutused

Kõige levinum lahendus oli SW sokli puhul 200/150/70 element: 200mm betooni + 150mm EPS soojustust + 70mm väliskoorik. Betoonikihtide paksus kõikus mõneti, kuid U-arvu see ei mõjuta. Sellised lahendused olid levinud paljude ladude puhul, kus tootmine on kombineeritud büroodega. U-arvuks annab see täpselt 0,25 W/(m²K).

Küll aga on soklipaneelide soojustus väga tähtis. Kui soklipaneelide soojustus jätta õhukeseks, siis mõjutab see otseselt järgmise korruse paneelide sisetemperatuuri, sest sisemised kandvad kihid on betooniga otse ühendatud ning betoon on väga hea soojusjuht.

Soklipaneelides kasutatakse valdavalt just EPS lahendust, sest see on sobilikum, ta ei ima niiskust võrreldes näiteks mineraalvilladega. Mineraalvillaga soklid on kasutusel ainult juhul, kui element oli kõrge ning moodustas ühtlasi ka esimese korruse seina. Sel juhul on soojustusel üleval pool piisavalt ruumi, et kondenseerunud niiskus saaks elemendi seest välja tuulduda läbi topelt tuulutussoonte. Tuulutussooned on juhitud elemendi vuukidesse, kuhu on lisaks paigaldatud kondensitorud.

3 HOONETE ASUKOHA MÕJU U-ARVULE

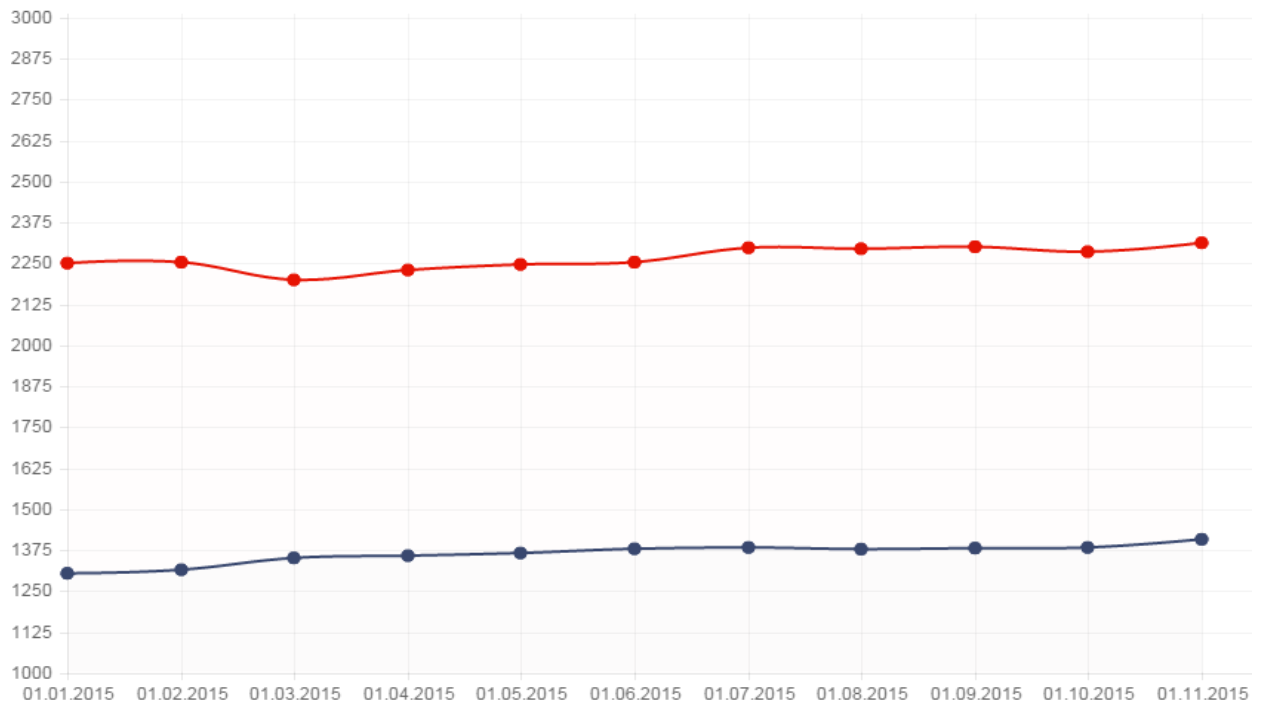
Eramute puhul ei ole soojustuse valikul reeglina hoone asukoht mõju avaldanud. Eraisikud ehitavad oma tulevase kodusid vastavalt võimalustele ning teadmistele. Eramute ehitusel on ka võimalike kasutatavate materjalide valik suurem. Eramud on väiksemad ja neile mõjuvad kõikvõimalikud konstruktiivsed koormused on ka väiksemad. Eramute puhul on ehitusprojektidele lähenemine loomingulisem ja individuaalsem. Teadlikumast ning fokuseeritumast soojustusmaterjalide valikust saaks äärmisel juhul rääkida ehitusfirmade poolt ehitatavate eramute puhul, aga ehituse asukoht on materjalide valikul väga marginaalse tähtsusega. Kaudsed asukoha tingmargid mõjutavad oluliselt, näiteks: naabermajad, omavalitsuse poolt kehtestatud detailplaneeringu tingimused, eramute konseptsioon (näiteks null-energia majad) jne.

Korterimaja arenduse puhul määrab asukoht rohkem. Kortermajade puhul on asukoht väga suur faktor, mis mõjutab ehituse lõpphinda. Tallinna kesklinnas asuvad krundid on küll kallimad osta, kui äärelinnas, aga pärast kortereid müües on korteri ruutmeetri hind tunduvalt kallim.

Seega joonistub välja kerge seaduspärasus, et kortermajad, mis on linna südamele lähemal, on ehitatud reeglina ka veidi läbimõeldumalt, mitte nii kokkuhoidlikult. Magalapiirkondades, kus ruutmeetri hind on madalam, tuleb kortermaja ehitades väga täpselt jälgida eelarvet. Samas on korteritele piisavalt nõudlust – nii et nendesse piirkondadesse on siiski kasulik uusi kortermaju rajada.

On seaduspärasus, et majad, mis on ehitatud enne 2010. aastat ja nii öelda magalarajoonidesse, ei ole reeglina paksema soojustusega kui 150mm. See annab SW seinaga puhul U-arvuks mineraalvillaga 0,24 W/(m²K) ja EPS-ga 0,25 W/(m²K), näiteks Meeliku või Raadiku kortermajad, mis on ehitatud 2009 ja 2010 aasta projektide järgi. Meeliku majades on seinaga soojustuseks 140mm kivivill. Selline praktika on väga levinud, kus arendaja võtab arenduseks ühe suurema piirkonna ning hakkab sinna ühelaadse projekti järgi etappidena maju ehitama. Sellistel juhtudel on tihtipeale viimased majad ja esimesed majad sama konstruktsiooniga. Siin peaks tulevane elanik kindlasti süvenema ostetava korteri majaprojekti. Mõningatel juhtudel võib projekt olla juba moraalselt vananenud ja ei vasta enam uutele standarditele ning nõuetele. Sarnased projektid on reeglina magalarajoonides, sest kesklinnas pole lihtsalt füüsilist ruumi, kuhu selliselt korduva tüüpprojekti järgi rajatavaid kortermaju ehitada .

Lisaks mõjutab asukohta tugevalt ka hinnasurve. Joonis 16 näitab 2015. aastal müügis olnud korterite keskmist ruutmeetri hinda Tallinnas. Punase joonega on tähistatud kesklinna hinnatase ning sinise joonega on tähistatud Lasnamäe hinnatase.

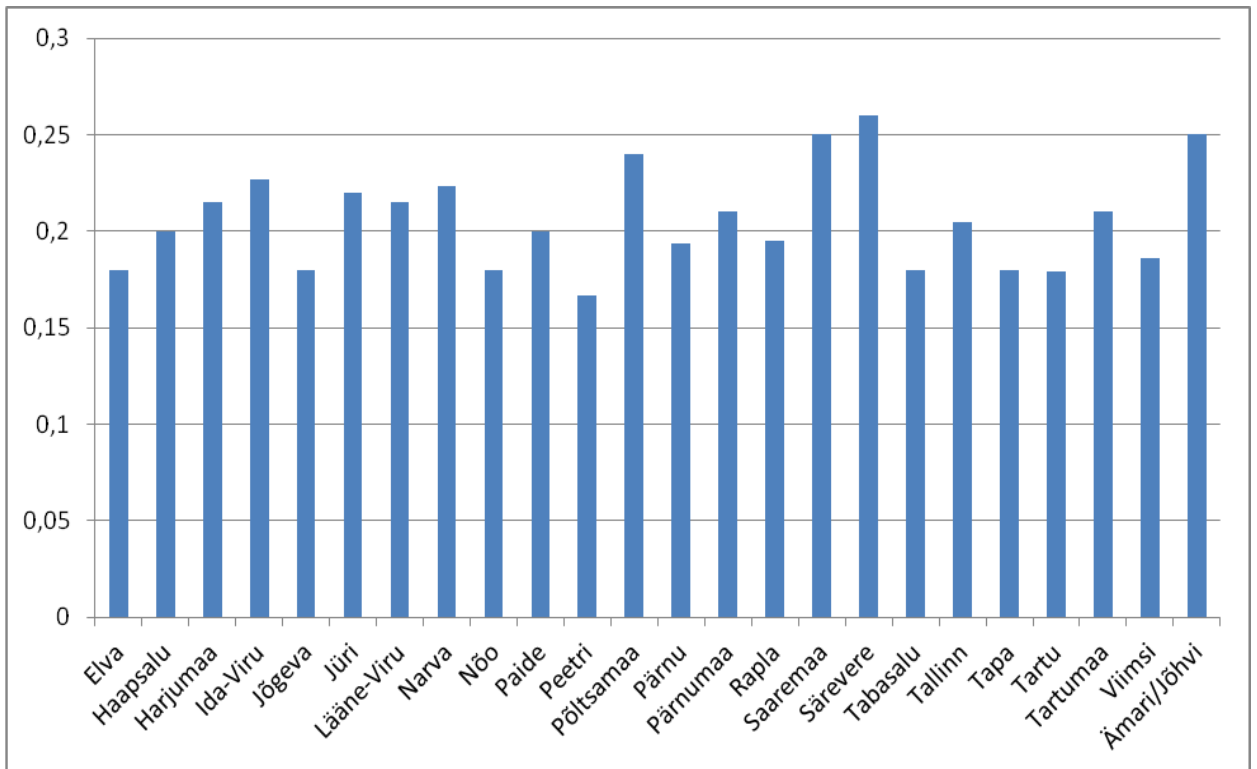


Joonis 16. Korterite keskmine ruutmeetri hind Lasnamäel ja Kesklinnas.

Allikas: kv.ee kinnisvaraportaali hinnastatistika

See paneb omakorda tugeva surve alla ehitusfirmad. Reaalselt ei ole vahet, kas ehitus toimub 10 kilomeetrit linna ühel või teisel pool. Seega ehituse kulud peale krundi soetamise on samad ning arendajate surve toota kasumit seda suurem, mida kaugemal on see linna südamest. Kasumit saab toota aga hoone ehitushinda alandades, kasutades odavamaid materjale. Suuremate kortermajade puhul ei ole betoonelementidest kandekarbile väga palju alternatiive ning seega tuleb optimeerida betoonelementide hinda. Nagu hinnaarvutuse peatükis selgitasin, optimeeritakse tihti küsitavate kohtade peal ning sellest kannatab tugevalt ka hoone kvaliteet. Lisaks U-arvule, mis on üldjuhul halvem, jäetakse kõrvale ka soojustagastusega ventilatsioonid või on aknad õhemate pakettidega jne.

Riiklikus plaanis asukoht suurt mõju ei ole avaldanud. Erinevate omavalitsuste kaupa, kõikide hoonete lõikes, on muster suhteliselt ühtlane. Tabel 15 kajastab kõikide projektide U-väärtusi vastavalt asukohale. Selles nimekirjas on 201 projekti erinevatest omavalitsustest. Projektid on erinevad - nii eramud, kortermajad, kui ka mitte-eluhooned.



Joonis 17. Asukohta muutus U-arvus.

Allikas: autori arvutused

U-arvu kõikumine on mõningal määral seotud nii hoone tüübi kui ka sihtotstarbega. Mitte-eluhoonete ja eramute puhul üldist seaduspärasust ja mustrit ei ole võimalik täheldada. Kortermajade puhul tuleb välja seaduspärasus, et suuremate keskuste juurde ehitatavad kortermajad on parema U-arvuga kui asula piiresst väljas olevad. See on ka loogiline tulemus ja seaduspärasus on sama nagu Tallinna linna puhulgi. Odavam kinnistu ei kompenseeri keskusest väljas olevat madalamat ruutmeetrihinda. Sellest tulenevalt hoitakse kortermaju ehitades materjalide pealt kokku. Kortermajade asukohad jäid kõigil juhtudel Eesti suuremate tõmbekeskuste lähedusse, nagu: Tallinn (k.a. Rae vald, Viimsi vald), Tartu, Haapsalu, Pärnu.

