TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

TTÜ ehituse ja arhitektuuri instituut

JÄTKUSUUTLIKKUSE PRINTSIIPIDEL PÕHINEV ESMATASANDI TERVISEKESKUS

FIRST LEVEL HEALTHCARE CENTER WITH SUSTAINABILTY PRINCIPLES

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Kadri-Ann Kertsmik

Üliõpilaskood: 144551

Juhendaja: Rein Murula, külalisprofessor

Tallinn 2019

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.
Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” ..... 201…..

Autor: .....
/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” ..... 201…..

Juhendaja: .....
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”.....201… .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....
/ nimi ja allkiri /

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö teema sõnastati seoses töö teemade aktuaalsuse ja autori isikliku huviga valdkonna vastu. Üha enam pööratakse tähelepanu hoonete jätkusuutlikkusele ja mõju keskkonnale ning teise teemana vaatluse all olnud esmatasandi tervisekeskused on olulised, kuna perioodil 2014-2020 soovitakse Eestisse rajada 59 uut tervisekeskust, millest praegu on valminud vaid kuus.

Teoreetilise osa andmed koguti põhiliselt teadusartiklitest ning varasemalt tehtud magistri- ja doktoritöödest. Tervisekeskuste kohta sai autor palju informatsiooni Tartu Ülikooli poolt läbi viidud uuringus esmatasandi tervisekeskuste teemal. Uurimuslikus osas toetus autor peamiselt kehtivatele ehituslikele määrustele ja standarditele. Energiatõhusa ja jätkusuutlikku hoone valdkonnas toetus autor suuresti välismaisele kirjandusele.

Uurimistöös kasutati kolme meetodit. Esimesena analüüsiti esmatasandi tervisekeskuste peamiste kabinettide päevavalgustegureid – 12 m^2, 16m^2 ja 20 m^2. Järgmise etapina sooritas töö autor koostöös Tallinna Tehnikaülikooli doktorandi Martin Kiiliga jahutuskoormuse analüüsid. Viimase osana analüüsiti vormifaktori valemi abil, milline on optimaalseim hoone vorm minimaalse koosseisuga esmatasandi tervisekeskusele, mille netopindala suuruseks leidis töö autor olevat 600 m^2.

Analüüsi all olnud kolmele peamisele tüüpruumile esmatasandi tervisekeskuses sooritati 320 päevavalgusanalüüsi ning selle tulemusena leiti igale ruumile sobivaim akna suurus, kui ruumis paikneb kaks akent ühes välisseinas. Päevavalgustegurid leiti koodi abil, kuhu olid parameetritena sisse toodud erinevate ruumipindade keskmised peegeldumistegurid, et tagada täpne vastus tegurile (D). Nende simulatsioonide tulemusena leiti minimaalsed akna suurused, mis vastasid tingimusele D≥ 2.5 ning mida seejärel kasutati jahutuskoormuse simulatsioonides. Kõige väiksemale toale sobilikud aknad on suuruses 0.6 x 1.1 m, keskmisele kabinetile sobivad enim 0.8 x 1.3 aknad ja suurimale ruumile 1.0 x 1,6 m.

Järgmise etapina kasutati saadud akna mõõte jahutuskoormuse simulatsioonides, mis sooritati kõigis põhi ilmakaartes. Arvutustest ilmnes, et kui akende ees ei ole varjestavaid elemente on kõige optimaalsemad ruumisuhted vahemikus $1.0 \geq \frac{ruumi\ laius}{ruumi\ sügavus} \leq 1.8$. See tähendab seda, et ruumi laius peab olema vähemalt sama pikkusega kui on ruumi sügavus.

Saadud ruumisuhete ja proportsioonidega koostas autor kaheksa erinevat arhitektuurset hoonevormi 600 m^2 netopindalaga esmatasandi tervisekeskusele. Tulemustest selgus, et kuna tegu on väikese hoonega, siis vormifaktorist suuremat rolli omab hoone orienteeritus ilmakaarte suhtes ja see, kuidas efektiivselt päikese- ja päevavalgust ära kasutada.

Viimase osana valmis esmatasandi tervisekeskuse projekt Aravetele, mis asub Kesk-Eestis. Projektis kasutati varasemalt leitud optimaalseimaid ruumisuhteid ja akna parameetreid, et tagada kabinettides hea kogus päevavalgust ja madal jahutuskoormus. Samuti olid hoone ja seda ümbritseva keskkonna planeerimisel kasutusel jätkusuutlikkuse printsiibid.

Töö käigus sai selgeks, et akna suuruse ja ruumi kujuga saab oluliselt mõjutada ruumide jahutamisvajadust ja päevavalguse hulka. Jahutuskoormuse simulatsioonide analüüsis tuli välja, et kõige optimaalsemad ruumid ei sõltu ilmakaarest vaid on läbivalt kõigis põhi ilmakaartes samad, seda nii parimate, kui ka kõige kehvemate tulemustega ruumidele. Selline seaduspära kehtis kõigi kolme vaatluse all olnud ruumidele. Jätkusuutlikku hoone disainimisel on oluline võtta vaatluse alla kogu hoone ja seda puudutavate osade elukaar, et saavutada minimaalne süsiniku- ja vee jalajälg.

Märksõnad: liginullenergia, esmatasandi tervisekeskus, energiatõhusus, jalajälg, magistritöö.

ABSTRACT

The subject of the thesis was chosen due to actuality of the topic and author's personal interest in the field. Firstly, more and more attention is drawn to building sustainability and the effect to the environment, secondly the consideration of first level healthcare centres is relevant, as during the period of 2014-2020 construction of 59 new healthcare centres in Estonia is required, of which only 6 have been built currently.

Source material for the theoretical part was obtained from previous master's theses, doctoral dissertations and scientific publications. Information about healthcare centres was mostly obtained from research conducted by University of Tartu. Practical work was generally based on current building regulations and standards. For research on building energy performance and sustainability, foreign literature was mostly used.

Three methods were used in the thesis. Firstly, daylight factors of general first level healthcare office types were analysed – 12 m^2, 16 m^2 and 20 m^2. Secondly, cooling loads for rooms under consideration were analysed in cooperation with PhD candidate of Tallinn University of Technology Martin Kiil. Finally, form factor calculations were performed to find an optimal shape for the first level healthcare centre, with treated floor area of 600 m^2.

For the three main office types of the healthcare centre, a total of 320 daylight simulations were performed in order find the optimal window dimensions, considering a layout with two windows on the same exterior wall. In order to achieve accurate results, reflection factors for different surfaces were considered in the calculations. From these simulations, minimum window parameters fulfilling daylight factor criteria of ≥ 2.5 were obtained and further used in the cooling load simulations. For the smallest of rooms, window dimensions 0.6 x 1.1 m were found to be optimal, 0.8 x 1.3 m for the medium sized and 1.0 x 1.6 for the largest room.

Cooling load simulations in case of optimal window dimensions were performed considering the cardinal points. From the calculations it could be observed that in case of no shading elements, room aspect ratios (width/depth) within 1.0 to 1.8 were the most suitable. This means that the width of room has to be at least the same length as the depth of the room.

Results of the calculations in terms of optimal room aspect ratios and dimensions were used as a basis to define 8 different architectural forms for the 600 m^2 first level healthcare centre. From the results of form factor analysis, it was observed, that due to the small treated floor area of the building, form had an marginal effect on energy efficiency, when compared to the orientation in relation to main cardinal points and effective usage of sun- and daylight.

In the last stage of the thesis, project was made for a first level healthcare centre in Aravete, situated in central Estonia. Optimal room aspect ratios and window parameters obtained from the preceding analysis were used in order to provide sufficient amount of daylight and low cooling loads for the healthcare offices. Also, general principles of sustainability were followed in design of the building and the surrounding environment.

Within the work, it became evident that the amount of daylight and cooling load is greatly affected by the design of window and room dimensions. From the cooling load simulations, it was observed, that the optimal room dimensions do not depend on cardinal points, but are consistent in all directions in case of both most and least favourable proportions. This was true to all three room types considered. Also, in the design of sustainable building, it is important to consider all steps of building lifecycle assessment, in order to achieve least carbon and water footprint.

Keywords: nearly zero energy, first level healthcare centre, energy performance, footprint, master's thesis.

EESSÕNA

Magistritöö kirjutati ühe osana arhitektuuri eriala integreeritud õppes Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonnas.

Soovin tänada Tallina Tehnikaülikooli doktoranti Martin Kiili, kes abistas mind ruumide jahutuskoormuse simulatsioonidega. Samuti oli mulle suureks abiks Tallinna Tehnikaülikooli teadur Francesco de Luca, kes aitas määrata päevavalgusteguri koodis ruumipindade materjalide peegeldumistegurid, millega töö käigus simulatsioonid sooritati. Tehnilise ja ehitusfüüsikalise osaga andis nõu konstruktor Mati Ruhno Sweco Projekt AS-ist, tänu kellele sain puitkonstruktsioonide valdkonnas palju teadmisi juurde.

Eraldi tänu kuulub juhendaja Rein Murulale, kes nõustus tööd juhendama ning andis palju ideid ja mõttekohti, millele töö käigus mõelda. Juhendaja suunas mind põhjalikkusele ja töö analüüsimisele, andes alati väärtuslikku tagasisidet.

Soovin tänada Tallinna Tehnikaülikooli andes mulle võimaluse õppida arhitektuuri õppekaval. Viimaseks soovin tänada Ardit tema toetuse ja julgustuse eest magistritöö koostamise ajal.

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE

ABSTRACT

EESSÕNA

LÜHENDITE LOETELU 4

TABELITE LOETELU 6

1 SISSEJUHATUS 8

1.1 TÖÖ TEEMA VALDKOND JA AKTUAALSUS 8
1.2 TÖÖ EESMÄRK JA KASUTATAVAD MEETODID 8
1.3 ÜLEVAADE PUBLITSEERITUD MATERJALIST 10
1.4 TÖÖ ÜLESEHITUS 10

2 JÄTKUSUUTLIK HOONE 12

2.1 AJALUGU 12
2.2 JALAJÄLG 14
2.3 ENERGIATÕHUSAD HOONED 18
2.4 LIGINULLENERGIA HOONED EESTIS 20
2.5 JÄTKUSUUTLIKU HOONE PÕHIMÕTTED 20

3 ESMATASANDI TERVISEKESKUSED 32

3.1 ESMATASANDI TERVISHOIU KUJUNEMINE EESTIS 32
3.2 ESMATASANDI TERVISHOIU JA TERVISEKESKUSTE EESMÄRGID 32
3.3 ESMATASANDI TERVISEKESKUSTE RUUMIPROGRAMM 34
3.4 TERVISHOIUHOONE KUI JÄTKUSUUTLIK HOONE 34
3.5 AUTORI KOKKUPUUDE ESMATASANDI TERVISEKESKUSTE PROJEKTEERIMISEL 36

4 UURIMUSLIK OSA 38

4.1 TÖÖS KASUTATAV METOODIKA 38
4.2 PÄEVAVALGUSTEGURI ANALÜÜS 38
4.3 ÜLEKUUMENEMISE ANALÜÜS 42
4.4 VORMIFAKTORI ANALÜÜS 50

5 PROJEKT 52

5.1 ASUKOHT 52
5.2 ASENDIPLAAN 54
5.3 ARHITEKTUUR 62
5.4 HOONE KONSTRUKTSIOONID JA PINNAKATTED 70
5.5 TULEOHUTUS 74
5.6 JOONISED 78

KOKKUVÕTE 98

SUMMARY 100

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU 102

LISAD 106

LISA 1 – PÄEVAVALGUSTEGURI ARVUTUSKOOD 106
LISA 2. PÄEVAVALGUSTEGURITE VÄÄRTUSED MAATRIKSIS 107
LISA 3. VÄLJAVÕTE PROGRAMMIST EQUA IDA-ICE 4.8 109
LISA 4. JAHUTUSKOORMUSE VÄÄRTUSED RUUMIDES 110
LISA 5. VORMIFAKTORI ARVUTUS 111
LISA 6. FOTOD ARAVETE ALEVIKUST 112

LÜHENDITE LOETELU

- EL – Euroopa Liit;
- ETTK – esmatasandi tervisekeskus;
- FSC – Forest Stewardship Council, rahvusvahelinemetsahoolekogu;
- HCHF – halogeenitud klorofluorosüsvesinik;
- IPCC – Valitsustevaheline kliimamuutuste Nõukogu;
- PV paneelid– photo voltanic panels, päikesepaneelid;
- RAKE – sotsiaalteaduslike rakendusuuringute keskus;
- TTKS – tervishoiu teenuste korraldamise seadus;
- WHO – Maailma Tervishoiu Organisatsioon;
- ÜRO – Ühinenud Rahvaste Organisatsioon.

TABELITE LOETELU

TABEL 1. SÜSINIKUJALAJÄLG VIIES KORTERELAMUS. (PASANEN *ET AL* 2014) 13
TABEL 2. MATERJALIDE VEE JALAJÄLG. (KOOSTAJA: AUTOR) 15
TABEL 3. CO_2 KULU 1 KG MATERJALI TOOTMISEKS (HAMMOND *ET AL* 2011). 17
TABEL 4. ENERGIATÕHUSUSE MIININMUMNÕUETE MÄÄRUSTE MUUTUS AASTATEL 2007-2019. 19
(KOOSTAJA: AUTOR) 19
TABEL 5. EHITUSMATERJALIDE TAASKASUTAMINE. (KOOSTAJA: AUTOR) 29
TABEL 6. ANTSLA JA TÜRI ESMATASANDI TERVISEKESKUSED. (KOOSTAJA: AUTOR) 35
TABEL 7. SÜSTEMATISEERITUD MAATRIKS. (KOOSTAJA: AUTOR) 39
TABEL 8. 12M^2 KABINETI AKNA PARAMEETRITE VALIK. (KOOSTAJA: AUTOR) 41
TABEL 9. 16M^2 KABINETI AKNA PARAMEETRITE VALIK. (KOOSTAJA: AUTOR) 41
TABEL 10. 20M^2 RUUMI AKNA PARAMEETRITE VALIK. (KOOSTAJA: AUTOR) 41
TABEL 11. PÄEVAVALGUSTEGUR ANALÜÜSITAVATES 12 M^2 ETTK RUUMIDES. (KOOSTAJA: AUTOR) 44
TABEL 12. PÄEVAVALGUSTEGUR ANALÜÜSITAVATES 16 M^2 ETTK RUUMIDES. (KOOSTAJA: AUTOR) 46
TABEL 13. PÄEVAVALGUSTEGUR ANALÜÜSITAVATES 20 M^2 ETTK RUUMIDES. (KOOSTAJA: AUTOR) 48
TABEL 14. 1 KORRUSE RUUMID 64
TABEL 15. 2 JA TEHNO KORRUSE RUUMID 64

1 SISSEJUHATUS

1.1 Töö teema valdkond ja aktuaalsus

Magistritöös keskendutakse peamiselt kahe valdkonna uurimisele – jätkusuutlik hoone, sellega seonduvalt energiatõhusus ja liginullenergia miinimumnõuded ning esmatasandi tervisekeskus (edaspidi: ETTK). Käsitletavad teemad on aktuaalsed, sest aastast 2020 peavad kõik uued avalikud hooned vastama liginullenergia miinimumnõutele ehk klassile A ja samuti on riik kaasajastamas esmatasandi tervisekeskuseid tagamaks kvaliteetset ja kättesaadavat arstiabi kogu riigis.

Kitsaskohad liginullenergia ja energiatõhusate hoonete projekteerimisel Eestis on vähene kogemus ja puuduvad analüüsid seni tehtud objektidest. Samuti on eesti keeles mitmes kohtades võrdsustatud mõisted jätkusuutlikkus ja energiatõhusus. Energiatõhus hoone on seotud seadusandliku ja tehniliste numbritega, kui jätkusuutlik hoone hõlmab laiemat pilti, sidudes sinna juurde vee, süsiniku ja ökoloogilise jalajälje vaatenurga.

1.2 Töö eesmärk ja kasutatavad meetodid

Töö eesmärgiks on projekteerida arhitektuurse osa eelprojekti staadiumis jätkusuutlikkuse printsiipidele vastav esmatasandi tervisekeskus. Hüpoteesiks on tõestada, et peamiselt arhitektuurseid võtteid kasutades on võimalik luua jätkusuutlik hoone, mis on projekteeritud ja ehitatud keskkonda säästes sellisel viisil, et heaolu ei tagata tulevaste põlvede arvelt. Püstitatud eesmärgi täitmiseks on oluline välja selgitada vastused järgmistele küsimustele:

- Millistel enam levinumatel ehitusmaterjalidel on väikseim looduslik jalajälg?
- Mil viisil on ümbritsevat keskkonda võimalik ära kasutada jätkusuutliku hoone arhitektuuris ja hoone energiatõhususe suurendamisel?
- Milline geomeetriline vorm on kõige väiksema vormifaktoriga, kui arvesse võtta vormifaktor, loomuliku päikesevalguse tagamine hoones ja hoonesse integreeritud PV-paneelid?
- Milline ruumi proportsioonide suhe on kõige optimaalsem tüüpilistes ETTK ruumides?

ETTK tüüpruumidena käsitletakse kolme minimaalses koosseisus (Sepp *et al* 2015) vaja olevaid ruume, milleks on:

- kabinet 12 m^2 – koduõde;
- kabinet 16 m^2 – perearst, pereõde, protseduuriruum, ämmaemand, psühholoog;
- saal 20 m^2 – füsioteraapia, nõupidamine.

Magistritöö objektiks on energiasäästlik ETTK, mis asub väikeses alevikus, kuhu riik on ette näinud hoone rajamise ning sinna on koondunud:

- 3 perearsti ja -õde;
- ämmaemand;
- psühholoog;
- koduõde;
- füsioteraapia;
- ofitsiin;
- koolitusruum;
- hambaravi.

Hüpoteesi kontrollib ja uuringuküsimustele vastab autor kvantitatiivse ja katselise uuringu abil. Selleks uuritakse 3 elementi, mis mõjutavad hoone energiasäästlikkust – akna ja päevavalgusteguri suhe, jahtutamisvajadus sõltuvalt konkreetset ruumitüübist ja hoone vormifaktor.

Kasutatavad programmid:

- arhitektuurne projekt - Autodesk Revit 2018;
- vormifaktori analüüs – Microsoft Excel 2016;
- akna ja päevavalgusteguri analüüs – Rhinoceros 6, Grasshopper;
- skeemid, illustratsioonid – Adobe Photoshop CC 2015, Adobe Illustrator CC 2015;
- ülekuumenemise analüüs – EQUA IDA Indoor Climate and Energy versioon 4.8.

1.3 Ülevaade publitseeritud materjalist

Lõputöö kirjutamise aluseks on käesolevast aastast jõustunud energiatõhususe miinimummäärus, mis seab karmistunud piirangud uute avalike hoonete ehitamisele ning Vabariigi Valitsuse käivitatud ettevõtmine esmatasandi tervisekeskuste kaasajastamiseks. Järelduste tegemisel kasutab autor Euroopa Liidu (edaspidi: EL) ja Vabariigi Valitsuse poolt kinnitatud õigusakte, teadusartikleid, KredEx-i juhendmaterjale ning varasemalt valminud teadus- ja lõputöid.

Tutvudes teemakohase kirjandusega leidis autor, et liginullenergia teemal on tehtud oluliselt rohkem teadus- ja lõputöid kui ETTK või tervishoiuhoonete kohta. Eestikeelset materjali jätkusuutlikkusest ja väikese süsinikujalajäljega hoonetest on vähe, rohkem oli autorile siinkohal abiks välismaa kirjandus. Vee jalajäljest, mis on samuti oluline komponent kasvuhoonegaaside vähendamisel atmosfääris, ehitusmaterjalides puudub emakeelne sisu sootuks ning samuti on seda teemat veel üsna vähe ka võõrkeelsest kirjandusest leida.

1.4 Töö ülesehitus

Lähtuvalt töö eesmärgist on magistritöö jagatud nelja peatükki. Esimesed kaks peatükki – jätkusuutlik hoone ja esmatasandi terviskeskus on keskendunud teoreetilistele alustele ja järelduste tegemisel, kolmas peatükk on uurimuslik osa, kus autor püüab leida optimaalsemat arhitektuurset lahendust esmatasandi tervisekeskuse hoonele ja viimane osa on projekti, milles valmis esmatasandi tervisekeskus.

Teoreetilise osa esimeses käsitleb autor säästva arengu ja jätkusuutlikkuse indikaatorite ajalugu, ökoloogilist jalajälge, sh süsiniku ja vee jalajälge ning liginullenergia hoone nõudeid Eestis. Eraldi keskendutakse jätkusuutliku hoone printsiipidele neljas valdkonnas: asukoht, energia, hoone ja materjalid. Teises pooles on vaatluse all perearsti süsteemi kujunemine Eestis, ruumiprogrammi loomine ETTK-s ja analüüs, miks peab tervishoiuhoone olema jätkusuutlik.

Töö uurimuslikus osas analüüsib autor hoone vormifaktorit, akna ja päevavalgusteguri suhet ning jahutuskoormus sõltuvalt konkreetsest ruumitüübist. Koostöös Tallinna Tehnikaülikooli doktorandi Martin Kiiliga sooritatakse ruumidele ülekuumenemise analüüs. Samuti analüüsitakse hoonet ümbritsevat keskkonda ja kliimat, et tagada maksimaalne kasu taastuvenergia tootmiseks ning lisaks on vaatluse ehitusmaterjalid, et need oleksid väikese ökoloogilise jalajäljega. Viimases osas valmib eelprojekti staadiumis esmatasandi tervisekeskus.

Joonis 1. Energiakriis USA-s 1970-ndatel aastatel. (history.com)

2 JÄTKUSUUTLIK HOONE

2.1 Ajalugu

Varajane keskkonnateemaline algatus keskendus peamiselt energianõudluse vähendamisele. Teise maailmasõja järgsed muutused tööstuses kasutavate tehnoloogiate mahus ja tüübis oli peamine põhjus looduskeskkonna muutumises. (Pearce *et al* 2018, 34) Vastusena 1970-ndate aastate alguses toimunud energiakriisile (Joonis 1) asutas Ameerika Arhitektide Instituut energeetikakomisjoni, töötamaks välja töövahendid ja printsiibid, et tegeleda kasvavate saaste mahtudega fossiilkütuste põletamisel (Guenther *et al* 2013, 7).

Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni (edaspidi: ÜRO) inimkeskkonna alasel konverentsil aastal 1972 sõnastati, et planeet Maa kliima soojenemine ja sellega kaasnevad mured on kõigi planeedil elavate inimeste mure. Konverentsi raames koostati konventsioon, mille peamisteks eesmärkideks oli suurendada riikidevahelist koostööd ja keskkonnaalast seadusandluse suuremat rakendamist, arvestades sealjuures riigi eripärasid. Kuigi esimene definitsioon säästvale arengule ÜRO poolt anti just sel konverentsil, siis laiema poliitilise kõlapinna saavutas sõnapaar alles kaheksa aastat hiljem, kui aastal 1980 avaldati Brandti komisjoni aruanne „Põhi-Lõuna: programm ellujäämiseks“ ning aastal 1987 avaldatud Brundtlandi komisjoni aruanne „Meie ühine tulevik“. (Römpczyk 2008, 13)

Aastal 1987 sõnas tollane Norra peaminister Brundtland oma komisjoni aruandes „Meie ühine tulevik“, et säästva arengu kontseptsiooniks on tänase põlvkonna vajaduste rahuldamine, ilma et see kahjustaks tulevaste põlvede võimalusi oma vajadusi rahuldada. Tegu oli esimese dokumendiga, kus säästev areng sai eesmärgi. Raport oli mõeldud vastuseks globaliseerunud majanduskasvule ja globaalsele ökoloogilisele lagunemisele. (Anand *et al* 2016)

Eelnevad kohtumised ja komisjonide aruanded sidus tervikuks 1992. aastal Rio de Janeiros toimunud ÜRO tippkohtumine, kus väitluste tulemusena loodi Agenda 21 tegevuskava, mis Eesti Vabariigis loodi mõned aastat hiljem strateegiana - Säästev Eesti 21. Tegu on dokumendiga, mis püüab maailma valmistada ette 21. sajandi väljakutseteks, mida on võimalik lahendada vaid riikide üleselt. Elmar Römpczyk sõnab oma raamatus, et 20. sajandi lõpul toimunud väitluste tulemustena jõudis säästev areng küll kõnepruuki, kuid ei toonud endaga kaasa reforme, mis muudaks globaalset arengut (Römpczyk 2008, 17).

Süstemaatiline jätkusuutlikkuse rakendamine ehitatud keskkonnaa arendamisele algas aastal 1991, kui Saksamaa linn Hannover valiti EXPO 2000 korraldajalinnaks. Selle raames arendasid arhitekt William McDonough ja teadlane Michael Braungart printsiipide kogumiku, mis annaks juhiseid jätkusuutlik arhitektuuri arendamiseks. Tulemusena valmis dokument „Hannoveri printsiibid“, kus oli kirjas 9 suunist inspireerimaks arhitektuurseid lahendusi olemas rohkem jätkusuutlikumad. Dokument ei olnud mõeldud ainult EXPO 2000 maailmanäituse jaoks, vaid ka edasisteks jätkusuutliku kontseptsiooni elluviimiseks. (Pearce *et al* 2018, 56)

Aastal 2006 Nairobis toimunud kliimakonverentsil võtsid sõna enam kui 100 tipp-poliitikut hoiatades, et aasta-aastalt suurenevad kliimamuutused on inimkonna suurimaks ohuks. Konverentsi tulemusena võeti vastu Kyoto protokoll, mille eesmärgiks on - vähendada kasvuhoone gaaside tootmist, osooniaukude suurenemist ja arktilise jääkilbi sulamist. (Römpczyk 2008, 17).

Aastal 2007 avalikustasid Valitsustevaheline Kliimamuutuste Nõukogu (edaspidi: IPCC) raporti, mille kohaselt on kliima soojenemine üheselt mõistetav ja inimtegevus on sealjuures mänginud olulist rolli CO_2 ületootmisega atmosfääris, mille tulemusena kasvab päikesekiirguse hulk (Kluger 2007, 52).

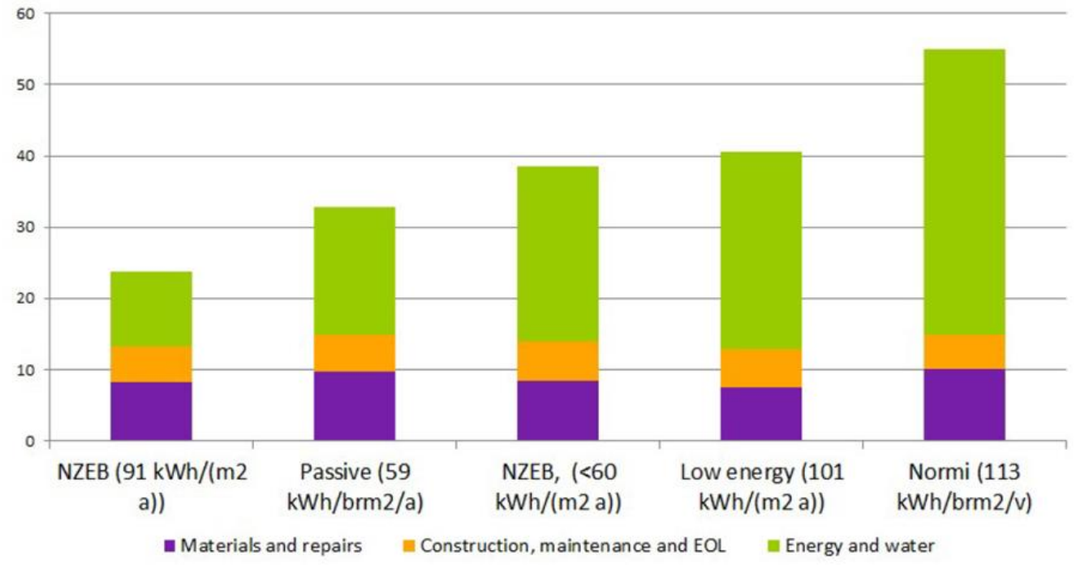
Rio 20+ konverentsil mis toimus 2012, väideldi pikalt Agenda 21 printsiibi nr 15 jätkusuutlik areng teemal. Kahanevad ressursid loovad nii ainulaadseid võimalusi kui ka piiranguid ehitiste disaini ja haldamise arengule. Kuid kindel on sealjuures see, et vähenevatel ressurssidel on suured tagajärjed ehitatud keskkonnale ja arhitektuurile. (Guenther *et al* 2013, 7)

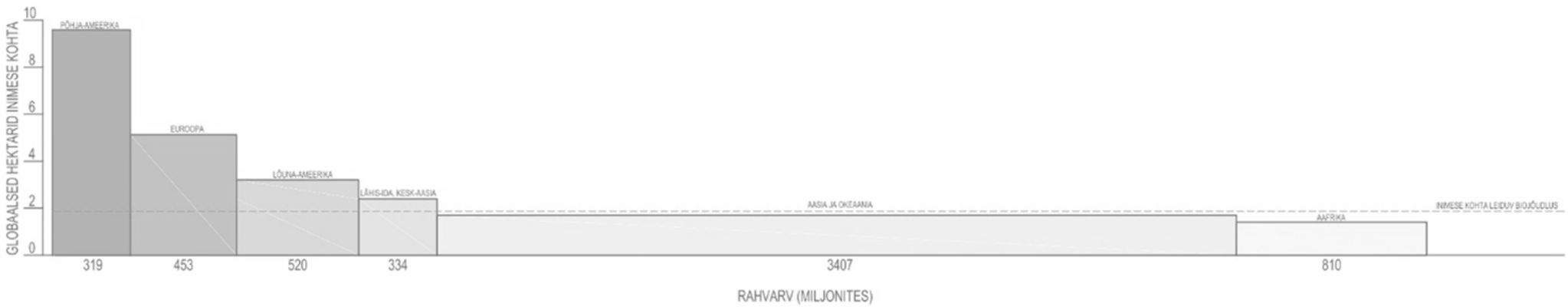
2.1.1 Säästev areng

Üldjoontes võib öelda, et säästva arengu peamine eesmärk on leida tasakaal kolme huvi vahel - sotsiaalne, keskkondlik ja majanduslik jätkusuutlikkus. Säästva arengu kontseptsioon ei tulenenud akadeemilisest arutelust, vaid rahvusvahelisest poliitilisest protsessist, mis tõstis esile keskkonna, inimeste ja tuleviku ümber. (Newman 2001, 83)

Kuivõrd on tegu laiapõhjaliste valdkondadega, siis vajavad need ka pikaajalist plaani. Juba Bruntlandi raportis olid need kolm säästva arengu alustala välja toodud. Enamasti keskendutakse nii riigisiseselt kui rahvusvaheliselt ühele probleemile korraga – ÜRO Keskkonnaprogramm keskendub keskkonnale,

Tabel 1. Süsinikujalajälg viies korterelamus. (Pasanen *et al* 2014)





Joonis 2. Ökoloogiline ajajälg piirkonniti aastal 2001. Römpczyk 2008, 23).

Maailma Kaubandusorganisatsioon majandusele, erinevuseks on Rahvusvaheline Energiaagentuur, mis keskendub peamiselt majandusele, aga ei jäta tähelepanuta ka sotsiaalset aspekti. Kuigi ÜRO soovib tugevdada kõiki kolme valdkonda, keskendub organisatsioon enim majanduslikule aspektile, kuna seda arengut soovivad liikmesriigid. (Anand *et al* 2016, 233)

Arengustrateegias „Säästev Eesti 21“ on sõnatud, et „Eesti riigi ja ühiskonna arenemise strateegia aastani 2030, sihiga ühendada globaalsest konkurentsis tulenevad edukusenõuded säästva arengu põhimõtetele ja Eesti traditsiooniliste väärtuse säilitamisega (Eesti Keskkonnaministeerium 2005, 2)“.

Käesolevas töös keskendutakse peamiselt arengustrateegia „Säästev Eesti 21“ eesmärgile number 4, milleks on ökoloogiline tasakaal. Ökoloogilise tasakaalu põhiliseks eesmärgiks on looduse võime end ise taastada ning tema ressursside tasakaalustatud kasutamine (Eesti Keskkonnaministeerium 2005, 25). Oluline on vähendada õhu saastamist ning kasutada loodusvarasid nii, et säiliks ökoloogiline tasakaal.

EU ehitussektor on ajaloos keskendunud peamiselt hoonete energiakulu vähendamisele ehitise kasutusperioodil. Tänaseks on mitmed uuringud näidanud, et ehitusmaterjalidel on märkimisväärne roll energiakulul kogu hoone elukaares. Hoone elukaar on jätkusuutliku hoone korral oluline, sest materjalidel on suur osakaal energiakulul. Uuringutest on ilmnenud, et materjalide energiakulu on energiatõhusas hoones suurem kui mitte nii energiasäästlikel hoonetele (Tabel 1), kuid samas hoone kasutusea energiakulud on energiatõhusatel hoonetel madalamad (Bruce-Hyrkäs *et al* 2018, 179).

Jätkusuutliku hoone kavandamisel on oluline pidada silmas ehitise elukaare kõiki etappe, et loodud hoone energiakulu oleks optimaalne. Kokku on etappe viis ning need kajastuvad ka standardis EVS 29481 (Siil 2017, 13):

1. Eeldisain (finantsanalüüs, tasuvus- ja teostatavus uuringud, tulemusena valmib lähteülesanne);
2. Arhitektuurne ja tehniline projekteerimine (eskiisstaadiumist tööprojektini, lisaks materjalide ja toodete valik, hoone kasutusiga, energiavajadus, funktsionaalsus);
3. Ehitamine (ehituse ettevalmistamine kuni ehitise üleandmine);
4. Kasutus (algab kasutusloa saamisest, siia kuuluvad ka remonttööd jms);
5. Renoveerimine/lammutamine (hoonele antakse uus funktsioon, lammutamisel materjalid taaskasutatakse).

2.2 Jalajälg

2.2.1 Ökoloogiline jalajälg

Mõiste ökoloogiline jalajälg võtsid kasutusele William Rees ja Mathis Wackernagel aastal 1990, kui oma doktoritöö raames analüüsisid nad planeedi Maa „vastuvõetavat kandevõimet“ ehk hilisemalt „ökoloogiline jalajälg“. Meetod mõõdab ligikaudselt maa-ala suuruse, mida on vaja inimese poolt ühes ajaühikus (enamasti aasta) kasutatavate ressursside tootmiseks ja tekkinud saaste ning jäätmete ümbertöötlemiseks. (Tallinna Ülikool 2010, 4)

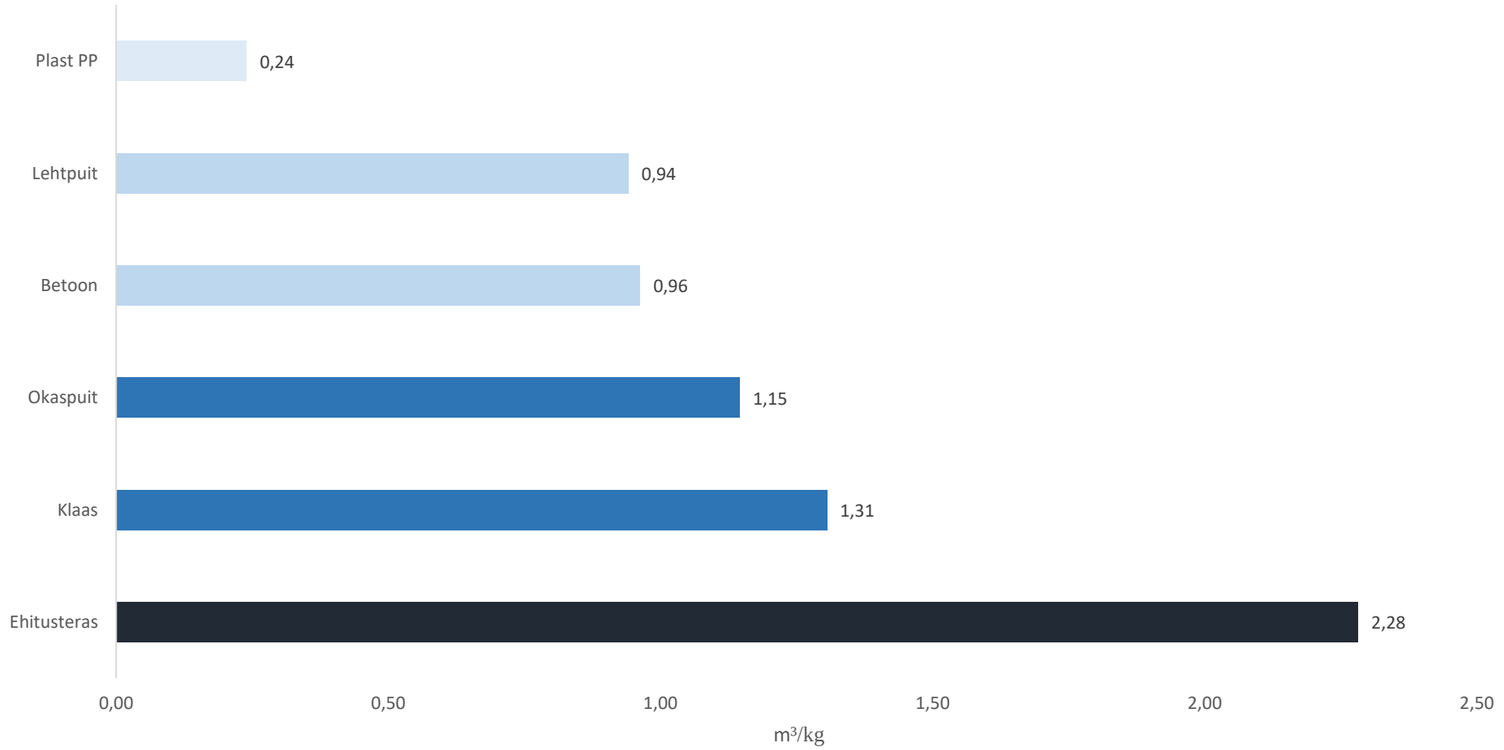
Antud meetodit kasutatakse erinevatel skaaladel – ühest inimesest kuni kogu riigi ulatuseni. Arvutuse tulemusena saadakse teada, mitu globaalhektarit kasutab inimene aastas oma vajaduste rahuldamiseks. (Tallinna Ülikool 2010, 5) CO_2 heitme suurim mõjutaja Eestis on põlevkivitööstus. Sellest veidi vähemal määral auto eelistamine ühistranspordile, lennureisid ja jäätmete taaskasutamine.