Mitte-eluhoonete puhul rajatava hoone asukoht ei mõjutanud soojustusmaterjalide valikut märgataval määral. Ainsad märgatavad vahed tekivad hoone erinevate tüüpide analüüsil vastavalt sellele, kus element konkreetsetes hoonetes paikneb ning milline on välisseina funktsioon. Mitte-eluhoone on rajatud vastavalt kindlatele eeldustele ning otstarbele, näiteks lennukite angaarid või elektrialajaamad. Kokkuvõttes on kõige olulisem hoone funktsionaalsus.

BETOONELEMENTHOONETE HOOLDUS

Betoelementhoonete üldine hooldus ei erine suuresti teistest, muudest materjalidest ehitatud hoonete hooldusest. Küll aga on mõningad asjad, mida tuleb jälgida. Kõik taandub jällegi materjali omadustele. Betoon on kõva materjal. Ühtlasi on see ka hoone puhul pluss, kuid teisalt võib olla ka miinuseks.

Betoonmajadel, kui nad on hästi projekteeritud ning kõik kommunikatsioonid on lahendatud tänapäevaselt, ei tohiks 20-30 aastat probleeme esineda. Lisaks on betoonist majad muude spontaansete vigastuste vastu kindlamad.

Betoelementidest maja miinused avalduvad siis, kui projekteerimise või ehituse faasis on tehtud vigu või sisulist praaki. Betooni sisse uusi kommunikatsioone vedada on väga keeruline ja väga kallis. Tänapäevastes betoelementmajades on kogu elektrilahendus paneelide sees, ventilatsioon, ja osaliselt ka torutööd, on vahelae paneelide sees. Juhul kui seal peaks tekkima mõni probleem, siis on selle lahendamine rohkem kui keeruline.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et hooldus, nagu ka kõik ülejäänu, sõltub heast projektist ning heast ehituskvaliteedist.

Igapäevase hoolduse poolest on betooniga suhteliselt lihtne. Betoon on ajale väga hästi vastupidav ning tugev materjal. Üldised kulud betoonmaja horrashoiuks on madalad. Betoonmaja on ilmastikukindel ja ka turvaline. Betoonhoone puhul ei pea ka muretsema hallituste või mädanike ja putukate pärast, mis võiks näiteks puitmaja lagundada. Kui betoon on visuaalselt korras, siis üldjuhul hooldusega rohkem muret ei ole.

Betoelementidest välisseinte puhul tuleb hoone rajamise käigus kasutada kaitsematerjale, mis hiljem muudavad hooldust lihtsamaks. Üheks suureks probleemiks on niinimetatud tänavakunstnikud, kes aerosoolvärvidega sodivad. Betoon on poorne materjal ja võtab hästi värvi külge. Kaitsmata betoonpinda on praktiliselt võimatu puhastada. Värv saab maha ainult tööstusliku survepesuriga pestes või mehaaniliselt lihvides. Mõlemad jätavad aga nähtava muutuse välispinnale. See tähendab, et ühe lapikese puhastamiseks tuleb üle teha terve fasaad. Betoonpindasid saab juba tehases katta spetsiaalsete kaitseainetega. Mitmed tootjad pakuvad erinevaid betoonikemikaale, mis nähtavalt betoonpinda ei muuda, küll aga kaitsevad seda. Näiteks grafiti vastu on spetsiaalsed ained, mis lukustavad betoonipinna ning värv jääb sinna külge õrnemalt. Levinud on valdavalt kahte tüüpi kaitsekihid: nn teflon-tüüpi ja silikoon-tüüpi. Kasutades neid kaitseaineid, saab tavalise pesuga betoonpinna jälle puhtaks. Ühekordne kaitse

on vastupidav kuni kolmele sodimisele. Seejärel tuleks betooni pinda uuesti kaitseainega immutada.

Lisaks inimtegevuslikule kahjustamisele, tuleks betooni ka looduse eest kaitsta. Betoonpinnad võtavad aja jooksul kinni õhus lenduvat tolmu, eriti õietolmu, õhuniiskus aga aitab kõigel sellel betoonipinda kinnituda. Aastatega tekib betooni pinnale tugev mustusekiht. Selle ärahoidmiseks on jällegi erinevad kaitsekemikaalid. Eriti tuleb jälgida hooneid, mis on nn pesubetonpinnaga või muul moel reljeefse pinnaga. Juuresoleval pildil on reljeefse pinnaga betoonkoorik, mis on seisnud ilmastiku käes neli aastat. Betoonis on lisaks kasutatud punast ja musta pigmenti, mis annab pruunika tooni.



Joonis 18. Määrdunud seina näidis.

Allikas: Autori foto

Oluline betooni hoolduse juures on see, et betoon kardab külmatsükleid. Eestis kasutatakse betoonelementide valmistamiseks valdavalt paekivikillustikku. Paekivi on võrreldes graniidiga oluliselt rabedam ning tasapinnaliste elementide juures tuleb seda eriti hoolikalt jälgida. Näiteks rõduelemendid või trepielemendid, mille betoonis on kasutatud paekivikillustikku võivad, juba paari aastaga, hakata pealt murenema. Vesi imbub pooridesse ning talvel külmub. Jää ruumala on suurem kui veel ning see pressib poorid katki. Väikesest poorist võib juba mõne külmatuskliga saada suurem auk – nii on see protsess järjest süvenev. Selle ära hoidmiseks on

mõned tehased Eestis hakanud kasutama betoonis kas graniitkillustikku või spetsiaalseid kaitsekemikaale. Ühe näitena kasutatakse Granit 28-t. See aine lukustab betooni poorid ja niiskus ei pääse sisse. Ühtlasi moodustub pinnale veekindel kiht. Kui võrrelda tavabetooniga, siis vihmaga muutub immutamata betoonpind tumedamaks – vesi imbub betoonipinda. Kaitstud pind aga värvi ei muuda, sest vesi valgub maha. Sellist lahendust kasutatakse lisaks ka välisseinte visuaalseks viimustluseks, et betoonmaja säilitaks erinevates ilmastikutingimustes konstantse välisilme.

ENERGIACLASSID

C-klass, nõuetele vastav hoone, $ET \leq 160 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

-Korralik, tänapäeva nõuetele vastav energiatõhus maja

B-klass, madalenergiahoone, $ET \leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

-Parim, mida saab ilma kohapealse energiatootmiseta

A-klass, liginullenergiahoone, $ET \leq 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

-Võimalik saavutada kohapealse energiatootmise abil

Netonullenergiahoone, $ET = 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

-Võimalik saavutada ainult aasta kokkuvõttes ja ainult kohapeal toodetud energia müügi abil

Energiatõhususe iseloomustamiseks kasutatakse hooneenergiatõhususarvu (ET-arv). See on aastas tarbitud energia (küte, vee soojendamine, elekter koos nn. kaalumisteguritega) jagatuna köetava pinnaga. Väljendatakse suurusega kWh/m^2 aastas. Välisseina U-arv mõjutab väga otseselt hoone saavutatavat energiaklassi. C-klassi nõuetele vastava hoone saab välisseina maksimaalse lubatava U-arvuga $0,20 \dots 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Madalenergiahoone ja liginullenergiahoone energiaklassi on võimalik saavutada U-arvuga alates $0,12 \dots 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Lisaks välisseina U-arvule, mis mõjutab väga otseselt küttele kuluvat energia hulka, tuleb arvestada ka vee soojendamiseks ja elektrile kuluvat energia hulka. Sellest tulenevalt võib kehvema U-arvuga välisseinaga hoone saavutada parema energiaklassi kui napilt halvem U-arv. Siinkohal muutub oluliseks projekti efektiivsus ja tasuvus. Kehvema U-arvuga välisseina puhul tuleb kokkuvõttes saavutada kasutades kallimaid tehnoloogilisi lahendusi. Näiteks Saksamaal on võrreldes Eestiga välisseina U-arvu maksimummäärasid kõrgemal hoidnud, küll aga on nemad ühed passiivmaja või liginullenergiahoone pioneerid (Tabel 4). Hoone energiaklassi saavutamisel tuleb arvestada väga paljude tingimustega (hoone asukoht, hoone paiknemine ilmakaarte suhtes, avade osakaal, arhitektuurne kompaktsus jne). Kesk-Euroopas on kliima reeglina ühtlasem ning neid nõudeid on kergem täita. Tabelis 4 on välja toodud võrdluseks Eesti, Saksa ja Soome U-arvu nõuded. Eesti talvine kliima on väga külm ning tehniliste seadmete (päikesepaneelid, tuuleenergia, maaküte jne) kasutamine raskendatud või kulukas võrreldes näiteks Saksamaaga. Odavam ja lihtsam on suurendada välisseinte soojapidavust, ehk vähendada U-arvu. Selleks, et kontrollida erinevaid lahendusi ja nende tasuvust on riigihanke „Tarkvara arendamine

miinimumnõuetele vastavuse tõendamiseks“ raames koostatud eestikeelne hoonete energiaarvutuse tarkvara BV2. Töö läbiviijaks oli Rootsi ettevõtte CIT Energy Management AB [15]. Iga projekti põhjal tuleb leida tasakaalupunt, kust alates ei ole mõistlik enam U-väärtust alandada või vastupidi, tehnoseadmeid parendada. Investeeringu väärtus peaks olema vastavuses saavutatavate tulemustega.

Tabel 4. U-arvu nõuete võrdlus (ülemine piir).

	Saksamaa		Eesti			Soome	
	Alates 2002.a EnEV 2002	Alates 2009.a EnEV 2009	Kuni 2009. a (EVS 837-1)	Soovituslik alates 2009. a	Soovituslik alates 2013. a	Kuni 2010. a	Alates 2010. a
U- arv Seinad (W/m ² K)	0,3	0,28	0,28	0,02...0,025	0,12...0,22	0,24	0,17

Allikas: Passiivitalo, Passivhaus institute, Energiatõhususe miinimumnõuded. Autori koostatud

KOKKUVÕTE

Lõputöös analüüsitud projektide kogust saab teha üldise järelduse, et Eesti ehitusprojektidest valdav osa on kooskõlas kehtivate nõuetega. 235st projektist 9 ületasid riiklikult kehtestatud U-arvu nõudeid. Ülejäänud projektid jäid nõuete piiridesse. 58 projekti 235st said keskmise või keskmisest parema tulemuse kui $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Olulisi vahesid erinevate hoonetüüpide kaupa välja tuua ei ole võimalik. 36 eramu projekti keskmine U-arv tuli $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Kortermajade keskmine U-arv tuli samuti $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. U-arv jäi mõnevõrra suuremaks muude hoonetüüpide puhul. See on seletatav hoonete kasutuse ja eesmärkidega. Valikus olid ka poed, laod, ja muud tüüpi rajatised, mille välisseina soojapidavus ei ole nii kriitilise tähtsusega.

Analüüsi tulemustest võib välja lugeda, et soojustusmaterjalide valik on aasta - aastalt muutunud teadlikumaks. Seoses 2012. aastal kinnitatud ja 2013. aasta alguses kehtima hakanud uute nõuetega (U- arv elamutel $0,12\text{--}0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ja mitte-elamutel $0,15\text{--}0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) on märgata U-arvu vähenemist võrreldes projektidega, mille aasta oli 2012 või varasem.

Eraldi paistab tööst silma, et riik või omavalitsused on tellijana teadlikud ning nõuetest korrektselt kinni pidanud. Reeglina on aastate 2013-2014 projektide ehituse-seletuskirjas nõue, et U-arv võib olla maksimaalselt $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Riigi poolt tellitud objektide kogumi U-arvu keskmine tuli $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ehitusfirmade poolt tellitud projektide välisseinte U-arvu keskmine on kokku $0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Eramute projektide keskmine jäi omakorda $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ piiridesse.

Ehitusfirmade projektid olid samuti väga stabiilsete U-arvudega. Äärmuslike kõikumisi oli vähem kui eramute puhul. Ainult üks kortermaja ei vastanud tänastele nõuetele ning selle U-arv on $0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, samas on projekti aasta 2006 ja siis oli kehtivate nõuetega kõik kooskõlas. Kortermajade projektide puhul oli märgata ka piirkondlikke erinevusi. Suuremas regionaalses plaanis mitte, küll aga Tallinna piires. Magalapiirkondades olevatest projektidest ehitati maju tihti suuremate kogumitena ning projektid olid kinnitatud korraga mitmele majale. Sellest tulenevalt võis olla kõrvuti ehitatavate majade ajaline vahe mitmeid aastaid, kuid projektid püsisid sisuliselt muutumatutena ning ühe tervikuna juba varasemalt kooskõlastatutena ja kinnitatutena. Näitena võiks tuua Loopealse arenduse Tallinnas, kus kuuest majast esimene valmis 2010. aastal ja 2015. aastal kerkib viies maja. Kuues maja on analoogse projektiga võrreldes eelmisega. Konstruktsioonilt on kõik majad ühesugused. Vahe seisneb ainult korterite arvus ehk maja üldises suuruses.

Lisaks selgus analüüsimisel, et erinevalt põhjanaabritest kasutatakse Eestis betoonelement-ehituse juures väga vähe SPU soojustust. Hind on küll kuupmeetri kohta oluliselt kallim, kuid SPU parem soojatakistus aitab vähendada oluliselt konstruktsiooni paksust ning sellest tulenevalt on võimalik välissein projekteerida 8-10 cm õhemalt, mis omakorda annab võimaluse suurendada müüdavat pinda.

Muud tüüpi hoonete puhul, mis ei ole kortermajad ega eramud, on seaduspärasusi raskem leida. Kogu välisseina U-arvu mõjutab väga otseselt hoone tüüp. Büroode puhul jäi keskmiseks U-arvuks $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, aga muude hoonete puhul U-arv kõigub suuremas vahemikus, sõltuvalt hoone spetsiifikast. Väga palju on multifunktsionaalseid hooneid, kus on ühendatud tootmishoone või ladu kontoripinnaga. Võrreldes eramute ja kortermajadega oli U-arv kogu projektide lõikes selgelt kõrgem. U-arvuga alla $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ olid pigem üksikud projektid, mida näitab ka kõrgem keskmine võrreldes kortermajade või eramutega. Paremad tulemused olid riigi poolt tellitud objektidel. Ehitusfirmade objektide U-arv jäi valdavalt ülempiirini või sellest isegi kehvemaks.

Väiksem U-arv võib anda head eeldused hoonele hea energiaklassi saamiseks. Siiski tuleb leida tasakaalupunkt välisseina U-arvu ja tehnosüsteemide kasutuse vahel. Soojustusmaterjalide omadused muutuvad järjest paremaks ning see lubab alandada välisseina U-arvu ilma väga suurte investeeringuteta, kuid siiski, Eestis oludes U-arvu alla $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mõistliku maksumusega on keeruline saada. Sellisel juhul muutub välissein rohkem kui kaks korda kallimaks kui U-arvu $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ puhul. Sealt edasi on juba mõistlikum investeerida tehnosüsteemidesse.

SUMMARY

ANALYSIS OF PRECAST CONCRETE ELEMENT BUILDINGS AND USAGE OF INSULATION MATERIALS.

Märt Pärna

Language:	Estonian
Pages:	41
References:	18
Keywords:	precast concrete, insulation materials
Figures:	18
Tables:	4
Appendixes:	5

The aim of the thesis was to analyze usage of insulation materials and U-factor in precast concrete wall elements and compare the result with Estonian national laws and requirements. Since 09.01.2013 according to the Building act § 3 section 7 the minimum requirements for energy performance note that thermal transmittance of exterior walls cannot be over 0,12...0.22 W/(m²K).

The U-factor, is the overall heat transfer coefficient that describes how well a building element conducts heat or the rate of transfer of heat (in watts) through one square meter of a structure divided by the difference in temperature across the structure. A smaller U-factor is better at reducing heat transfer.

Sandwich facade is a multi-layer structure consisting of reinforced concrete internal and external leaves and a layer of thermal insulation between them. The layers are joined together by diagonal connections of stainless steel which intersect the thermal insulation layer. In concrete elements U-factor can be altered by using different insulation materials, for example: mineral wools, polyurethane foam, etc. In order to better understand the difference and importance of the

insulation materials the author of this thesis has also included a paragraph about cost and pricing of wall elements. Changing the sample element steel mesh or insulation shows how cost per unit ($\text{€}/\text{m}^2$) is affected by different parameters. The results show difference between general believes and reality. Reducing insulation materials is far less cost effective than optimizing reinforcement in elements.

The given thesis analyses projects in three main groups: single-family house, apartment buildings and non residential buildings. Apartment buildings and non residential buildings are also divided by state and private clients (construction companies, developers, etc).

In total 235 projects were analyzed and only 9 were not compatible with the current minimum requirements. Some projects date back to 2006 and minimum requirements since 2007 to 2013 were $0.20\text{...}0.25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. In total 58 projects had average or better U-factor than $0.18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Insulation materials used in single family houses are a little more random than in apartment buildings. Bigger variety of different materials and also thicknesses used, although the average U-factor was the same at $0.20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. This is somewhat logical result, due to the fact that property developers and professional construction companies already have more experience and knowledge in terms of building cost effectively and getting the best possible result. Also the general amount of projects was enough, so it evened out at the same level.

Some older projects had higher U-factor than average, also projects further from Tallinn city center. In terms of years slight decrease of U-factor appeared on charts. Throughout the whole Estonian territory location was not a significant factor, where as in Tallinn it had more affect. Construction costs are roughly the same in the region of 20km-s from Tallinn city center, but the average selling price can be almost two times different. The precast concrete skeleton of the building is substantial part of the final cost, therefore wall elements have to be optimized to the maximum. In authors' opinion, the optimization is in many cases questionable.

Non residential buildings didn't show any appearing pattern in terms of U-factor. Everything was case by case. Depending of the type of the building: if it was a cold warehouse, a bureau, a garage or something else.

Estonian government and local municipalities have followed the regulations very precisely for their projects. Usually the required U-factor was $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ or less.

VIIDATUD KIRJANDUS

1. Estplast tootmine OÜ [WWW]

<http://www.estplast.ee>

2. Paroc Group OY [WWW]

<http://www.paroc.fi>

3. Rockwool OÜ [WWW]

<http://www.rockwool.ee>

4. Kingspan Insulation OÜ (endine SPU Insulation Baltics OÜ) [WWW]

<http://www.spu.ee>

5. Eesti betooniühing [WWW]

<http://www.betoon.org>

6. Eesti Betooniühing (2010). *Betoon ja raudbetoon: Betooni pinnad BÜ4*. Tallinn; ET-INFOkeskuse AS. 113 lk.

7. Suomen Betoniyhdistys (2003). *BY40: Betonirakenteiden pinnat / Luokitusohjeet*. Helsinki; Suomen Betoniyhdistys r.y. 168 lk.

8. Suomen Betoniyhdistys (2007). *BY47: Betonirakentamisen laatuohjeet*. Helsinki; Suomen Betoniyhdistys r.y. 160 lk.

9. *Ehituskonstruktori käsiraamat* (2014). (4. tr.) Tallinn. Ehitame Kirjastus. 577 lk.

10. Ehitusseadus. Vastu võetud 15.05.2012. - RT I 2002, 47, 297 ... RT I, 04.07.2013, 3 [WWW]

<https://www.riigiteataja.ee/akt/104072013008>

11. Robert Reinpuu. (2006). *Ehitusfüüsika*, Tallinn

12. Energiatõhususe miinimumnõuded. Vastu võetud 30.08.2012. - RT I, 05.09.2012, 4 ... RT I, 06.01.2015, 6 [WWW]

<https://www.riigiteataja.ee/akt/105092012004>

13. Tüüpvead ja vigade vältimine soojustamisel. [WWW]

<http://www.olanex.ee/index.php?page=tuupvead-ja-vigade-valtimine-soojustamisel> (16.09.2015)

14. The history of Concrete and Cemenet [WWW]

<http://inventors.about.com/od/famousinventions/fl/The-History-of-Concrete-and-Cement.htm>

(18.09.2015)

15. Hoonete energiatõhusus ja arvutusprogramm BV2

<https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/ehitus-ja-elamumajandus/hoonete-energiatohusus>

(17.12.2015)

16. Passiivitalo [WWW]

<http://passivitalo.vtt.fi> (17.12.2015)

17. Passivhaus institute [WWW]

<http://www.passiv.de> (17.2015.2015)

18. Kinnisvaraportaal www.kv.ee

LISAD

VÄLISSEINAPANEEL SW-248, 348, 448, 548, 648, 748 GABARIIDID

MARKEERIMINE

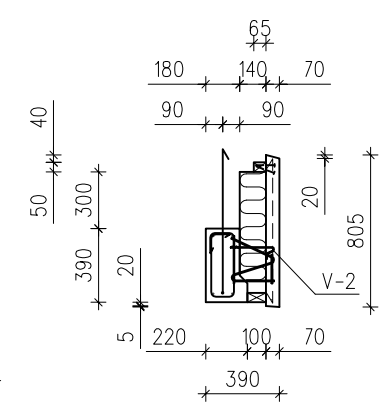
Mark	Arv
SW-248	1
SW-348	1
SW-448	1
SW-548	1
SW-648	1
SW-748	1

VALMISTAMISE ARV: 6 TK

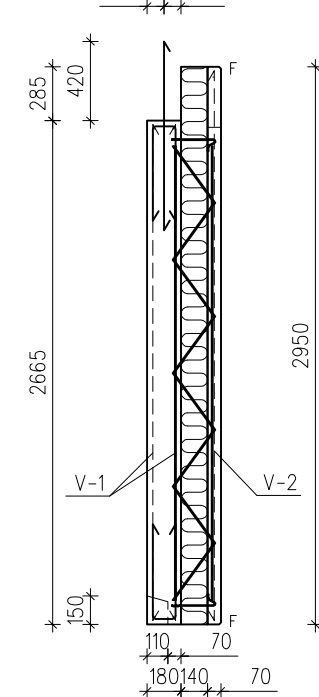
NÕUDED PANEELILE:

- KESKKONNAKLASS: SISEKIHT: XC1; VÄLISKIHT: XC4+XF1 / EVS-EN 206-1:2007.
- TULEPÜSIVUSKLASS: REI 60.
- TOLERANTSIKLASS: 1 / EVS-ENV 13670-1:2003
- PINNAVIMISTLUS:
 - SISEKIHT: TERASHÕÖRE TH12 / BY 40;
 - VÄLISKIHT: VORMIPIND MUO A /BY 40.
- SARRUSE KAITSEKIHT: SISEKIHT: C_{nom}=20mm, dC=-5mm; VÄLISKIHT: C_{nom}=30mm, dC=-5mm.

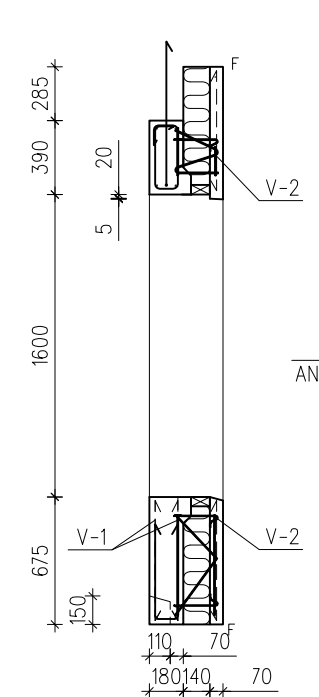
LÕIGE F-F



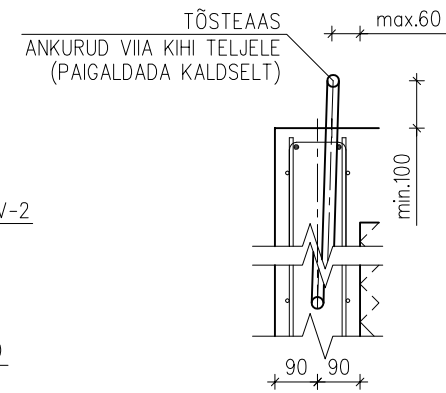
LÕIGE D-D



LÕIGE E-E



TÕSTEASAASE ASEND



TÕSTEASAASAD, KINNITUSELEMENID, TARIDETAAILID

Mark	Joonis	Arv	Märkused
T/SW-16-3 (tõsteaas)	0914 T/SW-16-3	2	
PVL 80 (trossaas)	PEIKKO	11	
PD 200 L=2400 (diagonaalside)	PEIKKO	4	
PD 200 L=600 (diagonaalside)	PEIKKO	3	
PPI 230 (pistokas)	PEIKKO	22	
PPA 200 (ansas)	PEIKKO	8	
KONDENSAADITORU		3	PLASTTORU Ø10 L=105
PUITPRUSS 50x100	-	10.9 jm	SÜGAVIMMUTATUD
PUITPRUSS 50x65	-	0.9	SÜGAVIMMUTATUD
PUITPRUSS 100x100 L=900/1600	-	1+1	