Jätkusuutliku ja vastutustundliku eluviisi tagamiseks ei tohi ökoloogilise jalajälje arvväärtus ületada 1.9 (Joonis 2). Tänasel päeval on Eesti keskmine 6.4 gha/in (globaalhektarit aastas inimese kohta). Maailma keskmine on 2.1 gha/in – kolmanda maailma riikides keskmiselt 1.4 gha/ in, Põhja-Ameerikas 9.8 gha/in ja Euroopas 5.1 gha/in. (Römpczyk 2008, 23)

2.2.2 Vee jalajälg

Vesi on olekuid muutev ühend, mis ühes kohas aurustudes langeb teises kohas vihmana alla ning seetõttu võib Eestis sadada alla reostunud vesi, kuigi kohalike veekogude seisund on hea (Ader *et al* 2014, 44). Samal ajal lahustuvad vees teda ümbritsevad ained – nii kasulikud kui ka kahjulikud, mistõttu on oluline kaitsta magevett (Ader *et al* 2014, 2). Vee kaitsmiseks on EU-s võetud vastu veepoliitika raamdirektiiv, mis seab reeglid kõigile liikmesriikidele (Ader *et al* 2014, 7) nagu näiteks vähendada reostuse hulka veekogus ja likvideerida mittevajalikud paisud (Ader *et al* 2014, 21).

Tabel 2. Materjalide vee jalajälg. (Koostaja: autor)



Selleks, et mõista kui suur on inimtegevuse mõju maailma veevarudele võttis aastal 2002 Twente ülikooli professor A.Y. Hoekstra kasutusele vee jalajälje meetodi. Tegu on mõõdikuga, mis summeerib inimtegevusega kaasneva otsese ja kaudse mageveekulu. Selle eesmärgiks on teadvustamine, kui suur veekulu on toimingutel ja toodetel, mida tavaelus tähele ei pane. (Ader *et al* 2014, 44) Selleks võivad ehituses olla nii materjalide tootmine, transport kui ka paigaldamine.

Vett kasutatakse kõigis inimtegevuse valdkondades, sealjuures tööstuses. Eestis on tööstuses kasutatava vee hulk alates 1990-ndate aastate algusest langenud. Selline muutus on tingitud seoses toomise vähenemise ja säästlikuma veekasutuse tulemusena. (Ader *et al* 2014, 37)

Vee jalajälg jaotatakse kolmeks (Ader *et al* 2014, 45):

- sinine – inimtegevuses tarbitud pinna- ja põhjavesi;
- roheline – vihmavesi, mida kasutavad taimed fotosünteesiks või mis lahkub sealt veeauruna;
- hall – puhta vee hulk, mille lisamisel reoveele saadakse seaduses kehtestatud normidele vastav vesi.

Vee jalajälg võib samadel ehitusmaterjalidel maailmas erineda, kuna nende tootmisviis on erinev. Ehitussektoris on tehtud hetkel vähe uuringuid selle kohta, kuidas jalajälg piirkonniti erineb, kuid see teema on tõusmas üha enam päevakorda. (Netz *et al* 2015, 3) Järgnevalt välja toodavad ehitusmaterjalid ja nende vee jalajälg on indikatiivne, sest Eestis pole vastavasisulisi uurimusi veel teostatud. Kajastatavate tulemuste juures on märgitud juurde riik, milles arvutus on sooritatud, küll on autor kasutanud andmeid mis pärinevad Põhja-Euroopast.

Magistritöö autor võtab järgnevalt vaatluse alla nelja enam levinud ehitusmaterjali vee jalajälje. Vaatluses kasutatakse kolme teadustööd, mis käsitlevad järgmisi materjale: puit, betoon, klaas ja plastik. Puit ja betoon on levinud konstruktsiooni materjalid hoonetes. Klaasi tähtsus hoonetes, eriti ühiskondlikes hoonetes aina kasvab ning seoses sisekliima pideva arenguga on plastil, kui torusüsteemide peamisel materjalil, oluline roll hoone vee jalajälje kujundamises.

Analüüsides tehtud töid leiti järgnevad tulemused (Tabel 2):

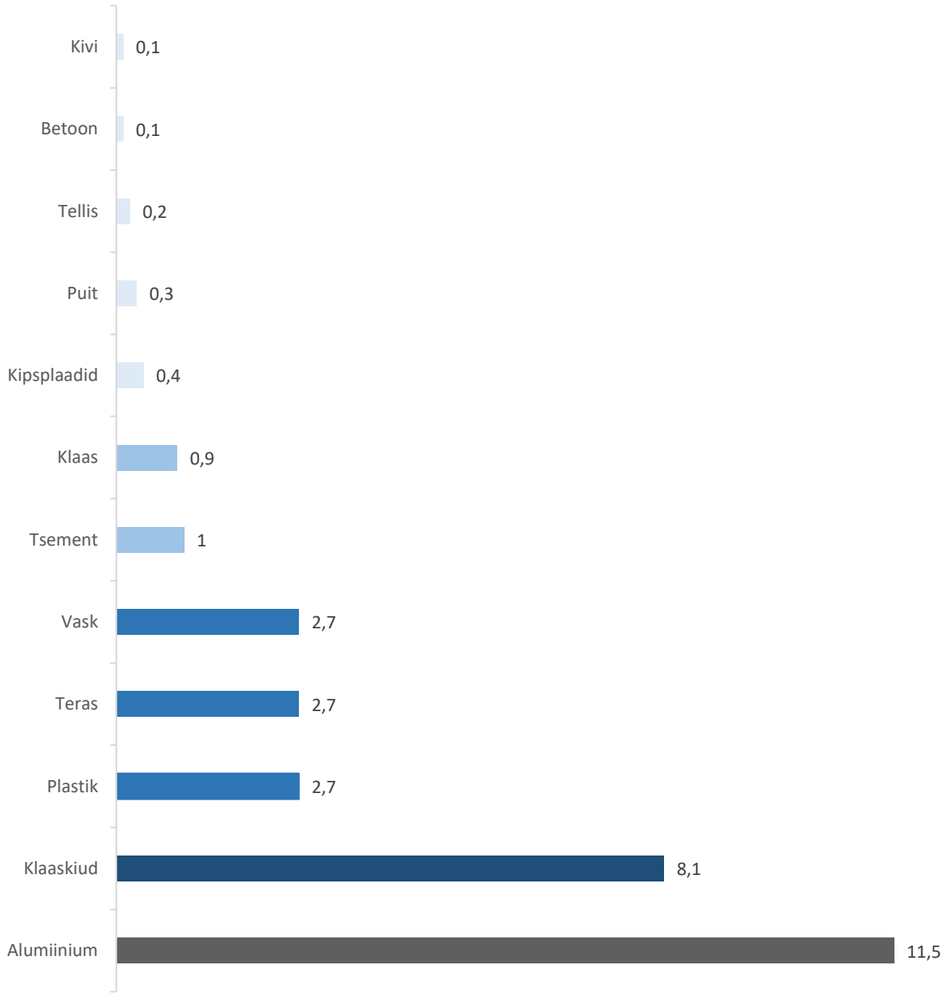
- Puitmaterjali vee jalajälje hindamisel on oluline aspekt sellel, millises kliimavöötmes ta asub ning millisest puidust materjal toodetakse. Parasvöötmeline kliima, kus asuvad Põhjamaad sh Eesti kulutavad keskmisel 500-600 m^3 vett 1m^3 30x30 ümarpuidu tootmiseks. (Schyns *et al* 2017, 495) Soome näitel on arvutatud, et keskmine kulu on ca 1.02 m^3/kg puidu tootmiseks, kus kogu kulu moodustab roheline vesi (Schyns *et al* 2017, 496). Lisaks on arvutatud, et lõpptoote vee jalajälg konstruktsioonis kasutataval saepuidul, mis on tehtud oksapuust on 1.15 m^3/kg ja lehtpuust 0.9 m^3/kg puidu kohta (Schyns et al 2017, 497).
- Betooni vee jalajälje hindamiseks tuleb vaatluse alla võtta betooni täitematerjal, tsement, vesi ja lisandid. Rootsi teadlased uurisid armeerimata betooni ning arvutustes käsitleti betooni valmistamise kõiki etappe, alates materjalide kogumisest kuni hinnanguline kulu transpordile. Suurimat mõju omas betooni pesemiseks kuuluv vesi. (Netz *et al* 2015, 36) Tulemuseks saadi 0.96 m^3 vett kulub ühe kilogrammi betooni tootmiseks Rootsis (Netz *et al* 2015, 40). Uurimuses erinevaid vee kategooriad ei analüüsitud.
- Taani teadlase Gerbens-Leenesi juhitud teadustöös selgus, et klaasi jalajälg Taanis on 1.31 m^3/kg Taanis, sealjuures oli hall vee osakaal 45% ja sinise vee osakaal 55% (Gerbens-Leenes *et al* 2018).
- Rootsis tehtud magistritöö analüüsides kasutati Europlasticu standardiseerituid plasti väärtusi ning läbi arvutuste saadi plasti jalajäljeks 0.24 m^3/kg (Wärmark 2015, 30).

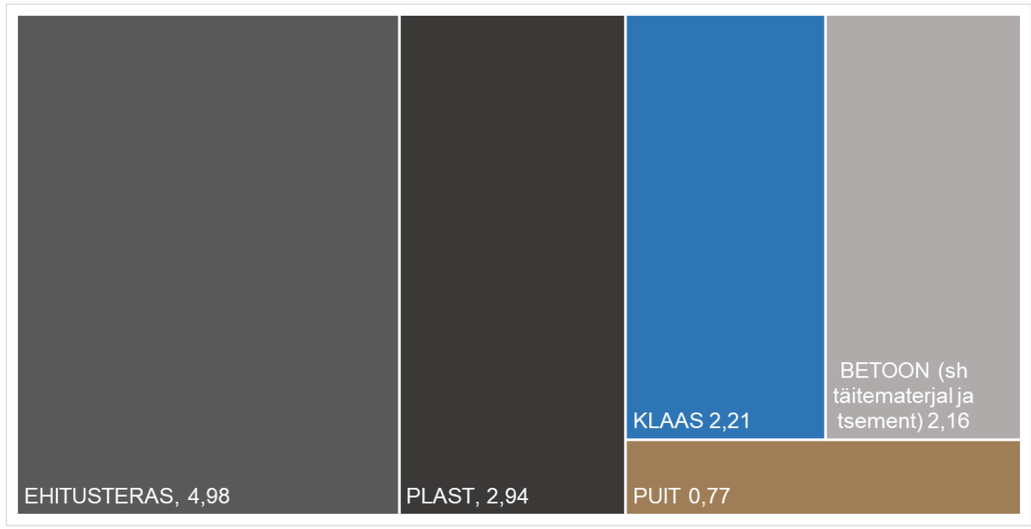
2.2.3 Süsiniku jalajälg

Kuigi süsiniku jalajäljel ei ole tänaseni ametlikult defineeritud seletust, mõistetakse selle all mingi tegevuse või tootega kaasneva summeeritud kasvuhoonegaaside emissiooni. Kasutades ehitistes vähem saastavaid materjale aitab see kaasa takistamaks kliima soojenemist ja kasvuhoonegaaside hulka atmosfääris. Perioodil 1959-2017 pärines 82% emissioonidest fossiilkütuste kasutamisest (Le Quéré *et al* 2018). Maailmapanga uuringu kohaselt on Eesti süsiniku jalajälg Euroopas teisel kohal, selleks on 14 tonni CO_2 in/a (Muntean *et al* 2018).

Süsiniku jalajälg erineb ökoloogilisest jalajäljest selle poolest, et tegu on konkreetse toote ja perioodi jooksul toodetud kõikide kasvuhoonegaaside summa. Süsiniku jalajälg kasvab aasta-aastalt ning moodustab hetkel 54% ökoloogilisest jalajäljest. Mõõde võtab arvesse kasvuhoonegaasi tekkeallikaid nagu fossiilkütuste põletamine, elektri kasutamine, seevastu ökoloogiline jalajälg kirjeldab kõiki tegevusi, milles inimene on osaline. Lisaks erinevad nende mõõtühikud. Süsiniku jalajälg antakse väärtusena kui mitu tonni CO_2 kulub 1 kg materjali tootmiseks, ökoloogiline jalajälg hindab maa ja vee pindalade suurust, mida on vaja ressursside taastumiseks. (Global Footprint … 2019)

Tabel 3. CO_2 kulu 1 kg materjali tootmiseks (Hammond *et al* 2011).





Joonis 3. Vee- ja süsinikujalajälg summeerituna. (Koostaja: autor)

Eelnevast järeldatuna on oluline jätkusuutlike hoonete juures kasutada materjale, mille tootmisel paiskub atmosfääri võimalikult vähe süsinikdioksiidi. Aastal 2011 koostati Ühendkuningriigis ülevaatlik raport ehitusmaterjalide süsiniku jalajäljest, kus on analüüsitud levinumate ehitusmaterjalide jalajälgi (Tabel 3) (Hammond *et al* 2011).

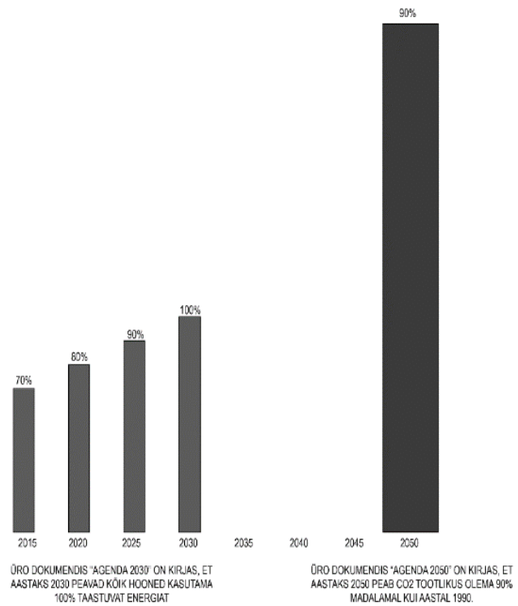
Sumeerides vee- ja süsinikujalajäljed (Joonis 3) on näha, et suurima jalajälg keskkonnale on terasel ja väikseim puidul. Siinkohal on aga oluline meeles pidada materjalide kulu hoones. See tähendab et mitu kg puitu kulub vs mitu kg betooni.

2.3 Energiatõhusad hooned

Energiasäästliku hoone disain on suuresti asukoha põhine. Kohalikku kliimat tuleb arvesse võtta juba disaini protsessi alguses, et hoone oleks jätkusuutlik ja säästlik (Kruntiski 2018). Aastast 2020 peavad kõik uued avalikud hooned vastama liginullenergia miinimumnõuetele. Selleks, et määrata täpne energiavajadus liginullenergiahoonel peab projekteerija arvesse võtma kulutõhusust, arvestama mitu % kogu küttevajadusest saavutatakse taastuva energia abil ning millised on riiklikud piirmäärad seonduvalt hoone otstarbest. Lisaks on oluline teada imporditud ja eksporditud energia saldot selleks, et hinnata hoone energiatõhusust (Kurnitski *et al* 2011, 8).

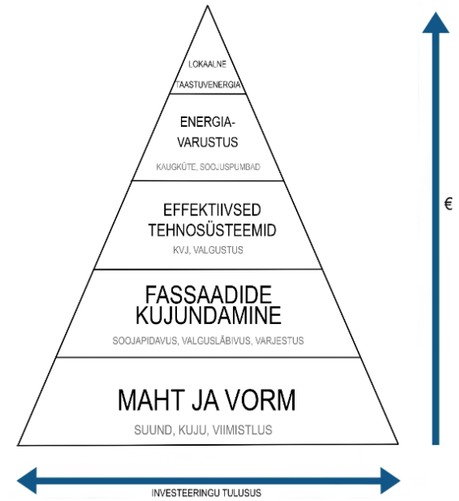
EL on seadnud ambitsioonika eesmärgi – aastaks 2050 peab olema CO_2 emissiooni maht vähenenud 90% võrreldes 1990-ndate aastate tasemega (Portal of European Union 2007). Kliima soojenemine ja piiratud kogus fossiilsed kütuseid on peamised põhjused millega toetatakse taastuvate energiate kasutamist. Euroopa Liit on vastu võtnud määruse, kus on kirjas, et aastaks 2020 peavad 20% ulatuses vähenema CO_2 emissioon ja energiatarve lõpptarbimises (Euroopa Parlament *et al* 2010). Direktiiv määratleb, et liikmesriigid kohustuvad määrama energiatõhususe miinimumnõuded uutele ja oluliselt rekonstrueeritavatele hoonetele. IPCC andmetel on hoonete energiatõhusaks muutmine üleilmselt suurim ja kõige soodsam sektor emissioonide vähendamiseks (Rogelj *et al* 2018, 97). Erinevate uuringute andmetest on teada, et hooned kasutavad ligi 40% riiklikust CO_2 mahust ja 36% Euroopa Liidu CO_2 emissioonidest tuleb ehitussektorist.

Agenda 2020 peamiseks eesmärgiks on vähendada ehitussektorist tulevat CO_2 emissiooni hulka ning määrata, et aastaks 2025 kasutavad kõik uued hooned taastuvat energiaallikat. Agenda 2050 peamiseks eesmärgiks on vähendada kogu maailmas toodetava CO_2 hulka 90%. Kuna hooned moodustavad hinnanguliselt 40% kogu CO_2 toodangust (Joonis 4).



Joonis 4. Agenda 2020 ja Agenda 2050 võrdlus. (Koostaja: autor)

Esimene andmebaas Euroopa liginullenergiahoonetest loodi aastal 2017. Varasemalt puudus hoonete andmebaas ja analüüside võrdlus, mis oleks aidanud teha järeldusi liginullenergiahoonete ehitamisel. Analüüsis keskenduti kokku 411 liginullenergia hoonele Euroopas, mis omakorda jagati kolme kliimatsooni – Põhja-Euroopa (234), Lõuna-Euroopa (17), rannikuline kliima (160). Sealhulgas oli 64% hoonetest eluhooned ja 36% avalikud hooned, käsitletud hoonetest 81% olid uued hooned. Uurimuse autorid leidsid, et külmas kliimas on enam levinum keskküte (Põhja- ja Ida-Euroopas), mis arvatavasti tuleneb sellest, et selline investeerimine on rohkem kasumlikum, kuna see on stabiilsem kui tuule- ja päikeseenergia kasutamine. (Paoletti *et al* 2017)



Joonis 5. Energiatõhususe kavandamine. (Kurnitski 2018)

Tabel 4. Energiatõhususe miininmumnõuete määruste muutus aastatel 2007-2019.

(Koostaja: autor)

aasta	ETA väärtus kWh/m2a	allikas	Soojavee tarbimine kWh/m2a	Ruumitemp küte C	Ruumitemp jahutus C	Vent õhuhulk sissepuhe l/s m2	Kellaaeg	Kasutusaeg h/24h	Kasutusaeg d/7d	Kasutusaste -	Valgustus W/m2	Seadmed W/m2	Inimesed W/m2	Sooja tarbevee erikulu l/m2a
2007	160	Määrus nr 107 "Energiamärgise vorm ja väljastamise kord"	33	21-23	25	3-4	00:00-00:00	24	7	0,8	9	3	10	520
2012	-	Määrus nr 63. "Hoonete energiatõhususe arvutamise metoodika"	30	-	-	-	00:00-00:00	24	7	0,6	9	4	8	520
2012	270	Määrus nr 68 "Energiatõhususe miinimumnõuded"	-	22	25	4	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	270	Määrus nr. 30 "Energiamärgise vorm ja väljastamise kord"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	270	Määrus nr. 36. "Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-	Määrus nr 58 "Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika"	30	-	-	-	00:00-00:00	24	7	0,6	9	4	8	520
2015	270	Määrus nr 55 "Hoone energiatõhususe miinimumnõuded"	-	22	25	4	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	100	Määrus nr. 63 "Hoone energiatõhususe miinimnõuded"		21	25	2	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	100	Määrus nr.58 "Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika"	12	-	-	-	07:00-20:00	13	5	0,6	10	4	8	206

2.4 Liginullenergia hooned Eestis

Eestis on kasutusel paindlik süsteem, mis põhineb summaarsel energiakasutusel ja seab nõuded hoonele tervikuna, sealjuures dikteerimata tehnilisi lahendusi (Joonis 5). Liginullenergiahoonete analüüsid ja sihid on paigas aastast 2011 ning määrustes said kehtivaks aastal 2013. Hoone energiatõhusus ei tohi olla saavutatud sisekliima arvelt. (Tali 2018)

Hoonete energiatõhusust väljendatakse energiatõhusus arvu (edaspidi: ETA) kaudu, mis on arvutuslikult aastase perioodi summeeritud energiatarve hoone standardkasutusel. Liginullenergiahoone ETA saavutamiseks on hoonele vaja paigaldada päikeseenergiast kohapeal taastuvat energiat tootev süsteem, juhul kui see on majanduslikult põhjendatud. (Hoone energiatõhususe RT 2019) Energiatõhusus arv ETA näitab, mitu kWh aastas kulub hoone 1m^2 kütmiseks ning seal on arvesse võetud hoones kasutatavad energia – lokaalselt toodetud ja väljas poolt tarnitud energia.) ETA-d saab väljendada valemiga:

$$ETA = \frac{\sum_i tarnitud_i \cdot energiakandja\ kaalumistegur_i}{köetav\ pind}$$

ETA arvutamisel kasutatakse vastavalt hoone kasutusviisile standardis antud väärtusi, kasutusperioodi ja inimeste hulka hoones. Valemis ei kajastu see, kui hoone on kauem avatud, intensiivsema kasutusega jne., parameetrid mis mõjutavad tegelikku energiatõhususarvu olulisel määral. (Murula *et al* 2017, 98)

2.4.1 Energiatõhususe miinimumnõuete muutumine ajas

Esimest korda kehtestas Majandus- ja kommunikatsiooniminister nõuded hoone sisekliimale aastal 2008 määrusega nr. 107 „Energiamärgise vorm ja väljastamise kord“. Töös kasutatav ehitise tüüp - esmatasandi tervisekeskus ehk tervis-hoiuhoone, oleks sel hetkel saanud liginullenergia ehk A-klassi hooneks juhul, kui ETA oli väiksem kui 160 kWh/(m^{2}a). (Energiamärgise vorm … RT 2008)

Aastal 2013 avaldatud määrustes nr 30 „Energiamärgise vorm ja väljaandmise kord“ ja nr 68 „Energiatõhususe miinimumnõuded“ määravad tervishoiuhoone A-klassi ETA väärtuseks 270 kWh/(m^{2}a) (Energiamärgise vorm... RT 2013). Sõltuvalt hoonetüübist ja kasutatud energiaallikatest muutusid nõuded 20-40% rangemaks (Kurnitski 2018).

Aastal 2015 kinnitatud määrustes nr 36 „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele“ ja nr 55 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“ on A-klassi tervishoiuhoone ETA väärtuseks 270 kWh/(m^{2}a) (Hoone energiatõhususe ...RT 2015) nagu ka eelnevas määruses.

Aastal 2019 avaldatud määrustes nr 58 „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“ ja nr 63 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“ on loodud uus tüüp, ravihoone, mille ETA väärtuseks A-klassi hoone puhul 100 kWh/(m^{2}a) (Hoone energiatõhususe … RT 2019). Ravihoone erineb oma olemuselt tervisehoonest, olles eeskätt mõeldud esmatasandi tervisekeskuste projekteerimiseks. Suures plaanis kehtestati ühe klassi jagu rangemad energiatõhususe nõuded, kuhu on lisatud ka täpsustatud alused päikeseenergiasüsteemide arvutamiseks (Tali 2018).

Vaadeldes 12 aasta jooksul välja antud üheksat määrus (Tabel 4) on näha kuidas aja jooksul on väärtused läinud konkreetsemaks ja seoses üleriigilise esmatasandi tervisekeskuste kaasajastamisega on uusimates määrustes loodud selle tarbeks eraldi hoonetüüp – ravihoone. Enim muutusi tõi endaga kaasa viimane uuendus, kus mitmekordselt kahanes nii ETA väärtus kui ka soojavee tarbimiseks lubatud kulutatav maksimaalenergia. Samuti lisandunud uus punkt, hoone toimimiseks ette nähtud päikesepaneeliga toodetud elektrienergia, mis ravihoone puhul peab olema 85 % (Hoone energiatõhususe ... RT 2019).

2.5 Jätkusuutliku hoone põhimõtted

Jätkusuutlikku hoonet võib määratleda mitmel viisil, sõltuvalt sellest kellele küsimus esitada. Õigusaktid ja määrused keskenduvad tavaliselt energiatõhususele, mõned arhitektid määratlevad oma ehitise roheliseks, luues, selle materjalidest mis kestavad pikka aega, mil need ei vaja hooldust ja pidades silmas, kui palju energiat on materjali tootmisele kulunud. Seetõttu on raske määratleda, milline on jätkusuutlik hoone. (Mellberg 2018, 32) Ehitatavad hooned peavad endas kandma resilientsuse mõistet, mis tähendab et tulevikus saab hoone funktsioone hõlpsasti muuta, ilma suuri kulutusi tegemata (Murula *et al* 2017, 49).

Säästva arengu pioneer Dr. Michael Ben-Eli on loonud 5 peamist põhimõtet jätkusuutliku disaini loomiseks. Tema loodud põhimõtted laienevad lisaks teaduslikule vaatenurgale, mis on paljudele oluline, kes jätkusuutlikkust püüavad arendada, ka eetikale ja väärtustele, mis on olulised õnne ja heaolu jaoks. (Pearce *et al* 2018, 53)

Viis põhimõtet jätkusuutliku disaini loomiseks:

- materiaalne valdkond – peab sisaldama süsteemi ja kindlustama, et ressursside liikumine majanduse piires ja sees on sama harmooniline nagu loodusseadustes;
- majanduslik valdkond – peab võtma kasutusele sobiva raamatupidamissüsteemi majanduse juhtimiseks, mis on täielikult kooskõlas planeedi ökoloogiliste protsessidega ja peegeldab tõelist, terviklikku biosfääri hinda;
- elu valdkond - tuleb tagada, et biosfääris säiliks kõigi eluvormide mitmekesisus ja elupaik;
- sotsiaalne valdkond – tuleb suurendada vabaduse ja potentsiaalse eneseteostuse astet kõigi inimesed jaoks ilma, et see kahjustaks teist inimest või inimgruppi;
- vaimne valdkond – tuleb tunnistada tarkuse, energia ja materjali sujuvat ning dünaamilist järjepidevust, mis seob kosmose välispinnad meie päikesesüsteemi, meie planeedi ja selle biosfääriga, sealhulgas kõigi inimeste sisemiste ainevahetussüsteemidega. (Pearce *et al* 2018, 53)

Arhitekt William Bill Valentine on sõnanud, et arhitektidel on suurepärased võimalused muuta asju paremaks, propageerides entusiastlikult „vähemat“ hooneis, mida disainitakse. Sealjuures ei tähenda see seda, et arhitektid peavad eemalduma elementidest, mis teevad nende hooned esteetiliseks. Kuid neil on võimalus luua lihtsamaid struktuure rohkem läbimõeldud viisil, hoidudes loodusele vastu töötamast. Nii saavad arhitektid tõestada, et vähem on mitmetes elu aspektides parem. (Valentine 2008)

Hooned reageerivad kliimale mitmel viisil. Esimesena saab välja tuua soojusliku reaktsiooni hoone välispiiretele (soojusülekanne ja soojuse säilitamine). Oluline on kasutada sobivat materjali, mis salvestab soojust, et hoida kontrolli all soojuse ülekannet. Siinkohal tuleb meeles pidada, et välispiirete komponendid reageerivad muutuvatele keskkonnatingimustele. Lisaks tuleb arvestada juurde ka ehitusmaterjalide tootmiseks ja tarnimiseks kulunud energiat ning samuti on oluline hoone ventilatsiooni- ja valgustussüsteemide efektiivsusel. Selleks, et saada maksimaalset tulu tuleb arvestada ka lokaalse kliima mõju. (Vilnius Gediminas Technical University 2007)

Jätkusuutliku hoone projekteerimisel tuleb võtta arvesse nii mõõdetavaid tehnilisi parameetreid kui ka otseselt mõõtmatuid parameetreid nagu esteetika ja arhitekti eelistused (Kanagarj *et al* 2011, 2331). Hoonete fundamentaalne kontseptsioon on luua õhukindlad ja optimaalselt isoleeritud hoone välispiirded, kus akende paiknemisel on oluline tähtsus, olles passiivseks kütteallikaks. Samuti on oluline komponent soojustagastusega ventilatsioonisüsteem, mis täidab hoonet värske õhuga, energiatõhusa hoone idee on hoida aknad suletuna, et vältida otseselt mõõtmatuid soojakadusid. (Mellberg 2018, 43)

Arhitektuurse projekti loomisel tuleb silmas pidada, et:

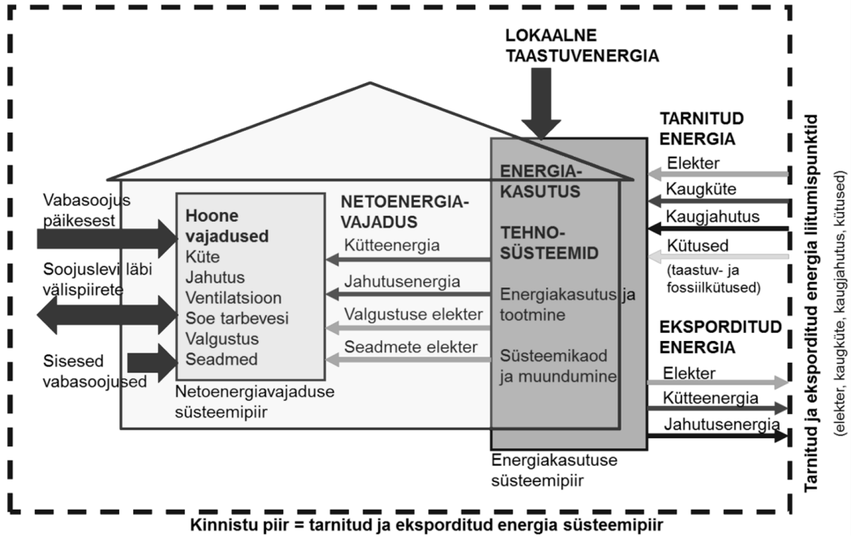
- hoonel oleks tagatud mõistlik kompaktsus;
- aknad ja nende varjestamine on läbi mõeldud;
- tuleb vältida või maksimaalset vähendada suvist ülekuumenemist (Kurnitski 2018).

2.5.1 Asukoht

Regionaalne ja lokaalne kliima on fundamentaalne parameeter jätkusuutliku ja energiatõhusa hoone disainimisel (Gonzalo *et al* 2016, 46). Ühest küljest mõjutab see hoone energiatootmist ja kliima kasutamist, teiselt poolt on oluline aspekt pidada silmas paiknemist infrastruktuuris – kuidas sinna ligi saab. Sealjuures tuleb arvesse võtta ümbritseva keskkonna suurenemist või kahanemist, temperatuuri muutusi ja ümbruskonna pikemaajalisi planeeringuid. (Pearce *et al* 2018, 273-274)

Arhitektuurist räägitakse tihi kui kaitsest vihma, kuumuse, külma ja tuule vastu, ometigi on kliima olnud juba sajandeid arhitektuuri peamiseks mõjutajaks. Arhitektuuri käsitletakse tihti kliima vastasena esitledes kliimat nii füüsiline kui psühholoogilise ohuna. Alternatiivne vaade sellisele mõtteviisile oleks mõista kliima tähtsust ja olulisust arhitektuuris. Kliimamuutuste mõjud on selgelt nähtavad üle planeedi. Arhitektuuri ja sellega seotud valdkondades debateeritakse palju säästva arengu ja energiasäästlikkuse teemadel, mõeldes välja intelligentsemaid lahendusi mille abil tekkinud kliimaprobleeme lahendada. (Krautheim *et al* 2014, 6)

Hoone teadlikul planeerimisel keskkonda on palju positiivseid mõjusid nagu näiteks – kaitse tuule eest, maa seest tulev soojus, looduslik vee äravool ja päikeseenergia otstarbekas ära kasutamine. Päike pakub soojust, valgust ja varju, tuul toob endaga kaasa värske õhu ja ventileerib ruume. Kõrguslikud erinevused on võimalik integreerida hoonesse pakkumaks varju ja isolatsiooni ning alal paiknevad veekogud/tiigid on võimalik ära kasutada äravooluks ja õhu jahutamiseks kuumal perioodil, samuti aitavad taimed ülemäärase vihmavee ära kasutamisele. (Mellberg 2018, 26) Lisaks sellele on võimalik krunti tsoneerida, mis aitab vähendada liigniiskust hoone läheduses, drenaaži loomisega või kasutades multši (Pearce *et al* 2018, 275).



Joonis 6. Hoone energiatarbe komponendid. (Kurnitski 2018)

Targalt valitud hoone asukoht krundil, mis arvestab päikese orientiiriga võib hoone eksplikatsioonis säästa kuni 30-40% energiakuludest. Passiivenergia päikesest aitab teatud perioodidel tagada kütte-, valgustus- ja jahutusnõudeid ilma elektrit kulutamata. Üks enim levinumaid päikese strateegilisi kasutamisvõimalusi on hoone asetamine ida-lääne suunaliselt, sest selliselt pääseb enim päikesevalgust hoonesse lõunast. Suvisel ajal, kui päike on kõrgemal aitavad varjud ja varjestamine aknast sissetulevat otsest päikesevalgust vähendada, mis alandab ülekuumenemist hoones. Seevastu talvel, kui päike on madalamal, pääseb valgus hoonesse ja aitab tagada madalamaid küttekulusid. (Pearce *et al* 2018, 274-275) Hoone projekteerimisel ei saa lähtuda rangelt vaid lõunapoolsest orientatsioonist, oluline on vaadelda ümbritsevat keskkonda, energiatõhususe mõistes on eelisseisus hooned, mille põhifassaadid on ± 45° lõunasuunalise orientatsiooniga (Murula *et al* 2017, 12).

Oluline komponent kliima kaasamisel projekteerimisprotsessis on sademevee kasutamine. Tugeva vihmaperioodi korral võib kanalisatsioon üle ujutada, mistõttu on oluline tagada hea drenaaž. See hoolitseb liigse vee eest, vabastades seda hiljem tagasi maapinnale, selle asemel et juhtida see kanalisatsiooni koos saastunud veega teedelt. (Mellberg 2018, 26)

2.5.2 Energia

Ressursse kasutatakse tihti raiskavalt, sest ühiskonnal puudub teadlikkus ressursside kasutamise tegelikust maksumusest. EL on loonud säästvale majandusele suunatud strateegia Euroopa 2020, mille üheks alustalaks on ressursitõhusa Euroopa tegevuskava, kus on oluline hinnastamisel kajastada kõiki toote või teenuse valmistamiseks tehtud kulutusi. Kasutades ressursitõhusat tegevuskava kõigi hoone elukaare etappides on võimalik säästa alates materjali kulust kuni eksplikatsiooni- ja utiliseerimiskuludeni. (Link 2015, 7)

Päikesekiirgus, mis tuleb läbi akende ei soojenda õhku, vaid muudab soojaks ruumis olevad tahked pinnad, need omakorda vabastavad salvestatud soojust aja jooksul ruumi õhku. See kui kaua aega võtab soojuse ülekanne päikesekiirguse salvestumisest ruumiõhku ülekandmiseni sõltub oluliselt hoonetarindi massist ja pinnaomadusest. Kuid siin kehtib üldine põhimõte, et mida kergem on tarind seda lühema aja jooksul soojus vabaneb. (Abel *et al* 2014, 84) Kavandades ühiskondlike hooneid on oluline blokeerida otsene päikesekiirgus, kuid kasutada ära palju hajusvalgust, seejuures tuleb meeles pidada, et kevadsuvisel ajal oleks insolatsiooni kestvus minimaalne (Abel *et al* 2014, 105).

Peamised faktorid, mis mõjutavad hoone energiatarvet on akna tüüp, seina soojustus, akna osakaal seinast (edaspidi: WWR) ja varjestus (Thalfeldt 2016, 40). Välispiirete optimiseerimist nähakse võtmetegurina liginullenergiahoonete loomisel (Thalfeldt 2016, 17). Energiatõhusa hoone planeerimisel on oluline mõista energia kulumist aasta lõikes (Joonis 6). Uue hoone planeerimisel tulevad hoone vajaduse nõuded miinimumnõuete määrustest, netoenergiavajadused tekivad inseneride ja arhitektide koostöös.

Küll aga puudub selge arusaam sellest kuidas inimesed sirme kasutavad, mistõttu on nende mõju ennustamine keeruline (Thalfeldt 2016, 20). Sisemise varjestuse kohta tehtud uuringust selgus, et mehaaniliselt motoriseeritud varjestuse asend muutub tihedamini kui manuaalselt muudetavad. Sealjuures selgus, et otsuseid tehakse nädalate-kuude, mitte tundide jooksul. (Van Den Wymelenberg 2012) Lisaks uuriti käsitsi juhitava varjestuse energiatõhusust kus jõuti järeldusele, et arvutustes kasutatav ideaalolukord ülehindab energiasäästu manuaalsel varjestamisel 16-30% (Yao 2014). Sellest järeldub, et kui arvesse võtta energia ja sisekliima, siis automatiseeritud rulood osutuvad paremaks lahenduseks kui käsitsi juhitavad (Thalfeldt 2016, 20). Mitteeluhoonetele on kuluoptimaalne näha ette varjestus, mis on reguleeritav, et kasutada päikeseenergiat maksimaalselt ka hoone kasutusvälisel ajal (Murula *et al* 2017, 25).

Põhja-Euroopas on oluline kasutada ära võimalikult palju päikesekiirgust kütteperioodil. Madala või liginullenergiahoone puhul sõltub küttetarve oluliselt hoone kasutamisest ja hoones toodetud energiast. (Thalfeldt *et al* 2013) Lisaks on võimalus integreerida taastuva energia tootmist fassaadile, mida saab teha päikesepaneelide (edaspidi: PV-paneel) kasutamisel välisseinas või integreerides akendesse, samuti on võimalik kasutada päikeseenergia kollektoreid. (Thalfeldt 2016, 16;20)

Selleks, et toota elektrit kohapeal taastuvast allikast on mitmeid variante. Levinuim on PV-paneelide kasutamine, lisaks on võimalus paigalda tuuleturbiinid hoone katusele või kõrvale. PV-paneelide probleem seisneb selles, et esiteks nende hinnanguline tasuvusaeg on harva vähem kui 20 aastat ning teiseks see, et Põhjamaades ei vasta elektrivajadus päikese kogusele. Pikad päevad suvel ja suur küttevajadus talvel ei ole ideaalne olukord. (Mellberg 2018, 78) Norras tehtud uuring näitas, et iga-aastane mittevastavustegur oli 62%, mis tähendas et 62% elektrienergia nõudlusest rahuldati PV-toodanguga ja 38% tuli importida võrku, sealjuures kasutati vaid 34% toodetud päikeseenergiast isetarbimiseks ning ülejäänu eksporditi välja (Helge *et al*, 2014).