PANEELI ANDMED	Brutopind	Avade pind	Materjal	Vajadus
BETONOSA, VÄLISKIHT	6.60 m ²	-	BETON C40/50	0.46 m ³
BETONOSA, SISEKIHT	5.45 m ²	-	BETON C30/37	0.98 m ³
SOOJUSTUS	0.72 m ²	-	VAHTPOLÜSTÜROOL EPS 100 F 140mm	0.10 m ³
SOOJUSTUS	10.77 m ²	-	MINERAALVILL 140mm	1.51 m ³
PANEEL	11.59 m²	-	ARVESTUSLIK NETOPIND:	7.33 m²

PANEELI MASS: 3.60 t

PANEELI ARVESTUSLIK NETOPIND = BRUTOPIND PANEELI VÄLISGABARIITIDE JÄRGI - AVADE (Ar > 1 m², max. 35% PANEELI BRUTOPINNAST) PIND

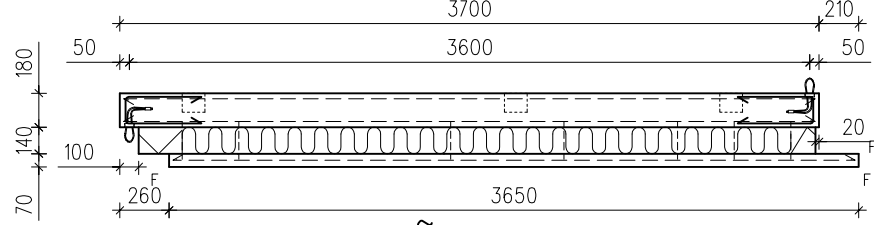
MUUDATUS	MUUDATUSE KIRJELDUS	NIMI	KUUPÄEV

Roolaht ja Partnerid INSENERIBÜROO		OBJEKT Meeliku tn. 21/3
OÜ Roolaht ja Partnerid Teguri 37B, 50107 Tartu Tel/Fax: +372 734 3707 e-post: info@rpl.ee MTR: EEP000150		ADDRESS Meeliku tn. 21/3, Tallinn
TÖÖ NR 0914		TELLUJA AS RTG Projektbüroo
STAADIUM Tootejoonis		JOONIS Välisseinapaneel. Gabariidid SW-248, 348, 448, 548, 648, 748
PROJEKTEERIJAL R. Aren	VASTUTAV SPETSIALIST I. Roolaht	KUUPÄEV 30.04.2010
		MÕÖTKAVA 1:40
		JOONISE NR 21/3-SW-248/1
		MUUDATUS

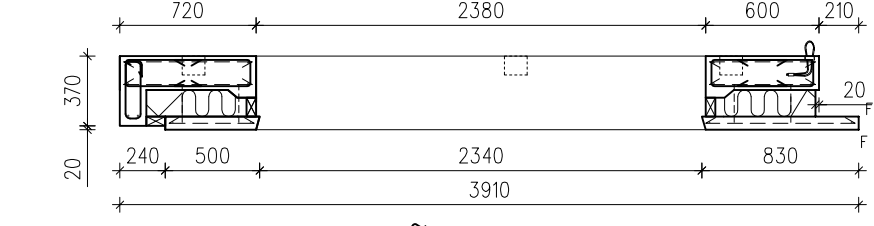
MÄRKUSED:

- ELEMENDI ASUKOHT VT. MONTAAZISKEEMILT.
- ELEMENT VALATAKSE VÄLISKIHIGA ALLAPOOLE.
- PANEELI SOOJUSTUSE ÜLASERVA PEALISPIND KATTA KILEGA. MONTAAZITÕÕDE AJAL KILE EEMALDADA. ANDMED ELEMENDI SARRUSE KOHTA ON TOODUD ARMEERIMISJONISEL (NR/2).
- MONTAAZIAEGSED KINNITUSED KUULUVAD EHITAJA TÖÖVÖTTU.
- F - FAAS 10x10mm / NÄIDATUD KOHTADES.
- PANEELI KÄSITLEMINE:
 - BETOONI TUGEVSUS LAHTIRAKESTAMISEL JA TRANSPORDIL PEAB OLEMA VÄHEMALT 70% BETOONI KLASSI TUGEVSUSEST;
 - PANEELI TOHIB TÕSTA AINULT TÕSTEASAASEST;
 - PANEELI TOHIB TRANSPOTRIDA JA LADUSTADA VERTIKAALASENDIS, LUBATUD KÕRVALEKALLE +- 10 KRAADI.
- DETAILID/SÕLMED ON ESITATUD ERALDI JOONISEL (NR/3). TÄRNIKA (*) TÄHISTATUD DETAILID/SÕLMED ON ANALOOGSED.
- ANDMED ELEMENDI ELEKTRIMATERJALIDE KOHTA ON TOODUD ELEKTRISKEEMI JOONISEL (NR/4).

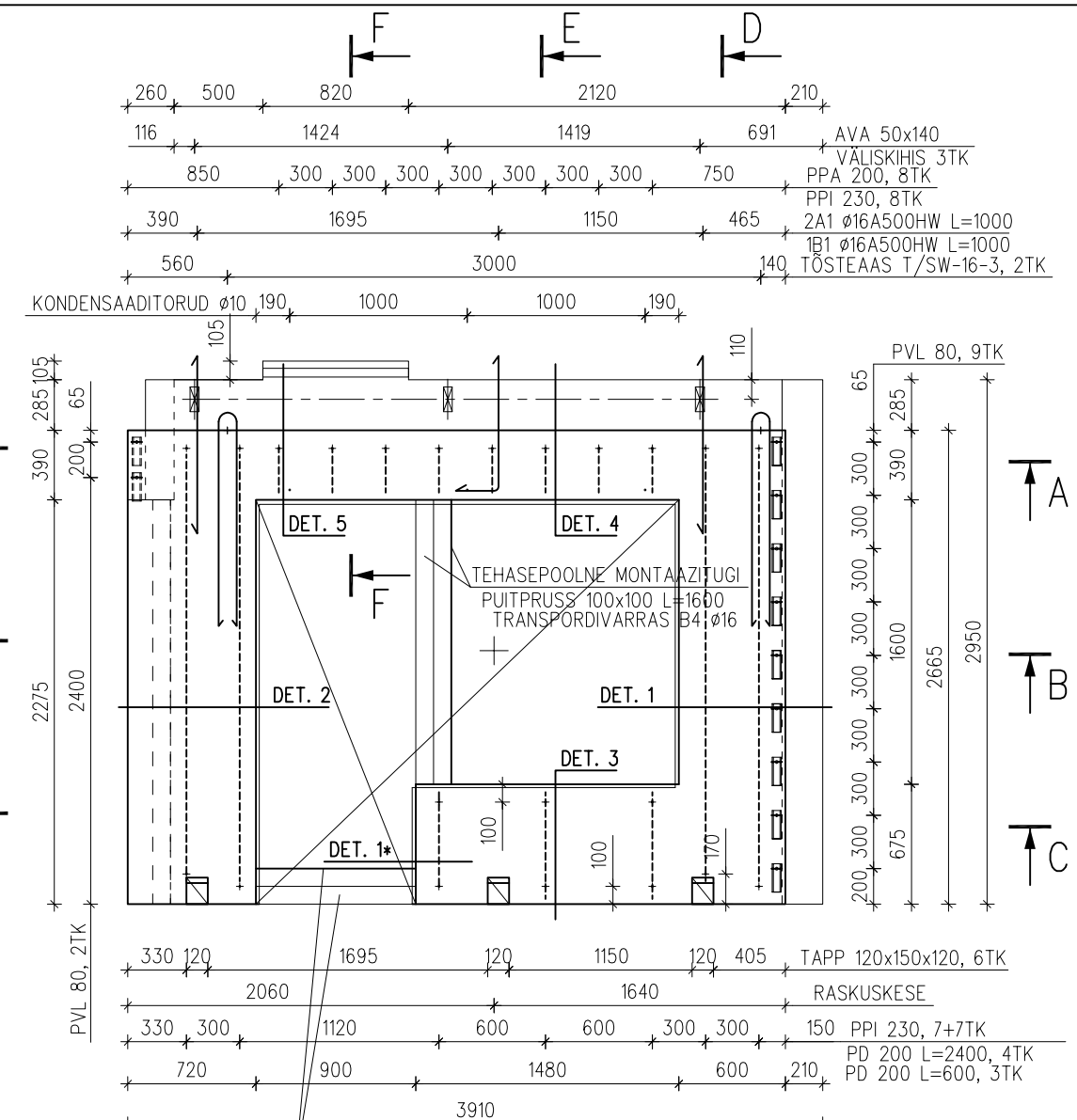
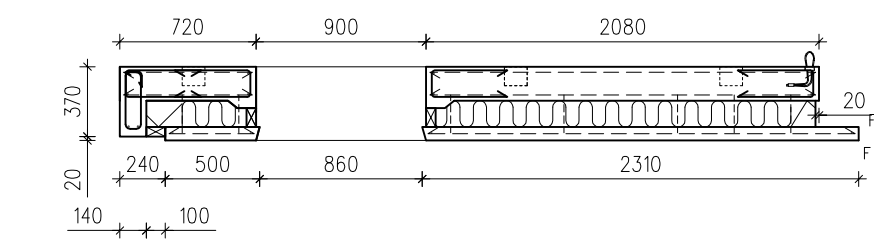
LÕIGE A-A



LÕIGE B-B



LÕIGE C-C

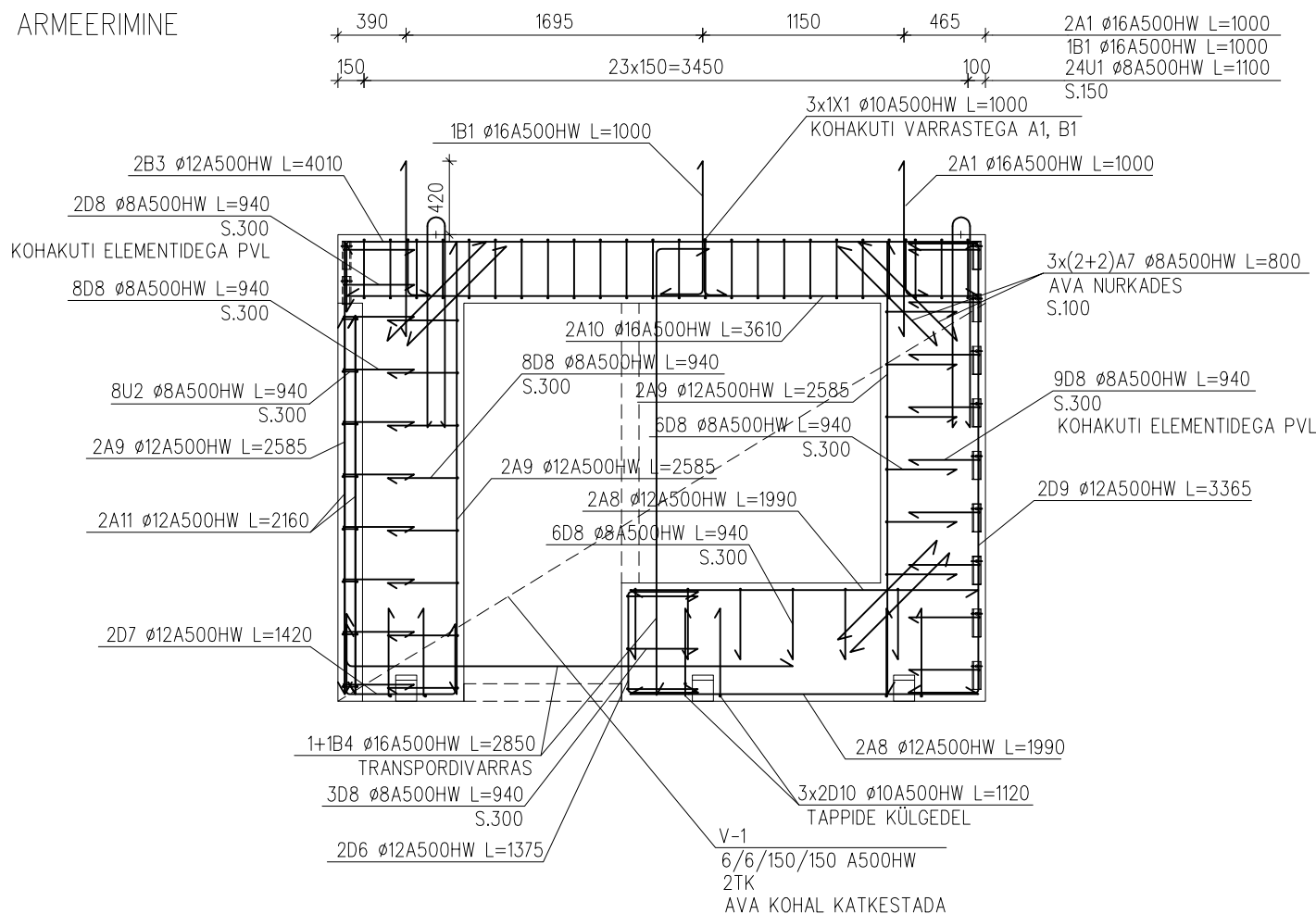


TEHASEPOOLNE MONTAAZITUGI
PUITPRUSS 100x100 L=900
TRANSPORDIVARRAS B4 Ø16

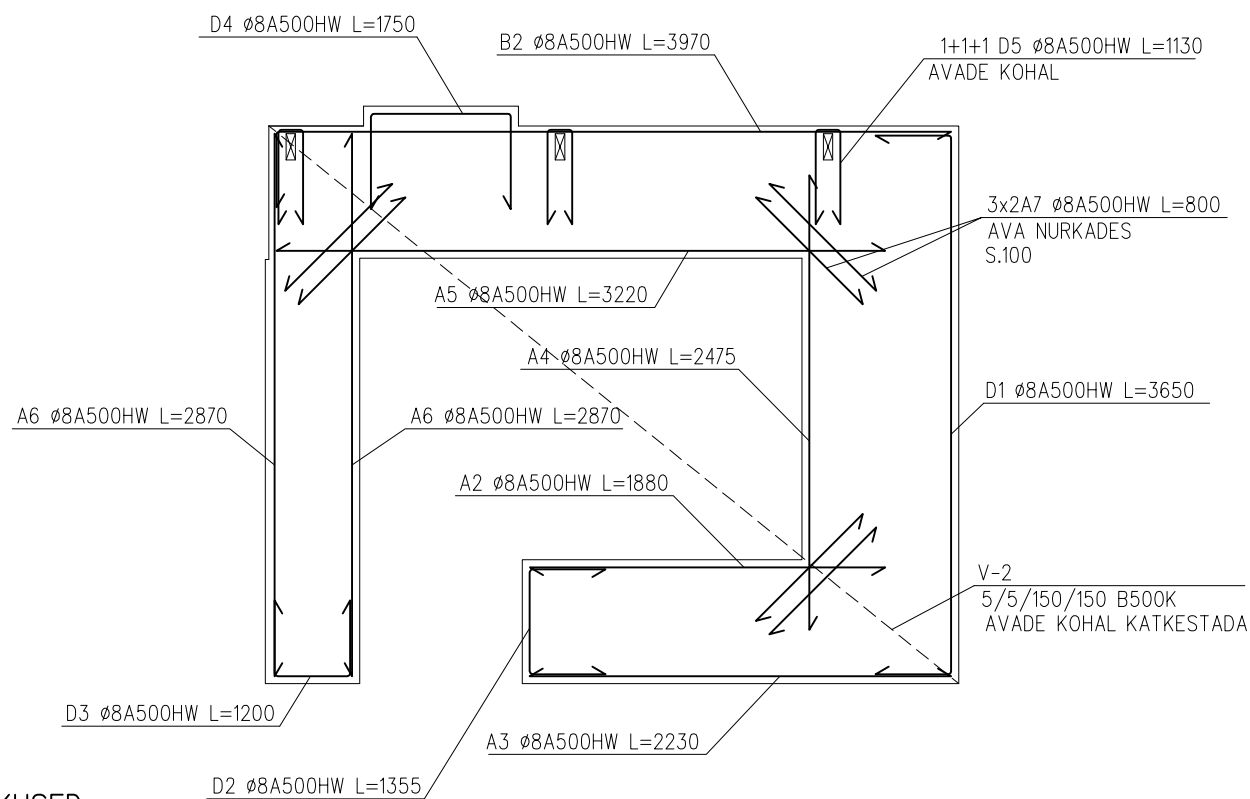
VÄLISSEINAPANEEL SW-248, 348, 448, 548, 648, 748

ARMEERIMINE

SISEKIHT



VÄLISKIHT



MÄRKUSED:

- PINDADE LISAARMATUUR PAIGALDADA PÕHIARMATUURI (VÕRKUDE SAMASIHILISTE VARRASTE) TASAPINDA. LISAARMATUURI ASETUS (ÜLAPINNAS/ALAPINNAS) ON ANTUD LÄHTUVALT PANEELI VALAMISASENDIST.
- DETAILIDE/SÕLMEDE ASUKOHAD JA NÕUDED PANEELILE ON ESITATUD GABARIITJONISEL (NR/1).
- DETAILID / SÕLMED ON ESITATUD ERALDI JONISEL (NR/3).

SARRUSVÕRGUD

Pos	Klass	Mark	Mass	Arv	Märkused
V-1	A500HW	6/6/150/150-3660x2245	24.3	2	BRUTOPIND
V-2	B500K	5/5/150/150-3610x2910	21.6	1	BRUTOPIND

SARRUSVARDAD

Pos	Klass	Ø	Pikkus	Mass	Arv	a	b	c	d	e	u	v
A1	A500HW	16	1000	1.6	2	1000						
A2	A500HW	8	1880	0.7	1	1880						
A3	A500HW	8	2230	0.9	1	2230						
A4	A500HW	8	2475	1.0	1	2475						
A5	A500HW	8	3220	1.3	1	3220						
A6	A500HW	8	2870	1.1	2	2870						
A7	A500HW	8	800	0.3	18	800						
A8	A500HW	12	1990	1.8	4	1990						
A9	A500HW	12	2585	2.3	6	2585						
A10	A500HW	16	3610	5.7	2	3610						
B1	A500HW	16	1000	1.6	1	240	760					
B2	A500HW	8	3970	1.6	1	400	3570					
B3	A500HW	12	4010	3.6	2	400	3610					
B4	A500HW	16	2850	4.5	2	300	2550					
D1	A500HW	8	3650	1.4	1	400	2850	400				
D2	A500HW	8	1355	0.6	1	400	555	400				
D3	A500HW	8	1200	0.5	1	400	400	400				
D4	A500HW	8	1750	0.7	1	505	740	505				
D5	A500HW	8	1130	0.4	3	500	130	500				
D6	A500HW	12	1375	1.2	2	400	575	400				
D7	A500HW	12	1420	1.3	2	400	620	400				
D8	A500HW	8	940	0.4	42	400	140	400				
D9	A500HW	12	3365	3.0	2	400	2565	400				
D10	A500HW	10	1120	0.7	6	500	120	500				
U1	A500HW	8	1100	0.4	24	100	330	120				
U2	A500HW	8	940	0.4	8	80	210	80				
X1	A500HW	10	1000	0.6	3	125	315	120				90



MATERJALIDE KOONDVÄLJAVÕTE:

ARMATUURTERAS:

Ø16 A500HW	25.2	kg
Ø12 A500HW	45.4	kg
Ø10 A500HW	6.0	kg
Ø8 A500HW	47.1	kg
Ø6 B500K	48.6	kg
Ø5 B500K	21.6	kg

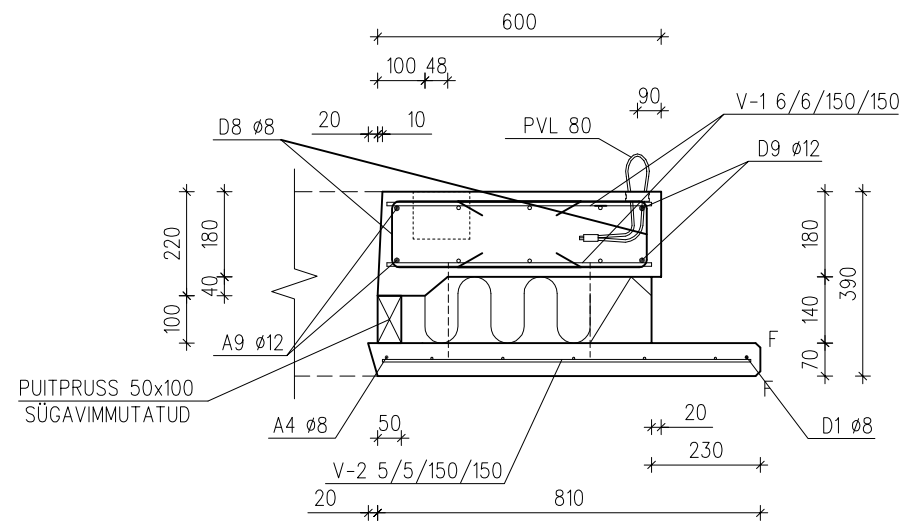
BETON / SOOJUSTUS:

VAJADUS TOODUD GABARIITJONISEL

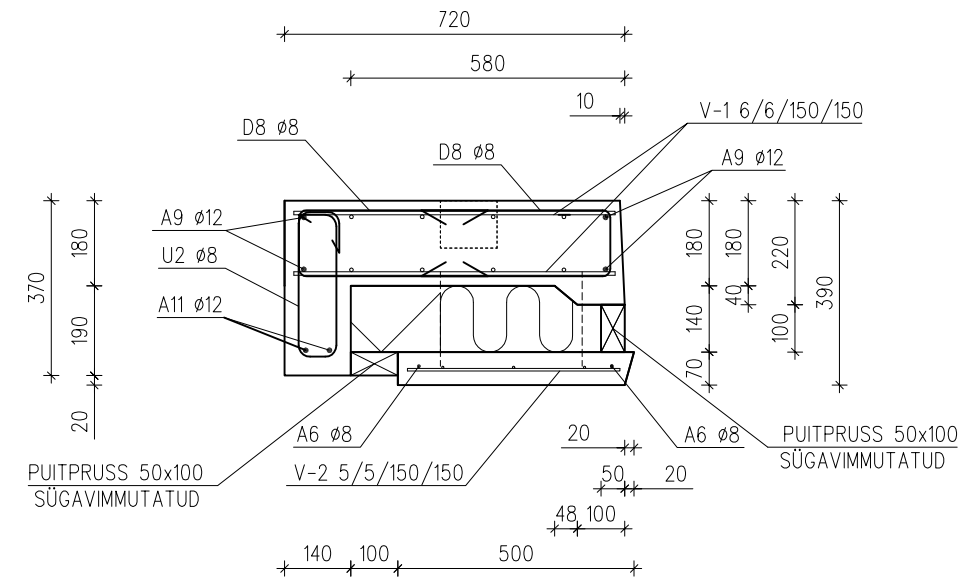
TÕSTEASAD, KINNITUSELEMENDID, TARIDETAILED:
VAJADUS TOODUD GABARIITJONISEL

MUUDATUS	MUUDATUSE KIRJELDUS	NIMI	KUUPÄEV
Roolaht ja Partnerid INSENERIBÜROO			
OBJEKT Meeliku tn. 21/3		ADDRESS Meeliku tn. 21/3, Tallinn	
TELLIJA AS RTG Projektbüroo		JOONIS Välisseinapaneel. Armeerimine SW-248, 348, 448, 548, 648, 748	
OÜ Roolaht ja Partnerid Teguri 37B, 50107 Tartu Tel/Fax: +372 734 3707 e-post: info@rpl.ee MTR: EEP000150	TÖÖ NR 0914	STAADIUM Tootejoonis	KUUPÄEV 30.04.2010
VASTUTAV SPETSIALIST I. Roolaht	MÕÖTKAVA 1:40	JOONISE NR 21/3-SW-248/2	MUUDATUS