Valides õige koguse paneele on võimalik süsteemi abil täita hoone suviseid vajadusi soojale veele ja kütmisele. Kollektorite kõige efektiivsem nurk aastase perioodi peale on 38° kuid arvestades, et suvel on PV-paneelid kõige tõhusamad on mõistlik need paigalda 30° peale. (Mellberg 2018, 72)

Energiatõhusa hoone kavandamisel on oluline roll aknaklaasidel, mille kirjeldamiseks on kasutusel kolm peamist omadust – soojapidavus (U-arv), päikeseläbivustegur (g) ja aknaklaasi valgusläbivustegur ($\tilde{\tau}_{vis}$). Päikeseläbivus tegur g näitab seda, kui suur osa valgusest peegeldub pinnalt tagasi ning kui suur osa pääseb ruumi. Näiteks kui g=0.3 siis 30% päikesevalgusest tuleb läbi klaasi ruumi ning ülejäänud 70% peegeldub tagasi. Aknaklaasi valgusläbivustegur $\tilde{\tau}_{vis}$ näitab aknaklaasi valguse läbi laskvust ja seda kasutatakse otsese valguse mõõtmiseks. Kui tegur $\tilde{\tau}_{vis}$= 0.7, siis 70% valgusest, mis langeb klaasile siseneb ruumi ning 30% peegeldub tagasi. Madalate kommunaalkulude saavutamiseks on optimaalne kasutada väikese g väärtuse ja suure valgusläbivusega klaaspakette. (Murula *et al* 2017, 62)

Piirkondades, kus domineerib kütteperiood üle jahutusperioodi on optimaalsem kasutada kõrge valgust läbilaskva teguriga võimalikult väikeseid aknaid (Thalfeldt 2016, 41). Seda seetõttu, et võrreldes kõrge päikeseläbivusteguriga klaasi päikesevalguskaitse klaasiga näitas viimane kõigis ilmakaarte fassaadides halvemat energiakasutuse väärtust. Selle põhjuseks on see, et väiksematel akendel saavutasid 2% päikesevalgusteguri kõrgema valgusläbivusteguri klaasiga hõlpsamalt. (Thalfeldt 2016, 47)

Päevavalgus koosneb kahest aspektist – otsene päikesekiirgus ja hajus taevavalgus. Päevavalgustegur iseloomustab hajuvalguse nõuet ruumides ning otsest päikesevalgust kasutatakse insolatsiooni ja selle kestvuse arvutustes. (Murula *et al* 2017, 60)

Päevavalgustegurit (tähis: D) saab väljendada valemiga, kus piisav loomulik valgus on juhul, kui tervishoiuteenuse osutamise ruumides on väärtus D≥ 2.0. (Murula *et al* 2017, 61)

$$Päevavalgustegur\ D = \frac{Ruumisisene\ valgustihedus}{Väline\ valgustihedus} \cdot 100$$

Valgustiheduseks nimetatakse arvulist väärtust, mis iseloomustab pinnale langeva valgusvoogu hulka ühe pinnaühiku kohta, mille ühikuks on luks, lx. Kontoriruumides on vajalik valgustihedus 200-700 lx ning suvisel ajal pilvise ilmaga on horisontaalne valgustihedus õues 15000-20000 lx. (Voll 2015, 7)

Saksamaal tegutsev DGNB *(Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen)* akadeemia uurimisvaldkonnaks on jätkusuutlikud hooned, kus on hea elada. Nad on läbi analüüside leidnud päevavalgusteguri D väärtused, mis on inimestele ja hoonetele kõige soodsamad. Nendeks päevavalgusteguri D väärtusteks tööruumides on:

- ≤ 2.0 olematu päevavalguse kogus;
- 2.0% - 2.5% piisav päevavalguse kogus;
- 2.5% - 3 % hea päevavalguse kogus;
- ≥3.0 % väga hea päevavalguse kogus. (Andersen *et al* 2014, 82)

Päevavalgustegurit arvestades tuleb silmas pidada ruumi suurust. See tähendab, et kui ruum on väike ja päevalgustegur kõrge, võib ruumis olla palju valgust, aga samas võib tekkida valgusräigus ja oht ülekuumenemisele päikesepaistelise ilmaga.

Kolmekordsed aknad on Eesti mõistes kõige kuluoptimaalsemad, sealjuures peaks WWR idas, läänes ja lõunas olema 25-40% ning põhjas 60% vähendamaks kulusid energiale ja kindlustamaks mugavat sisekliimat (Thalfeldt 2016, 80). Büroohoones ja kabinetides tuleb tagada 2% päevavalgustegur (Thalfeldt *et al* 2013, 311).

Boyano uuris hoone välispiirete soojustakistuse ja valgustussüsteemide mõju büroohoone energiatõhususele ja jõudis järeldusele, et valgustus omab olulist rolli energiatarbimises (Boyano *et al* 2013, 23). Üks võimalus energiakulude vähendamiseks hoones on taimerite ja sensorite kasutamine, seda nii valgustuses, ventilatsioonis kui ka näiteks vee soojendamisel. Sellisel juhul on need süsteemid toimivad vaid siis, kui hoone on kasutuses. (Pearce *et al* 2018, 277) Integreeritud elektrivalgustuse, akna läbilaskevõime ja HVAC-juhtimise teel on võimalik kokku hoida kuni 43% energia tarbimisest (Hong *et al* 2009, 246).

Ruumide ülekuumenemine on kerkinud probleemiks energiatõhusatel hoonetel, mis on õhutihedad ja väikese soojusläbivusega. Eriti kriitiline on olukord suvel ja suurte klaasist avatäidete korral, selle probleemi vältimiseks tuleb ülekuumenemisega tegeleda juba hoone projekteerimise staadiumis. (Kredex 2018, 5)

Oluline aspekt, mida tihti ei käsitleta on vesi. Vesi on eluliselt oluline ja seda on vaja ka hügieeniks ja puhastamiseks. Põhjamaades on lihtne hoida magevett puhtana ning levinud on joogivee kasutamine nii köögikraanides, duširuumides kui ka tualettides. Kui vesi on kasutatud suunatakse see tihti ühisesse reovee kanalisatsiooni, kus saavad kokku pesumasinat tulev pesuvesi ja tänavalt tulev saastunud sadevesi. Oluline on hakata kasutama nn halli vett, mis tähendab, et tualetiga ühendada valamust, dušist või pesumasinast tulev vesi. Hall vesi kogutakse mahutisse ning seda saab kasutada loputamiseks, nii tekib võimalus kasutada vett rohkem kui korra. Vett, mida ei saa taaskasutada nimetatakse mustaks veeks, kuna see võib sisaldada kahjulikke aineid ning see pärineb tualetist ja köögist. (Mellberg 2018, 76)

2.5.3 Hoone

Energiat säästva hoone puhul kehtib seaduspära, et mida suurem on välispiirete pindala kasuliku põranda pinna suhtes, seda suuremad nõuded on välispiiretele. Selleks, et seda suhet lihtsustada kasutatakse mõistet vormifaktor – mida väiksem on hoone välispiirete pind hoone põrandapinda, seda väiksemad on hoone soojakaod. (Gonzalo *et al* 2016, 32) Vähem kompaktsed vormid suurendavad päevavalguse potentsiaali, aga seetõttu on hoone kliimast tingitud muutustele rohkem avatud (Hemsath *et al* 2015, 526).

Kavandatava hoone maht ja kuju määravad suuresti põhiparameetrid energiatõhusa ehitise loomiseks, mis on väljendatud vormifaktorina VF. Valemis kasutatav väärtus A– hoone välispiirete pindala summa m^2, V – hoone kubatuur m^3, A_{neto}-hoone netopind m^2, $A_{kaalutud}$ – hoone välispiirete pindala.

Vormifaktorit saab väljendada kolme valemiga:

1. välispiirete pindala suhe hoone mahtu $VF\ m^{-1} = \frac{A}{V}$;
2. välispiirete pindala suhe hoone kasulikku pinda VF $= \frac{A}{A_{neto}}$;
3. välispiirete kaalutud pindala, mis kasutab vaikimisi põrandal pinnasel koefitsienti 0.5, väljendades niiviisi soojakadusid alades mis on kontaktis pinnasega $VF = \frac{A_{kaalutud}}{A_{neto}}$. (Gonzalo *et al* 2016, 34)

Esimene valem on üsna ebatäpne, kuna sinna sisse on arvestatud ka suured ruumid, mis on ruumala sees, aga mida ei kasutata (nt. trepikoja õhuruum ja šahtid). Viimane valem on analüüsides osutunud kõige täpsemaks, omades lineaarset seost aastase küttekulu ja vormifaktori vahel, st mida madalam on vormifaktor seda väiksemad on kulud küttele ja jahutamisele. (Gonzalo *et al* 2016, 35) Sealjuures on leitud, et parima VF väärtusega hooned on nn aatriumhooned, kus hoone keskossa valguse toomiseks kasutatakse kas päikesetunneleid või katuseaknaid (Murula *et al* 2017, 44).

Geomeetrilisi kaalutusi on vaja hoonepõhiselt analüüsida, sest näiteks tihtipeale on katusel suurem soojapidavusväärtus (R) kui seintel, mistõttu võib suurem katusepind paranda hoone koguväärtust (Hemsath *et al* 2015, 536). Nagu eelnevalt kirjeldatud on fassaadidel suur mõju hoone energiatarbele, kus eriti olulist rolli omavad klaasitud pindade suurused ja aknaklaasi väärtused (Thalfeldt 2016, 21). Ruumides mis asuvad hoone sees ning kui sinna ei ole võimalik tuua välisseinas asuva aknaga päevavalgust on võimalik lahendus katuseaknad või valgussahtid (Murula *et al* 2017, 25).

Hoone vorm mõjutab ka seda, milline tuuletakistus või tuulekoridor kahasse ümbritsevaga luuakse. Võimalusi neid probleeme vähendada on kasutada kumeraid nurki ja paigutada hoone selliselt, et ta oleks suhestatud enim mõjutava tuulesuunaga. Lisaks on võimalik luua nn tuult lõikavaid arhitektoone/skulptuure või luua hoonesse eenduvaid osasid. Selleks, et takistada tugevate tuulte mõju hoone sisekliimale on mõistlik domineerivatele suundadele asetada tehnilised ruumid. (Kanagarj *et al* 2011, 2343) Tuulega tekkivaid probleeme on võimalik lahendada ka varikatuste või haljastuse näol, mis omakorda tõstavad hoonet ümbritseva avaliku ruumi väärtust (Murula *et al* 2017, 30).

Soojus liigub alati kõrgemalt temperatuurilt madalamale ja seetõttu on sõlmed olulised piirkondades, kus saavad kokku külm ja kuum õhk, et vältida külmasildade teket. Paks isolatsioon võib kuumas õhus ventileerimise puuduse tõttu põhjustada niiskust ning teisalt kui kuum ja niiske õhk satub ventilatsiooni talvel, kus see külmub ja sulades kevadel tekitab laes niiskuskahjustusi. (Mellberg 2018, 65)

Lisaks hoone välispiiretele on energia ja materjalide säästu saavutamiseks vajalik ka läbi mõelda ruumide paiknemine ning tsoneerimine. Tehnilised ruumid ida ja lääne küljel aitavad kaitsta hommikuse ja õhtuse päikese eest, mida on keerukam varjestada (Kanagarj *et al* 2011, 2341), kuid tuleb meeles pidada, et heitõhku ei tohi juhtida alasse, kus on ligiduses õhuvõtu ala või töötsoon (Murula *et al* 2017, 91). Ventilatsiooniseadmetel on hoone tervik ruumiprogrammist suur osakaal, mistõttu on oluline algstaadiumis nende süsteemide lahendused läbi töötada (Murula *et al* 2017, 6). Parim lahendus tehnoseadmetele on see, et teenindatavase ruumidesse liikuvad torustikud on võimalikult lühikesed ja väikeste kadudega, sest sellisel viisil on efektiivsus suurim (Murula *et al* 2017, 87).

Tabel 5. Ehitusmaterjalide taaskasutamine. (Koostaja: autor)

Taas-kasutatav	**Ümbertöödeldav**	**Biolagunev**
tellis	asfalt	savimaterjalid
aknad, uksed	tellis	kipsplaat
savimaterjalid	batoon	villast vaipkatted
puit, saematerjal: talad, postid, vineer	puit, saematerjal: talad, postid, vineer	puit, saematerjal: talad, postid, vineer
metall: teras, Al, Fe, Cu	metall: teras, Al, Fe, Cu	pilliroog
kipsplaat	pinnas	õled
torustik		linoleum
valgustid		

Üldisemas mõistes saab ruumid jagada kolme tsoon:

1. ruumid, mis vajavad värske õhu sissepuhet;
2. ruumid, mis vajavad kasutatud õhu väljatõmmet;
3. nn siirderuumid, mis asuvad sissepuhke ja väljatõmbe ruumide vahel (Gonzalo *et al* 2016, 42).

2.5.4 Materjalid

Põhimõtteliselt iga materjal mida kasutatakse eesmärgiga ehitada, on ehitusmaterjal ning seetõttu on oluline materjali valikul hinnata tema jätkusuutlikkuse põhimõtteid. Materjalid mida kasutatakse hoonete ehitamiseks, nende elukaare jooksul hooldamiseks ja säilitamiseks on üks suurimaid mõjutajaid looduskeskkonnale. (Kubba 2012, 227)

Rohelistel materjalidel on palju tõlgendusi, kõige lihtsamalt võib neid nimetada keskkonnasõbralikeks materjalideks, mis on toodetud taastuvast või taaskasutatavast allikast, neil on minimaalne või olematu negatiivne mõju keskkonnale. Oluline on mõista, et ideaalset rohelist materjali ei eksisteeri, aga turul on saadaval materjalid mis vähendavad või elimineerivad negatiivseid mõjusid keskkonnale. Lisaks hinnatakse roheliste materjalide puhul nende vastupidavust, näiteks hea vooderdus materjal hoones aitab hoida kokku hoone energiakuludelt ning samas on tema tootmisele kulunud vähe energiat. (Kubba 2012, 228)

Omadused, mida jätkusuutliku hoone ehitusmaterjalid endas kannavad:

- lihtsalt taaskasutatavad või korduvkasutatav, kui seda enam ei vajata;
- jätkusuutlikult korjatud kiirelt taastuvast allikast (vill, puit, pilliroog, õled jne), sest kiiresti taastuva energiaallika kasutamine aitab vähendada tooraine ammendumist;
- puidust või puidupõhised materjalid, mis vastavad FSC põhimõtetele ja kriteeriumitele;
- taaskasutamise, ringlussevõtu või ümbertöötlemise potentsiaal;
- valmistatud jäätmematerjalist (nt õled, lendtuhk);
- pakend on minimaalne või kasutatakse taaskasutatavat pakendit;
- kohalik toodang, mis aitab vähendada transpordile ja pakendamisele kuluvat energiat;
- tootmine on energiasäästlik (Kubba 2012, 229-230).

Ehitusmaterjalide valik on fundamentaalne põhimõte selleks, et tagada jätkusuutlik ehitus. Seda seetõttu, et materjalide tootmisel on negatiivne mõju keskkonnale õhu ja vee saastamise näol, samuti hävitades looduslikke elupaiku ja kahandades loodusvarasid. (Kubba 2012, 227)

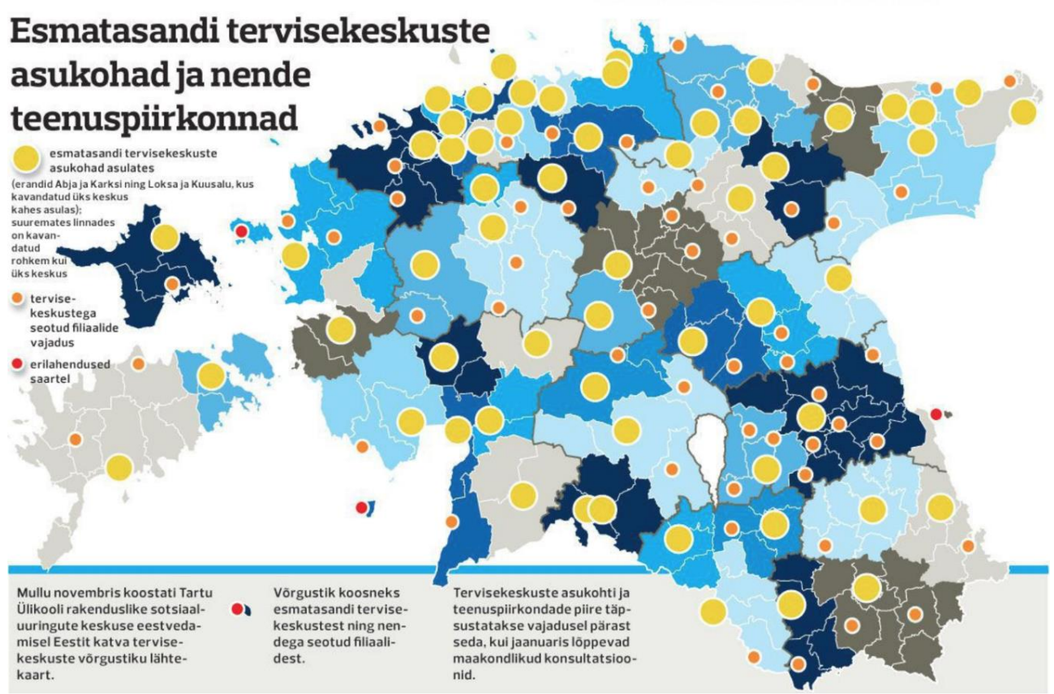
Hooned kulutavad hinnanguliselt 25% kogu alumiiniumi toodangust, 70% telliskivide ja savi, 75% betooni, 65% täitematerjalide, 35% vase, 65% klaasi, 35% kivi, 21% terase ja 38% puidu ja 16 % vee aastasest toodangust (Pearce *et al* 2018, 11).

Arhitekti vaatenurgast on oluline, et materjalide valikul ei kaoks hoonetest esteetilisus ega lõpptulemus (Kubba 2012, 227). Säästlik mõtteviis materjalide kasutamisel algab materjalide tarbetu kasutamise vähendamisega. See hõlmab materjalide taas kasutamisele võttu ning hoonete taaskasutamist selle asemel, et lammutada ja/või ehitada uusi. Saaste vältimine nõuab hoolikat toodete ja protsesside kavandamist, et vähendada algpunktis materjalide kasutamist või hiljem tekkinud jäätmete raiskamist. Ühe näitena tuuakse välja võimalus betoonpindu ja karkassi eksponeerida, mitte katta. (Pearce *et al* 2018, 293)

Mitmete materjalide puhul on taaskasutamine soodsam kui ära viskamine, näiteks: asfalt, papp, puuvillast tehtud soojustus, metallid, aknaklaas jt (Tabel 5). Selliste materjalide valiku puhul on oluline silmas pidada, et nad sisaldaksid kõrget taaskasutamise %, st et nad oleksid varasemalt hoone eksplikatsioonis kasutatud ja/või neid ümber töödeldes oleks raisatud vähe energiat. (Kubba 2012, 288)

Olulised kaalutused mida pidada meeles ehitusmaterjalide valikul:

- vältida materjale ja tooteid, mis tekitavad saastet (sh. kasvuhoonegaase) tootmises või eksplikatsioonis (nt. lenduvad orgaanilised ühendid, HCFC);
- vältida mürgistest ja ohtlikest koosiosadest valmistatud materjale (nt. benseen, arseen);
- eelistada materjale mille tootmiseks ja transpordiks on kulunud vähe ressursse ja sealjuures toetades kohalikku majandust, eelistades piirkondlikult toodetud materjale;
- toetada FSC põhimõtetele vastava puidu ja puidupõhiste materjalide kasutamist (Kubba 2012, 231).



Joonis 7. Esmatasandi tervisekeskuste ja nende filiaalide esialgsed asukohad (Sepp *et al* 2015).

3 ESMATASANDI TERVISEKESKUSED

Tervishoiu korraldamise eesmärk on parema tervise saavutamine minimaalsete kuludega, mille üheks võimaluseks on terviseküsimuste lahendamine esmatasandil. Selleks on Eestis jõutud arusaamisele, et arendamist vajab perearsti ja pereõdede süsteem ning nende kättesaadavus üleriigiliselt, eriti just maapiirkondades (Joonis 7). Seoses muutustega rahvastiku struktuuris ja keskmise eluea tõusuga on perearstiabil üha suurem koormus rahva tervise parandamisel. Lisaks on tugeva tõuke esmatasandi tervishoiu arendamisele andnud EL struktuurifondi raha ETTK hoonete ehitamiseks. (Lukka 2015, 8)

Esimest korda kirjeldati esmatasandi süsteemi aastal 1978 avaldatud Alma-Ata deklaratsioonis. Dokumendis sõnastati, et esmatasand on süsteem, mille eesmärgiks on fokusseerida teenuse kättesaadavust ja solidaarsust selleks, et edendada rahva tervist ja ennetada haigusi. Alma-Ata-s toodi välja, et esmatasandi tervishoid on fundamentaalne vajadus selleks, et tagada terve ühiskond. (Declaration … 1978) Maailma tervishoiu organisatsioon (edaspidi: WHO) kirjeldab esmatasandi arstiabi midagi, mis on kodanikele kiirelt kättesaadav ja asub kodu lähedal (The World … 2008). Kui eelnevad definitsioonid on üsna laiali valguvad, siis EL-is on kasutusel mõiste, et esmatasandil toimub tervishoiusüsteemi ja patsiendi esmane kokkupuude, kus teenuse pakkujaks on perearst või pereõde (Saltman *et al* 2007, 6).

3.1 Esmatasandi tervishoiu kujunemine Eestis

Nõukogude Liidu ajal oli Eesti tervisesüsteemis kasutusel Semško süsteem, mis oli erialakeskne. Sellel oli lai asutuste võrgustik ja ebaühtlane erialaarstide tase, sealjuures ei eksisteerinud perearsti eriala. (Lai *et al* 2013, 91) Kuna enne taasiseseisvumist toiminud süsteem vajas riiklikult suurt raha et olla jätkusuutlik, andis see aastal 1991 tõuke korraldada esmatasandi tervishoiu reform Eestis (Atun *et al* 2006, 82).

Tervishoiu reformi esimeseks sammuks sai Tartu Ülikooli juurde peremeditsiini õppetooli loomine, mille käigus loodi eriala-arstidel (pediaatrid, günekoloogid, sisehaiguste arstid) võimalus õppida ümber perearstiks. Ümberõppimis võimalusest johtuvalt ongi 80% täna Eestis töötavatest perearstidest ümber õppinud eriarstid. Aastast 1993 on peremeditsiin eriala tunnustatud. (The State ... 2015)

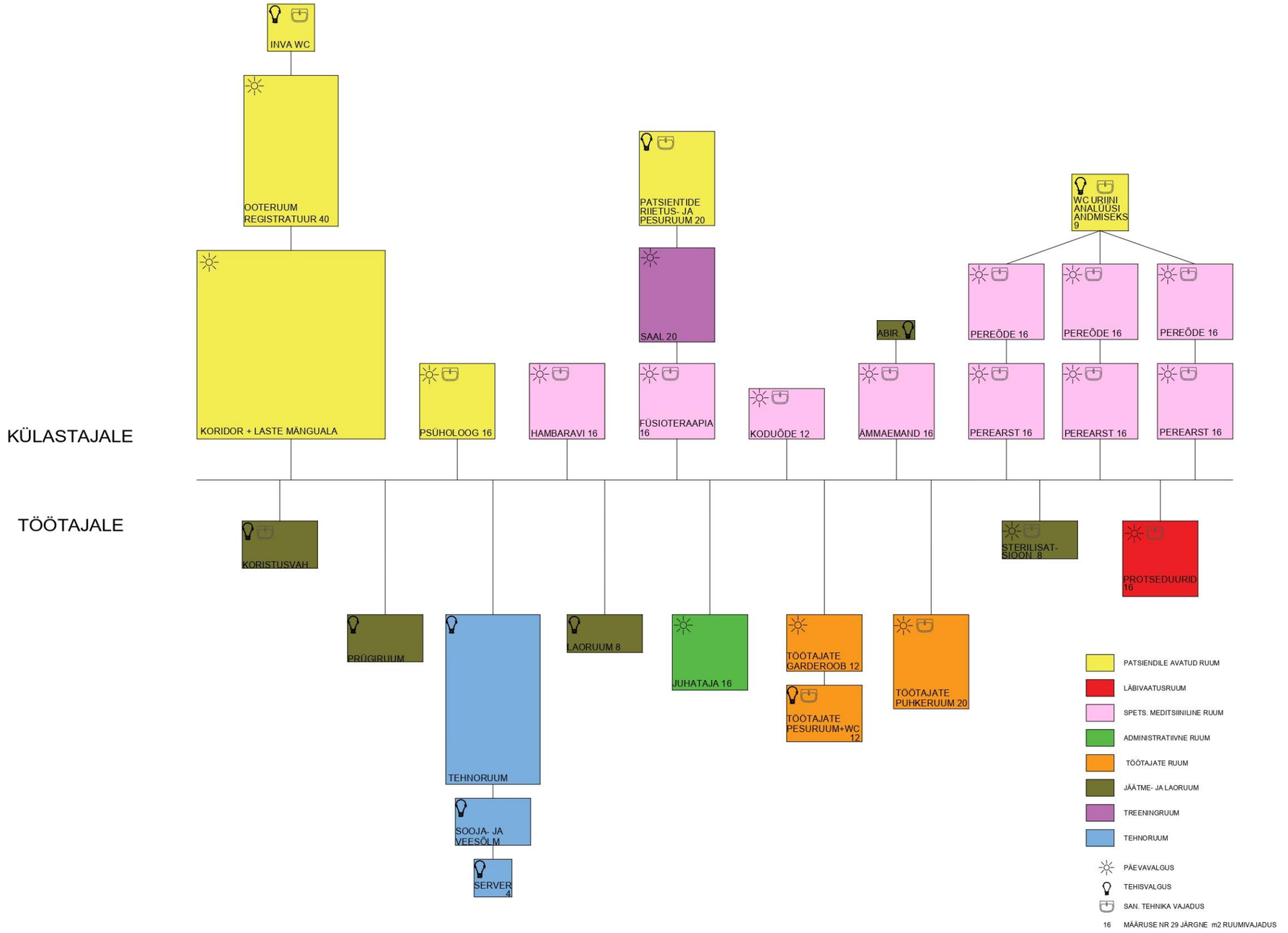
Aastal 2001 kui jõustus Tervishoiuteenuste korraldamise seadus (edaspidi: TTKS), kehtestati reguleeriv raamistik peremeditsiini ja üldarsti valdkonnas. Seadusega defineeriti, et perearstiabi on esmaseks kontaktiks tervishoiusüsteemiga, mida pakuvad perearstid oma nimistus olevatele kodanikele. Lisaks nimistule on terviseameti poolt määratud ära teeninduspiirkond. Kohalik omavalitsus sai loa tegutseda perearstiabi osutava ettevõtte aktsionäri või osanikuna aastal 2008. Sealjuures tuleb silmas pidada, et perearsti tegevusalaks võib olla ainult perearstiabi, tervishoiualane õppe- ja teadustöö ning õendus abi, mida osutatakse iseseivalt (Tervishoiuteenuste ... RT 2001). Tänaseks on loetelu täiendatud õigusega anda ka füsioteraapiateenust.

Eestis on esmatasandi tervishoiu peamisteks teenusteks koduõendusteenus, perearstiteenus, füsioteraapia teenus ja iseseisev ämmaemandusabi teenus. Esmatasandi tervisekeskuste mudelit ellu viies tõstetakse perearstiteenuse kvaliteeti ja jätkusuutlikkust, kuid selle hinnaks on territoriaalne kaugenemine elanikest. RAKE poolt aastal 2016 koostatud uuringus tõdeti, et riik peab parendama hõreasustusega piirkondades tervishoiuteenuste kättesaadavust, nt e-perearstikeskuse platvormiga. (Sepp *et al* 2016, 6; 32)

3.2 Esmatasandi tervishoiu ja tervisekeskuste eesmärgid

„Rahvusvahelised uuringud on näidanud, et mida tugevam on perearstiabisüsteem riigis, seda paremad on tervisenäitajad“ (Lukka 2015, 22). Iga aastaga kasvab krooniliste haiguste põdejate hulk ning nende tervises on oluline roll just esmatasandi tervishoiul ja perearstidel. Arenenud riikides omistatakse perearstidele nn väravavahi roll, et oleks võimalus vastavalt olukorrale kiirelt tegutseda. On leitud, et mida kiiremini pääsevad inimesed perearsti juurde, seda väiksemad järjekorrad on eriarstidele ja kulud tervishoiule. (The World ... 2008)

Maailmapanga koostatud uuringust selgus, et kuigi üldine tase Eesti esmatasandi tervishoius on hea, siis kitsaskohana toodi välja perearstide suur töökoormus ja ebaühtlane ravikvaliteet. Nende probleemide lahendamiseks esitati ettepanek luua tervisekeskused, kuhu oleks koondatud vähemalt 3 perearsti koos nimistuga. Sellisel viisil paraneks kvaliteet ja väheneks töökoormus, kuna raviarst ei pea suure osa oma ajast olema ettevõtja rollis. (The State ... 2015, 35) Samuti loob see võimaluse esmatasandi meeskonna suurendamiseks teiste spetsialistidega, et tagada piisav teenuste valik.



Joonis 8. Töö autori poolt koostatud ETTK minimaalne ruumiprogramm. (Koostaja: autor)

Esmatasandi tervishoiu peamiseks eesmärgiks on ühiskonna vajadustele ja ootustele vastava teenuse osutamine (Eesti tervishoiu … 2014, 2; 9). Hetkel on Eesti tervishoiu üks prioriteete laiendada esmatasandil pakutavate teenuste valikut ja pakkuda lisaks perearstiabile ka toetavaid teenuseid, nagu näiteks füsioteraapia, ämmaemandusabi ja psühholoog (Joonis 8). Samuti on hetkel kitsaskohaks ka tervishoiukorraldaja puudumine, kes koordineeriks tervisekeskuste tööd (Lukka 2015, 21).

Oluline on soodustada omavahelises tihedas koostöös EL eelarveperioodil 2014-2020 suunatud investeeringute abil nõuetele vastavate tervisekeskuste rekonstrueerimist ja ehitamist, arvestades sealjuures ühistranspordiga ligipääsu (Eesti tervishoiu … 2014, 9).

3.3 Esmatasandi tervisekeskuste ruumiprogramm

„Esmatasandi tervisekeskus on ühtset või seostatud infrastruktuuri kasutav ja kindlat teeninduspiirkonda omav esmatasandi tervishoiu teenuseid osutav meeskond. Tegemist võib olla ühel taristul tegutsevate erinevate juriidiliste isikutega.“(Eesti tervishoiu … 2014, 8) Selleks, et tagada kogu riigis kvaliteetne esmatasandi tervisehoiu kättesaadavus on sotsiaalminister andnud välja määruse, millega esitatakse nõuded perearsti tegevuskoha ruumidele, aparatuurile ja sisseseadele. (Nõuded perearsti ... 2001).

Terviushoiuruumid peavad olema mitmeotstarbelised, paindlikud ja paiknema kliendikeskselt. Töötajatele ette nähtud ruumid võiksid paikneda privaatselt, et tagada eraldi tsoon. (RT 103020 2018, 5-6) Apteegiteenus, sotsiaaltöötaja ja terviseteenused (osutajaks ei ole pereõde ega -arst) on lahutamatu osa esmatasandi tervishoiuteenuses, aga ei ole TTKS seadustest lähtuvalt tervishoiuteenused (Eesti tervishoiu … 2014, 6). Sellest järeldub, et tervisekeskuses on ühendatud nii tervishoiu- kui ka sotsiaalsüsteem (Sepp *et al* 2015, 10). Ehituslikest nõuetest on määruses toodud välja, et vastuvõtu- ja protseduuriruumide kõrgus ei tohi olla vähem kui 2.5 m ning neisse peab saama siseneda ratastoolis ja vajadusel ka kanderaamil. Ruumid ei tohi paikneda keldrikorrusel. (Nõuded perearsti ... 2001)

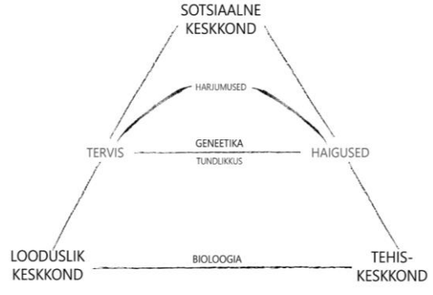
Saadud väärtused kokku summeerides tuleb minimaalseks pindalaks 311 m^2. Kuid sellele tuleb juurde lisada tingimus, et perearste ja nendega koos toimetavaid pereõdesi on filiaalis vähemalt 3, mis teeb esialgseks minimaalseks ruumi pindalaks 375 m^2, sellele arvule saab juurde liita hinnanguliselt 200 m^2 koridoripinnale, prügi- ja tehnoruumile jne, millest järeldub minimaalne pindala 600 m^2.

3.4 Tervishoiuhoone kui jätkusuutlik hoone

Hoonete projekteerimine, ehitamine ja kasutamine ei mõjuta vaid ümbritsevat keskkonda vaid ka hoonet kasutavate inimeste tervist. Viimased aastakümned on õhk muutunud üha CO_2 rohkemaks, sageli on siseruumides olev õhk enam saastunud kui välisõhk, mida on seostatud haigustega astmast vähini. Lisaks kulude kokkuhoiule on tervishoiuasutustel palju enam põhjuseid miks energiasäästlike lahendusi kasutada – väiksem energiakulu tähendab ka väiksemat saaste hulka. Peale süsinikdioksiidi vabaneb fossiilkütuste põletamisel, hulk mürgiseid saasteaineid, mis kahjustavad inimese siseorganeid. Jätkusuutlik ja energiatõhus tervishoiuhoone peab saama tavapäraseks praktikaks, kus hoone mõjub kutsuvalt ja toetavalt. (Guenther *et al* 2013, 343)

Kasvuhoonegaaside vähendamisel aeglustub kliimasoojenemine ja tänu puhtamale õhule vähenevad kroonilised haigused, mis on tingitud ebapuhtast siseõhust. On täheldatud, et inimestel kes töötavad igapäevaselt jätkusuutlikult ehitatud ja majandavas hoones vähenevad haigestumiste ja töölt puudutud päevade arv (Guenther *et al* 2013, 28; 177). Tervishoiuhoone peab järgima kestva arengu põhimõtteid ning aktiveerima keskkonnatunnetust (RT 103020 2018, 4)

Tervishoius on jätkusuutlik hoone julge samm ettevaatusabinõude ja ennetamise suunas, hoone ise esindab tervist. Pediaater John Koster on öelnud, et selline hoone kannab endas loosungit: „Me investeerime sellesse, et inimesed oleksid terved“. Sobiva keskkonna loomine ei ole ainult füüsiline, vaid ka vaimne (Joonis 9). Kui ollakse tähelepanelik jätkusuutlikkuse loomisel ja ressursside haldamisel kujutab see endas terviklikku vaadet tervishoiule, mille mõju saab hinnata kaugemas perspektiivis. Seda ei saa mõõta otseselt, aga mida vähem on inimesed haiged seda rohkem tervislik keskkond neile mõju avaldab. (Koster 2006)



Joonis 9. Terviseuuringud on kompleksed süsteemid loodusliku, tehisliku ja sotsiaalse keskkonna vahel. (Koostaja: autor)

Tabel 6. Antsla ja Türi esmatasandi tervisekeskused. (Koostaja: autor)

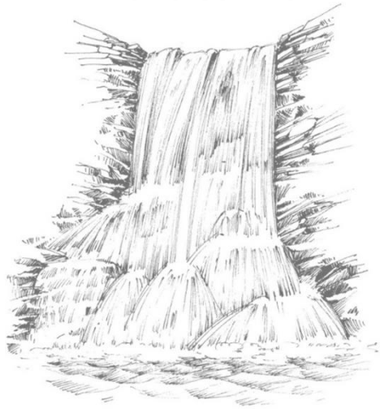
		Türi	Antsla
üldinfo	asukoht	Türi linn	Antsla linn
	projekteerimise aasta	2017	2018
	kasutusotstarve	12644	12644
	kasutusviis	III	
	tulepüsivusklass	TP2	TP1
pindala	maht m³	8560	3476
	suletud netopind m²	1708,5	606,8
	ehitusalune pind m²	1253,1	279,5
	tehnoruumide pind m²	91,6	47,2
energiatõhusus ja sisekliima	energiaklass	A	C
	ETA kWh/(m2·a)	268,4	376
	välissein W/m²K	0,1	0,15
	katuslagi W/m²K	0,09	0,12
	põrand pinnasel W/m²K	0,09	0,17
	aknad W/m²K	0,8	0,8
	uksed W/m²K	1	1
	akna g	0,35	0,4
ETTKs viibivate inimeste arv	maksimaalne inimeste arv	130	60
	töötajad	40	13
	patisendid	90	32
	nõupidamiste saal	-	15

3.4.1 Tervise edendamise kontseptsioonid – salutogenees ja patogenees

Mõisteid salutogenees ja patogenees on oluline mõista tervisekeskuste projekteerimisel, kuna tervis on inimorganismi pidevalt muutuv seisund. Patogenees tähendab haiguse arengut, tegu on õpetusega haigeks tegevatest faktoritest. Seevastu salutogenees tähendab tervise arengut, õpetus terveks tegevatest faktoritest (Joonis 10). (Kasmel 2009, 367)

Esmatasandi tervisekeskused pole oma olemuselt mõeldud ainult haiguste raviks (patogenees) vaid ka haiguste ennetamiseks ja rahva tervise parandamiseks (salutogenees). Põhjus miks riik on kaasajastamas esmatasandi tervisekeskuseid on see, et arstiabi kättesaadavus oleks üleriigiliseks ühtlane. Salutogeneesi osadeks on probleemilahenduste mõistmine ja nende ellu viimine (Kasmel 2009, 368). Sellest saab järeldada, et kui ETTK-d pakuvad kvaliteetset üld- ja eriarsti abi ning elanikkond on võimalustest teadlik, siis nad on altimad juba probleemi tekkides tervisekeskusesse pöörduma ja käima regulaarselt tervisekontrollis. Tervishoiuasutuse projekteerimisalustes on mainitud, et projekteeritavate ruumide eesmärgiks on ravi- ja tegevuskeskkonna salutogeeniline kvaliteet (RT 103020 2018, 4).