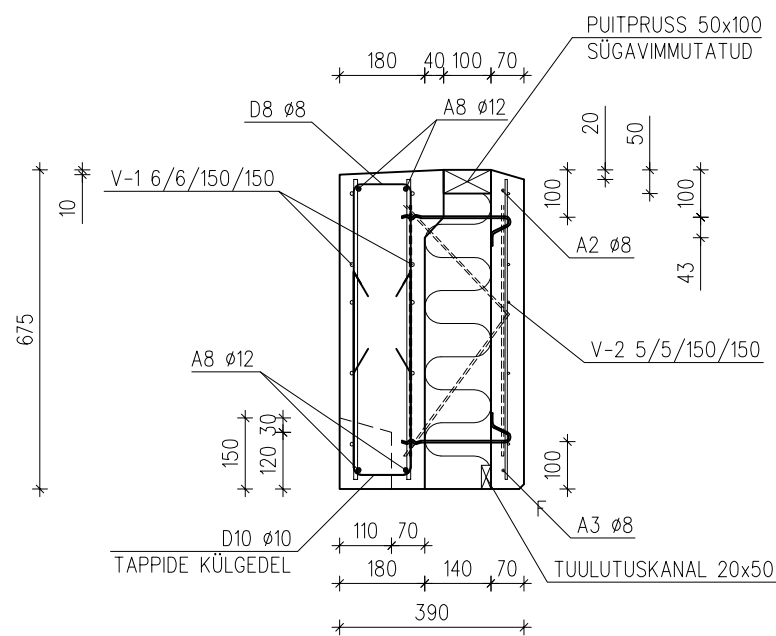
DETAIL 1



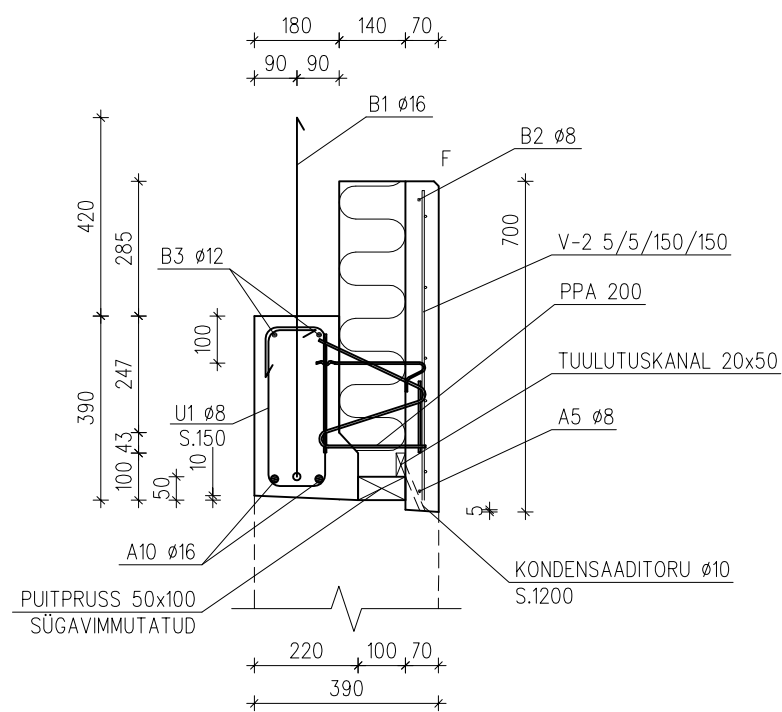
DETAIL 2



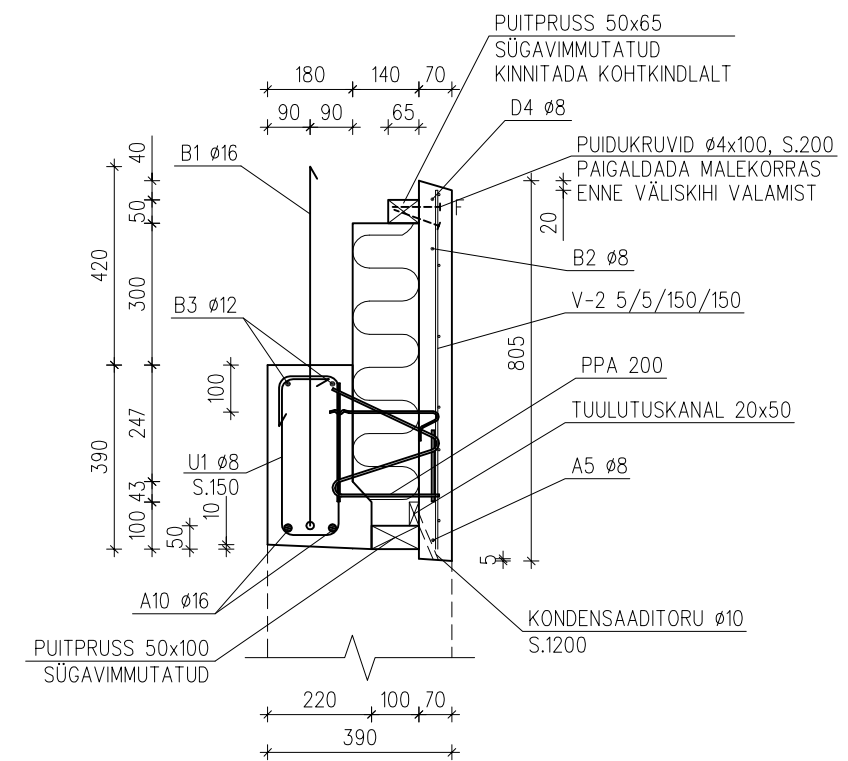
DETAIL 3



DETAIL 4



DETAIL 5



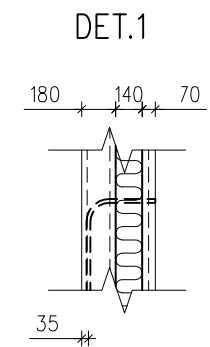
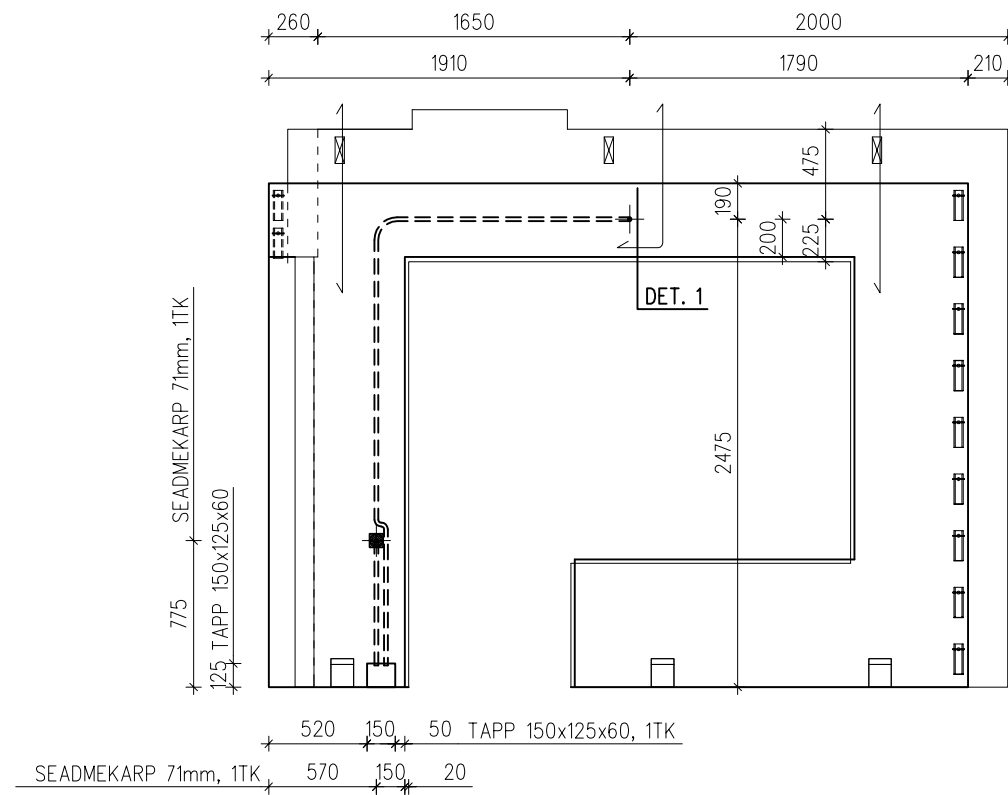
MÄRKUSED:

1. DETAILIDE/SÕLMEDE ASUKOHAD JA NÕUDED PANEELILE ON ESITATUD GABARIITJOOSEL (NR/1).
2. ANDMED ELEMENDI SARRUSE KOHTA ON TOODUD ARMEERIMISJOOSEL (NR/2).

MUUDATUS	MUUDATUSE KIRJELDUS	NIMI	KUUPÄEV
----------	---------------------	------	---------

<p>Roolaht ja Partnerid INSENERIBÜROO</p>		<p>OBJEKT Meeliku tn. 21/3</p>	
		<p>ADRESS Meeliku tn. 21/3, Tallinn</p>	
<p>OÜ Roolaht ja Partnerid Teguri 37B, 50107 Tartu Tel/Fax: +372 734 3707 e-post: info@rpl.ee MTR: EEP000150</p>		<p>TELLIJA AS RTG Projektbüroo</p>	
		<p>JOOIS Välisseinapaneel. Detailid / sõlmed SW-248, 348, 448, 548, 648, 748</p>	
<p>TÖÖ NR 0914</p>		<p>STADIUM Tootejoonis</p>	
<p>PROJEKTEERIJAL R. Aren</p>		<p>KUUPÄEV 30.04.2010</p>	
<p>VASTUTAV SPETSIALIST I. Roolaht</p>		<p>MÕÖTKAVA 1:40</p>	
		<p>JOOISE NR 21/3-SW-248/3</p>	
		<p>MUUDATUS</p>	

VÄLISSEINAPANEEL
SW-248, 348, 448, 548, 648, 748
ELEKTRISKEEM



-  TAPP ESIPINNAS (VALAMISEL ÜLAPINNAS)
-  SEADMEKARP 71mm TAGAPINNAS (VALAMISEL ALAPINNAS)
-  SEADMEKARP 71mm ESIPINNAS (VALAMISEL ÜLAPINNAS)
-  PLASTTORU $\phi 20$

MÄRKUSED:

1. PLASTTORU PAIGALDADA SEADMEKARBIGA SAMASSE PINDA JA FIKSEERIDA ARMATUURVÕRGU SISEKÜLJELE.

MUUDATUS		MUUDATUSE KIRJELDUS		NIMI	KUUPÄEV
Roolaht ja Partnerid INSENERIBÜROO		OBJEKT Meeliku tn. 21/3 ADDRESS Meeliku tn. 21/3, Tallinn TELLUJA AS RTG Projektbüroo			
		JOONIS Välisseinapaneel. Elektriskeem SW-248, 348, 448, 548, 648, 748			
OÜ Roolaht ja Partnerid Teguri 37B, 50107 Tartu Tel/Fax: +372 734 3707 e-post: info@rpl.ee MTR: EEP000150	TÖÖ NR 0914 PROJEKTEERIJAL R. Aren VASTUTAV SPETSIALIST I. Roolaht	STAADIUM Tootejoonis	KUUPÄEV 30.04.2010	MÕÖTKAVA 1:40	JOONISE NR 21/3-SW-248/4 MUUDATUS

projekti nimi	tüüp	projekti aasta	tellijä tüüp	seina tüüp	seina paksus	seina kihid	soojustuse paksus	soojustuse tüüp	asukoht	U- väärtus tabelarvutusest
Tehvandi suusastaadioni garaaž	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sokkel	350	150/100/100	100	EPS	Otepää	0,37
VGP logistikakeskus	mitte-eluhoone	2009	ehitusfirma	SW sokkel	290	120/100/70	100	EPS	Harjumaa	0,37
Kuldala kortermaja	kortermaja	2006	ehitusfirma	SW sein	360	150/140/70	140	kivivill	Harjumaa	0,25
Paldiski mnt 14 kortermaja	kortermaja	2010	ehitusfirma	SW sein	380	150/150/80	150	kivivill	Tallinn	0,24
Assaku büroo	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sein	420	150/200/70	200	kivivill	Harjumaa	0,18
Ojamma kaevandus	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sokkel	250	75/100/75	100	EPS	Ida-Viru	0,37
Enefit õlitehas	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sein	320	120/120/80	120	EPS	Ida-Viru	0,31
Kuljuse 3 eramu	eramu	2010	eraisik	SW sein	460	200/180/80	180	kivivill	Tartu	0,20
Idapõllu tee 4	kortermaja	2010	ehitusfirma	SW sein	390	180/140/70	140	kivivill	Viimsi	0,25
Laitse rallypark	mitte-eluhoone	2010	eraisik	SW sokkel	320	150/100/70	100	eps	Harjumaa	0,37
Jõgeva kohtu ja politseihoone	mitte-eluhoone	2010	riik	SW sein	420	150/200/70	200	kivivill	Jõgeva	0,18
Meeliku 23-3	kortermaja	2009	ehitusfirma	SW sein	390	180/140/70	140	klaasvill	Tallinn	0,25
Ridaelamu	ridaelamu	2010	ehitusfirma	SW sein	510	150/280/80	280	klaasvill	Harjumaa	0,13
Kääre tee 38	eramu	2010	eraisik	Fibo sein	350	200/150	150	EPS	Viimsi	0,21
Olevi 24	eramu	2010	eraisik	Fibo sein	350	200/150	150	EPS	Tallinn	0,21
Vaeküla kool	mitte-eluhoone	2010	riik	SW sokkel	360	120/160/80	160	EPS	Lääne-Viru	0,24
Alu tee 9a	eramu	2010	eraisik	Fibo sein	350	200/150	150	EPS	Rapla	0,21
Ameerikanurga äripark	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sokkel	310	120/120/70	120	EPS	Harjumaa	0,31
Päramäe eramu	eramu	2010	eraisik	SW sein	430	150/200/80	200	klaasvill	Tallinn	0,18
Sugulinnufarm	mitte-eluhoone	2009	ehitusfirma	SW sein	290	120/100/70	100	EPS	Harjumaa	0,37
TTÜ 6s korpus	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sokkel	485	200/200/85	200	EPS	Tallinn	0,19
Kontorihoone laagris	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sein	360	150/150/70	150	kivivill	Harjumaa	0,24
Ravi 13	kortermaja	2010	ehitusfirma	SW sein	400	250/150	150	EPS	Tallinn	0,25
FinEst tootmisehoone	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sokkel	500	200/150/150	150	EPS	Pärnumaa	0,25
Tartu mnt 50	kortermaja	2008	ehitusfirma	SW sein	390	160/160/70	160	kivivill	Tallinn	0,22
Karlskroona ladu	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sokkel	380	200/100/80	100	EPS	Harjumaa	0,37
Viihall (metall karkass)	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sokkel	300	150/80/70	80	EPS	Võrumaa	0,45
Nanolabor tartu teaduspark	mitte-eluhoone	2009	ehitusfirma	SW sokkel	300	120/100/80	100	EPS	Tartu	0,37
Trafotek	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sokkel	380	150/150/80	150	EPS	Harjumaa	0,25
Lillevälja tee 7 eramu	eramu	2010	eraisik	SW sein	320	200/120	120	EPS	Harjumaa	0,31
Pärna 1a	kortermaja	2006	ehitusfirma	Fibo sein	300	200/100	100	EPS	Pärnu	0,29
Lasnamäe meh kool	mitte-eluhoone	2010	riik	SW sein	470	150/240/80	240	kivivill	Tallinn	0,15
Paruni 81	eramu	2009	eraisik	Fibo sein	350	200/150	150	EPS	Tartumaa	0,21
LDI tootmshoone	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sein	380	150/160/70	160	kivivill	Tallinn	0,22
Virun TP	mitte-eluhoone	2006	ehitusfirma	SW sokkel	270	100/100/70	100	EPS	Türi	0,37
Vana kuuli 1	kortermaja	2006	ehitusfirma	SW sein	410	160/180/70	180	kivivill	Tallinn	0,20
Laheotsa talu laiendus	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sokkel	380	150/150/80	150	EPS	Harjumaa	0,25
Pärnu Kutsehariduskeskus	mitte-eluhoone	2010	riik	SW sokkel	350	120/150/80	150	EPS	Pärnu	0,25
Paikuse spordi ja tervisekeskus	mitte-eluhoone	2010	riik	SW sokkel	300	80/140/80	140	EPS	Pärnumaa	0,27
Paide 7	kortermaja	2010	ehitusfirma	Col sein	340	190/150	150	EPS	Tallinn	0,25
Eramu Jüris	eramu	2010	eraisik	Fibo sein	450	300/150	150	EPS	Harjumaa	0,20
Tapa kasarmu	mitte-eluhoone	2010	riik	SW Sein	360	140/140/80	140	kivivill	Lääne-Viru	0,25
Ranna tee 46A	kortermaja	2010	ehitusfirma	SW sein	355	180/125+50	175	kivivill	Viimsi	0,20
Pallasti 54	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sein	390	150/150/90	150	kivivill	Tallinn	0,24
Sipelga 4	kortermaja	2010	ehitusfirma	SW sein	400	150/180/70	180	kivivill	Tallinn	0,20
Ämari garaaž	mitte-eluhoone	2010	riik	SW sokkel	350	120/150/80	150	EPS	Harjumaa	0,25
Rimi kaubanduskeskus	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sein	470	200/170/100	170	kivivill	Tallinn	0,21
Keila kool	mitte-eluhoone	2011	riik	SW sein	390	150/160/80	160	kivivill	Harjumaa	0,22
Aaviku tee 22a	eramu	2011	eraisik	SW sein	410	150/180/80	180	kivivill	Jüri	0,20
JKHK paide õpilaskodu	mitte-eluhoone	2010	riik	Col sein	365	140/225	225	klaasvill	Paide	0,16
Kärneri 5	kortermaja	2011	ehitusfirma	SW sein	450	180/200/70	200	kivivill	Tallinn	0,18
Räpina Maxima X	mitte-eluhoone	2008	ehitusfirma	SW sein	320	120/120/80	120	EPS	Räpina	0,31
Ida-Viru keskhaigla	mitte-eluhoone	2011	riik	SW sein	500	200/180/120	180	kivivill	Ida-Viru	0,20
Tarvida eletric	mitte-eluhoone	2011	ehitusfirma	SW sokkel	330	90/150/90	150	EPS	Tallinn	0,25
Villardi 9	kortermaja	2010	ehitusfirma	SP sein + soe	180	180/250 või 200	250/200	kivivill	Tallinn	0,16
Baltic workboats	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sein	345	120/150/75	150	EPS	Saaremaa	0,25
Tapa erikool	mitte-eluhoone	2010	riik	SW sein	430	150/200/80	200	klaasvill	Tapa	0,18
Kesk tee 14	mitte-eluhoone	2011	ehitusfirma	SW sein	355	125/150/80	150	EPS	Jüri	0,25
Laiküla tee 42	eramu	2011	eraisik	Fibo sein	400	250/150	150	EPS	Harjumaa	0,21
Maleva	mitte-eluhoone	2011	riik	SW sein	450	170/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18

Nefab	mitte-eluhoone	2011	ehitusfirma	SW sein	400	180/150/70	150	kivivill	Harjumaa	0,24
Lauripere 1	eramu	2011	eraisik	Fibo sein	450	250/200	200	klaasvill	Harjumaa	0,15
Helme 16-1 ja 16-2	kortermaja	2011	ehitusfirma	SW sein	420	150/200/70	200	kivivill	Tallinn	0,18
JKHK Särevere õpilaskodu	mitte-eluhoone	2010	riik	Col sein	340	190/150	150	EPS	Särevere	0,26
Tartu KHK	mitte-eluhoone	2010	riik	SW sein	460	180/200/80	200	kivivill	Tartu	0,18
Comarket	mitte-eluhoone	2011	ehitusfirma	SW sein	350	120/150/80	150	EPS	Harjumaa	0,25
Bärtis eramu	eramu	2011	eraisik	Col sein	350	200/150	150	EPS	Jüri	0,25
Laitse rallypark	mitte-eluhoone	2011	ehitusfirma	SW sokkel	345	150/125/70	125	EPS	Harjumaa	0,3
VGP logistikakeskus	mitte-eluhoone	2011	ehitusfirma	SW sokkel	310	120/120/70	120	EPS	Harjumaa	0,31
Kustavi 5	eramu	2011	eraisik	Fibo sein	400	200/200	200	klaasvill	Harjumaa	0,16
Valts eramu	eramu	2011	eraisik	Aeroc	400	250/150	150	EPS	Viimsi	0,16
Karulaugu tee 9	kortermaja	2010	ehitusfirma	SW sein	460	180/200/80	200	klaasvill	Viimsi	0,18
Matek tootmishoone	mitte-eluhoone	2011	ehitusfirma	SW sokkel	370	140/150/80	150	EPS	Pärnu	0,25
Haapsalu spordihoone	mitte-eluhoone	2011	riik	SW sein	400	150/180/70	180	klaasvill	Haapsalu	0,20
Laulasmaa spa laiendus	mitte-eluhoone	2011	ehitusfirma	SW sein	350	140/140/70	140	EPS	Harjumaa	0,27
CLE Baltic	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sein	380	150/150/80	150	kivivill	Harjumaa	0,24
Astangu kortermajad	kortermaja	2011	ehitusfirma	SW sein	390		180	klaasvill	Tallinn	0,20
Magistrali laiendus	mitte-eluhoone	2010	ehitusfirma	SW sein	440	200/160/80	160	EPS	Tallinn	0,24
Meeliku 23-2	kortermaja	2009	ehitusfirma	SW sein	390	180/140/70	140	klaasvill	Tallinn	0,25
Narva Politseihoone	mitte-eluhoone	2011	riik	Col sein	390	190/200	200	klaasvill	Narva	0,18
Pärnaõue	kortermaja	2011	ehitusfirma	Col sein	390	190/200	200	EPS	Tallinn	0,19
Tivoli	kortermaja	2011	ehitusfirma	SW sein	420	150/200/70	200	kivivill	Tallinn	0,18
Heiko eramu	eramu	2010	eraisik	Fibo sein	400	200/200	200	EPS	Pärnumaa	0,17
TÜ kliinikum	mitte-eluhoone	2011	riik	SW sein	540	200/240/100	240	klaasvill	Tartu	0,15
Kuldnoka 4	kortermaja	2011	ehitusfirma	Col sein	390	190/200	200	EPS	Tallinn	0,19
Kase tn 27	eramu	2011	eraisik	Col sein	390	190/200	200	kivivill	Elva	0,18
TÜ Füüsikainst. Hoone	mitte-eluhoone	2011	riik	SW Sein	450	120/250/80	250		Tartu	0,13
ABB	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW Sein	360	150/140/70	140	klaasvill	Harjumaa	0,25
Mäepealse 28	kortermaja	2011	ehitusfirma	SW sein	410	150/180/80	180	klaasvill	Tallinn	0,20
Vibu 14	kortermaja	2011	ehitusfirma	SW sein	395	150/165/80	165	klaasvill	Tallinn	0,22
Vibu 16	kortermaja	2011	ehitusfirma	SW sein	395	150/165/80	165	klaasvill	Tallinn	0,22
Vibu 18	kortermaja	2011	ehitusfirma	SW sein	395	150/165/80	165	klaasvill	Tallinn	0,22
Võidujooksu 1	kortermaja	2011	ehitusfirma	SW sein	430	180/170/180	170	klaasvill	Tallinn	0,21
Suve tn 2	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	390	160/150/80	150	kivivill	Tallinn	0,24
A.haava	kortermaja	2012	ehitusfirma	Col sein	390	190/200	200	kivivill	Tartu	0,16
Varre 7 sots majad	kortermaja	2012	riik	Col sein	390	190/200	200	kivivill	Tallinn	0,18
Soinaste lasteaed	mitte-eluhoone	2012	riik	Col sein	390	190/200	200	kivivill	Tartu	0,18
Kuristiku ja läänemere gümn	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	370	150/150/70	150	kivivill	Tallinn	0,24
Statistikaamet	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	510	180/250/80	250	kivivill	Tallinn	0,15
Põltsamaa ametikool	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sokkel	400	140/180/80	180	kivivill	Põltsamaa	0,20
Romec metall	mitte-eluhoone	2011	ehitusfirma	SW sein	380	150/150/80	150	kivivill	Põltsamaa	0,24
Printsu tee NCC	kortermaja	2011	ehitusfirma	Col sein	390	190/200	200	EPS	Tallinn	0,19
Metsavaimu 2 ja 4	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	420	150/200/70	200	kivivill	Harjumaa	0,18
Puki tee 24	eramu	2011	eraisik	Fibo sein	400	200/200	200	EPS	Tallinn	0,17
Lastekodu 2, sinimäe (peremaja)	eramu	2011	riik	Aeroc	500		0		Ida-Viru	0,17
Talveaia tee 12	mitte-eluhoone	2011	ehitusfirma	Fibo sein	390	240/150	150	EPS	Viimsi	0,21
Siirdemetisiini keskus	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	500	200/180/120	180	kivivill	Tartu	0,20
Kuninga 11 hoovijama	eramu	2011	eraisik	Fibo sein	350	200/150	150	EPS	Pärnu	0,21
Rapla selver	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sein	440	160/200/80	200	klaasvill	Rapla	0,18
Laohoone Kõrtsi 3	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sein	380	150/150/80	150	EPS	Harjumaa	0,25
Eramu Peetris	eramu	2012	eraisik	SW sein	410	150/180/80	180	kivivill	Harjumaa	0,20
Lodumetsa tee	eramu	2011	eraisik	Fibo sein	350	200/150	150	EPS	Tallinn	0,21
Nurmenuku 49	eramu	2009	eraisik	Silbet sein	350	200/100	100	klaasvill	Tallinn	0,23
Nõo reaal gümn	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	460	180/200/80	200	kivivill	Nõo	0,18
PERH	mitte-eluhoone	2011	riik	SW sein	380	150/150/80	150	kivivill	Tallinn	0,24
Pärnu haigla	mitte-eluhoone	2011	riik	SW sein	450	120/240/90	240	kivivill	Pärnu	0,15
Schenker	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sein	370	150/150/70	150	EPS	Harjumaa	0,25
Pelltech	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sein	410	150/180/80	180	kivivill	Harjumaa	0,20
Mäetaguse kool	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	460	180/200/80	200	kivivill	Harjumaa	0,18
Nurme turvas töökoda	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	Fibo sein	350	200/150	150	EPS	Pärnumaa	0,25
Vahtramäe 37a	eramu	2012	eraisik	Col sein	390	190/200	200	EPS	Tallinn	0,19