SALUTOGENEES



PATOGENEES

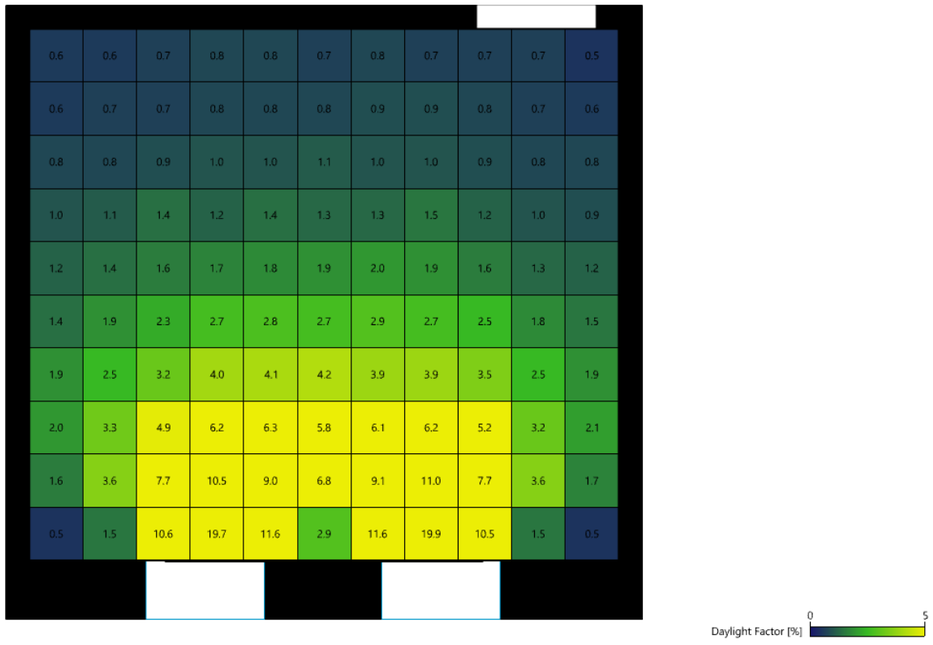
Joonis 10. Kose motiiv kirjeldab ilmekalt salutogeneesI ja patogeneesi olemust. (Koostaja: autor)

3.5 Autori kokkupuude esmatasandi tervisekeskuste projekteerimisel

Magistritöö autor on puutunud kokku kahe esmatasandi tervisekeskuse projekteerimisega, Türil ja Antslas. ETTK-de tehnilised erinevused on toodud välja tabelis 6. Türi linn asub Kesk-Eestis ning linnas elab ca 5000 inimest, Antsla asub Lõuna-Eestis, Läti piirääres ning vallasiseses linnas elab ca 3000 elanikku.

Hooneid projekteeriti erinevaid eesmärke silmas pidades. Türi näitel on tegu üsna suure tervisekeskusega, kuhu on koondatud kuus nimistut. Lisaks on hoones hulganisti muid toetavaid teenuseid nagu nt. hambaravi, ofitsiin, psühholoog, oftalmoloog ja röntgen. (Sweco Projekt AS 2017) Antsla tervisekeskusesse on koondatud kolme perearsti nimistud ning lisaks on täiendava teenusena juures hambaravi ja psühholoog (Sweco Projekt AS 2018). Tellija soov Türil oli ehitada hoone, mis vastab A-energiaklassile. Lisaks PV-paneelidele katusel on akende ümber lisatud varjestav arhitektuurne element, mille eenduvus muutub vastavalt ilmakaarele (läänes ja idas rohkem eenduvad kui lõunas ja põhjas). (Sweco Projekt AS 2017)

Türi ETTK eesmärk oli luua kogukonnale kvaliteetne tervisekeskus aastateks (Sweco Projekt AS 2017), kuid Antsla tervisekeskust projekteerides tuli lisaks meeles pidada, et ruumide suurused ja funktsioonid oleksid ajas muudetavad. Selline mõtteviis on hajaasustusega väikestes kohtades vajalik. Seetõttu sai konstruktsiooniline struktuur ehitatud üles selliselt, et kandvateks elementideks hoones on välisseinad ning kõik sisemised vaheseinad on muudetavad. (Sweco Projekt AS 2018)



Joonis 11. Väljavõte programmist Rhinoceros 5, kus on näha mil viisil kujuneb ruumis päevavalgustegur D.

4 UURIMUSLIK OSA

4.1 Töös kasutatav metoodika

Töö autor käsitleb käesolevas peatükis kolme ETTK tüüpruumi, mis on valitud esmatasandi tervisekeskuste miinimumnõuete programmist.

Analüüsitavateks ruumideks (Joonis 11) on:

- kabinet 12 m^2 – koduõde;
- kabinet 16 m^2 – perearst, pereõde, protseduuriruum, ämmaemand, psühholoog;
- saal 20 m^2 – füsioteraapia, nõupidamine.

Ruumidele sooritati analüüs, et teha kindlaks parim seina ja põranda suhe, et tagada piisav päevavalguse hulk. Analüüside tegemiseks loodi ruumimaatriksid sammuga 0.5 m. Kõigi kohta koostati 16 erinevat ruumi, kus pindala algas 9 m^2 ning suurima mõõt lõppes 30.25 m^2. Sellisel viisil tekkinud maatriksid võimaldasid analüüsida kuidas päevavalgustegur muutub seoses sügavuse muutumisega. Kõigis ruumides oli kaks akent välisseinas, külgmisi seinu käsitleti siseseintena.

Simulatsioonidele järgnes andmetöötlus, kus töötati välja igale analüüsitud ruumile kõige optimaalsem aknasuhe, mis on asetatud maatriksisse. Seejärel tehti arvutisimulatsioonide abil kindlaks, millised leitud ruumidest on altid ülekuumenemisele.

Viimase osana koostati 600 m^2 hoonele vormifaktori analüüs, võttes sealjuures arvesse eelnevalt leitud akna ja põrandapinna suhteid.

4.2 Päevavalgusteguri analüüs

4.2.1 Simulatsiooni tarkvara

Simulatsioonide tegemiseks kasutati Francesco de Luca loodud koodi, mis saadi augustis 2018, kui magistritöö autor osales Tallinna Tehnikaülikoolis koolitusel „Performance driven architectural design and planning“. Koodi (Lisa 1) kasutamiseks tuli esmalt Rhinoceros programmis luua 3D mudel ruumist. Seejärel programmis Grasshopperis tuli määrata akende väärtused, pindade parameetrid ja linn, kus analüüs sooritatakse (kasutati Tallinn). Analüüside tulemusena leiti ruumi keskmine päevavalgustegur ja iga ruudu (analüüsides oli ruudu suurus 0.4 x 0.4 m) keskmine väärtus.

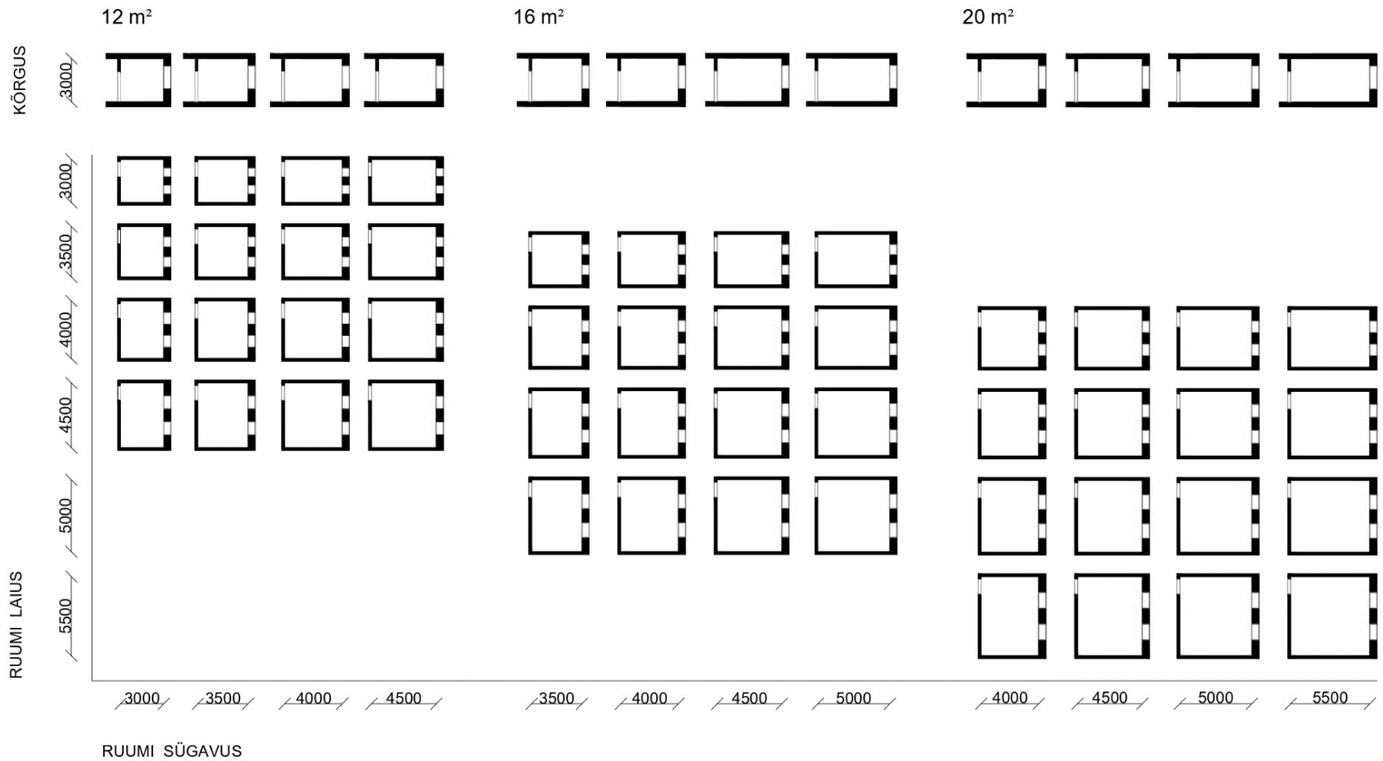
Oluline osa analüüside tegemisel oli materjalide määramine, kuna nende peegelduvustegurist sõltub päevavalgusfaktori D väärtus. Autor konsulteeris PhD Francesco de Lucaga, kellega koos arutati läbi sobivad materjalide väärtused analüüsideks.

Töö autor kasutas järgnevaid keskmisi peegelduvusväärtusi, kus suurem väärtus näitab suuremat peegelduvust:

- seinad – 50;
- põrand – 20;
- lagi- 70;
- klaasi valgusläbivustegur – 70.

Standardis on välja toodud soovitus, et kui aknad paiknevad vaid ühes seinas, siis nende kogulaius võiks olla vähemalt 35% seina pikkusest (EN 17037:2018, 10). Teise rusikareeglina ülekuumenemise vastu on teada, et akna pikkus ei tohiks olla üle 40% seina pikkusest (Kredex 2017, 42), seetõttu võeti ruumianalüüsidesse aknad, mille pikkus on 40% seina pikkusest. Lisaks on kõigi ruumide kõrguseks 3.0 meetrit.

Järgnevalt pandi paika akna asukoht ruumis. Kõik aknad paiknesid võrdluse tagamiseks 0.9 m kõrgusel maapinnast, töölaua kohal. Lisaks akna suhtele põrandapinda oli analüüsides kasutusel ka päevavalgusteguri D väärtus. Töö teoreetilises osas leiti, et kuigi standardis on minimaalne soovituslik päevavalguse kogus ruumi D=2.0, siis uuringute käigus on leitud, et hea päevavalguse hulk ruumis algab kui D≥2. Lisatingimus oli see, et akna suhe põrandapinda $\frac{akende\ pindala}{põranda\ pindala}$ oleks vähemalt 0.10, vastastel juhul oleks D väärtus liiga madal.



Joonis 12. Ruumimaatriksid päevavalgusanalüüsi sooritamiseks. (Koostaja: autor)

Tabel 7. Süstematiseeritud maatriks. (Koostaja: autor)

	ruumi sügavus					
ruumi laius	3	3,5	4	4,5	5	5,5
3	9	10,5	12	13,5	15	16,5
3,5	10,5	12,25	14	15,75	17,5	19,25
4	12	14	16	18	20	22
4,5	13,5	15,75	18	20,25	22,5	24,75
5	15	17,5	20	22,5	25	27,5
5,5	16,5	19,25	22	24,75	27,5	30,25

4.2.2 Päevavalgusteguri simulatsioon 12 m^2 ruumile

Esimesena võeti vaatluse alla 12 m^2, kus ruumi maatriksid kujunesid järgmiselt (Joonis 12):

- ruumi laius – 3.0 kuni 4.5 meetrit;
- ruumi sügavus – 3.0 kuni 4.5 meetrit;
- akna laius – 0.6 kuni 0.9 meetrit;
- akna kõrgus – 1.1 kuni 1.7 meetrit.

Eelpool nimetatud parameetritega tekkis 112 erinevat ruumi, mille päevavalgustegurid varieerusid 2.07-4.47. Väikseim pindala oli 9 m^2 ja suurim 13.5 m^2 . Akna kõrgust ei suurendatud üle 1.7 meetrit kuna, sel juhul ei olnud maatriksis enam ühtegi ruumi, mille akna ja põrandapinna suhe oleks olnud ≤0.15. Ilmnes, et sedavõrd väikese põrandapinna korral saavutati ruumis kõrge päevavalgustegur (≥2.07) juba kõige väiksema akna pinna korral st. akna pinna suhe põrandasse oli vaid 0.10. Suurimad päevavalgusteguri väärtused saavutati suurima akna-põranda suhtega $\frac{akende\ pindala}{põranda\ pindala}$, milleks oli 0.23. See tähendab, et ruumi suhe $\frac{laius}{sügavus}$ oli 1.5.

4.2.3 Päevavalgusteguri simulatsioon 16 m^2 ruumile

Järgmisena oli vaatluse all 16 m^2, kus ruumi maatriksid kujunesid järgmiselt (Joonis 12):

- ruumi laius – 3.5 kuni 5.0 meetrit;
- ruumi sügavus – 3.5 kuni 5.0 meetrit;
- akna laius – 0.7 kuni 1.0 meetrit;
- akna kõrgus – 1.3 kuni 1.9 meetrit.

Eelpool nimetatud parameetritega tekkis 112 erinevat ruumi, mille päevavalgustegurid varieerusid 2.17-4.30. Väikseim ruum analüüsis oli pindalaga 12.25 m^2 ja suurim 25.0 m^2. Akna kõrgust ei suurendatud üle 1.9 meetri kuna, sel juhul ei olnud maatriksis enam ühtegi ruumi, mille akna ja põrandapinna suhe oleks olnud ≤0.15. Ilmnes, et väikese põrandapinna tõttu saavutati ruumis kõrge päevavalgustegur (≥2.17) juba kõige väiksema akna pinna korral st. akna pinna suhe põrandasse oli vaid 0.10. Suurimad päevavalgusteguri väärtused saavutati suurima akna-põranda suhtega $\frac{akende\ pindala}{põranda\ pindala}$, milleks oli 0.22. See tähendab et ruumi suhe $\frac{laius}{sügavus}$ oli 1.4.

4.2.4 Päevavalgusteguri simulatsioon 20 m^2 ruumile

Järgmisena oli vaatluse all 16 m^2, kus ruumi maatriksid kujunesid järgmisel (Joonis 12):

- ruumi laius – 4.0 kuni 5.5 meetrit;
- ruumi sügavus – 4.0 kuni 5.5 meetrit;
- akna laius – 0.8 kuni 1.1 meetrit;
- akna kõrgus – 1.5 kuni 2.0 meetrit.

Eelpool nimetatud parameetritega tekkis 112 erinevat ruumi, mille päevavalgustegurid varieerusid 2.35-3.96. Väikseim ruum analüüsis oli pindalaga 16.0 m^2 ja suurim 30.25 m^2. Akna kõrgust ei suurendatud üle 2.0 meetrit kuna, sel juhul ei mahtunuks aken enam ruumi, mille kõrgus oli 3.0 m. Suurimad päevavalgusteguri väärtused saavutati akna-põranda suhtega $\frac{akende\ pindala}{põranda\ pindala}$, milleks oli 0.19, mis tähendab et ruumi suhe $\frac{laius}{sügavus}$ oli 1.1.

4.2.5 Tulemuste süstematiseerimine ülekuumenemise analüüsiks

Järgmise sammuna oli vajalik luua ühtne süsteem päevavalgusteguri tulemusest. Selleks loodi tabel 7, kus vasakpoolses veerus on esitatud ruumi laiused alates 3.0 meetrist kuni 5.5 meetrini. Ülemisse ritta paigutati ruumi sügavus alustades 3.0 meetrist lõpetades 5.5 meetriga. Sel viisil tekkis 36 erinevat ruumi. Seejärel jagati need kolme kategooriasse, mille aluseks võttis autor eelpool mainitud ETTK tüüpruumid (12 m^2, 16 m^2, 20 m^2).

Määruses “Nõuded haiglavälise eriarstiabi osutamiseks vajalikele ruumidele, sisseseadele ja aparatuurile” on välja toodud, et eriarsti ruum võib olla lubatust 5% väiksem (Nõuded haiglavälise … 2016). See tähendab 12 m^2 võib olla minimaalselt 11.4 m^2, 16 m^2 ruum peab olema vähemalt 15.2 m^2 ja 20 m^2 ruum võib olla suurusega alates 19 m^2. Sellest johtuvalt grupeeriti ruumid maatriksis ETTK tüüpruumide järgselt järgnevalt (Tabel 7):

- 9-14 m^2 vastas ruumisuurusele 12 m^2;
- 15-18 m^2 vastas ruumisuurusele 16 m^2;
- 19.25-30.25 m^2 vastas ruumisuurusele 20 m^2.

Tabel 8. 12m^2 kabineti akna parameetrite valik. (Koostaja: autor)

12m2																
	välissein m²			aken m² (2tk)			aken m²/sein m²	päevavalgustegur D				Akna m²/ põranda m²			
								ruumi laius b							
ruumi sügavus	a	h	välisseina m²	a	h	akende m²		3	3,5	4	4,5				
	3	3	**9**	0,6	1,1	**1,32**	15%	2,99	2,58	2,31	2,03	0,15	0,13	0,11	0,10
	3,5	3	**10,5**	0,7	1,1	**1,54**	15%	3	2,62	2,31	2,07	0,15	0,13	0,11	0,10
	4	3	**12**	0,8	1,1	**1,76**	15%	3,09	2,66	2,36	2,15	0,15	0,13	0,11	0,10
	4,5	3	**13,5**	0,9	1,1	**1,98**	15%	3,15	2,71	2,4	2,17	0,15	0,13	0,11	0,10

Tabel 9. 16m^2 kabineti akna parameetrite valik. (Koostaja: autor)

16m2															
	välissein m²			aken m² (2tk)			aken m²/sein m²	päevavalgustegur D				Akna m²/ põranda m²			
								ruumi laius b							
ruumi sügavus	a	h	välisseina m²	a	h	akende m²		3,5	4	4,5	5				
	3,5	3	**10,5**	0,7	1,3	**1,82**	17%	3,02	2,68	2,41	2,17	0,15	0,13	0,12	0,10
	4	3	**12**	0,8	1,3	**2,08**	17%	3,09	2,74	2,46	2,24	0,15	0,13	0,12	0,10
	4,5	3	**13,5**	0,9	1,3	**2,34**	17%	3,14	2,78	2,53	2,27	0,15	0,13	0,12	0,10
	5	3	**15**	1	1,3	**2,6**	17%	3,2	2,83	2,54	2,32	0,15	0,13	0,12	0,10

Tabel 10. 20m^2 ruumi akna parameetrite valik. (Koostaja: autor)

20m2															
	välissein m²			aken m² (2tk)			aken m²/sein m²	päevavalgustegur D				Akna m²/ põranda m²			
								ruumi laius b							
ruumi sügavus	a	h	välisseina m²	a	h	akende m²		4	4,5	5	5,5				
	4,0	3,0	**12,0**	0,7	1,6	**2,2**	19%	3,26	2,91	2,66	2,42	0,14	0,12	0,11	0,10
	4,5	3,0	**13,5**	0,8	1,6	**2,6**	19%	3,35	2,99	2,71	2,50	0,14	0,13	0,11	0,10
	5,0	3,0	**15,0**	0,9	1,6	**2,9**	19%	3,06	2,75	2,50	2,28	0,14	0,13	0,12	0,10
	5,5	3,0	**16,5**	1,0	1,6	**3,2**	19%	3,12	2,82	2,56	2,35	0,15	0,13	0,12	0,11

Järgmisena leiti kõige optimaalsem akna suurus igale tüübile. Oli oluline, et ruumis oleks head päevavalgustingimused, kuid kuna tegu on üsna väikeste ruumidega ei tohi päevavalgustegur olla väga kõrge. Vastasel juhul kuumeneb ruum kiirelt üle ning tarvis on lisaenergiat ruumi jahutamiseks. Seetõttu arvutati välja eelmises etapis loodud tabelite keskmine päevavalgustegur igas maatriksi tabelis (Lisa 2). Töö teoreetilises osas leiti, et hea päevavalgus tegur≥ 2.5, sellest järeldatuna esitati tingimus, et keskmine väärtus tabelis peab olema ≥ 2.5.

Sobivad akende laiuste-pikkuste suurus kujunes järgnevalt:

- 12m^2 – 0.6x1.1m (keskmine päevavalgustegur 2.54) (Tabel 8);
- 16m^2 – 0.8x1.3m (keskmine päevavalgustegur 2.65) (Tabel 9);
- 20m^2 – 1.0x1.6m (keskmine päevavalgustegur 2.76) (Tabel 10).

Kuna igas ruumis paiknes ühes seinas kaks akent oli ülekuumenemise simulatsioonide jaoks vajalik panna paika määrata asukoht välisseinas. Oluline oli kindel süsteem, mis aitab hiljem jahutuskoormuse tulemustes teha selgemaid järeldusi. Akende asukoha määras ruumi laius.

Eelnevaid tingimusi arvestades hakkasid aknad ruumis paiknema järgmiselt:

- 12m^2 - 0.60 m siseseintest;
- 16m^2 – 0.70 m siseseintest;
- 20m^2 – 0.75 m siseseintest.

Lisaks akende asukohale on oluline roll ülekuumenemise analüüsis akna ehitusfüüsikalistel väärtustel, milleks on:

- valgusläbivustegur 0.7
- aknaraam U=0.8 W/(m²K)
- aknaklaas U=0.47 W/(m²K)
- g ehk solar factor 0,48
- tingimus, et aken paikneb välisseinaga tasa (oli paika pandud DF simulatsioonis)
- aknal puuduvad katted (varjestus, ruloo, kardin jms.)

4.3 Ülekuumenemise analüüs

4.3.1 Ülekuumenemise analüüsi ülesehitus ja tingimused

Ülekuumenemise simulatsioonide aluseks on Majandus- ja taristuministri määrus “Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika”, milles on kirjeldatud hoone tüüpiline kasutus ravihoonele. Arvutustes on kasutusel baasaasta, mis koostatud kliimaandmete põhjal ajavahemikus 1970-2000 (Hoone energiatõhususe … 2015). Ventilatsiooniõhu jahutamist on oluline arvestada, kuna sellele kulub 4 korda rohkem energiat kui ruumide soojendamisele.

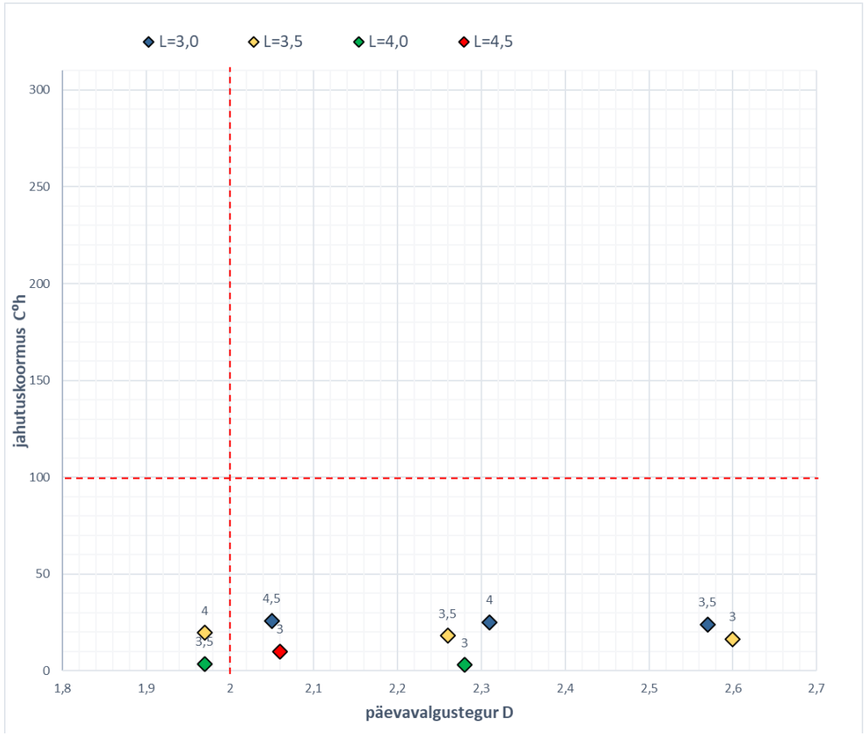
Energiatõhusa ja jätkusuutliku hoone projekteerimisel on oluline läbi mõelda päikeselt tuleva üleliigse kiirguse vältimist. Periood, mille jooksul analüüs sooritatakse kestab 1. juunist kuni 31. augustini ning selle aja jooksul ei tohi jahutusväärtus 25 °C suureneda enam kui 100 kraadtundi. (Hoone energiatõhususe … 2018) Kraadtunniks nimetatakse ühikut, mil ruumi temperatuur mõõdetavalt perioodil tõuseb lubatust üle ning seejärel arvutatakse, mitu tundi on ühik lubatud jahutusväärtusest kõrgemal.

Ravihoonele on määratud kindel temperatuurivahemik ventilatsiooniõhule, hoone kasutusaeg, ruumidele vajalik ventilatsiooniõhu kogus (Tabel 4).

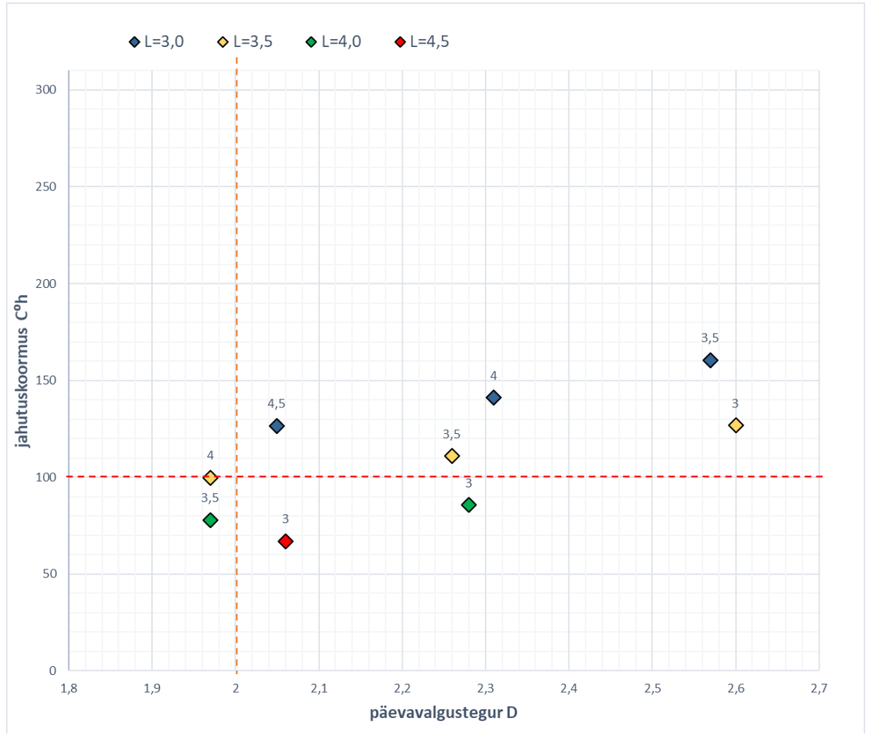
Arvutamisel lähtutakse tingimusest, et ventilatsioon hakkab tööle 60 minutit enne hoone kasutamist ja läheb puhkerežiimi tund peale hoone kasutusaja lõppu. Ravihoonele on määratud, et selle ventilatsioon hakkab tööle kell 6:00 ja lõpetab töö kell 21. (Hoone energiatõhususe … 2015).

Arvutamisel kasutati massivkonstruktsiooni 190mm betoonõõnesblokk, täidetud betooniga ja soojustuseks 250 mm vahtplüstüreen.

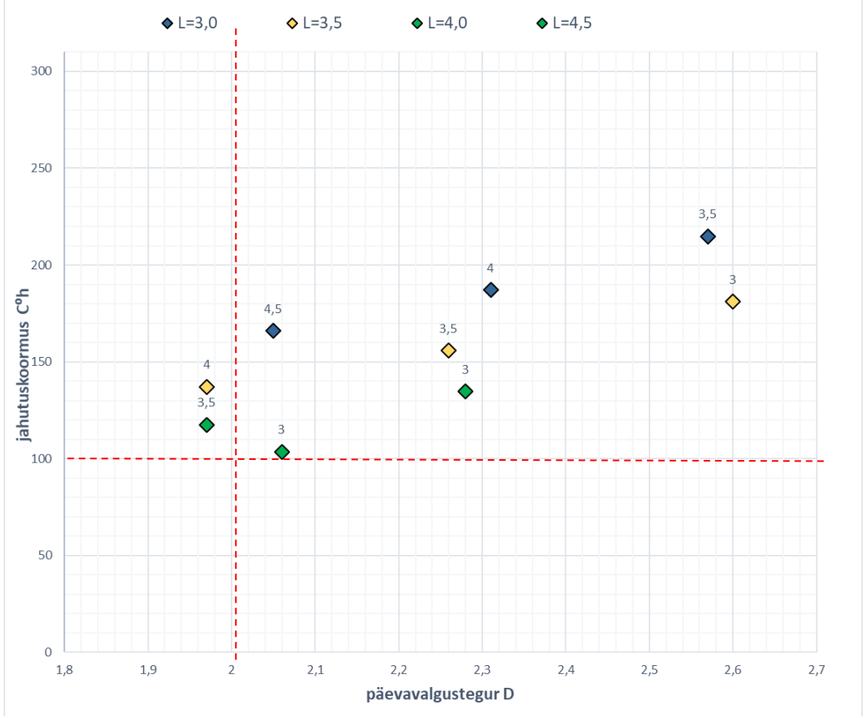
Simulatsioonide tegemisega abistas magistritöö autorit Martin Kiil, Tallinna Tehnikaülikooli doktorant, kes kasutab käesoleva töö raames saadud tulemusi oma doktoritöös. Simulatsioonid tehti tarkvaras EQUA Ida-Ice 4.8 (Lisa 3) .



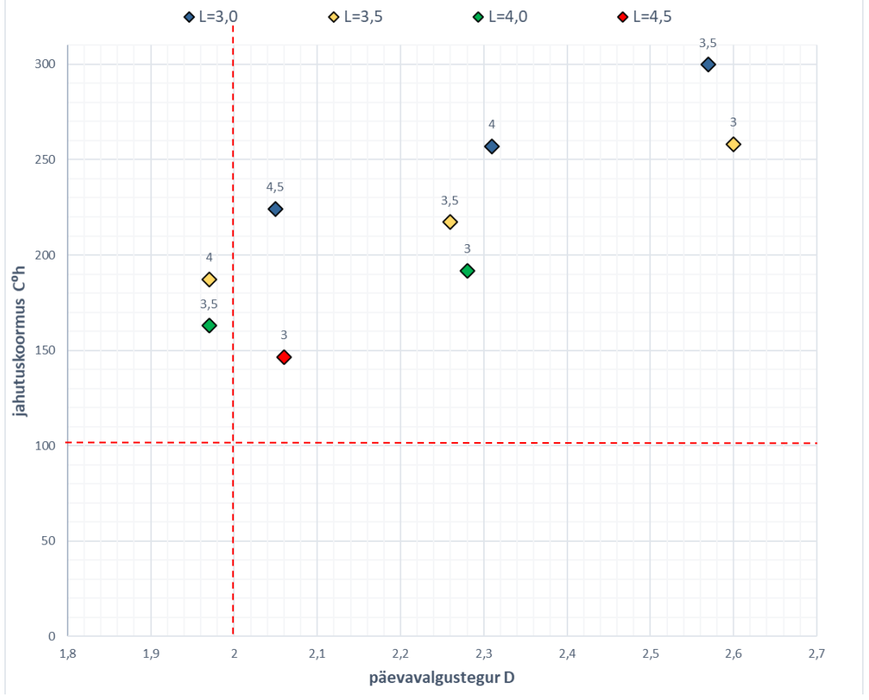
Joonis 13. 12 m² jahutuskoormus ja päevavalgustegur põhjas



Joonis 15. 12 m² jahutuskoormus ja päevavalgustegur lõunas.



Joonis 14. 16 m² jahutuskoormus ja päevavalgustegur läänes.

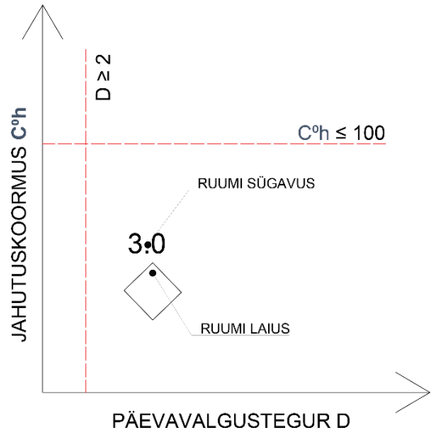


Joonis 16. 12 m² jahutuskoormus ja päevavalgustegur idas.

4.3.2 Ülekuumenemise analüüs 12 m² ruumis

Koduõele mõeldud sobilike ruume oli 9, millele koostati 40 simulatsiooni, igaühes väärtused neljale ilmakaarele ning seejärel sorteeriti ruumid ilmakaarte järgi.

Jooniste 13-16 vertikaalteljel asub leitud jahutuskoormuse väärtuse ja horisontaalteljel päevavalgusetegur. Samuti on ära märgitud „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“ määruse nr 58 järgne maksimaalne lubatud jahutuskoormus liginullenergiahoonele (max. 100 C°h) ning hea päevavalguse hulk ruumis (D≥2). Selliselt joonistub välja neli veerandit (Joonis 17), milles alumise rea parempoolne veerand vastab kõikidele ettenähtud tingimustele.



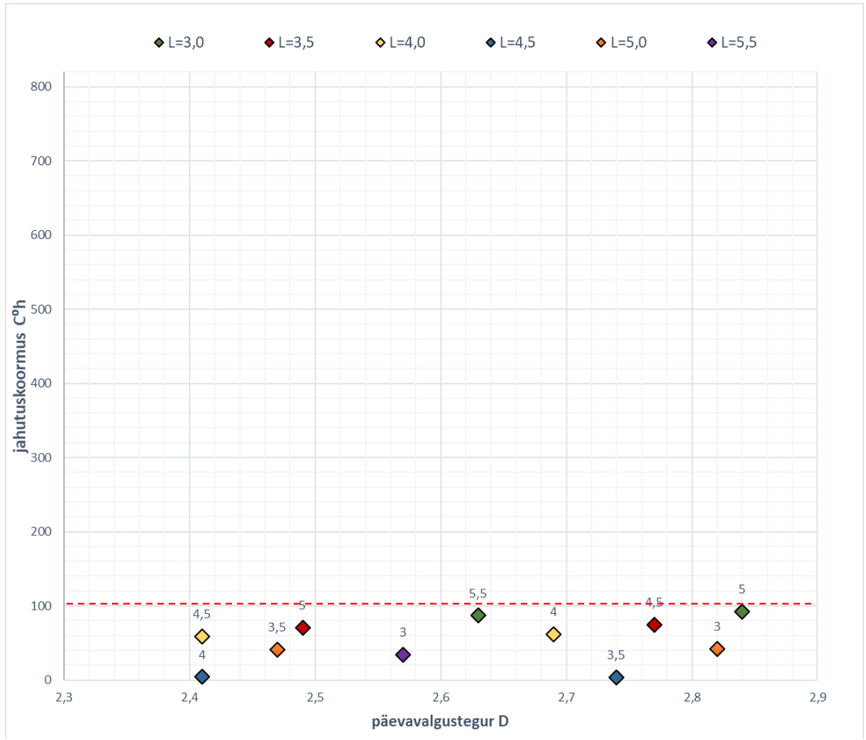
Joonis 17.Graafiku legend. (Koostaja: autor)

Ilmnes, et kõigis ilmakaartes (Joonised 13-16) saavutab madalaimad väärtused sama ruum proportsioonidega, millel on $\frac{ruumi\ laius}{ruumi\ sügavus}$ ruumisuhe 1.5 (4.5 x 3.0 m). Selle järgnesid ruumid suhetega 1.2 (4.0 x 3.5 m) ja 1.3 (4.0 x 3.0 m), mis oma proportsioonidelt olid samasugused läänes ja põhjas ning idas ja lõunas. Suurimad jahutuskoormused olid ida-lääne-lõunasuunas ruumisuhtele 0.9 (3.0 x 3.5 m) ja põhjas ruumisuhtele 0.7 (3.0 x 4.5 m).

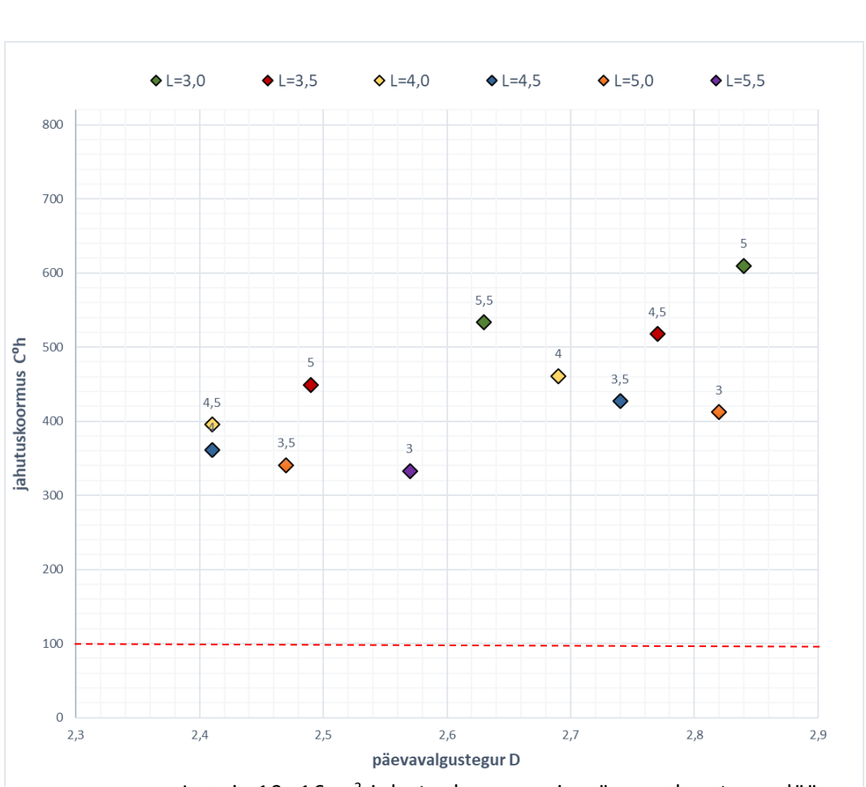
Kõikidele ruumidele sooritati taas päevavalgusanalüüs (Tabel 11), kus akende paiknemine oli üks-ühele kraadtunni simulatsioonidega. Selliselt vaatluse all olnud 9 ruumi keskmiseks päevavalgusteguriks 2.23 ja keskmiseks pindalaks 12.5 m². Kuigi päevavalgustegur on alla 2.5, siis niivõrd väikeses ruumis on see piisavalt palju, et tagada hea naturaalse valguse hulk.

Tabel 11. Päevavalgustegur analüüsitavates 12 m² ETTK ruumides. (Koostaja: autor)

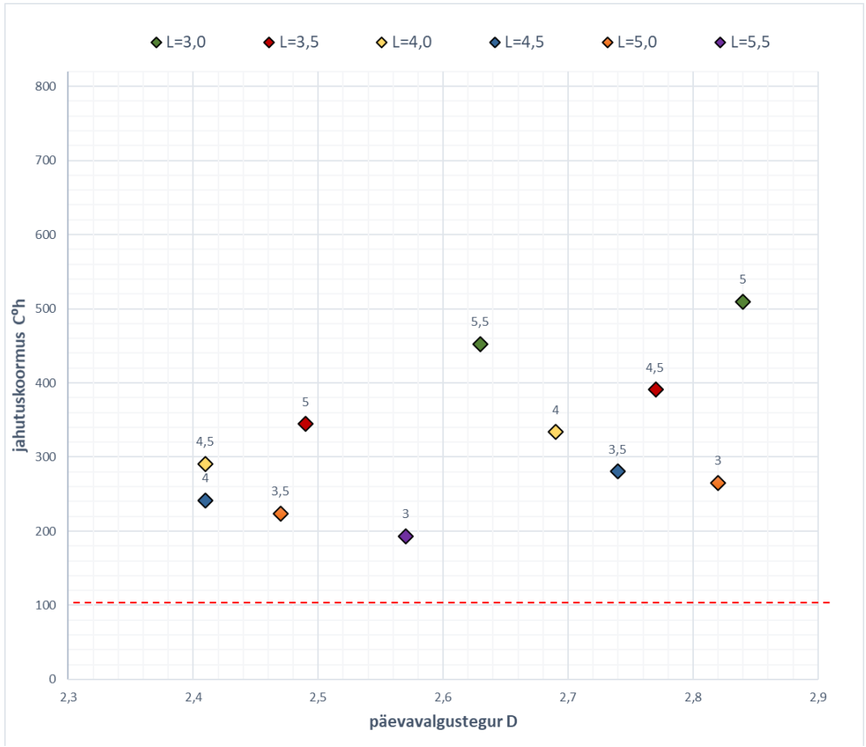
Ruumi laius (m)	Ruumi sügavus (m)			
	3	3.5	4	4.5
3	-	2.57	2.31	2.05
3.5	2.60	2.26	1.97	-
4	2.28	1.97	-	-
4.5	2.06	-	-	-



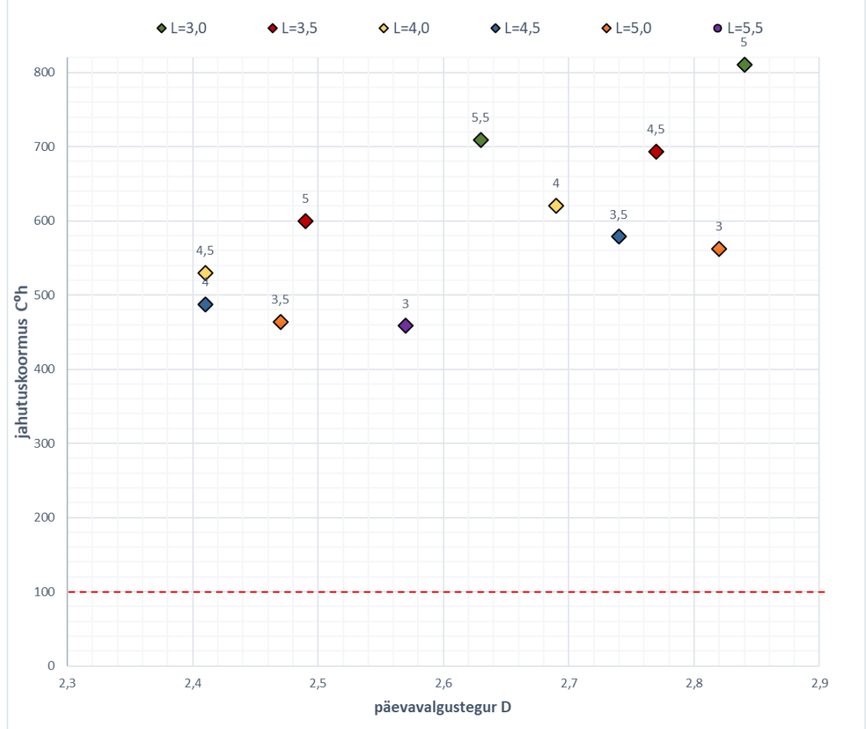
Joonis 18. 16 m^2 jahutuskoormus ja päevavalgustegur põhjas.



Joonis 19. 16 m^2 jahutuskoormus ja päevavalgustegur läänes.



Joonis 20. 16 m^2 jahutuskoormus ja päevavalgustegur lõunas.



Joonis 21. 16 m^2 jahutuskoormus ja päevavalgustegur idas.

4.3.3 Ülekuumenemise analüüs 16 m^2 ruumis

Enim levinud kabinet ETTK-s on suurusega 16 m^2. Vaatluse all oli 15 ruumi, millele koostati 60 simulatsiooni kõigi nelja põhilise ilmakaare kohta.

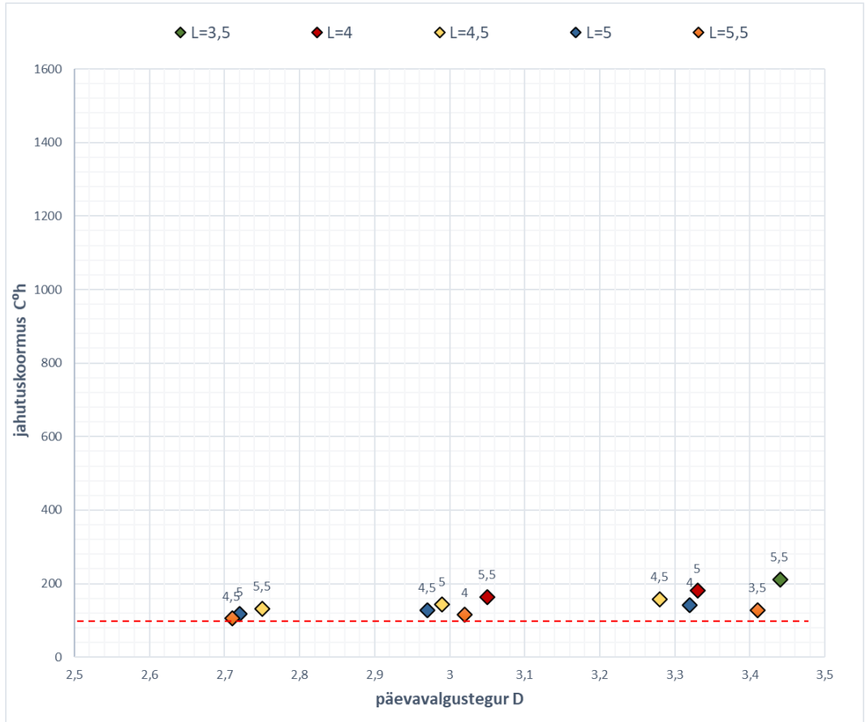
Jooniste 18-21 vertikaalteljel asub leitud jahutuskoormuse väärtuse ja horisontaalteljel päevavalgusetegur. Samuti on ära märgitud „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“ määruse nr 58 järgne maksimaalne lubatud jahutuskoormus liginullenergiahoonele (max. 100 C^{o}h) ning hea päevavalguse hulk ruumis on tagatud (D≥2). Selliselt joonistub välja kaks poolt (Joonis 17), millest alumine vastab kõikidele ettenähtud tingimustele.

Ilmnes, et kõigis ilmakaartes (Joonised 18-21) saavutab kraadtunni madalaimad väärtused samade proportsioonidega ruum, millel $\frac{ruumi\ laius}{ruumi\ sügavus}$ ruumisuhe 1.8 (5.5 x 3.0 m). Selle järgnes kõigis ilmakaartes ruum suhtega 1.4 (5.0 x3.5 m). Suurimad kraadtunni väärtused olid kõigis ilmakaartes ruumisuhtele 0.6 (3.0 x 5.0 m).

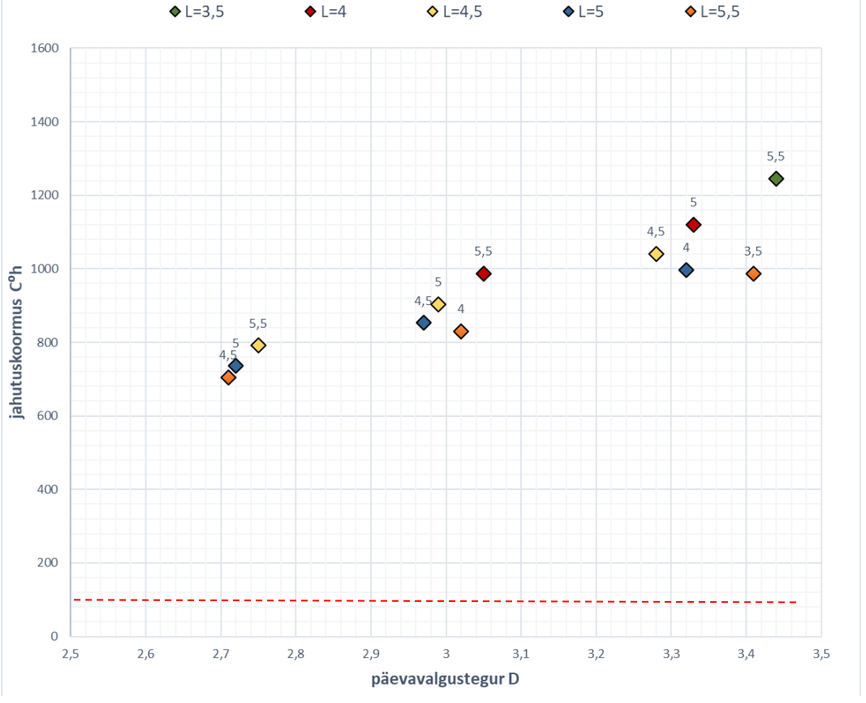
Kõikidele ruumidele tehti taas päevavalgusanalüüs (Tabel 12), kus akende paiknemine oli üks-ühele kraadtunni simulatsioonidega. Selliselt vaatluse all olnud 15 ruumi keskmiseks päevavalgusteguriks 2.62 ja keskmiseks pindalaks 16.5 m^2.

Tabel 12. Päevavalgustegur analüüsitavates 16 m^2 ETTK ruumides. (Koostaja: autor)

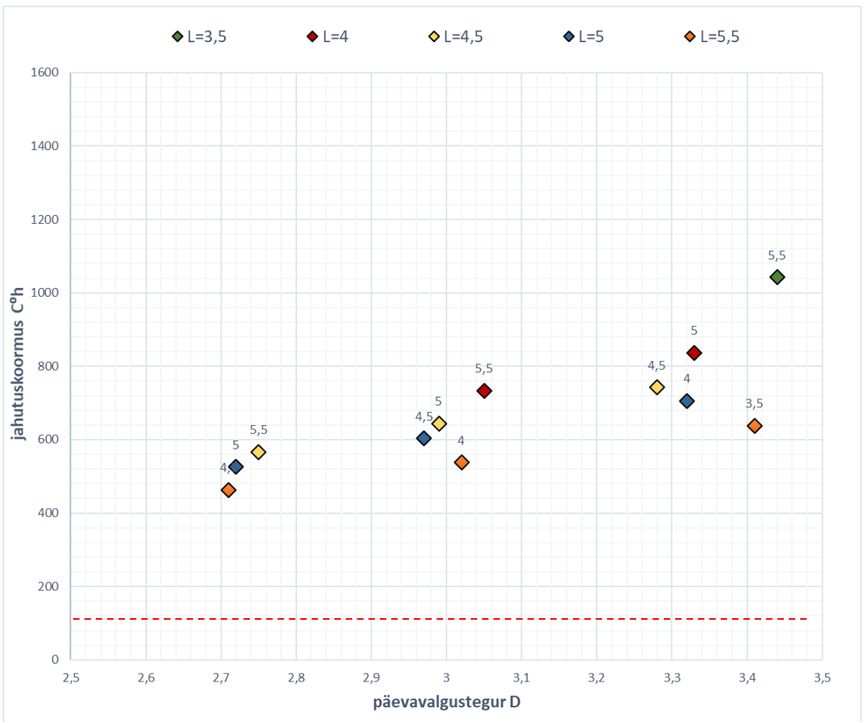
Ruumi laius (m)	Ruumi sügavus (m)					
	3	3.5	4	4.5	5	5.5
3	-	-	-	-	2.84	2.63
3.5	-	-	-	2.77	2.49	-
4	-	-	2.69	2.41	-	-
4.5	-	2.74	2.41	-	-	-
5	2.82	2.47	-	-	-	-
5.5	2.57	-	-	-	-	-



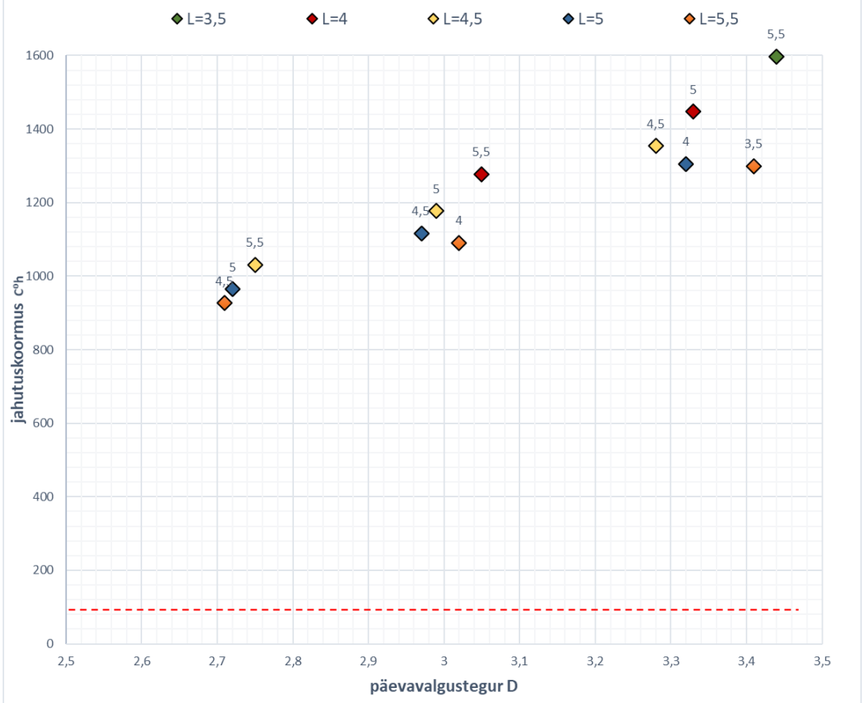
Joonis 22. 20 m^2 jahutuskoormus ja päevavalgustegur põhjas.



Joonis 23. 20 m^2 jahutuskoormus ja päevavalgustegur läänes.



Joonis 24. 20 m^2 jahutuskoormus ja päevavalgustegur lõunas.



Joonis 25. 20 m^2 jahutuskoormus ja päevavalgustegur idas.

4.3.4 Ülekuumenemise analüüs 20 m^2 ruumis

Suurimale tüüpruumile mõeldud sobilike ruume oli 12, millele koostati 48 simulatsiooni, igaühes väärtused neljale ilmakaarele ning seejärel sorteeriti ruumid ilmakaarte järgi.

Jooniste 22-25 vertikaalteljel asub leitud jahutuskoormuse väärtuse ja horisontaalteljel päevavalgusetegur. Samuti on ära märgitud „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“ määruse nr 58 järgne maksimaalne lubatud jahutuskoormus liginullenergiahoonele (max. 100 C^{o}h) ning hea päevavalguse hulk ruumis on tagatud (D≥2). Selliselt joonistub välja kaks poolt (Joonis 17), millest alumine vastab kõikidele ettenähtud tingimustele.

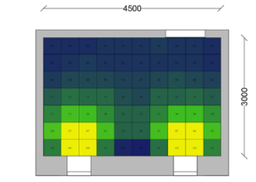
Ilmnes, et kõigis ilmakaartes (joonised 22-25) saavutab madalaimad jahutuskoormuse väärtused sama ruum proportsioonidega $\frac{ruumi\ laius}{ruumi\ sügavus}$ ruumisuhe 1,8 (5.5 x4.5 m). Selle järgnesid ruumid suhetega 1.0 (5.0 x 5.0 m) põhjas ja 1.4 (5.5 x 4.5 m) idas-läänes-lõunas. Suurimad jahutusväärtused olid kõigis ilmakaartes ruumisuhtele 0.6 (3.5 x 5.5 m).

Kõikidele ruumidele sooritati taas päevavalgusanalüüs (Tabel 13), kus akende paiknemine oli üks-ühele jahutuskoormuse simulatsioonidega. Selliselt vaatluse all olnud 12 ruumi keskmiseks päevavalgusteguriks 3.08 keskmiseks pindalaks 21.9 m^2.

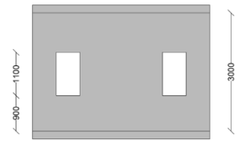
Tabel 13. Päevavalgustegur analüüsitavates 20 m^2 ETTK ruumides. (Koostaja: autor)

Ruumi laius (m)	Ruumi sügavus (m)				
	3.5	4	4.5	5	5.5
3.5	-	-	-	-	3.44
4	-	-	-	3.33	3.05
4.5	-	-	3.28	2.99	2.75
5	-	3.32	2.97	2.72	-
5.5	3.41	3.02	2.71	-	-

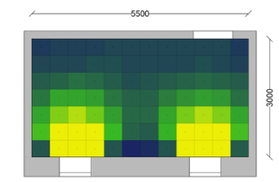
PARIMAD
PROPORTSIOONID



1.5

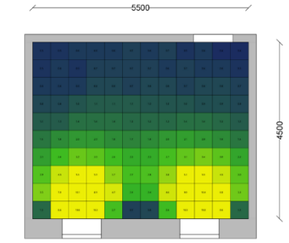


12 m2



1.8

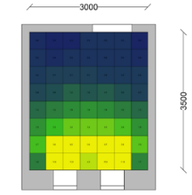
16 m2



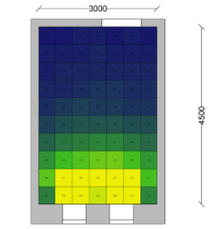
1.4

20 m2

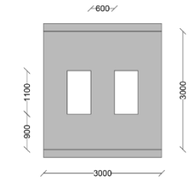
HALVIMAD
PROPORTSIOONID

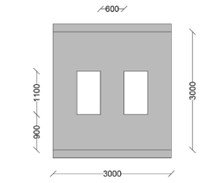


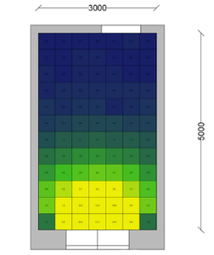
0.9



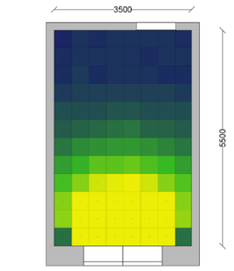
0.7



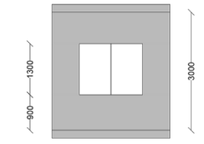


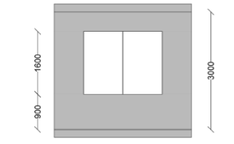


0.6



0.6





Joonis 26. Suurima ja vähima jahutuskoormusega ruumid

4.3.5 Järeldused päevavalgusteguri ja ülekuumenemise analüüsidele

Autor järeldab, et võttes arvesse päevavalgustegurit ja ruumide ülekuumenemist on kõige optimaalsem ruumisuhe vahemikus 1.0 ≥ $\frac{ruumi\ laius}{ruumi\ sügavus}$ ≤ 1.8. Selliste ruumide laius on vähemalt sama mis sügavus või enam. Suurimad ülekuumenemised tekivad ruumides, mille $\frac{ruumi\ laius}{ruumi\ sügavus}$≤ 0.99. Ruumide planeerimisel ei sõltu parim ruumi proportsioon ilmakaarest, vaid ruumisuhtest (Joonis 26).

Kõige vähem tekib probleeme põhja-poole avanevate akendega, sest sinna paistab otsest päikesekiirgust kõige vähem. Sellele järgneb lõunasuund, kuna päike mis ruumi paistab siseneb ruumi horisontaalselt ja kõrgelt. Kõige kriitilisemad on lääne- ja ida suunad, kus päike siseneb ruumi küljelt ja pika perioodi vältel. Põhjus miks läänes on vähem ülekuumenemist kui idas tuleneb kasutusprofiilist, mis käsitletaval hoonel oli ravihoone, st et hoone on kasutuses 07:00-20:00.

Lisaks sooritati simulatsioonid (Lisa 5) ka selliselt, et ventilatsiooniõhku jahutatakse. Sellisel juhul olid kraadtundide nõue tagatud enam kui 90% ruumidest, küll aga ruumides mille väärtus oli 0 hakkab seal viibivatel inimestel jahe ning ruum muutub ebamugavaks tööruumiks.

4.4 Vormifaktori analüüs

4.4.1 Vormifaktori analüüsi ülesehitus

Viimase meetodina võeti käsitluse alla vormifaktori (VF) analüüs, mis sooritati 600 m^2 hoonele, mis on minimaalne esmatasandi tervisekeskuse suurus. Vormifaktori analüüsiks koostati arvutusmudel, kus kasutatakse valemit:

$$VF = \frac{A_{kaalutud}}{A_{neto}}$$

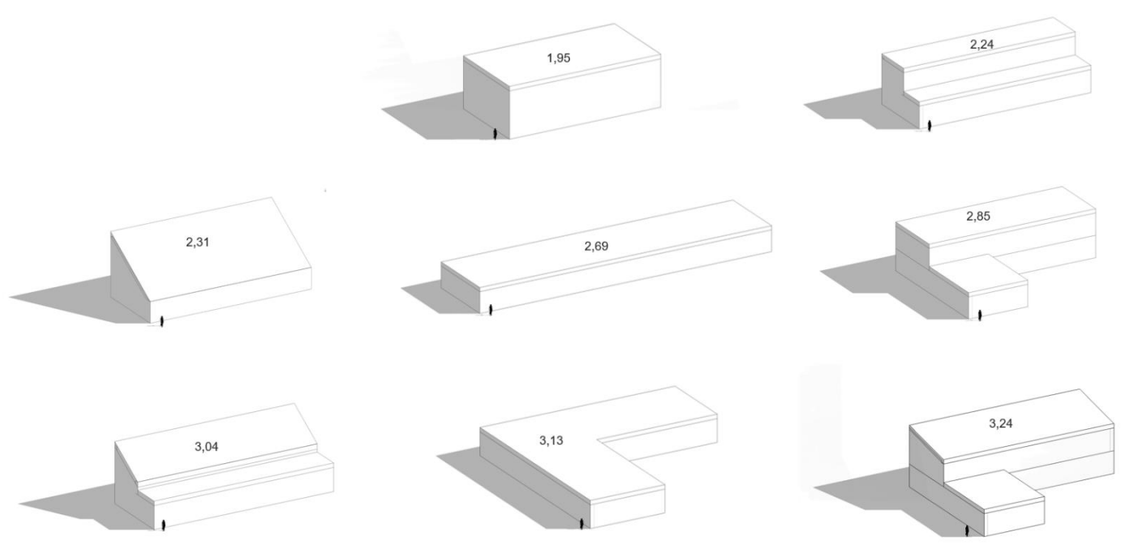
Arvutusmudelis analüüsitakse lisaks VF arvulisele väärtusele ka välispiirete kogu pindalade summa muutumist hoone kuju muutumisega ning lisaks hoone lõunakülje suurust, mille suunas paiknevad PV-paneelid katusel. Vaatluse all on katuse pindala muut sõltudes katusekalde nurgast, millest saab järeldada hoone kompaktsust ja PV-paneelide efektiivsust.

4.4.2 Vormifaktori analüüsi tulemused

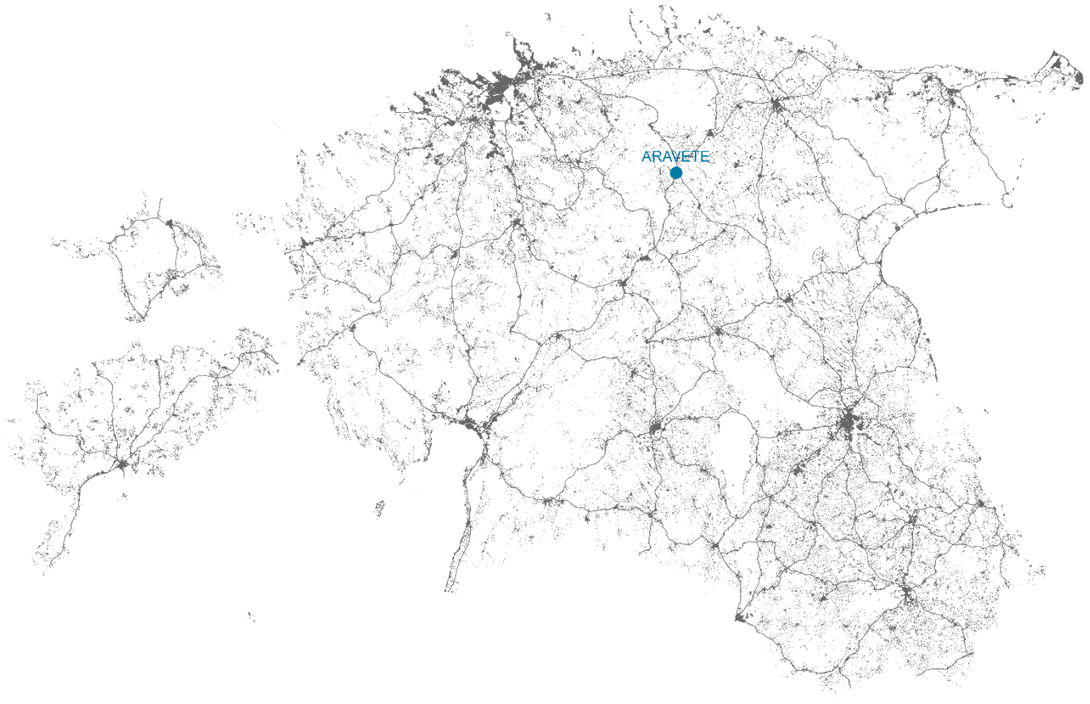
Vaatluse alla võeti kaheksa erinevat ruumikuju, kõik netopindalaga 600 m^2. Vormifaktorid varieerusid 1.95 kuni 3.24 (Joonis 27). Tulemustest on näha, et enim muudab vormifaktorit ehitusalusepinna suuruse muutust, seejärel katus ja viimaks hoone korruselisus.

VF väärtuste erinevus on niivõrd väikese hoone puhul minimaalne, millest saab järeldada, et enam tasub mõelda sellele, et kas katust õnnestub integreerida hoonesse selliselt, et see toetaks PV-paneelide kasutamist. On leitud, et passiivmaja korral peaks VF väärtus olema alla 3.0 (Gonzalo *et al* 2016, 35), sellet saab järeldada et A-klassi hoone puhul on lubatud veidi kõrgem optimaalne VF väärtus.

Käsitletud valemis (Lisa 4) on ehitusalusel pinnal (st. põrand pinnasel) juures koefitsient 0.5 mis väljendab soojuse kadu pinnasesse. Töö autor leiab, et taolist koefitsienti võiks kasutada ka katuse juures, aga vastupidiselt st ≥1.0. Seda seetõttu, et katuse U-väärtus on kõigist tarinditest alati kõige madalam ja sellest saab järeldada, et mida suurem on katusepind seda energiatõhusam on hoone.



Joonis 27. Vormifaktor 600 m^2 hoonetele



Joonis 28. Projekti asukoht

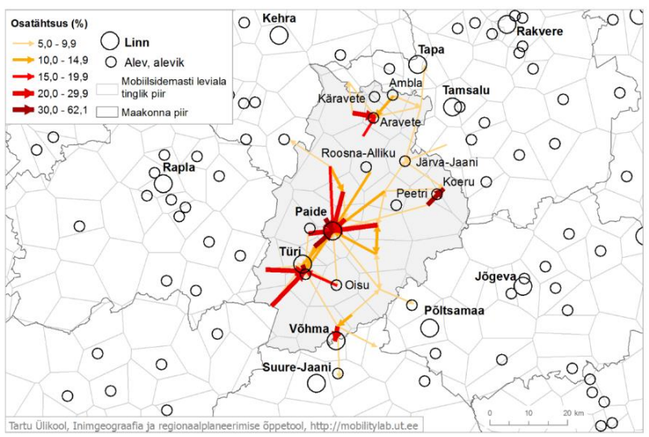
5 Projekt

5.1 Asukoht

5.1.1 Asukoha valik

Aastal 2015 välja antud uuringus kaardistati Eesti olukord esmatasandi tervishoiu kättesaadavus. Kaardistamise tulemusena valmis kaart (Joonis 7), kus on esitatud esialgsed pakkumised tervisekeskustele ja nende filiaalidele, sealjuures on arvesse võetud miinimumnõue 3 perearsti ja -õe tagamine ETTK-s. (Sepp *et al* 2015, 63) Esmatasandi tervisekeskuste kaasajastamise määruses nr 36 on välja toodud, et Järvamaal Järva vallas on esmatasandi tervishoiu tõmbekeskuseks Aravete alevik (Joonis 28).

Praegusel hetkel on Albu piirkonna ligi 1137 patisenti suunatud 30 km kaugusele Paide linna põhjusel, et kohapeal pole perearsti. Riik on ette näinud, et esmatasandi tervisekeskus oleks kodu lähedal, mida kummaski kohas hetkel tagatud pole. Samuti on teada nii Albu-Paide vahel on väiksem bussiliiklus kui Aravete suunal, seda seetõttu, et Aravete alevikku läbivad bussiliinid suunduvad Aegviidus asuvasse rongipeatusesse. Tartu Ülikooli poolt aastal 2013 avaldatud regionaalse pendelrände kordusuuringus leiti, et Aravete on tõmbepunkt, mis mõjutab vähemalt 3 ümberkaudset piirkonda (Joonis 29) ja igapäevaselt liigub keskusesse 500 inimest (Ahas *et al* 2013, 50). Eespool loetletud põhjuste tõttu soovib töö autor projekteerida ETTK Aravete alevikku.



Joonis 29. Pendelränne Järva maakonnas. (Ahas *et al* 2013, 43)

Aravete alevik suurusega 285,1 ha (Ramboll Eesti AS 2015, 4) asub Kesk-Eestis Pärnu-Rakvere maantee ääres, Järvamaa ja Lääne-Virumaa maakondade piiril. Aravetel on inimasustus olnud 16. sajandist, 1845. aasta teavikutest on teada, et siis oli aleviku maadel 20 talu ja esimene kool avati 1858. aastal (OÜ E-Konsult 2009, 32). Alevik moodustati 1975. aastal Maarja töölisasula ja Aravete küla ühendamisel ning sellest sai kolhoosi keskus ja on tänase päevani Ambla-Albu piirkonna keskuseks (TEA entsüklopeedia 2009, 216). Riiklikute struktuuride asutustena asuvad alevikus nii päästeteenistuse kui politseiprefektuuri komandod ja alevikust 2 km kaugusel asub RMK metsamajandamise keskus. Lisaks asuvad alevikus hoolekodu, apteek, raamatukogu, keskkool ja lasteaed (Lisa 6).

5.1.2 Üldplaneering

Aastal 2017 toimunud haldusreformi käigus liideti Järva vallaks järgmised vallad – Albu, Ambl, Järva-Jaani, Imavere, Koeru, Koigi ja Kareda. Järva valla volikogu on teinud ettepaneku valla üldplaneeringu koostamiseks, kuid dokument ei ole valmis. Selle tõttu kasutab töö autor järgnevas analüüsis endise Ambla valla aastal 2009 valminud üldplaneeringut.

Üldplaneeringus on toodud valla tugevustena välja soodne kliima, vähene tööpuudus, hea transpordiühendus ja suur asutustihedus võrreldes kõrval valdadega. Kuna alevik loodi nõukogude ajal ehitusmaterjalide tootmiseks on seal arenenud tööstusküla ja agrolinnake toimiv tänaseni. Dokumendis on toodud välja, et uued ehitised toovad kaasa püsivaid keskkonnamuutusi ning see peab olema seotud olemasoleva asustusega. (OÜ E-Konsult 2009, 9-16)

Selleks, et uued ehitised sobituksid keskkonda on oluline, et üldkasutatava haljasala osakaal juba haljastatud krundil oleks 80% ning tuleb arvestada ümbritsevaid hooneid ja nende funktsioone. Uued hooned peavad olema madalad ja sobituma väike-elamute piirkonda. Lisaks tuleb rajada võimalus jalgrattaga ja puuetega inimeste iseseisvaks ligipääsuks ning parkimine tuleb lahendada krundisiseselt. Alevikku rajatav hoone konstruktsioonis tuleb eelistada kivi- või karkasskonstruktsiooni, palkmajad ei ole lubatud. (OÜ E-Konsult 2009, 56-69)

Joonis 30. Situatsiooniskeem.

Joonis 31. Aravete koolihoone (autori erakogu)

Joonis 32. Aravete koolihoone (autori erakogu)

Joonis 33. Aravete kultuurimaja (autori erakogu)

Autor analüüsis Aravete alevikku ning leidis sobivaim koht ETTK asukohaks on Aravete Keskkooli ja Aravete kultuurikeskuse vaheline ala (Joonis 30). Maa-ameti geoportaali kohaselt on kinnistu 13402:004:0206 sihtotstarbeks ühiskondlike ehitiste maa, pindalaga 40 803 m^2. E-Konsulti poolt koostatud üldplaneeringus on antud asukohale üldkasutatavate hoonete ala nagu nt tervishoiu- ja sotsiaalasutused (E-Konsult OÜ 2009, 72).

Alevikus paiknev Aravete koolimaja (Joonised 31-32) asub projekteeritavast ETTK-st kirdes, on ehitatud mitmes etapis. Esimene etapp valmis aastal 1941 ja on funktsionalistlikus stiilis, hoone arhitekt ei ole teada. Juurdeehituste arhitekt on Ignar Fjuk, esimene juurdeehitus õppekorpuse näol valmis aastal 1985, võimla sai valmis 1988 ja ujula 1991. Hoonekompleks asub keset parkmetsa ning on orienteeritud Piibe mnt suunaliselt. (Raam 1997, 75)

Projekteeritava ETTK hoonega samal kinnistul, Piibe mnt 27, asub Aravete kultuurimaja (Joonis 33), millele pandi nurgakivi aastal 1937 ja mis avati aastal hiljem 1938. Tegu on 2-korruselise funktsionalistliku hoonega , mis on aktiivses kasutuses. (Kultuurimälestiste riiklik register 2019)

5.1.3 Lokaalne kliima

Eestis asub paravöötme kliimast, see tähendab et temperatuur kõigub sõltuvalt aastaajast ning on mõjutatud ka kontinentaalsest kliimast. Energiatõhusa hoone rajamiseks nelja aastajaga kliimas on vaja silma pidada, et suved võivad olla jahedad ning vajavad samuti kütmist. Selleks, et vähendada soojakadusid läbi piirete on oluline osa hästi soojustatud välispiiretel. Soojal suvel on võimalus kasutada ära jahedaid öid, et tagada päevasel ajal jahedam ruumitemperatuur ja samuti võimaldada loomuliku ventilatsioon. (Hootman 2012, 138)

Aravete asub sisemaal, mis tähendab et pole püsivaid tugevaid tuuli. Domineerivateks tuulteks on edela- ja läänetuuled, mistõttu on oluline, et loodav keskkond aitaks takistada tuulekoridoride tekkimist. Keskmine tuule kiirus 10 meetri kõrgusel on 2.0-2.5 m/s. (Aunap 2017, 11)

Aastas on ligikaudu 120 päeva, mil alevik on lumega katud ning sama pikk on ka periood mil temperatuur ei lange ööpäeva jooksul alla 0 kraadi (Aunap 2017, 10). Seetõttu on projekteerimisel oluline vältida sokli osas külmasildade teket.

5.1.4 Geoloogiline analüüs

Projekteeritava tervisekeskuse alal on leetjad mullad. See tähendab, et taimkate on liigi- ja rohttaime vaene, kuna kvaliteetset huumuse horistonti mulla Ca vähesuse tõttu ei teki. Kaltsiumi vajalikkus on oluline, et pinnase hapestumist neutraliseerida ja muuta huumust sisaldavad ained püsivaks. (Liiber *et al* 2014, 413) Levinuimad puud on kask ja kuusk (Aunap 2017, 14).

Aravete alevik asub Tapa põlevkivi maardla kohal. (Aunap 2017, 15). Maardlas olev põlevkivi asub liiga sügaval ja seda ei peeta hetkel veel nii väärtuslikuks, et seda oleks mõistlik kaevandada.

5.2 Asendiplaan

5.2.1 Üldosa

Objekt asub Järva maakonnas, Järva vallas, Aravete alevikus aadressil Piibe mnt 27. Projekteeritud kinnistu pindala on 40803 m², ühiskondlike ehitiste maa 100%. Peale kultuurikeskuse asub ehitusregistri andmetel kinnistul kõrvalhoone suurusega 20m^2 ja discgolfi rada. Lisaks tervisekeskuse kinnistule on vajalik korrastada Piibe mnt tänavaruum ja tuua ühistranspordipeatused loodavale tervisekeskusele lähemale.