Sipelga 2	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	430	180/180/70	180	kivivill	Tallinn	0,20
Valgevase 11 a b c	kortermaja	2012	ehitusfirma	SP sein + soe	150		150		Tallinn	0,2
KTN	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sein	375	150/150/75	150	EPS	Harjumaa	0,25
Narva haigla õendus-hoolduskodu	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sokkel	500	200/200/100	200	EPS	Narva	0,19
Haabmetsa kinnistu	eramu	2012	ehitusfirma	Fibo sein	350	200/150	150	EPS	Tartumaa	0,21
Meeliku 21-1	kortermaja	2009	ehitusfirma	SW sein	390	180/140/70	140	klaasvill	Tallinn	0,25
Kaevu kortermaja	kortermaja	2012	ehitusfirma	Fibo sein	400	200/200	200	EPS	Tallinn	0,17
Ehitajate tee 68a	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	370	150/150/70	150	kivivill	Tallinn	0,24
Estin ladu	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sein	310	100/140/70	140	klaasvill	Tallinn	0,25
Hekamerk	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sein	400	150/180/70	180	EPS	Tallinn	0,21
Kosemetsa 9	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sokkel	420	200/150/70	150	EPS	Tallinn	0,25
Kosemetsa 11	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sokkel	420	200/150/70	150	EPS	Tallinn	0,25
Kosemetsa 13	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sokkel	420	200/150/70	150	EPS	Tallinn	0,25
Liiva kortermaja Haapsalu	kortermaja	2012	ehitusfirma	Fibo sein	350	200/150	150	EPS	Haapsalu	0,21
Haapsalu lastekodu	mitte-eluhoone	2012	riik	Col sein	390	190/200	200	EPS	Haapsalu	0,19
Vesiroosi 16	eramu	2012	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Nelgeron	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sein	360	150/140/70	140	EPS	Tallinn	0,27
Rocca al Mare	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sokkel	350	120/145/85	145	EPS	Tallinn	0,26
Indrek	eramu	2012	eraisik	SW sein	360	180/100/80	100	SPU	Harjumaa	0,21
Mardi 4	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	klaasvill	Tallinn	0,18
Mardi 6	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	klaasvill	Tallinn	0,18
Mardi 8	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	klaasvill	Tallinn	0,18
Randvere kool	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	520	180/250/80	250	kivivill	Viimsi	0,15
Marsi kortermaja	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	450	200/180/70	180	kivivill	Tallinn	0,20
Astangu kortermajad	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	400	150/180/70	180	kivivill	Tallinn	0,20
Mustamäe turuhoone	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sein	340	150/120/70	120	EPS	Tallinn	0,31
KTN 2	mitte-eluhoone	2012	ehitusfirma	SW sokkel	375	150/150/75	150	EPS	Harjumaa	0,25
Auvere elektrijaam 300MW	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	280	100/100/80	150	EPS	Narva	0,25
Paide reoveepuhasti	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	370	150/150/70	150	kivivill	Paide	0,24
Tallinna 26 lasteaed	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	440	160/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Tedre 55	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Jõhvika 21 ERAMU	eramu	2012	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tabasalu	0,18
Ladva 5 +3 ja 4	kortermaja	2012	ehitusfirma	Col sein	390	190/200	200	kivivill	Tartu	0,18
Ladva 6	kortermaja	2012	ehitusfirma	Col sein	390	190/200	200	kivivill	Tartu	0,18
Tondiraba jäähall	mitte-eluhoone	2012	riik	SW Sein	430	150/200/80	200	EPS	Tallinn	0,19
kaitseväe kasarmu	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	370	140/150/80	150	EPS	Ämari/Jõhvi jne	0,25
Pirita tee 26	kortermaja	2012	ehitusfirma	SP sein + soe	200	200/200	200	kivivill	Tallinn	0,18
Ehte hum gymn	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	360	140/150/70	150	kivivill	Tallinn	0,24
Rääma 13A korter	kortermaja	2012	ehitusfirma	SW sein	350	150/200	200	Kivivill	Pärnu	0,18
Pärnaõue	kortermaja	2011	ehitusfirma	Col sein	390	190/200	200	EPS	Tallinn	0,19
Narva veepuhastusjaam	mitte-eluhoone	2012	riik	SW sein	430	200/150/80	150	kivivill	Narva	0,24
Mooni ridaelamu	ridaelamu	2011	ehitusfirma	Fibo sein	350	200/150	150	kivivill	Tallinn	0,21
Pihlametsa tee 9	eramu	2011	eraisik	SW sein	380	200/100/80	100	EPS Silver	Tallinn	0,28
Loomaaed		2012							Tallinn	0,2
Eramu Pähklimäe 15	eramu	2013	eraisik	Fibo sein	400	200/200	200	EPS Silver	Viimsi	0,13
Vabriku 35b	kortermaja	2013	ehitusfirma	Col sein	390	190/200	200	kivivill	Tallinn	0,18
Jürgens eramu	eramu	2013	eraisik	SW sein	380	150/150/80	150	kivivill	Tallinn	0,24
Särje korter (astl)	kortermaja	2013	ehitusfirma	SP sein + soe					Tallinn	0,2
Kuldnoka 5	kortermaja	2013	ehitusfirma	SW sein	440	180/180/80	180	kivivill	Tallinn	0,20
Ranna tee 46	kortermaja	2013	ehitusfirma	SW sein	410	150/180/80	180	kivivill	Tallinn	0,20
Küti tee 37-1	kortermaja	2013	ehitusfirma	Col sein	440	190/250	250	EPS	Peetri	0,16
Küti tee 37-2	kortermaja	2014	ehitusfirma	Col sein	440	190/250	250	EPS	Peetri	0,16
Pääste depoo	mitte-eluhoone	2013	riik	SW sein	440	160/200/80	200	EPS Silver	Tallinn	0,15
Uuslinna 6	kortermaja	2013	ehitusfirma	SW sein	460	180/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Lille tn 8	kortermaja	2013	ehitusfirma	SW sein	460	200/180/80	180	kivivill	Tartu	0,20
Uuslinna 9	kortermaja	2013	ehitusfirma	SW sein	380	150/150/80	150	kivivill	Tallinn	0,24
Savi 39a	kortermaja	2013	ehitusfirma	SW sein	370	150/140/80	140	EPS Silver	Tartu	0,21
Uus-tatari 12	kortermaja	2013	ehitusfirma	SP sein + soe	290	150/140	140	EPS Silver	Tallinn	0,21
Kuldnoka 5	kortermaja	2013	ehitusfirma	SW sein	400	150/180/70	180	kivivill	Tallinn	0,20
Pärnu mnt 139E	kortermaja	2013	ehitusfirma	SW sein	400	180/150/70	150	kivivill	Tallinn	0,24
Pärnaõue SW idee	kortermaja	2013	ehitusfirma	SW sein	420	150/180/90	180	kivivill	Tallinn	0,20

Peetri aruheina lasteae	mitte-elukoone	2013	riik	SW sein	440	160/200/80	200	kivivill	Peetri	0,18
Valukoja 7	mitte-elukoone	2013	ehitusfirma	sw sein	430	200/150/80	150	kivivill	Tallinn	0,24
Pärnu mnt 102B	mitte-elukoone	2014	ehitusfirma	SW sein	410	150/180/80	180	kivivill	Tallinn	0,20
Tartu avavangla	mitte-elukoone	2014	riik	SW sein	420	160/180/80	180	kivivill	Tartu	0,20
Staadioni maja	kortermaja	2014	ehitusfirma	SP sein + soe	180	180/200	200	EPS	Tallinn	0,19
Eramu hansu tee	eramu	2014	eraisik	SW sein	460	200/180/80	180	kivivill	Tallinn	0,20
Ämma eramu	eramu	2014	eraisik	SW sein	400	150/180/70	180	kivivill	Tallinn	0,20
Maxima logistika	mitte-elukoone	2013	ehitusfirma	SW sein	420	200/150/70	150	kivivill	Harjumaa	0,24
Jüri lasteae	mitte-elukoone	2014	riik	SW sein	440	160/200/80	200	klaasvill	Harjumaa	0,18
Flebu	mitte-elukoone	2008	ehitusfirma	SW sein	440	150/220/70	220	klaasvill	Harjumaa	0,17
Meeliku 21-3	kortermaja	2009	ehitusfirma	SW sein	390	180/140/70	140	klaasvill	Tallinn	0,25
Marsi 3	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	460	200/180/80	180	kivivill	Tallinn	0,20
Vaari büroo	mitte-elukoone	2014	ehitusfirma	SW sein	375	100/200/75	200	EPS	Tallinn	0,19
Kadaka pst 138	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	EPS	Tallinn	0,19
Kadaka pst 140	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	EPS	Tallinn	0,19
Mai 3 kooli laiendus	mitte-elukoone	2013	riik	aeroc + soe	400	200/200	200	klaasvill	Pärnu	0,14
Tallinna lastehaigla C korp	mitte-elukoone	2012	riik	SW sein	330	100/150/80	150	kivivill	Tallinn	0,24
Küütri 8	mitte-elukoone	2014	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tartu	0,18
Paepargi maxima	mitte-elukoone	2014	ehitusfirma	SW sein	480	200/180/100	180	kivivill	Tallinn	0,20
Noorkuu komplekt NCC	kortermaja	2011	ehitusfirma	Col sein	390	190/200	200	EPS	Tallinn	0,19
Rõugu	kortermaja	2014	ehitusfirma	SP sein + soe					Tallinn	0,2
Päevalille 3	eramu	2014	eraisik	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Kadaka tee 193	kortermaja	2007	ehitusfirma	SP sein + soe	150+150	150/150	150	EPS	Tallinn	0,25
Jõe 58	kortermaja	2014	ehitusfirma	aeroc	500		0			0,17
Kentmanni 3	kortermaja	2014	ehitusfirma	SP sein + soe	200+250	200/250	250	EPS Silver	Tallinn	0,12
Lasnamäe saun	mitte-elukoone	2014	riik	SW sein	420	150/200/70	200	kivivill	Tallinn	0,18
Paepargi 49	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	440	160/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Ümera 28	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	430	180/180/70	180	kivivill	Tallinn	0,20
Tehnopool 2	mitte-elukoone	2014	ehitusfirma	SW sein	380	150/150/80	150	kivivill	Tallinn	0,24
Rästa 28	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	Kivivill	Tallinn	0,18
Viimsi keskus, nordecon	mitte-elukoone	2014	ehitusfirma	SW sokkel	380	160/150/70	150	kivivill	Viimsi	0,24
Katusepapi 6	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Kivi 40 Trtu	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	410	150/180/80	180	kivivill	Tartu	0,20
Tartu kaubamaja	mitte-elukoone	2014	ehitusfirma	SW sein	530	200/250/80	250	kivivill	Tartu	0,15
Luha majad	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Stig	eramu	2014	eraisik	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Harjumaa	0,18
MBE kontor	mitte-elukoone	2014	ehitusfirma	SW sein	355	180/100/75	100	SPU	Harjumaa	0,21
Rahvusrhiiv	mitte-elukoone	2014	riik	SW sein	500	180/250/80	250	kivivill	Tartu	0,15
P-Pinna	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	410	150/180/80	180	kivivill	Tallinn	0,20
Vilmsi 17	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	420	180/150/90	150	EPS Silver	Tallinn	0,2
Paepargi kompleks	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Saku gümnaasium	mitte-elukoone	2014	riik	SW sein	520	180/260/80	260	kivivill	Harjumaa	0,14
Varsa eramud (llaste majad)	eramu	2014	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tartu	0,18
Lasnamäe saun	mitte-elukoone	2014	linn	SW sein	500	200/200/100	200	kivivill	Tallinn	0,18
Hurda	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	410	150/180/80	180	kivivill	Tartu	0,20
Välljaku 5	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	420	150/200/70	200	kivivill	Jüri	0,18
Saare villa	eramu	2014	eraisik	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Lääne-Viru	0,18
Sõpruse pst 33	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Kadaka pst 142	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	430	150/200/80	200	kivivill	Tallinn	0,18
Ämari välibaas	mitte-elukoone	2014	riik	SW sein	480	150/250/80	250	kivivill	Harjumaa	0,15
Vibu	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	450	150/220/80	220	klaasvill	Tallinn	0,17
Koidu-planeedi	kortermaja	2014	ehitusfirma	SW sein	400	150/180/70	180	kivivill	Tallinn	0,20

Allikas: Autori koostatud

Märkused:

Osaline fragment autori koostatud tabeli mustandist.

Deklareerin, et käesolev lõputöö, mis
on minu iseseisva töö tulemus, on
esitatud Tallinna Tehnikaülikooli
diplomi taotlemiseks.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite
tööd, põhimõttelised seisukohad,
kirjanduslikest allikatest ja mujalt pärinevad
andmed on viidatud.

Autor Märt Pärna

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilaskood

Töö vastab kehtivatele nõuetele

Juhendaja Roode Liias

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmisele lubatud " " 2016

.....

TTÜ TK kaitsmiskomisjoni esimees (nimi, allkiri)