Projekteerimise objektiks on Aravete esmatasandi tervisekeskus koos hoone ümbruse ja Piibe maanteel asuvate ühistranspordipeatuste liigutamisega. Projektlahendusega kavandatakse läänes asuvad bussipeatused, hoonest põhjapoole jääv parkla, hoone lõunaküljes ehk siseõues olev puhkeala. Lisaks rajatakse kergliiklusteed, mis ühendavad tervisekeskuse Aravete koolimaja ja Aravete kultuurikeskusega.

5.2.2 Maaomand

Piibe mnt 27

- Katastritunnus: 13402:004:0206
- Sihtotstarve: Ühiskondlike ehitiste maa 100%
- Pindala: 40 803 m²

TOIDUPOOD

PIIBE MNT

MÄEKALDA

- OLEMASOLEV OKASPUU
- UUS OKASPUU
- OLEMASOLEV LEHTPUU
- UUS LEHTPUU
- LAUDLEHT "ASTIBOIDES TABULARIS"
- SÜDAJAS TIARELL "TIARELLA CORDIFOLIA"
- HARILIK SIREL "SYRINGA VULGARIS"
- HOONE SISSEPÄÄS
- LED TÄNAVAVALGUSTUS
- PARKLA SÕIDUTEE KATEND, NUNNAKIVI, TOON - HELE HALL
- PARKLA PARKIMISKOHA KATEND, NUNNAKIVI, TOON - TUME HALL
- HALJASALA
- ARAVETE KOOLI PARGI LOODUSKAITSEALA
- KÕNNITEE SILLUTISKIVI, KLOOSTRIKIVI, TOON - HELE HALL
- MAJA SILLUTISVÖÖ, KLOOSTRIKVI, TOON - TUME HALL

Joonis 34. Asendiplaan 1:400

Piirnevad maaomandid

Piibe mnt 21

- Katastritunnus: 13402:004:0207
- Sihtotstarve: Ühiskondlike ehitiste maa 100%
- Pindala: 59625 m²

Piibe mnt 23

- Katastritunnus: 13402:004:0880
- Sihtotstarve: Elamumaa 100%
- Pindala: 1442 m²

Piibe mnt 25

- Katastritunnus: 13402:004:0730
- Sihtotstarve: Elamumaa 100%
- Pindala: 1945 m²

Pargi tn 1

- Katastritunnus: 13402:004:1560
- Sihtotstarve: Elamumaa 100%
- Pindala: 2105 m²

Pargi tn 3

- Katastritunnus: 13402:004:1550
- Sihtotstarve: Elamumaa 100%
- Pindala: 1676 m²

Pargi tn

- Katastritunnus: 13402:004:1570
- Sihtotstarve: Elamumaa 100%
- Pindala: 1840 m²

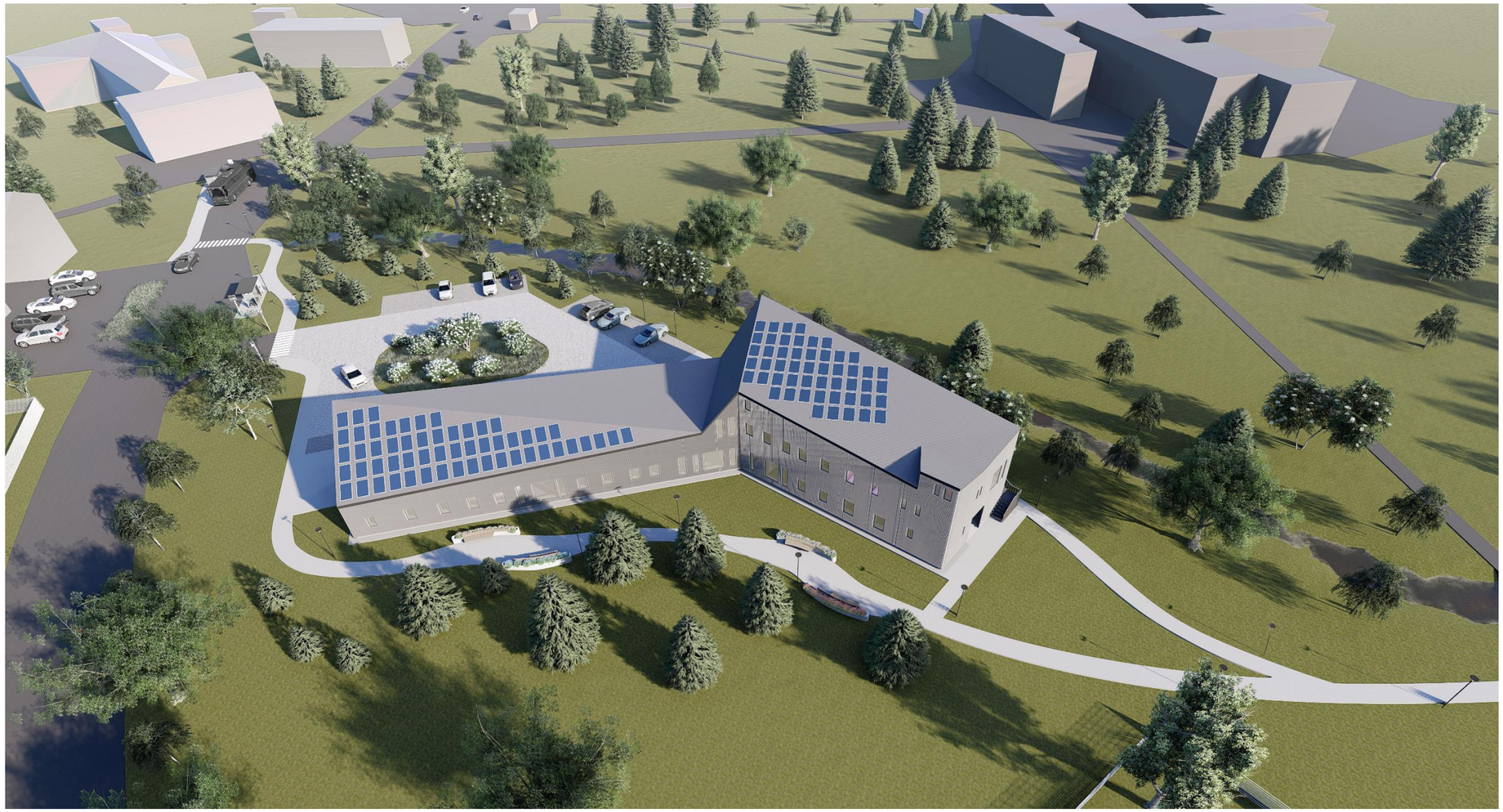
5.2.3 Asendiplaan

Planeeringu (Joonis 34) kandvaks ideeks on säilitada maksimaalselt olemasolevat keskkonda, ilma seda kahjustamata. Selliselt tekib eraldi ala parklaks ja lõunapoolne, tänavamürast eraldatud sisehoov. Kõik kinnistul paiknevad puud säilitatakse. Hoone põhjapoolsesse külge rajatakse parkla ning samuti on tagatud ligipääs prügiautole. Selleks, et hoone mõjuks tervikuna ülejäänud keskkonnas luuakse kergliiklusteed piki oja ja mööda sisehoovi.

Sisehoovi on ette nähtud istumisalad, kuhu kõikide pinkide kõrval on ette nähtud vaba ruum 900 mm, et tagada mugav puhkevõimalus liikumispuudega inimestele. Seljatoed on ühendatud istutuspottidega, et tekivad privaatsed pesad puhkamiseks. Puhkekohad on vajalikud, kuna ümbruses on mitmed aktiivset liikumist soodustavad tegevused nagu näiteks discgolfi rada, võrkpalli platsid ja kooli staadion. Samuti on puhkekohas võimalik oodata saabuvat maakonnabussi. Parkimisala keskele tekib roheala, kuhu on ette nähtud vabaplaneeringus sireli põõsad ja õistaimed – laudleht, südajas tiarell.

5.2.4 Vertikaalplaneering

Kinnistu asub laugel maal, kus on väike looduslik kalle oja poole, mida projektis maksimaalselt ära kasutatakse. Kinnistul tekkiv sadevesi suunatakse idaküljes paiknevasse ojja selliselt, et sillutatud aladele on kavandatud avatud äravoolusüsteem. See on planeeritud, et sademetevesi suunatakse kinnistu äärel kulgevasse ojja.



Joonis 35. Vaade alale

5.2.5 Katendid

Tervisekeskuse alal liigub eeldatavasti põhiliselt sõiduauto ja suuremat koormust ei pea kate taluma. Korra nädalas sõidab parklas prügiauto ja samuti peab olema valmidus kiirabiauto ligipääsuks.

Sõidutee katend kinnistu ristmikul, sissesõidul

- asfaltbetoon AC 16 surf 70/100
- kiilutud lubjakivikillusik alus
- dreenikiht
- olemasolev aluspinnas

Sõidutee katend parklas

- nunnakivi
- geotekstiil drenaažikihi rajamiseks
- liivapadi
- kruusapadi
- olemasolev alupinnas

Parkimiskoha katend

- nunnakivi
- geotekstiil drenaažikihi rajamiseks
- liivapadi
- kruusapadi
- olemasolev alupinnas

Kõnnitee katend

- kloostrikivi
- geotekstiil drenaažikihi rajamiseks
- liivapadi
- kruusapadi
- olemasolev alupinnas

Haljasala murukate

- murukülv
- kasvupinnas
- olemasolev pinnas/ täitepinnas

Sillutiskivivöö hoone perimeetris

- kloostrikivi
- liivapadi
- kruusapadi

5.2.6 Äärekivid

Sõidutee servas on kasutatud betoonist äärekivi 150 x 290 mm. Kõnnitee ja haljasala servas äärekivi 80 x 200 mm.

5.2.7 Jalgrattaparkla

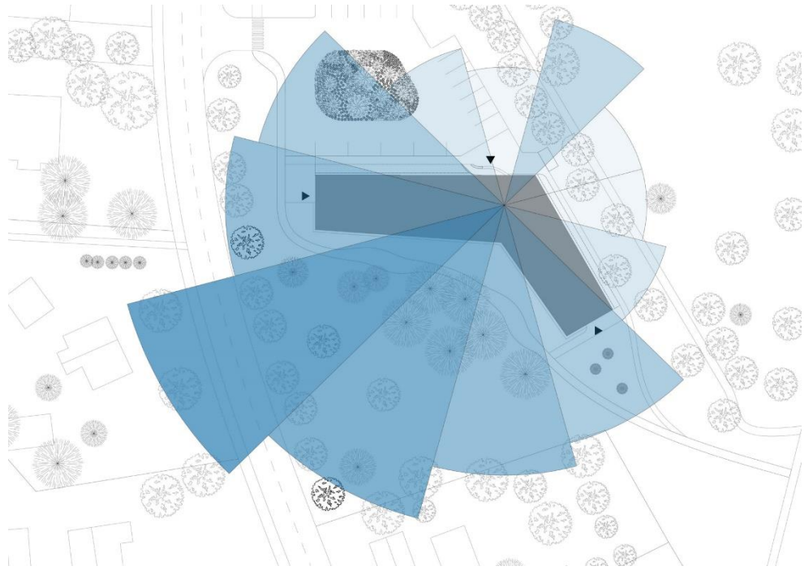
Sademete eest kaitstud jalgrattaparkla asub kinnistu idaservas. Jalgrataste jaoks on rajatis, suurusega 4800 x 2200 mm, kuhu mahub kokku 10 ratast. Jalgrattahoidjad, kus saab jalgratast hoidja külge kinnitada on lukustatavad raamist.

5.2.8 Parkimislahendus

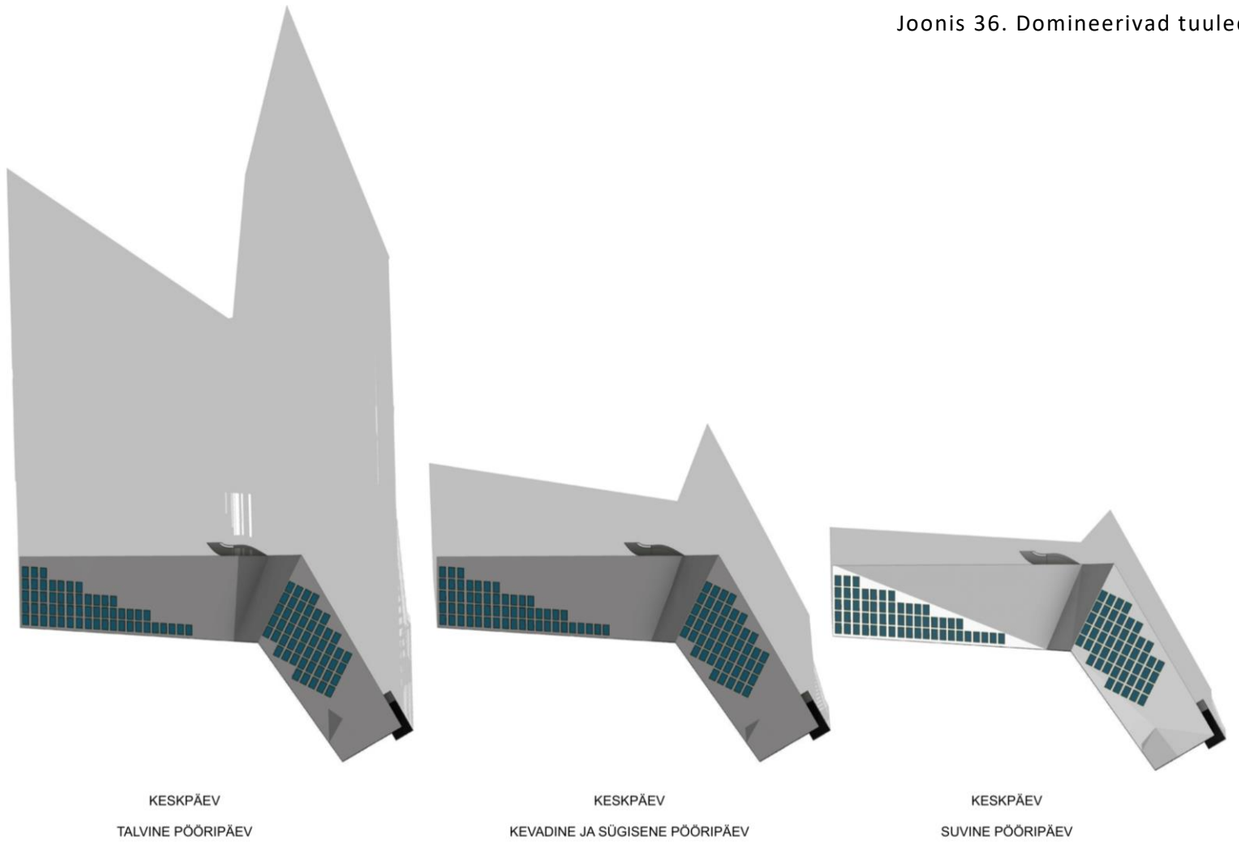
Sõidukite liikumine parkla ja sissesõidul on ühesuunaline. Parkimine on lahendatud, et parklasse sisse sõites on esmalt koht prügiautole ning seejärel on tervisekeskuse ees eraldatud 2 kohta peredele ja peasissepääsule kõige lähemal paiknevad 2 kohta liikumispuudega inimestele. Lisaks on loodud 12 tavakohta laiusega 2700 x 5000 mm.

5.2.9 Olemasolev haljastus

Planeeringu oluliseks kontseptsiooniks (Joonis 35) on säilitada maksimaalselt olemasolevat madal- ja kõrghaljastust. Kinnistu idapiiril paikneva oja serv on tihedalt erinevate lehtpuudega kaetud- paju, kask. Kinnistu keskel asuvad okaspuud, kuused. Kinnistu ja Piibe maantee ääres asub lehtpuudest allee.



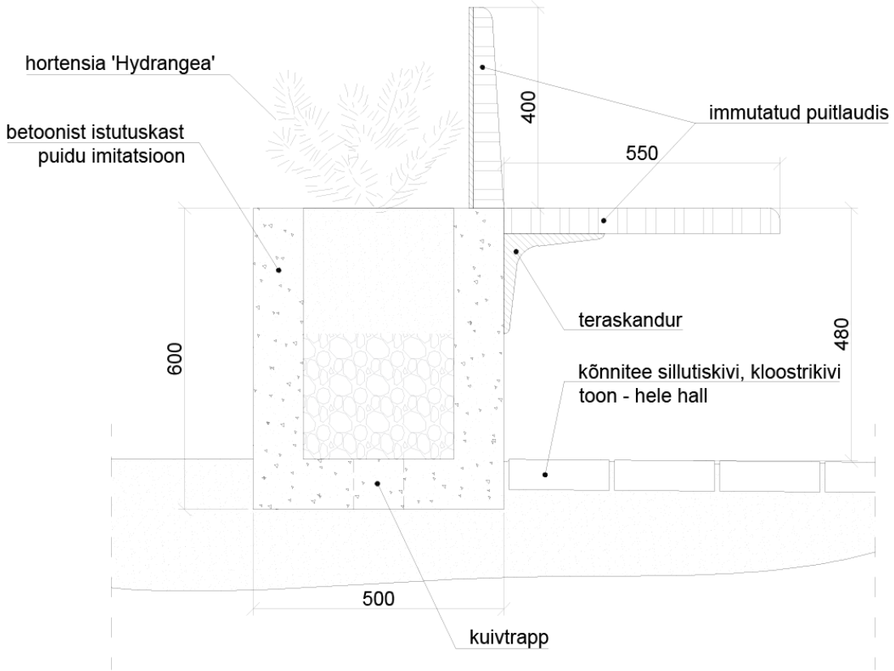
Joonis 36. Domineerivad tuuled



Joonis 37. Päikese liikumine

5.2.10 Projekteeritud haljastus

Piibe maantee ääres oleva allee tihendatakse 2 puu võrra. Uusi puuistikuid lisatakse loode-lääne suunaliselt, et varjutata domineerivaid tuuli (Joonis 36). Haljastuse abil luuakse siseõue tuulte eest varjutatud, aga päikesele avatud õdus puhkeala (Joonis 37). Valdavalt on alal murukate, kuid istumispinkide (Joonised 38-39) taha olevatesse istutuskastidesse on ette nähtud hortensiad „Hydrangea“.



Joonis 38. istumispink 1:20

Joonis 39. Vaade sisehoovile

Parkla ette loodavale väljakule istutatakse hariliku sireli (Joonis 40) „Syringa vulgaris“ istikud. Sirelite alla isutatakse varjulist kohta taluvad taimed – laudleht (Joonis 41) „Astilodies Tabularis“ ja südajas tiarell (Joonis 42)„Tiarella Cordifolia“, mõlemad on valgeõielised.

Joonis 40. Harilik sirel (autori erakogu)

Joonis 41. Laudleht (autori erakogu)

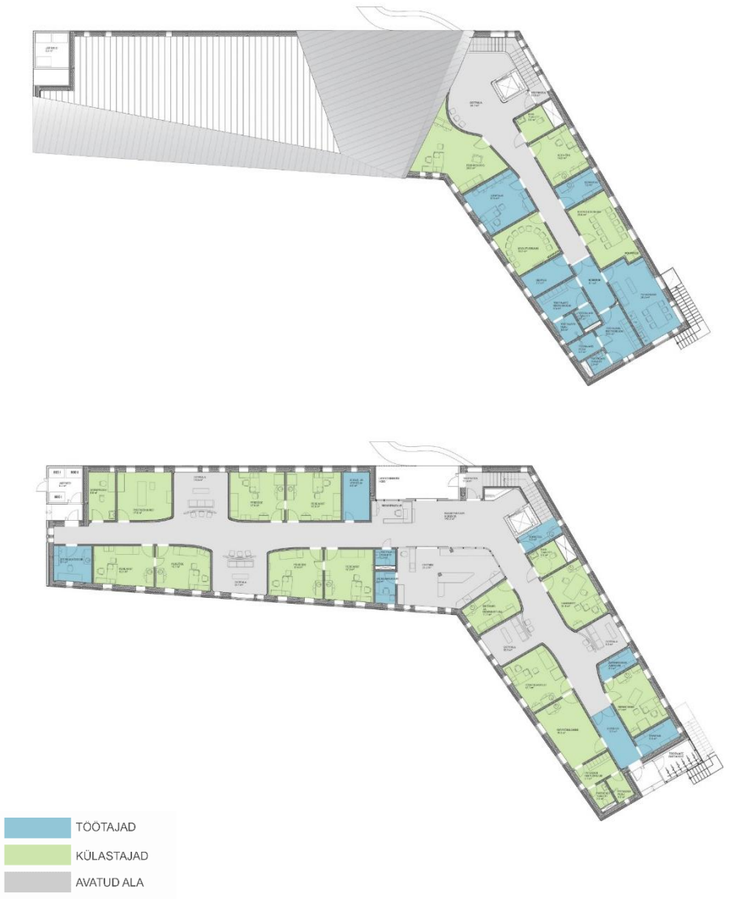
Joonis 42. Südajas tiarell (autori erakogu)

5.2.11 Jäätmekäitlus

Rajatava tervisekeskuse läänеküljel asub jäätmekäitlus ruum, mille ette on nähtud peatumisala prügiautole. Kavandatud parkla arvestab prügiautole vajalike pöörderaadiustega ning sel viisil on tagatud mugav ja parkla kasutus.

5.2.12 Tänavavalgustus

Parklasse ja jalgteede äärde on projekteeritud LED tänavalgustid, mis on 6 meetri kõrgused ja asuvad üksteistest kuni 20 meetri kaugusel. Kokku on planeeritud 21 uut külma tooniga tänavavalgustit.



Joonis 43. Hoone funktsionaalne skeem 1. ja 2. teisel korrusel

5.3 Arhitektuur

5.3.1 Üldandmed

Käesoleva projektiga kavandatakse kinnistule (Piibe mnt 27, Aravete alevik) 2 maapealse korrusega esmatasandi tervisekeskuse hoone. Tervisekeskuses paiknevad perearstikeskus, eriarstide ja hambaarsti kabinetid lisaks toetavad teenused nagu koolitusruum ja ofitsiin. Järgnevalt käsitletakse tervisekeskuse hoone arhitektuurset lahendust eelprojekti staadiumis. Hoone on paigutatud detailplaneeringuga määratud kinnistule, millel on detailplaneeringujärgselt näidatud ühiskondlike ehitiste maa 100%. Hoone teostatakse ühes etapis.

5.3.2 Hoone arhitektuuri üldkontseptsioon

Hoone kasutusviisiks on ravihoone. Sellest johtuvalt on hoone kavandatud lihtsa põhiplaaniga. Hoone peasissepääs asub kirdes ning selle vastas asub ofitsiin, mille klaasfassaad ja välisseinas paiknevad aknad toovad siseõue ruumi sisse. Kõigist hoone kabinettidest ja ootealadest välja vaadates on tagatud nn roheline silmapiir. See tähendab, et vaated mida külastajad näevad on loodusrikkad ja mitmekesised, mis loovad rahulikku meeleolu.

Esimesel korrusel asub kaks peamist tsooni (Joonis 43). Hoone läänetiivas asuv tsoon on mõeldud perearstidele ja -õdele ning neid toetavatele funktsioonidele (protseduurid, sterilisatsioon, tualettruum uriiniproovi andmiseks). Teine tsoon idas on mõeldud ämmaemandale, hambaarstile ja füsioteraapiale. Idatiiba on koondatud erialaarstid, kelle juurde on tulemas patsiendid, kellel on lihtsam liikuda hoone esimesel korrusel. Sealjuures on füsioterapeudi juurde tagatud eraldi sissepääs, mis loob võimaluse kasutada ruume ka peale ülejäänud hoone sulgemist õhtustel aegadel. Lisaks asub esimesel korrusel panipaik, sooja- ja veesõlm, külastajate ja töötajate tualetid ning koristusvahendite ruum.

Hoone teisel korrusel asub samuti kaks tsooni, mis mõlemad asuvad hoone idatiivas. Liftiga või trepikojast teisele korrusele jõudes on esmalt kabinetid, millele on vaja rohkem privaatsust ja vaikust. Nendeks on psühholoog ja koduõde. Samuti asub teisel korrusel ruum juhatajale, koolitusruum, koosolekuruum, puhkeruum ja riietusruumid töötajatele. Ruumid, mis on mõeldud vaid töötajatele on eraldatud klaasuksega, selliselt on saavutatud privaatne hooneblokk. Lisaks asub teisel korrusel server, külastajate ja töötajate tualetid ning koristusvahendite ruum.

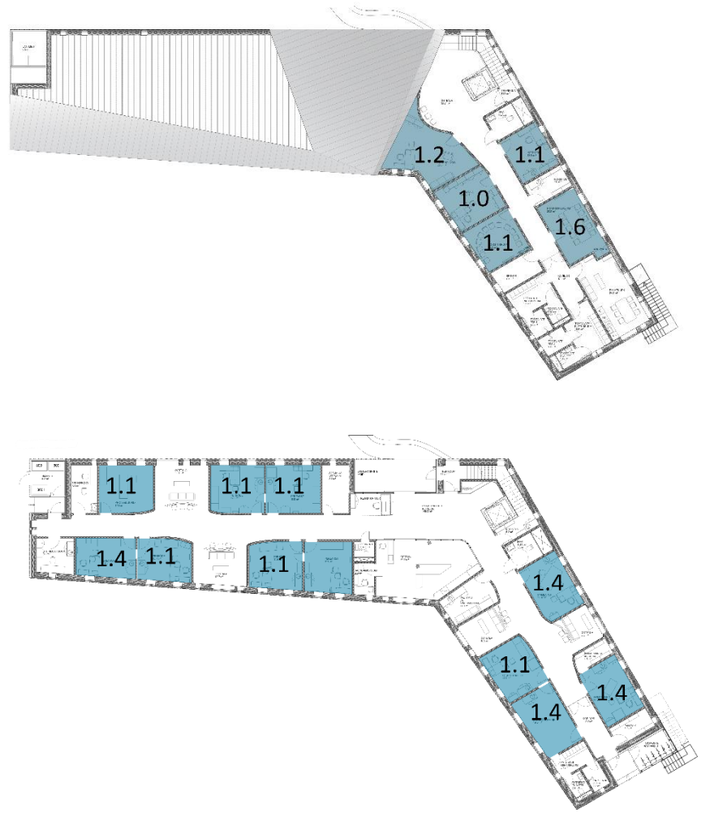
Hoonel on tinglikult määratud ka kolmas korrus, milles paikneb mitte-köetav tehnoruum. Sinna on koondatud hoone ventilatsiooniks vajalikud seadmed ja masinad. Tehnoruumi pääseb läbi luugi, mis asub teise korruse ootealas. Hoone katusel paikneb päiksejaam, kus asuvad päikesepaneelid, mis toodavad tervisekeskuse toimimiseks vajalikku energiat.

Tervisekeskus on ravihoone ning sellest tulenevalt võeti koridorides kuhu külastaja pääseb, kasutusele voolavad koridori seinad ja ümarad nurgad. Oluline, et ruum milles külastaja viibib,on orgaaniline ning seal saab kulgeda. Materjalidest kasutades seintel valget kipsi, lagi on kaetud puiduga ning põrandal asub tumesinine, kõrval voolavat oja markeeriv naturaalne linoleum. Linoleumi valituks osutumisel mängivad rolli materjali CO_2 neutraalsus ja biolagunemine looduses mõne aastaga.

Esmatasandi tervisekeskuses on ootealad, millel on mitu kasutuseesmärki. Esmalt on need veidi eraldatud puhkealad arsti ootamiseks, lisaks istumiskohtadele on nurkades mänguvõimalused lastele. Projekteeritav keskus asub maapiirkonnas, kus liigutakse ühistranspordiga. Kuna ühistranspordi peatus asub kohe hoone kõrval, on inimesel bussi võimalik sooja ruumis oodata. Ootealasid eraldab koridorist karastatud ja matistatud klaassein, mille eesmärk on luua privaatust ootealale ning tuua valgust koridori.

Hoone on lahendatud veidi pööratud L-kujulise mahuna, seda katab mänglev katusemaastik, mille geomeetria tuleneb ilmakaartest ja all paiknevatest ruumidest. Tervisekeskuse peasissepääs on kavandatud üldisest tänavafrondist tagasiastega ning selle ees asub pandus ja kahe-astmeline trepp. Diagonaalselt lõigatud puitprussidega samm on 142 mm on ääristatud peasissepääs. Sinna on ette nähtud ala lapsevankritele, mis asub peasisepääsu taanduvas osas ja mille turvalisus on tagatud registratuuritöötaja kohalolekuga teisel pool klaasfassaadi. Hoone ida- ja läänekülgedel asuvad sissepääsud on samuti markeeritud diagonaali lõigatud puitprussidega, mille samm on 142 mm.

Hoone on kaetud diagonaalselt lõigatud puitprussidega, samm 71 mm, mis päikese liikudes hoonele väikeseid, aga mängulisi varje loovad. Prussina kasutatakse Siberi lehist, mis peab muutuvale ilmastikule hästi vastu. Hoone katus on kaetud valtsplekk klassik profiiliga, tooniga antrasiithall RAL7016, mille sammuks on 520 mm. Hoone veerennid toonis RR32, on peidetud puitprusside taha ning vihmaveetorud paiknevad fassaadiga samas tasapinnas, tehes tagasiaste.



Joonis 44. Optimaalseim jahutuskoormusest ja päevavalgustegurist tulenev ruumisuhe ETTK ruumides.

5.3.3 Energiatõhusus ja sisekliima

Hoone on kavandatud vastavalt A-energiatõhususklassile.

Hoones paiknevate ruumide planeerimisel on järgitud standardi EVS-EN 15251:2007 ja EVS 916:2012 soovituslike nõudeid sisekliimale.

Hoones kasutatud piirdetarindite U-arvud on järgmised:

- välissein ≤0.090 W/m2K
- soojustatud pööningulagi ≤0.085 W/m2K
- põrand pinnasel ≤0.090 W/m2K

Hoones kasutatud väliste avatäidete U-arvud on järgmised:

- aknad 0.72 W/m2K
- välisuksed (profiiluksed) 0.90 W/m2K

Akende ja uste soojajuhtivusnäitajate all on mõeldud avatäite tervik-soojajuhtivust:

- akende g-arv ≤0.40

Hoone projekteerimisele eelnes analüüs, kus tehti simulatsioonid ruumidele suurustes 9-30 m^2. Simulatsioonide tulemusena tekkisid infopilved, kus on leitav info, milline ruumi suurus vastab parimatele tingimustele päevavalgusteguri tagamisel ja madala jahutuskoormuse osas. Seda tingimusel, kui ruumi 2 akent asuvad ühes välisseinas (Joonis 44).

5.3.4 Hoone ruumid

Hoone on kavandatud 2 maapealse korrusega.

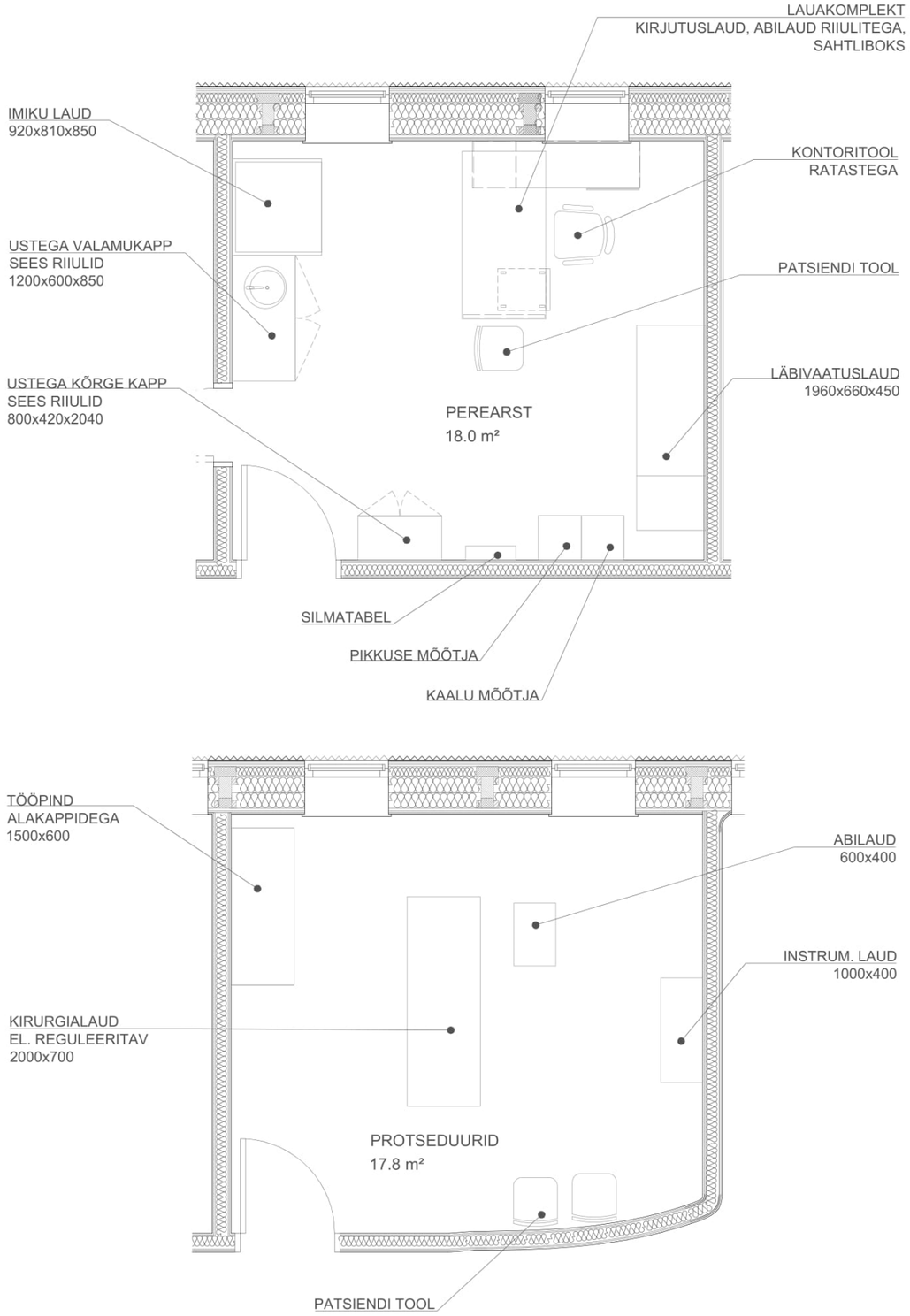
Korrused on omavahel ühendatud trepikoja ja liftiga. Kolmandale mitteköetavale korrusele pääseb läbi luugi, mis asub 2. korruse ootealas.

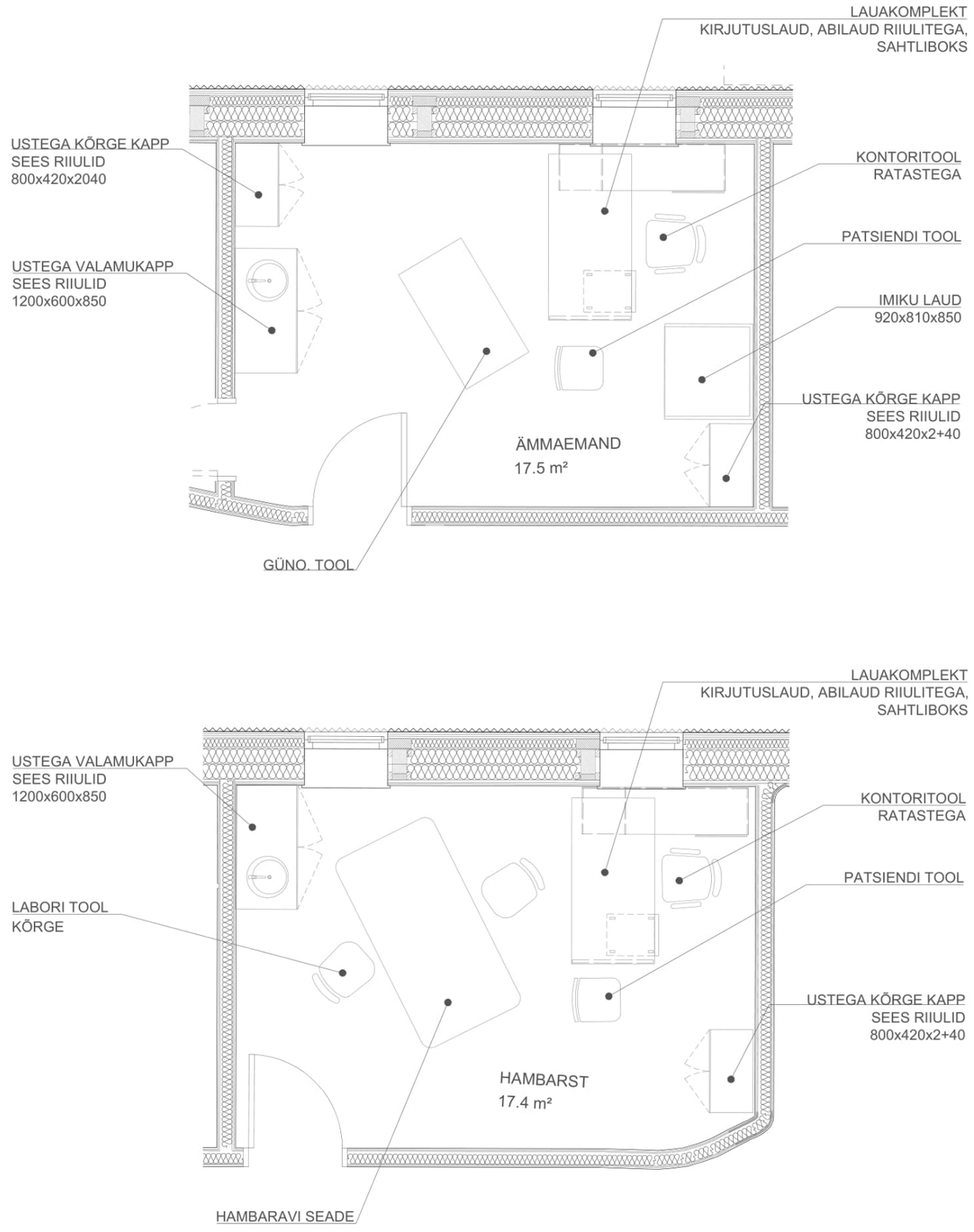
Tabel 14. 1 korruse ruumid

01 korruse plaan	
FÜSIOTERAPEUT	17.7 m²
HAMBARST	17.4 m²
IMETAMIS- JA MÄHKIMISTUBA	11.7 m²
INVA TUALETT	5.5 m²
JAENDAMISRUUM	4.4 m²
JÄÄTMED	8.2 m²
KORIDOR	8.3 m²
KORIDOR	145.3 m²
KORISTUS	5.2 m²
OFITSIIN	37.3 m²
OOTEALA	14.6 m²
OOTEALA	13.7 m²
OOTEALA	10.9 m²
OOTEALA	8.2 m²
PANIPAIK	5.9 m²
PATSIENDI PESU	3.3 m²
PATSIENDI RIIETUSRUUM	5.7 m²
PATSIENDI TUALETT	2.8 m²
PEREARST	16.1 m²
PEREARST	18.0 m²
PEREARST	17.0 m²
PEREÕDE	15.7 m²
PEREÕDE	17.9 m²
PEREÕDE	17.4 m²
PROTSEDUURID	17.8 m²
RAVIVÕIMLEMINE	19.3 m²
SOOJA- JA VEESÕLM	8.8 m²
STERILISATSIOON	9.1 m²
TAMBUR	16.4 m²
TREPIKODA	11.9 m²
TÖÖTAJATE TUALETT	2.2 m²
URIINIPROOV	8.8 m²
ÄMMAEMAND	17.5 m²
ÄMMAEMANDA ABIRUUM	4.5 m²
	544.4 m²

Tabel 15. 2 ja tehno korruse ruumid

02 korruse plaan	
INVA TUALETT	5.5 m²
JUHATAJA	17.9 m²
KODUÕDE	13.9 m²
KOOLITUSRUUM	16.2 m²
KOOSOLEKURUUM	20.0 m²
KORIDOR	56.2 m²
KORIDOR	8.1 m²
KORISTUS	7.0 m²
PSÜHHOLOOG	26.5 m²
PUHKETUBA	24.2 m²
SERVER	7.7 m²
TREPIKODA	10.6 m²
TÖÖTAJATE PESU	3.5 m²
TÖÖTAJATE PESU	3.7 m²
TÖÖTAJATE RIIETUSRUUM	8.5 m²
TÖÖTAJATE RIIETUSRUUM	10.6 m²
TÖÖTAJATE TUALETT	2.5 m²
TÖÖTAJATE TUALETT	2.3 m²
	245.0 m²
TEHNOKORRUS	
TEHNORUUM	84.4 m²
	84.4 m²





Joonis 45. Kabinettide sisustus 1:50

5.3.5 Kabineti sisustus

Erialaarstide kabinettide sisustus on detailselt paika pandud Tartu Ülikool poolt koostatud uuringus. Sellele tuginedes planeeris autor eriala arstide kabinetid (Joonis 45) (Sepp *et al* 2015).

5.3.6 Liikumis-, nägemis- ja kuulmispuudega inimeste liikumisvõimalused

Hoone sissepääs asub tänavapinnast ca 200 mm kõrgemal. Selleks, et tagada invaliididele sujuv sisenemine hoonesse, on sissepääsu tasandi ja tänavafrondi vahele kavandatud kaldtee (kalle 5%). Hoone mõlemale korrusele on projekteeritud üks invanõuetele vastav wc. Korruste vahel liikumiseks on ette nähtud lift ja trepp. Liftikabiini sisemõõtmed 1400x1400mm. Lifti uste laius – 1000mm. Kõikidesse patsiente teenindavatesse ruumidesse on planeeritud uksed, mis on ratastoolis liikujale läbitavad. Uste minimaalne laius - 1000mm. Ootealade planeerimisel võeti arvesse, et sinna saaks mugavalt siseneda ratastoolis inimene.

5.3.7 Avatäited

5.3.7.1 Normdokumendid

- Aknad peavad vastama standardile EVS-EN 14351-1:2006+A2:2016 Aknad ja uksed. Tootestandard, toimivus, omadused. Osa 1: Aknad ja välisuksed, millele ei esitata tulepüsivus- ja/või suitsutõkestusnõudeid.
- Klaaspaketid peavad vastama standardile SFS 4704 või E0332, pr. EN 1279.
- Uksed peavad vastama standarditele SFS 4434 ja SFS 4487.

5.3.7.2 Välisuksed

Hoonel on 2 välisust, mis on klaasitusega. Klaasistusega välisuksed on külmakatkestusega metallkonstruktsioonis profiiluksed, värvitoon tumehall RAL7016.

Klaasistus - 3x argoontäitega klaaspakett (3k4mm COOL-LITE SKN176 + 4mm PLANICLEAR + 4mm PLANITHERM XN - 16/18 Argoon) Klaaspakettides kasutada Swissspacer Ultimate komposiitliistu. Metall-profiilukse tervik-soojajuhtivus U=1.0 W(m2K). Klaaspaketi päikesefaktor g≤0.40

Turvakaalutlustel on välisuste klaaspaketi välimine klaas karastatud ja sisemine lamineeritud. Välisuksed varustatakse sulguritega, lukustatava kinnitusriiviga ning turvalukuga, mis on avatav nii tavavõtmega kui ka läbipääsusüsteemi poolt juhitava kaardiga.

Ukse konstruktsioon ja selle liitekohad seintega peavad tagama tiheduse, mis välistab vihmavee sattumise piirdetarinditesse. Uste veepidavus peab vastama standardi EVS-EN 12208 A klassi nõuetele.

5.3.7.3 Siseuksed

Üldkasutatavate ruumide siseuksed on metallkonstruktsioonis profiil- või sileuksed, toon valge, RAL 9016. Uksed varustatakse r/v terasest madalate lävepakkudega ja ukse toonis metallist piirdeliistudega. Kabinettide siseuksed on puitkonstruktsioonis siledad manteluksed. Uste laius 1000mm. Viimistlus – lamineeritud, toon – valge (RAL9016). Märgade ruumide (kus on ainult ventilatsiooni väljatõmme) on uste alaossa on ette nähtud tuulutuspilu 20mm.

Metallkonstruktsioonis klaasitud tuletõkkeukse (EI30) klaaspaketis kasutatakse EI tuletõkkeklaasi. Tehniliste ruumide uksed ja tulekindlad uksed on metall-konstruktsioonis sileuksed tulepüsivusega EI30
- varustatakse r/v terasest lävepakkudega ja ukse toonis metallist või puidust piirdeliistudega.

5.3.7.4 Aknad

- kabinettidesse ja puhkeruumidesse paigaldatavad aknad on avatavad
- turvakaalutlustel on üldkasutatavates ruumides (ofitsiin, ootealad) põrandani ulatuvate akende klaaspakettide sisemine klaas karastatud
- klaasistus - 3x argoontäitega klaaspakett (3k4mm COOL-LITE SKN176 + 4mm PLANICLEAR + 4mm PLANITHERM XN - 16/18 Argoon)
- klaaspakettides kasutada Swissspacer Ultimate komposiitliistu
- aknaraami toon sees – valge, väljas – tumehall RAL7016
- akna tervik-soojajuhtivus U=0.72 W(m2K)
- päikesefaktor g≤0.40

Joonis 46. Lähimad hoone elementide tootjad.

5.3.8 Pääs katusele

Pääs hoone katusele toimub kahel viisil:

- 1-korruselise hoone osas – hoone väline redel
- 2-korruselise hoone osas – läbi tehno ruumis asuva luugi

5.3.9 Väline evakuatsioonitrepp

Hoone teiselt korruselt tagatakse teine evakuatsioonitee maapinnale väliskeskkonnas paikneva trepi ja käigutee kaudu. Evakuatsioonitrepi teraskonstruktsioon toetub r/b postvundamentidele. Trepi ja käigutee kandekonstruktsioon on teraspostid ja terastalad. Kandeelementide toon on tumehall RAL7016. Trepi astmed on terasest keevisrest astmed (kuumtsingitud). Käigutee kaetakse keevisrest plaatidega (kuumtsingitud). Trepipiire valmistatakse kuumtsingitud ja värvitud terasprofiilidest (ribateras), toon tumehall RAL7011. Evakuatsioonitrepp imiteerib prussidega kaetud fassaadi. Selleks kasutatakse L-kujulist terasmetall profilli, sammuga 142 mm. Lähim terastrepi tootja asub ETTK hoonest 1 km kaugusel (joonis 46).

5.3.10 Kaldtee ja trepp hoone tänavapoolsel küljel

Hoone tänavapoolsele küljele rajatakse liikumispuudega inimeste pääsuks hoonesse monoliitsest raudbetoonist kaldtee. Kaldtee varustatakse mõlemal küljel piirdega, mille postide vaheline kaugus on 110 mm ja kõrgus 1000mm. Täiendavaks pääsuks rajatakse hoone peasissepääsu esisele platvormile monoliitsest raudbetoonist trepp.

5.3.11 Valgusreklaam hoone seinal

Hoone välisseinale, peasissepääsu kohale paigaldatakse ruumilistest tähtedest tekst – TERVISEKESKUS. Tähed on seest valgustatud.

- toon valge RAL9016
- tähe kõrgus 540 mm
- teksti font on arial

5.3.12 Lift

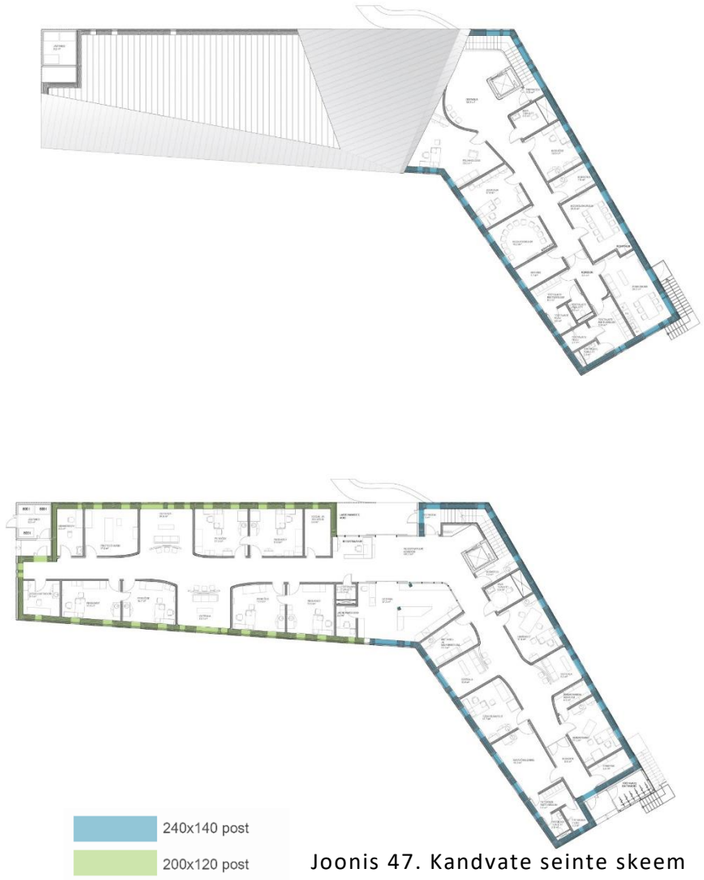
Hoonesse on projekteeritud lift:

- lifti max. tõstejõud on 800kg.
- maksimaalne inimeste arv 10
- kabiini tüüp – HERMES
- lifti ukse laius - 1000 mm.
- kabiini siselaius - 1400mm
- kabiini sisesügavus – 1400mm

Lift peatub mõlemal korrusel, uksed on harjatud roostevabast terasest. Kabiinid LED valguslaega ja r/v käsipuuga, põrandal on pvc-kate. Kabiinis on klaasist puutetundlik juhtpaneel, sisse-ehitatud avariivalgustus, alarm, uste avamise ja sulgemise nupud ja kabiini asukohta ja liikumissuunda näitav valgustabloo. Mõlemal korrusel on klaasist puutetundlikud nupud ja lifti asukoha näitaja. Liftišaht on täisbetoneeritud betoonõõnesplokkidest (nt plokk paksusega 190mm).

5.3.13 Hoone tehnilised andmed

kasutamise otstarve	12644 Ambulatoorse arstiabi osutamise hoone
hoone tuleohutuse klass	TP1
kasutusviis	III kasutusviis
gabariitmõõtmed:	
pikkus	40.2 m
laius	28.3 m
kõrgus proj. maapinnast	3.86 m - 10.76 m (katusekatte kõrgeim punkt)
ehitisealune pind	663.1 m²
korruselisus	2
suletud netopind	849.2 m²
suletud brutopind	1022.9 m²
tehnoruumide pind	84 m²
köetav pind	764.7 m²
maht (maa-pealne)	4524.8 m³
kasutusiga	50 aastat



Joonis 47. Kandvate seinte skeem

5.4 Hoone konstruktsioonid ja pinnakatted

5.4.1 Vundament

Hoone vundamendi taldmik valatakse monoliitsest raudbetoonist 1200 mm sügavusele. Hoone lintvundament laotakse plokkidest, suurusega 405x305 mm. Lintvundamendi asetatakse L-kujuline EPS perimeter 120, et vältida külmasildade teket.

5.4.2 Põrand pinnasel

Maapinnast üleulatuv sokliosa kaetakse tsementkiudplaadiga, toon tumehall MD282. Soklikonstruktsioonid võõbatakse hüdroisolatsiooniga, et eraldada need seinakonstruktsioonidest. Samuti laotakse hoone ümber 1000 mm pikkune EPS perimeter 120, paksusega 100 mm. See on vajalik, et vältida külmasildade teket. Esimesel korrusel on ette nähtud raudbetoonist põrand (paksusega 100 mm). Põrandaplaadi sisse paigaldatakse põrandaküttetorustik. R/b plaadi alla paigaldatakse armeeritud PE-kile. Märgades ruumides paigaldatakse lisaks põrandaküttetorustikule ka põrandaküttekaabel. Hoone põrandasse on ette nähtud vahtpolüstüreensoojustus kahes kihis EPS 100 150+150 mm. Soojustusplaadid paigaldatakse tihendatud liivaalusele min. paksusega 300 mm.

Põrandate kalded trappide suunas üldjuhul ≥1/100, dušširuumides ≥1/50.
Põranda katteks on linoleum tooniga tumesinine, Artigo Kayar K62. Tualett- ja pesuruumides on kasutusel homogeenne vinüülkate, toonis tumesinine Sphera Element navy 50039.

5.4.3 Vertikaalsed ja horisontaalsed kandekonstruktsioonid

Hoone kandvaks elemendiks on tehases eeltoodetud puitkarkassmoodulid, millele toetuvad ogaplaat kinnitustega katusefermid. Tervisekeskus rajatakse eeltoodetud moodulelementidest, et viia maksimaalseks hoone õhutihedus. Lähimad moodulelementide tootjad asuvad Aravetest 47 ja 48 km kaugusel.

Kandvaid karkassiposte on kahes mõõdus (Joonis 47). Ühekorruselise hoone osas on posti mõõduks 120x200 mm ning kahekorruselise hoone osas 140x240 mm. Hoone jäikus ja stabiilsus tagatakse karkassipostide, vahelagede ja katusefermide koostööga. Lisaks kasutatakse puitu karkassimaterjalina seetõttu, et tegu on taastuva materjaliga, mille vee- ja CO_2 jalajälg on madal. Katus on toetatud eeltoodetud katusefermidele, mis kinnitatakse ogaplaatidega, et vähendada liidestele kuluva metalli mahtu. Katuseferme toodetakse Aravetest 9 km kaugusel, seetõttu on kulu transpordile väike.

5.4.4 Trepid

Tervisekeskuses asub üks trepikoda, kuhu on projekteeritud puitkonstruktsioonis trepp, mille lähim valmistaja asub Aravetest 9 km kaugusel. Trepiastmetel libeduseks vältimiseks kasutatakse astmetele anti-slip õlivaha. Käsipuu valmistatakse ümarpuidust (õlitatud tamm) ning see kinnitatakse seinale.

5.4.5 Vahelaed

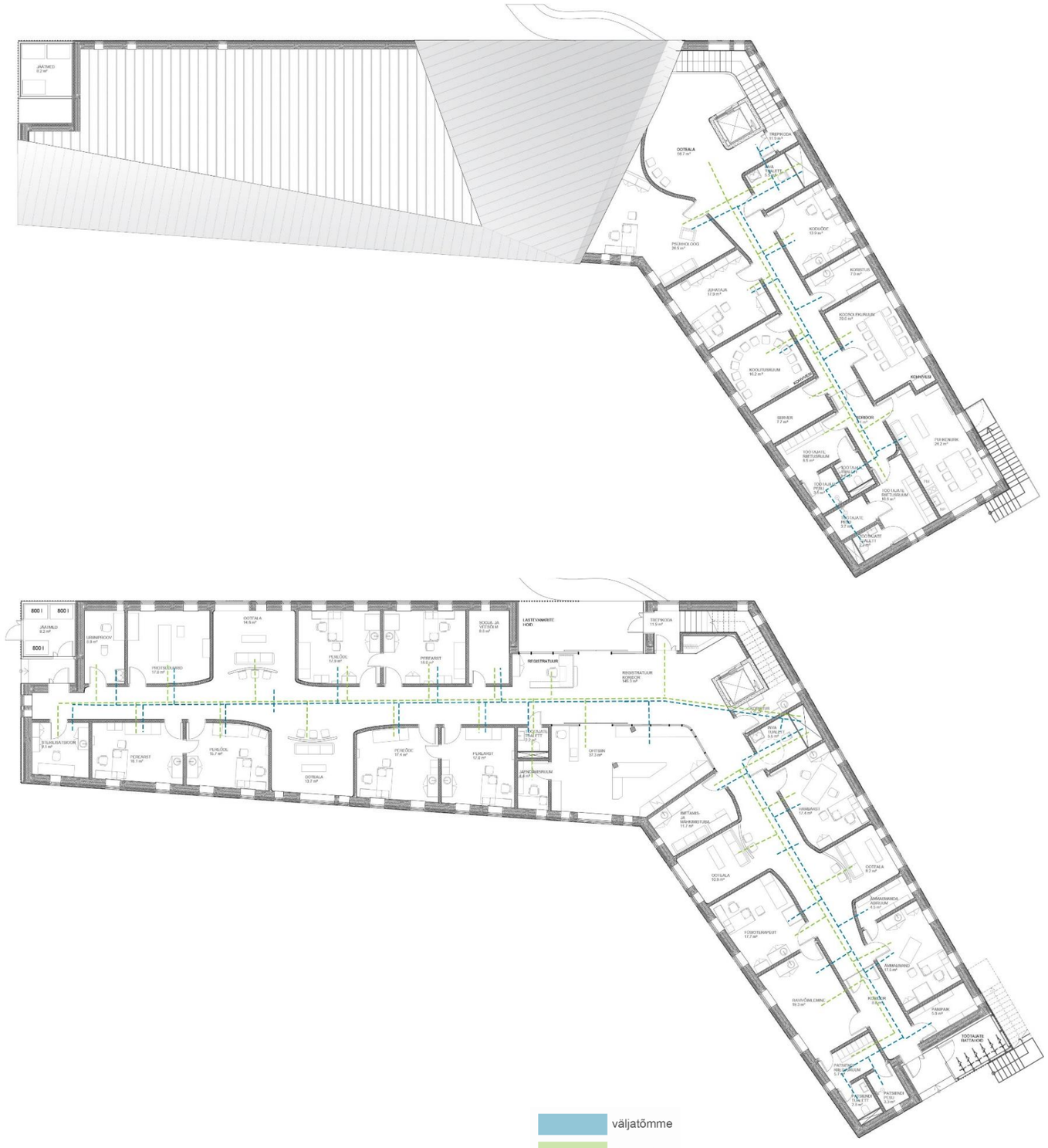
Vahelagi on puitfermidest, paksusega 650 mm, mille vahele paigaldatakse mineraalvill. Fermi peale paigaldatakse soojustusplaat heliisolatsiooni parandamiseks ning selle peal asub betoonkiht, paksusega 100 mm. Põrandaküttega ruumides paigaldatakse põrandaplaadi sisse põrandaküttetorustik. Märgades ruumides paigaldatakse lisaks põrandaküttetorustikule ka põrandaküttekaabel. Soojustatud vahelagi on samuti puitfermidest, paksusega 800 mm, mille vahele paigaldatakse mineraalvill. Vahelae sisse paigaldatakse tehnosüsteemide magistraalid, tänu millele pole hoones tarvis ripplagesid. Vahelaed kinnitatakse välisseinte külge fermi kanduritega.

5.4.6 Katus, katuslagi

Katuse kandekonstruktsioonis kasutatakse eeltoodetuid katuseferme, kus on prussid suurusega 95x50 mm ning need on omavahel kinnitatud ogaplaat kinnitustega. Lähim fermitootja asub 9 km kaugusel. Katusekattena on kasutuses valtsplekk, profiiliga klassik, mille samm on 520 mm. Hoone katusekonstruktsioon on tuulutatav. Lähim katusekatte tootja asub ETTK-s 30 km kaugusel.

Tervisekeskuse katus on välise vihmaveeäravooluga. Vesi juhitakse fassaadis varjatud veerenni abil vihmaveetorru ning seal maapinnale, kus loodusliku kalde abil jõuab vesi krundi idapiiril paiknevasse ojja. Lisaks on veerennidele paigaldatud võre, et vältida lehtede sattumist renni, mis võib selle ummistada. Lähim veeplekkide valmistaja asub hoonest 46 km kaugusel.

Ühekorruselise hoone osa katusele pääseb mööda redelit ning kahekorruselise osa katusele pääseb läbi tehnoruumi paigaldatava katuseluugi.



Joonis 48. Ventilatsiooni sissepuhke ja väljatõmbe skeem

5.4.7 Välisseinad

Hoone välisseinad valmistatakse tehases toodetud puitkarkasselementidest, mille vahel on 400 mm paksune mineraalvillakiht. Ehitusplatsil lisatakse100 mm paksune PIR soojustusplaat karkassipostidele, vältimaks karkassipostide ja elementide ühenduskohtades külmasildasid. Kohapeal paigaldatava mineraalvilla kihi peale pannakse 20 mm paksune tuuletõkke plaat, mille järel on 100 mm tuultusvahe. Peale tuulutusvahet tuleb tihe laudis, paksusega 22 mm, mille peale kinnitatakse diagonaalselt lõigatud 50x50 puitprussid. Kuna vaid hoone välisseinad on kandvad on seda ehitist tulevikuks lihtne mõne muu funktsiooni tarbeks ümber kohandada.

5.4.8 Siseseinad

Tervisekeskuse kõik siseseinad on mitte-kandvad.

Mitte-kandev sisesein (va trepikoda, lift) on ette nähtud kergseinana (150mm teraskarkassil, kaetud mõlemalt poolt 2xkipsplaadiga, täidetud min. villaga). Mitte-kandev sisesein trepikojas ja lifti ümber on projekteeritud 190 mm täisbetoneeritud õõnesplokist.

Kõik niiskete ruumide seinad tuleb kaetakse niiskustõkkega kogu ruumi kõrguses. Duššide jt. voolava vee kõrval olevad ja sellega kokkupuutuvad seinad võõbatakse hüdroisolatsiooniga. Köögimööbli taha jäävad seinaosad katta niiskustõkkega mööbli paigutuskõrguses. Märgades ja niiskustehniliselt nõudlikes ruumides ei tohi vesi pääseda vaheseinatarinditesse, vahelagedesse ega ümbritsevatesse ruumidesse.

5.4.9 Ventilatsioon

Selleks, et hoida ventilatsioonitorustik lihtsana tuuakse peamagistraalid alla läbi inva tualettruumi taga asuvast žahtist ning vahelagedes, puitfermide sees viiakse torustikud mööda koridori ruumidesse laiali. Hoonesse on kavandatud mehaaniline sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon (Joonis 48).

Kasutusel on järgnevad kütteseadmed:

- radiaatoriküte (kabinetid);
- vesi-põrandküte (riietusruuumid,duširuumid, registratuur, ootealad, koridor):
- õhkkardin – hoone peasissepääs.

Hoone on ühendatud tsentraalse küttesüsteemiga, sest alevik saab energia CHP koostootmisjaamast, mis asub 1 km kaugusel.

5.4.10 Akustika

5.4.10.1 Ehitusakustika lahenduste põhimõtted

Hoone välispiire ehitatakse tehases toodetud puitelementidest, paksusega 400 mm.

Välisseinte projekteerimisel on arvestatud välismüratasemega LpA,eq.T vahemikus 56 – 60 dB.

Välispiirete õhumüra isolatsiooniindeks Rtr,s,w ≥30dB

Avatäidete õhumüra isolatsiooniindeks Rtr,s,w ≥30dB

5.4.10.2 Ruumide vahelised heliisolatsiooninõuded

Sisepiirete projekteerimisel on arvestatud järgmiste min. õhumüra isolatsiooniindeksitega:

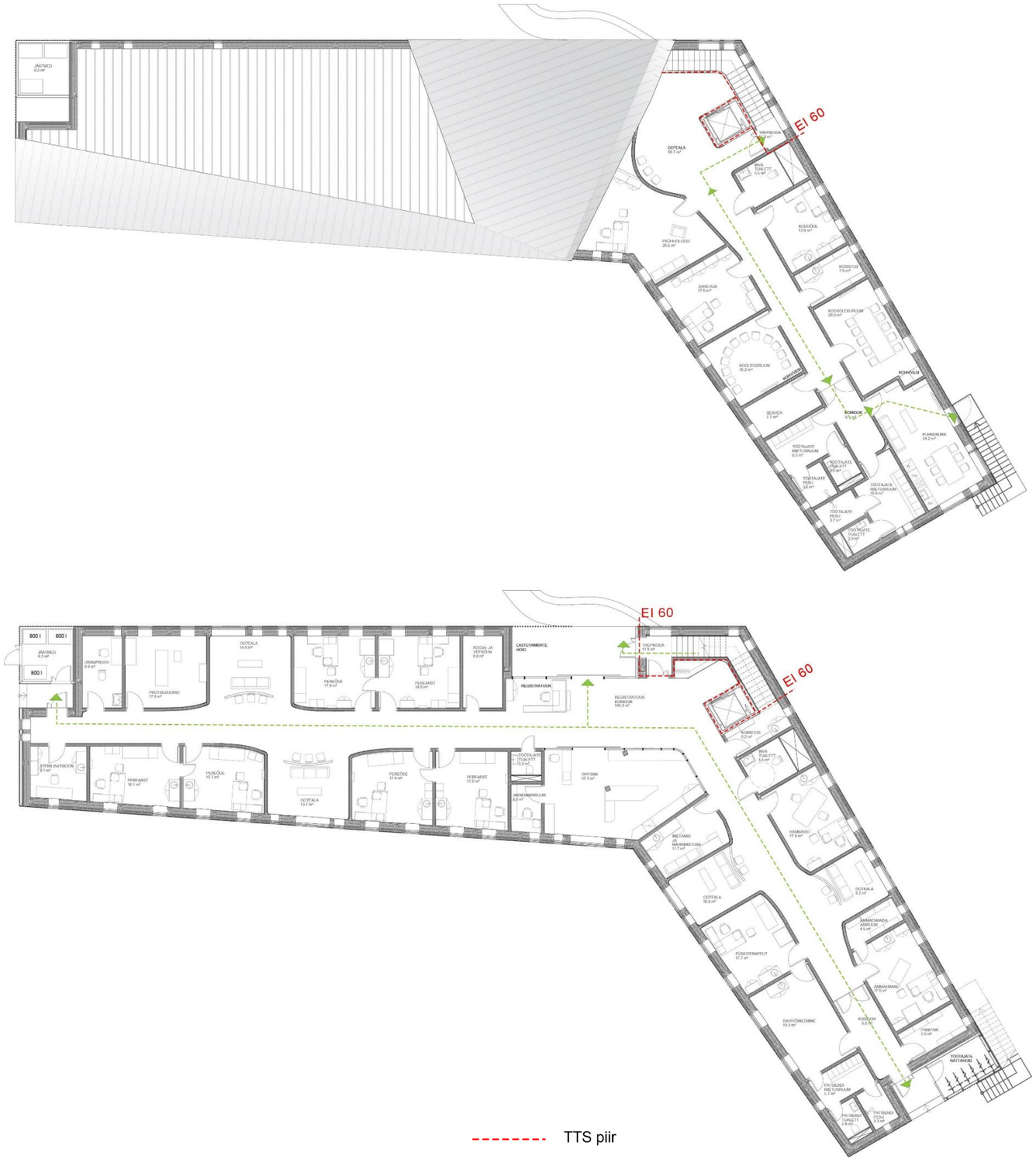
Kabinettide vahel: R, w ≥52dB

Kabinettide ja üldkasutatavate ruumide vahel: R, w ≥52dB

Kabinettide ja üldkasutatavate ruumide vahe, kui ruumi seinas on uks: R, w ≥39dB

Kabinettide uste heliisolatsioon: R, w ≥35dB

Kabinettide ja tehniliste ruumide vahel: R, w ≥60dB



Joonis 49. Hoone tuleohutusplaan

5.5 Tuleohutus

5.5.1 Tuleohutuse tagamise põhimõtted

Kande- ja tuletõkkekonstruktsioonide tulepüsivusajad

Hoone kande- ja tuletõkkekonstruktsioonide tulepüsivus – REI60

Hoonesisese trepi kandekonstruktsioon – R60

Hoonevälise evakuatsioonitrepi kandekonstruktsioon – R60

Põlemiskoormus

Põlemiskoormus hoones on alla 600 MJ/m^2.

Piksekaitse

Hoone piksekaitse projekteeritakse ja paigaldatakse vastavalt piksekaitse standardile EVS-EN 62305.

5.5.2 Tuletõkkesektsioonid, tulepüsivus

Hoones on kaks korrust. Esimese korruse netopindala – 519.7 m^2, teise korruse netopindala 245.0 m^2.

Hoone on jaotatud tuletõkkesektsioonideks korruste kaupa. Igal korrus on omaette tuletõkkesektsioon (Joonis 49).

Sektsioonide tulepüsivus on EI60.
Avatäidete tulepüsivus on EI30.

Hoonet läbivad vertikaalsed kommunikatsioonišahtid ei moodusta omaette tuletõkkesektsioone. Hoone vahelae tasapinnas on ventilatsiooni läbiviikudele projekteeritud tuletõkkeklapid ning kanalisatsiooni läbiviikudele tuletõkkemansetid.

Tuletõkkekonstruktsioonis kasutatavad tuletõkkeuksed peavad vastama minimaalselt nõudele Sa. Tuletõkkeuksed, mille kaudu pääseb evakuatsiooniteele või trepikotta, peavad vastama minimaalselt nõudele S200.

5.5.3 Evakuatsioonilahendus

5.5.3.1 Maksimaalne inimeste arv

Hoones üheaegselt viibivate inimeste maksimaalne arv:

- töötajad - 16,
- patsiendid - 32,
- nõupidamiste saali, koolitusruumi ja ofitsiini külastajad - 30
-

Kokku viibib hoones korraga maksimaalselt 78 inimest.

5.5.4 Evakuatsiooniteed

Evakuatsiooniteede laiused ja arv

Esimese korruse ruumidest toimub põhievakuatsioon koridoride ja kõrvals issepääsude kaudu välja. Teine evakuatsioon on tagatud peasissepääsukaudu. Teiselt korruselt toimub põhievakuatsioon läbi peatrepikoja. Teine evakuatsioon on tagatud läbi väliskeskkonnas paikneva evakuatsiooni trepi, kuhu pääseb puhkeruumist.

Lifti evakuatsiooniks ei kasutata. Tulekahjuhäire olukorras sõidab lift automaatselt I korrusele ja seiskub. Häire olukorras toimub ratastoolis olevate patsientide evakuatsioon hoone teiselt korruselt trepikoja kaudu tugiisikute või tervisekeskuse töötajate füüsilise abiga.

Evakuatsioonitee laius hoones on minimaalselt 1200 mm. Välise evakuatsioonitrepi ja teisel korrusel paikneva evakuatsiooniplatvormi laius 1270 mm. Väline evakuatsioonitrepp ja katuseplatvorm rajatakse metall-kandekonstruktsioonis ja metallist restastmetega. Trepiastme mõõdud 180(h)x270(b) mm. Hoone trepi kandekonstruktsioonide tulepüsivus R60. Välise evakuatsioonitrepi kandekonstruktsioonide tulepüsivus R60. Lubatud maksimaalne normatiivne väljumistee pikkus 30m. Väljumisteede pikkus hoones ei ületa normatiivset väljumistee pikkust, hoones on ATS süsteem, mis tagab et maksimaalne väljumistee pikkus võib olla 30+15=45 m.

Trepikojad

Hoonesse on ette nähtud tulekindel trepikoda (EI60), millest pääseb tulekahju korral otse välja.

Joonis 50. Vaade evakuatsioonitrepile

5.5.5 Evakuatsiooniväljapääsud

Evakuatsiooniks kasutatavate uste laius evakuatsiooniteel on 1200 mm. Evakuatsiooniteedel paiknevad uksed avanevad väljapoole ja on varustatud evakuatsioonisuluse ehk avamisseadmega, mis on alati avatav ilma abivahenditeta ning suluseavamise liigutus ei ole vastupidine evakuatsiooni suunale. Evakuatsiooniteel asuv tuletõkkeuks on isesulguv ja avatav võtmeta, sealhulgas elektroonilise võtmeta. Evakuatsiooniteel paiknevad lükanduksed peavad ATS häire korral automaatselt avanema. Tuletõkke- ja evakuatsiooni avatäited ja sulused peavad vastama EVS 871:2017 nõuetele. Hoone teiselt korrusel pääseb välja ka puhkeruumist pääsetavasse evakuatsioonitrepile (Joonis 50).

5.5.6 Juurdepääs katusele

Hoone kõrgus projekteeritavast maapinnast katuseharjani on hoone kõrgeimas punktis 10.76 meetrit. Ühekorruselise hoone osas on ligipääs tagatud redeliga ning kahekorruselise hoone osas on ligipääs tagatud läbi katuseluugi, mis asub mitteköetavas tehnokorrusel.

5.5.7 Päästemeeskonna infopunkt

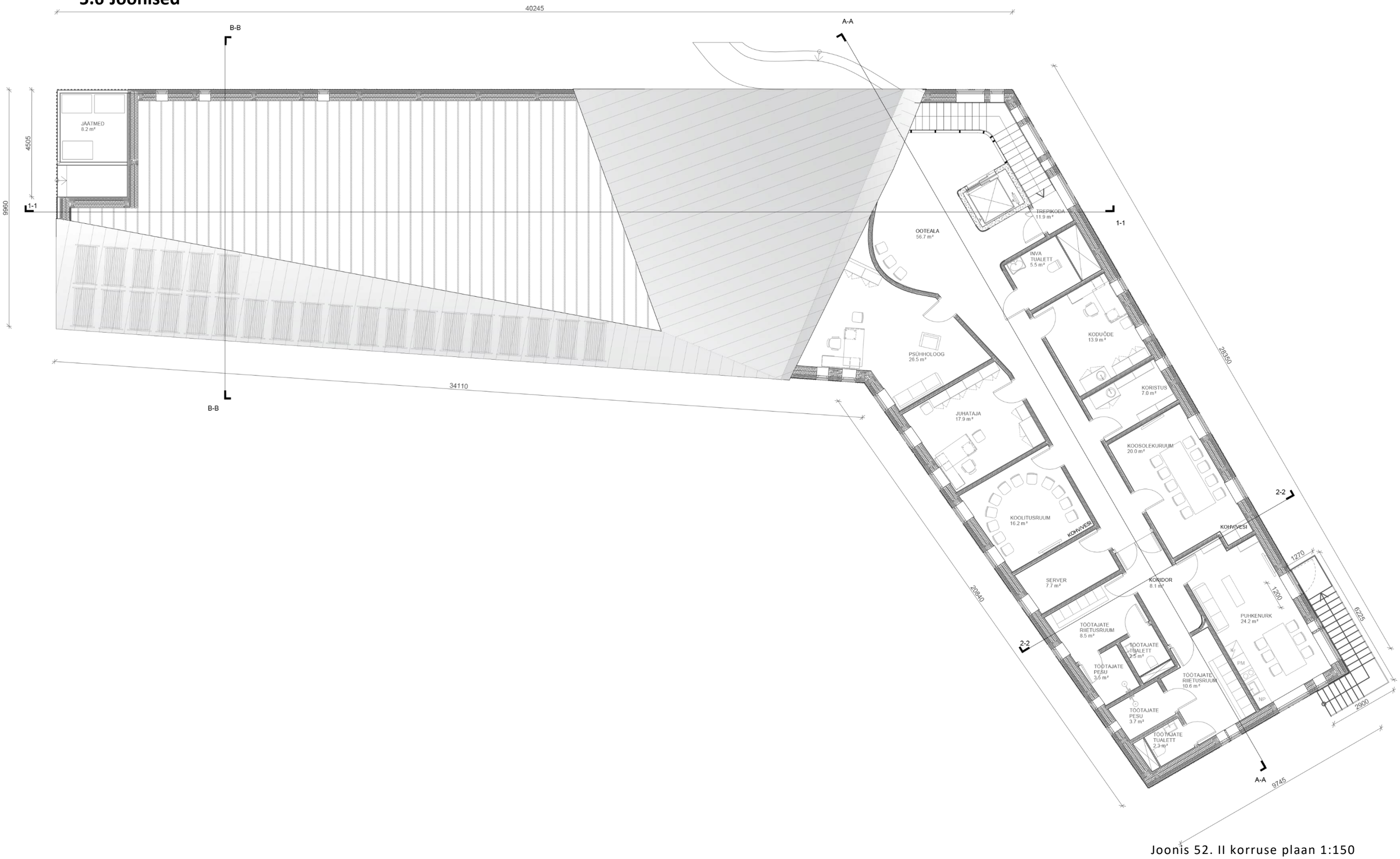
Päästemeeskonna sisenemine hoonesse toimub hoone peasissepääsu kaudu. ATS keskseade, tuleohutuspaigaldiste infotabloo ning päästetöödeks vajaliku skeemid ja joonised (ATS paiknemisskeemid, suitsutsoonide skeemid) asuvad hoone peasissepääsu kõrval, registratuuri töötaja seljatagusel seinal.

5.5.8 Väline tulekustutusvesi

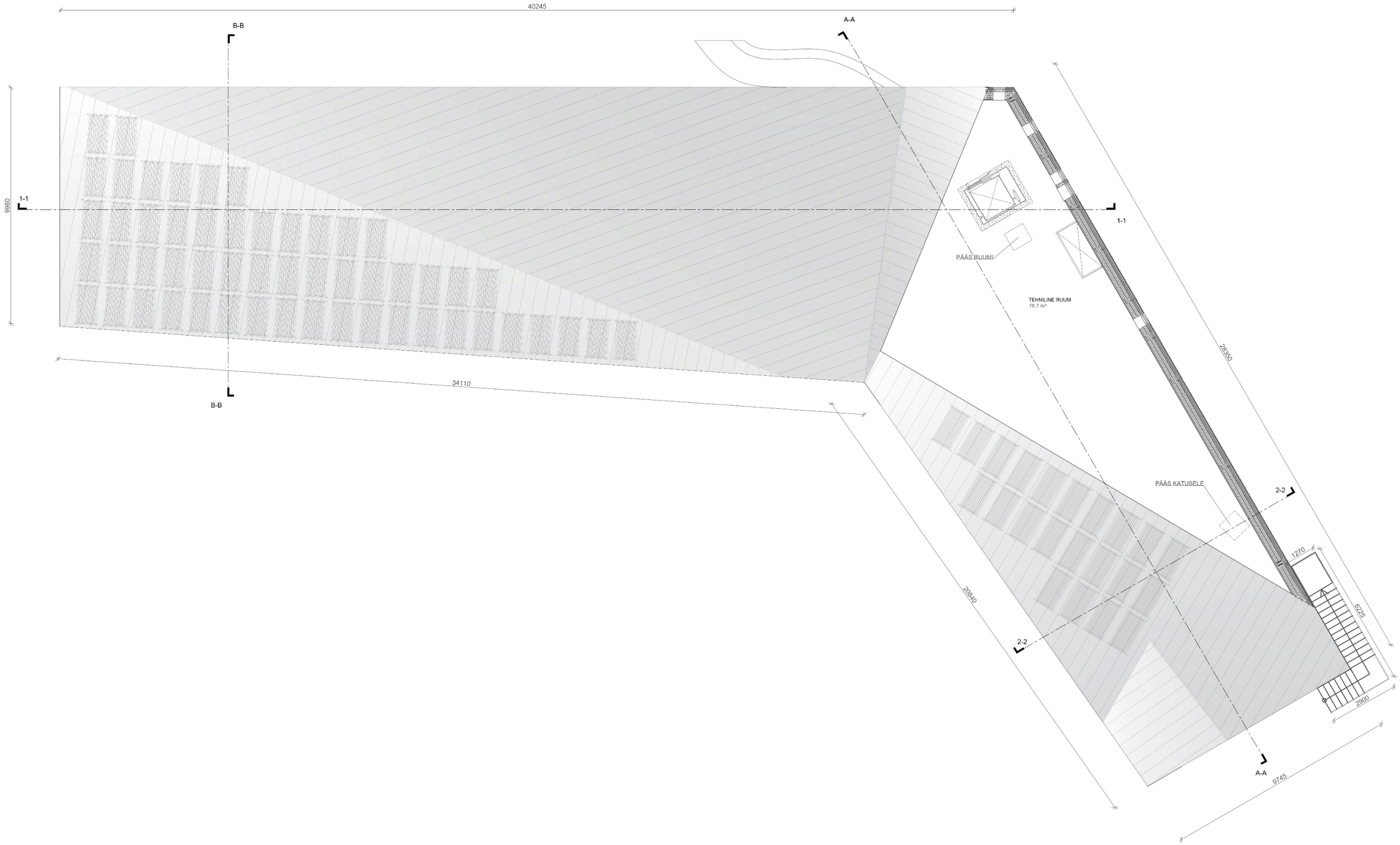
Väline tulekustutusvesi 10 l/s on tagatud lähimast Staadioni teel paiknevast veevõtukohast (ID:7238). Hüdrandi kaugus projekteeritavast hoonest on orienteeruvalt 200m.

Joonis 51. I korruse plaan 1:150

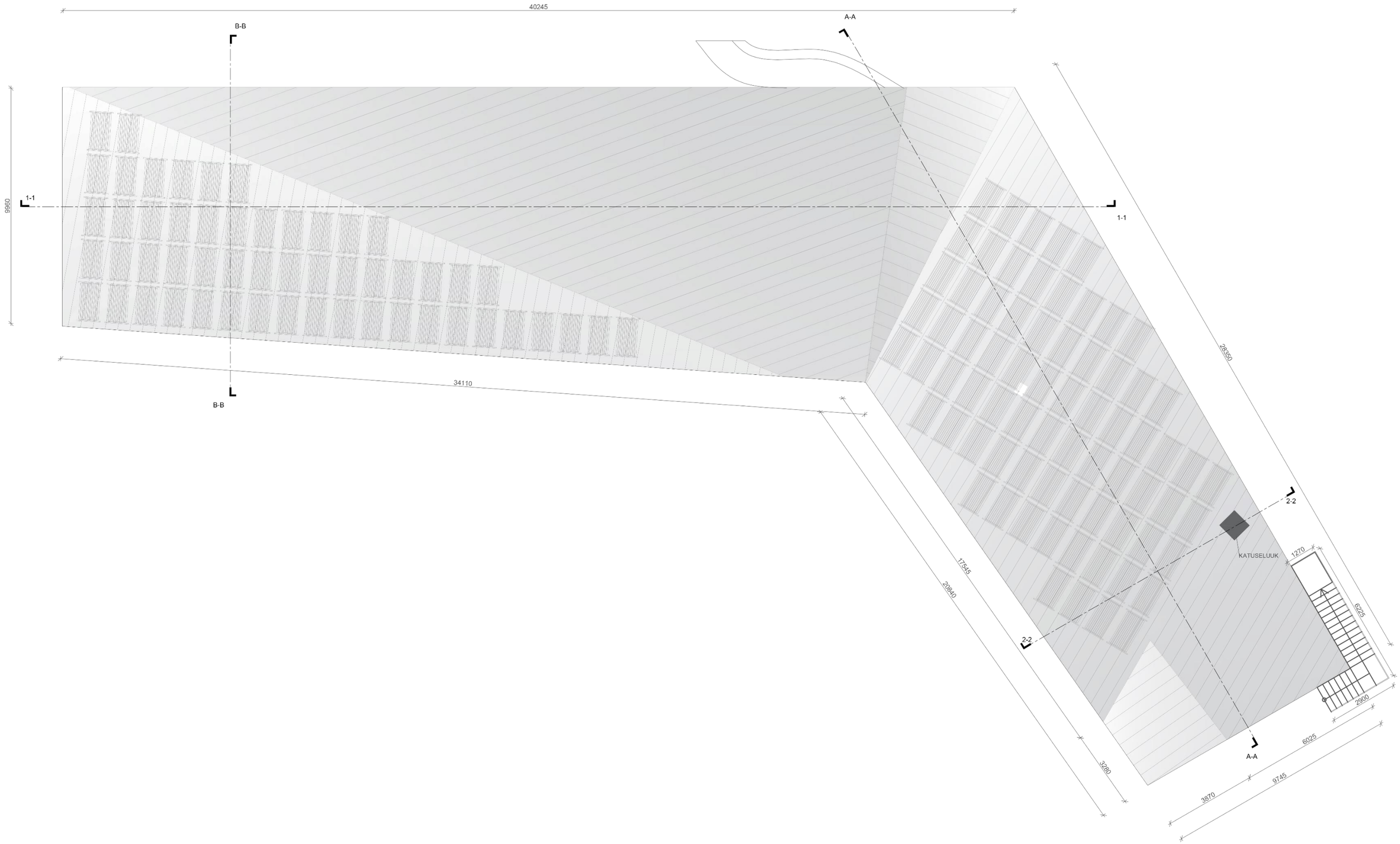
5.6 Joonised



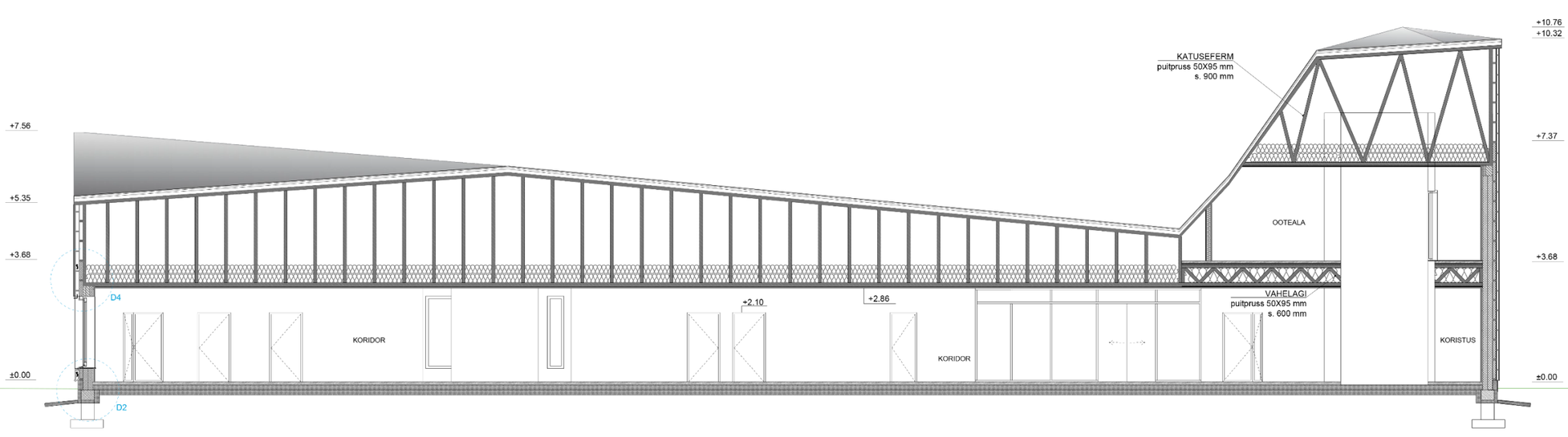
Joonis 52. II korruse plaan 1:150



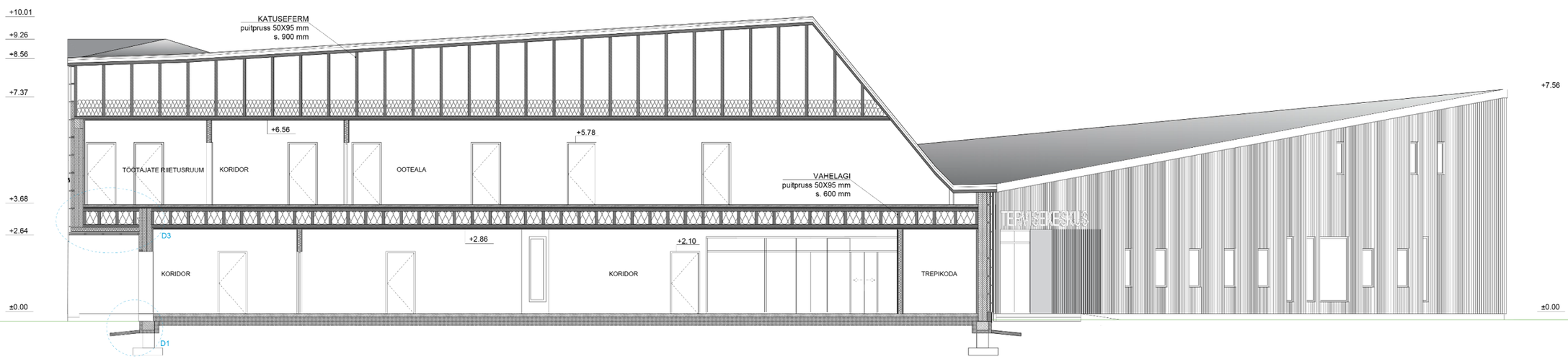
Joonis 53. Tehnilise korruse plaan 1:150



Joonis 54. Katuse plaan 1:150

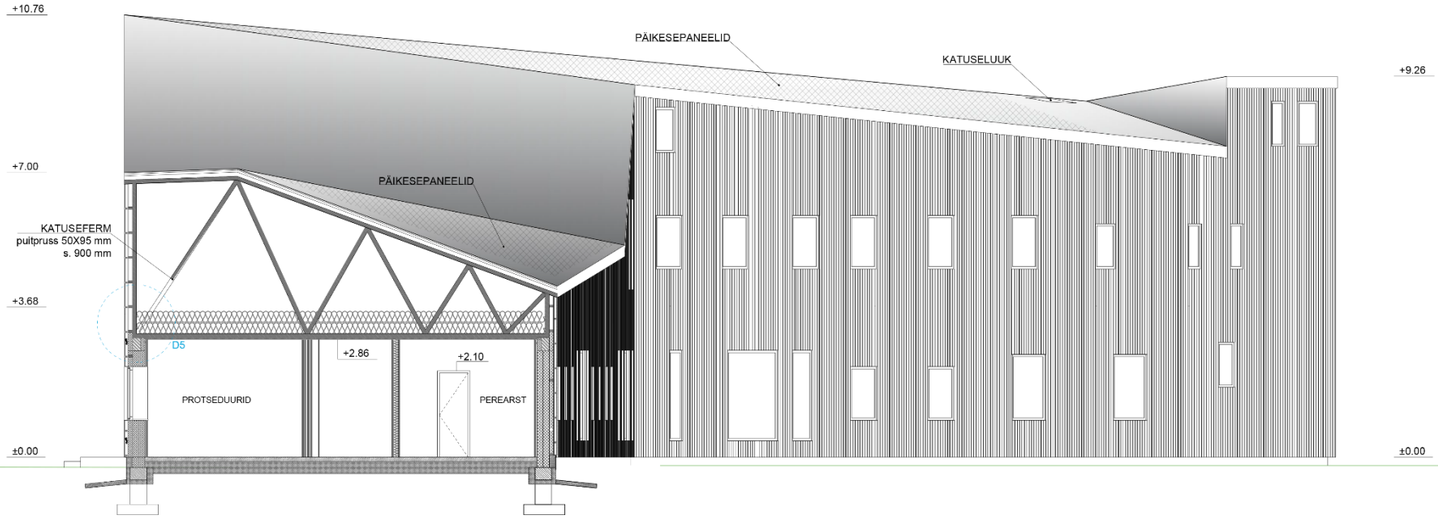


Joonis 55. Lõige 1-1 1:150

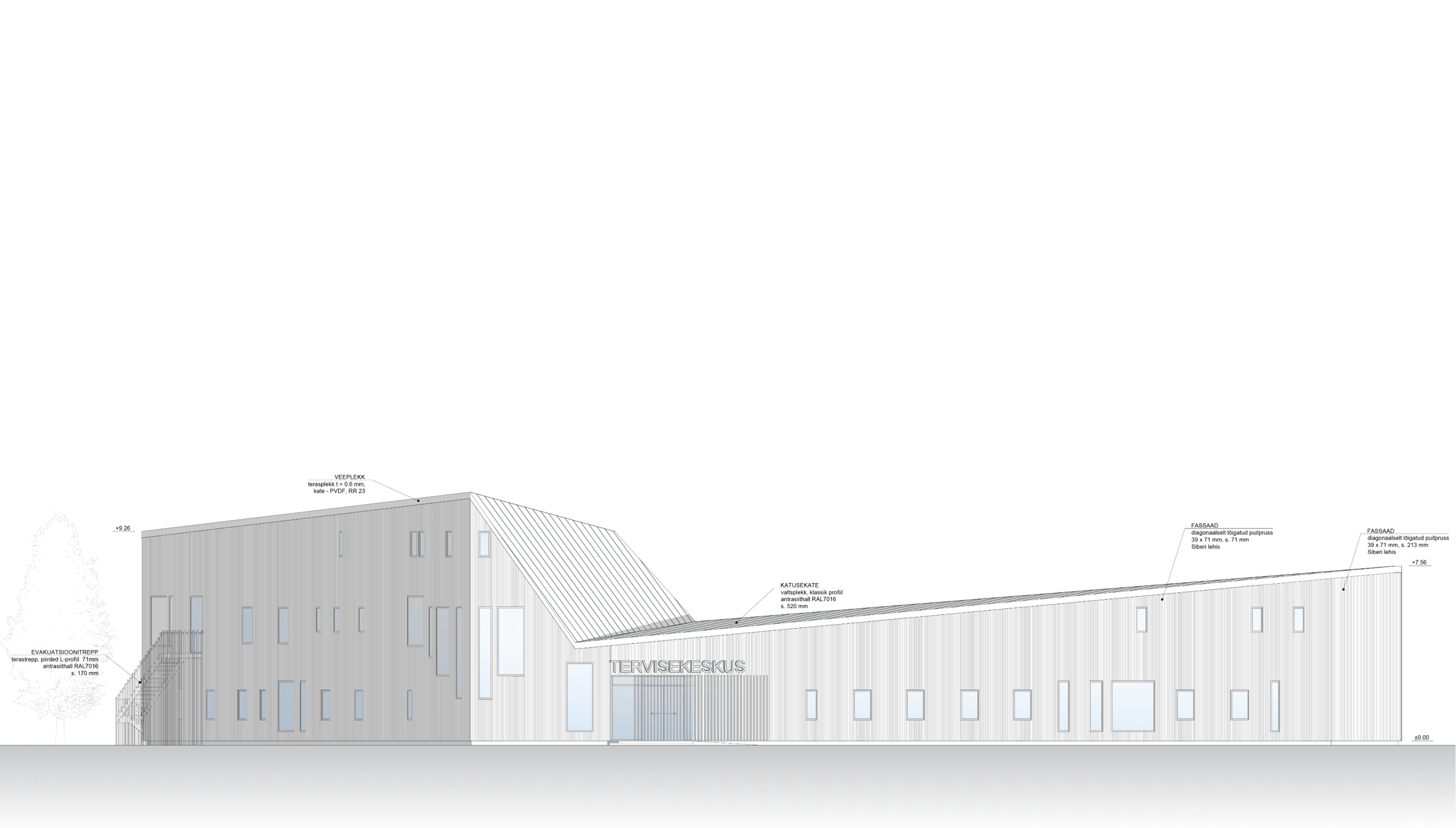


Joonis 56. Lõige A-A 1:150

Joonis 57. Lõige 2-2 1:150



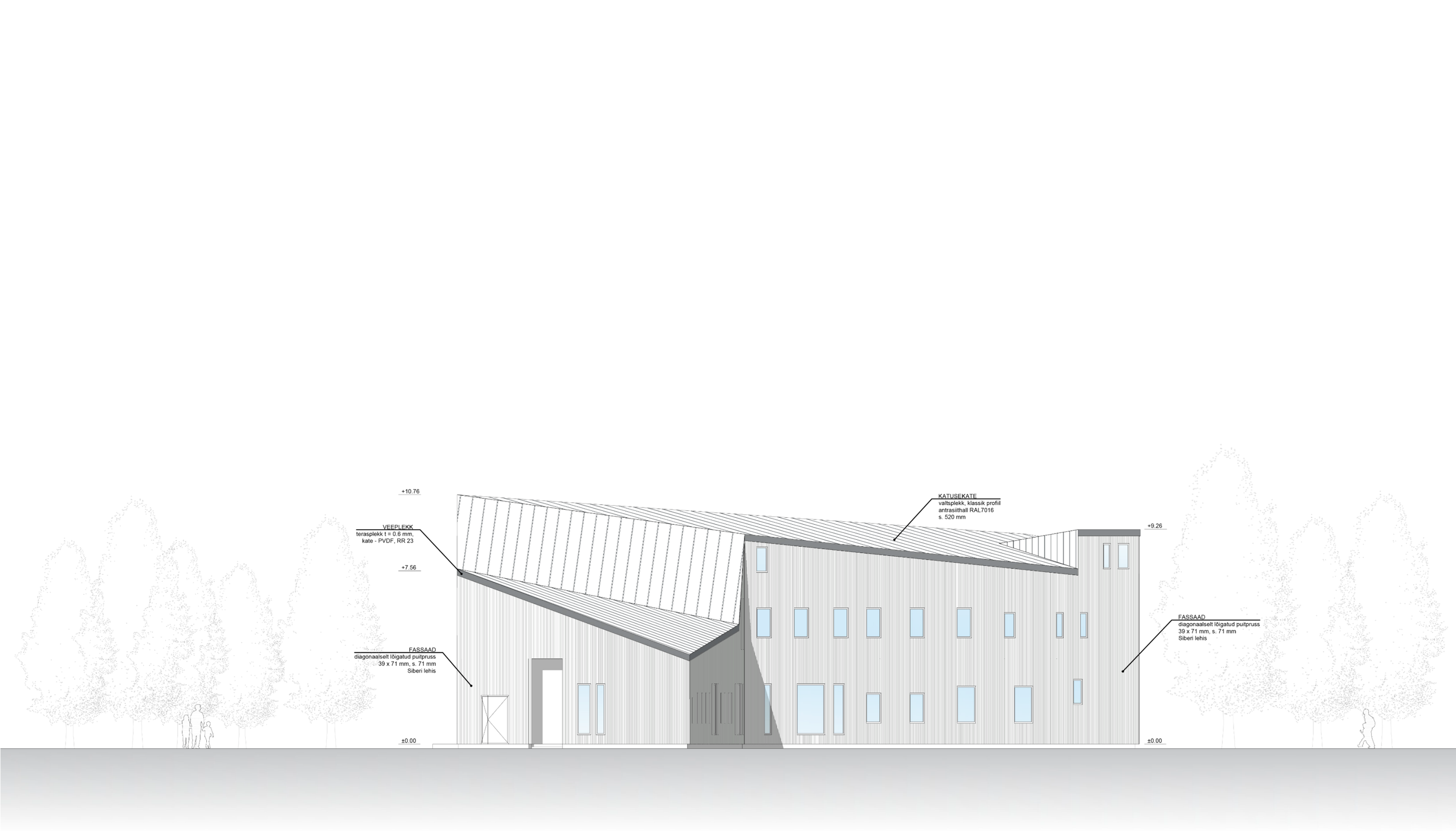
Joonis 58. Lõige B-B 1:150



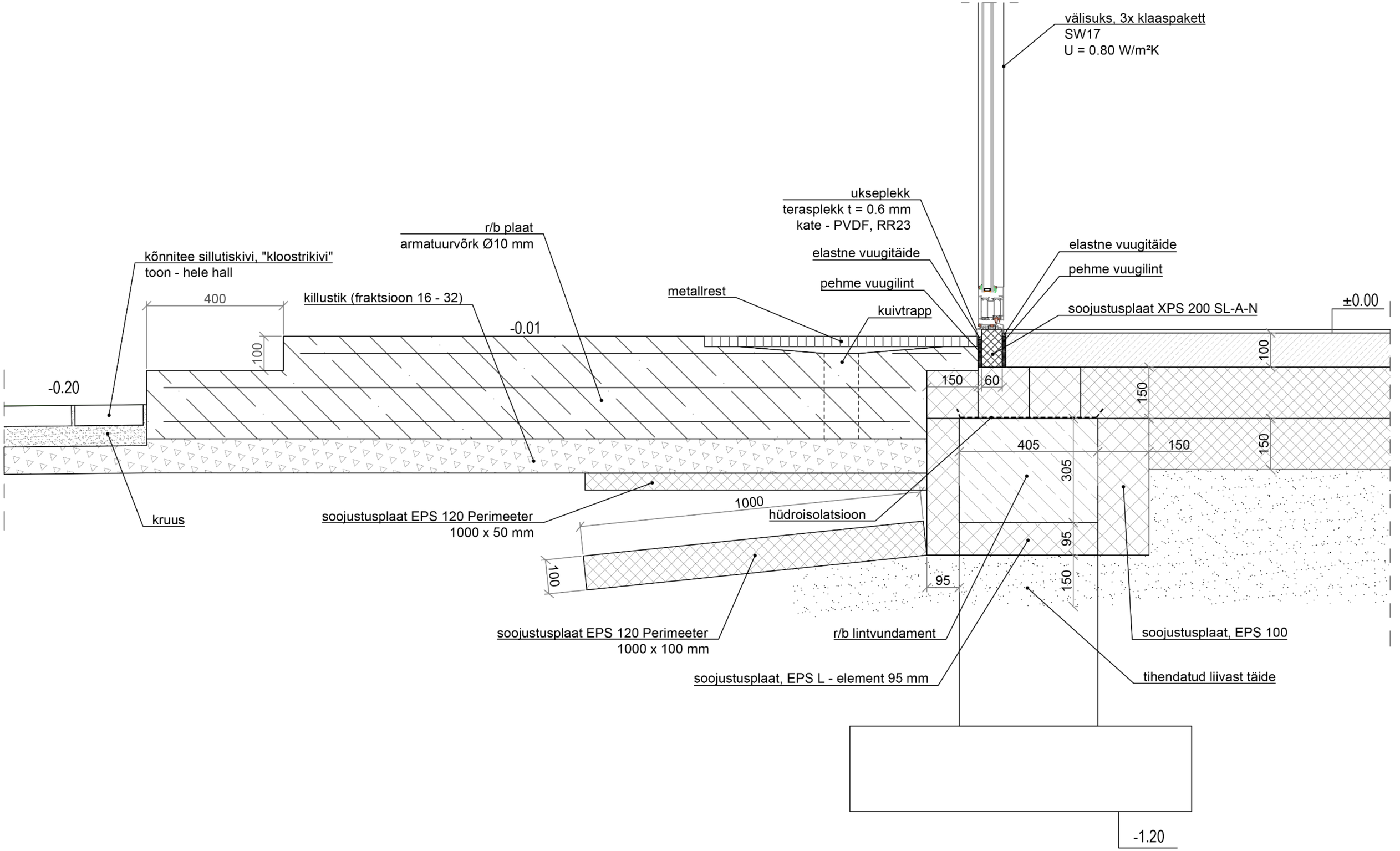
Joonis 59. Vaade põhjast 1:150

Joonis 60. Vaade idast 1:150

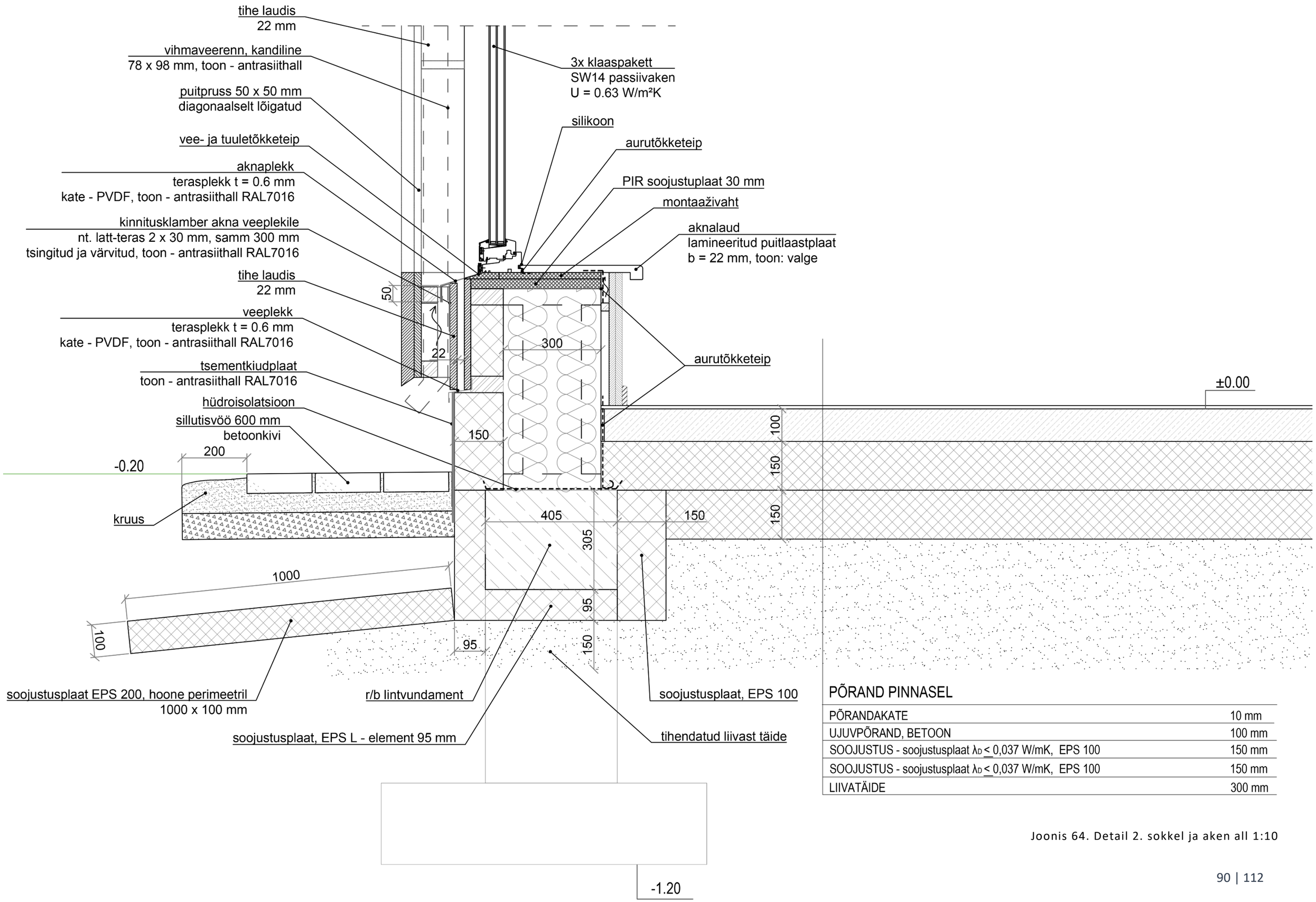
Joonis 61. Vaade lõunast 1:150



Joonis 62. Vaade läänest 1:150



Joonis 63. Detail 1 – sokkel ja uks all 1:10



PÕRAND PINNASEL

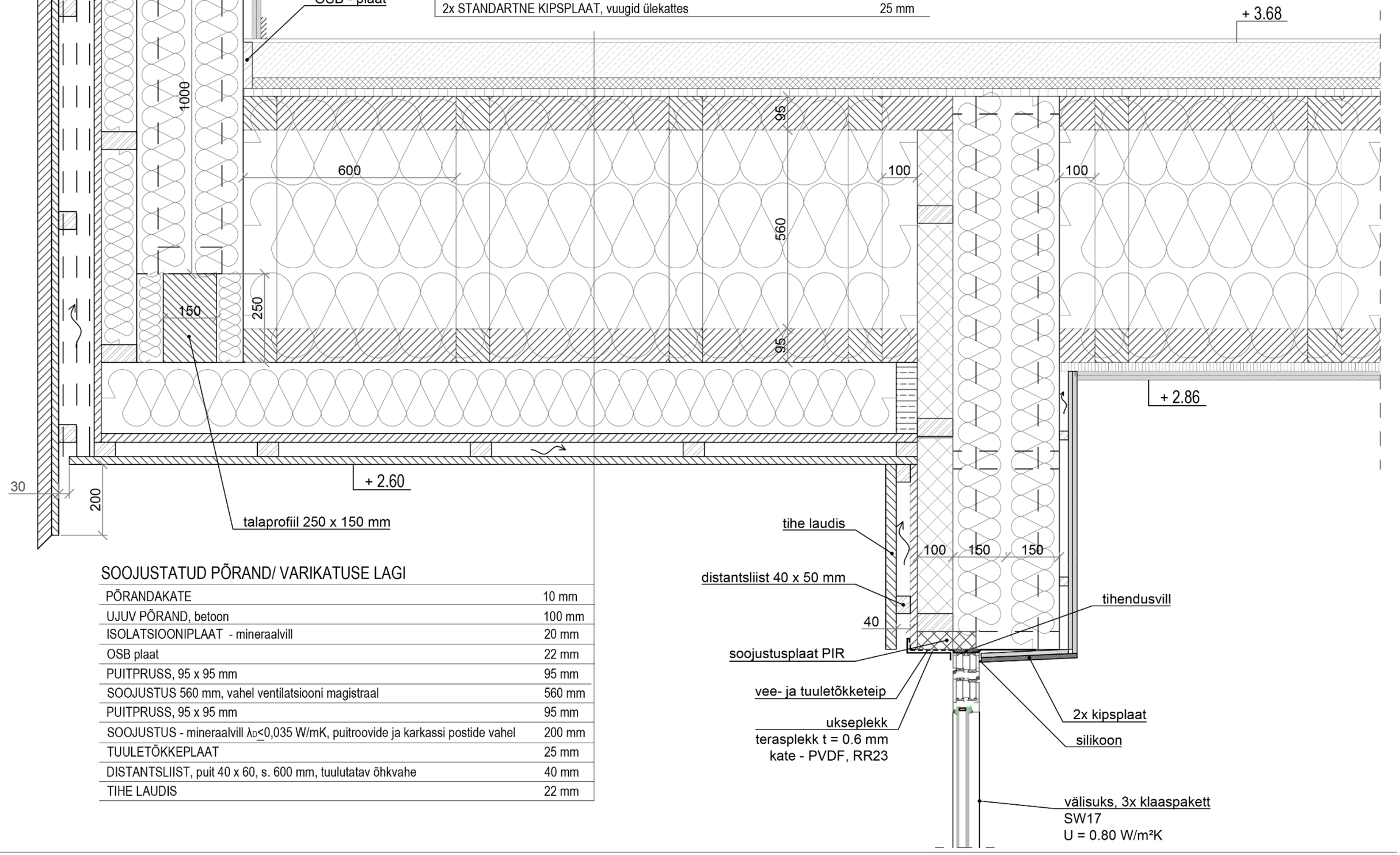
PÕRANDAKATE	10 mm
UJUVPÕRAND, BETOON	100 mm
SOOJUSTUS - soojustusplaat $\lambda_D \leq 0{,}037$ W/mK, EPS 100	150 mm
SOOJUSTUS - soojustusplaat $\lambda_D \leq 0{,}037$ W/mK, EPS 100	150 mm
LIIVATÄIDE	300 mm

Joonis 64. Detail 2. sokkel ja aken all 1:10

VÄLISSEIN

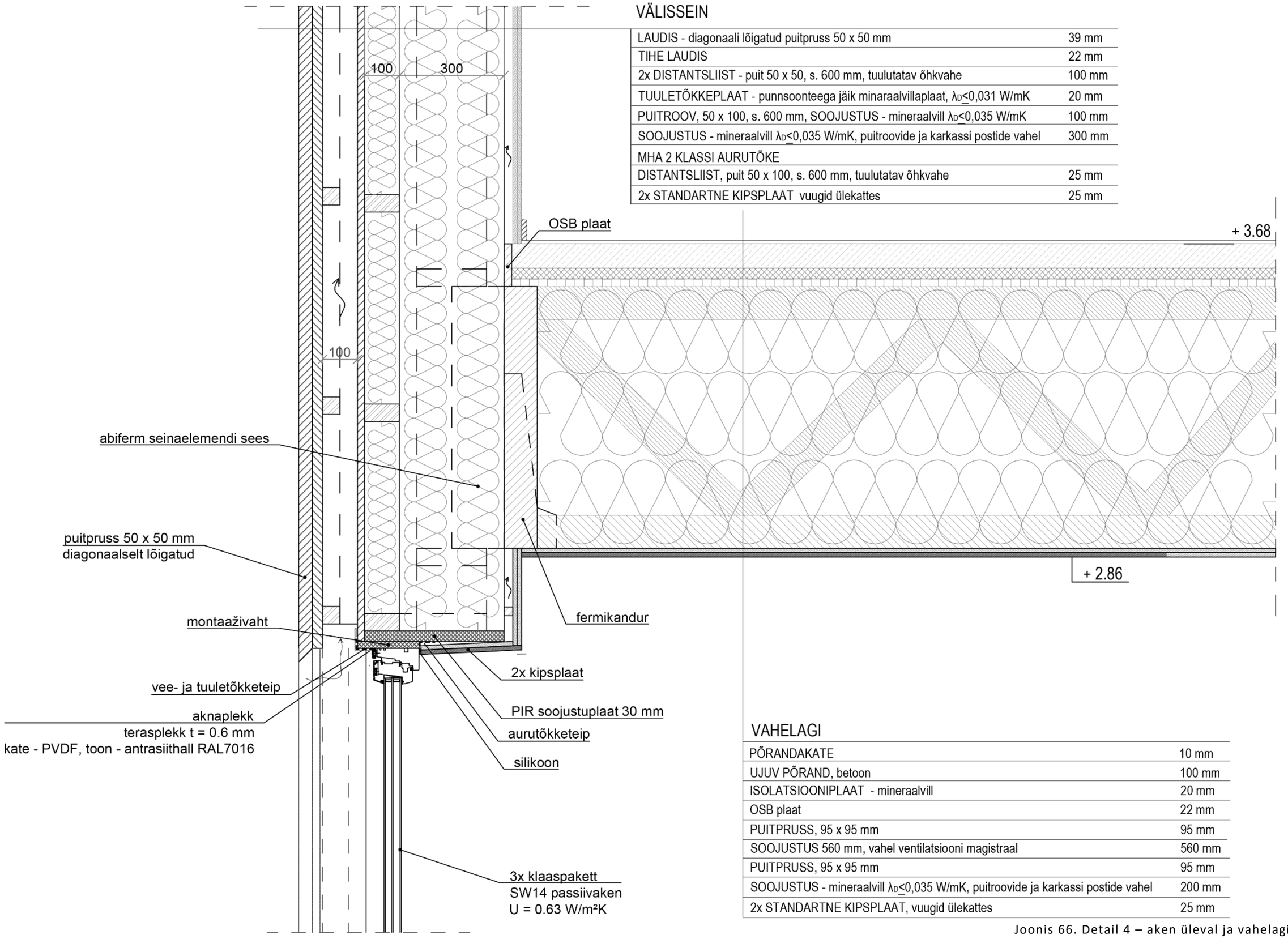
LAUDIS - diagonaali lõigatud puitpruss 50 x 50 mm	39 mm
TIHE LAUDIS	22 mm
2x DISTANTSLIIST - puit 50 x 50, s. 600 mm, tuulutatav õhkvahe	100 mm
TUULETÕKKEPLAAT - punnsoonteega jäik minaraalvillaplaat, $\lambda_D \leq 0{,}031$ W/mK	20 mm
PUITROOV, 50 x 100, s. 600 mm, SOOJUSTUS - mineraalvill $\lambda_D \leq 0{,}035$ W/mK	100 mm
SOOJUSTUS - mineraalvill $\lambda_D \leq 0{,}035$ W/mK, puitroovide ja karkassi postide vahel	300 mm
MHA 2 KLASSI AURUTÕKE	
DISTANTSLIIST, puit 50 x 100, s. 600 mm, tuulutatav õhkvahe	25 mm
2x STANDARTNE KIPSPLAAT, vuugid ülekattes	25 mm

Joonis 65. Detail 3 – uks üleval ja konsool 1:10



SOOJUSTATUD PÕRAND/ VARIKATUSE LAGI

PÕRANDAKATE	10 mm
UJUV PÕRAND, betoon	100 mm
ISOLATSIOONIPLAAT - mineraalvill	20 mm
OSB plaat	22 mm
PUITPRUSS, 95 x 95 mm	95 mm
SOOJUSTUS 560 mm, vahel ventilatsiooni magistraal	560 mm
PUITPRUSS, 95 x 95 mm	95 mm
SOOJUSTUS - mineraalvill $\lambda_D \leq 0{,}035$ W/mK, puitroovide ja karkassi postide vahel	200 mm
TUULETÕKKEPLAAT	25 mm
DISTANTSLIIST, puit 40 x 60, s. 600 mm, tuulutatav õhkvahe	40 mm
TIHE LAUDIS	22 mm



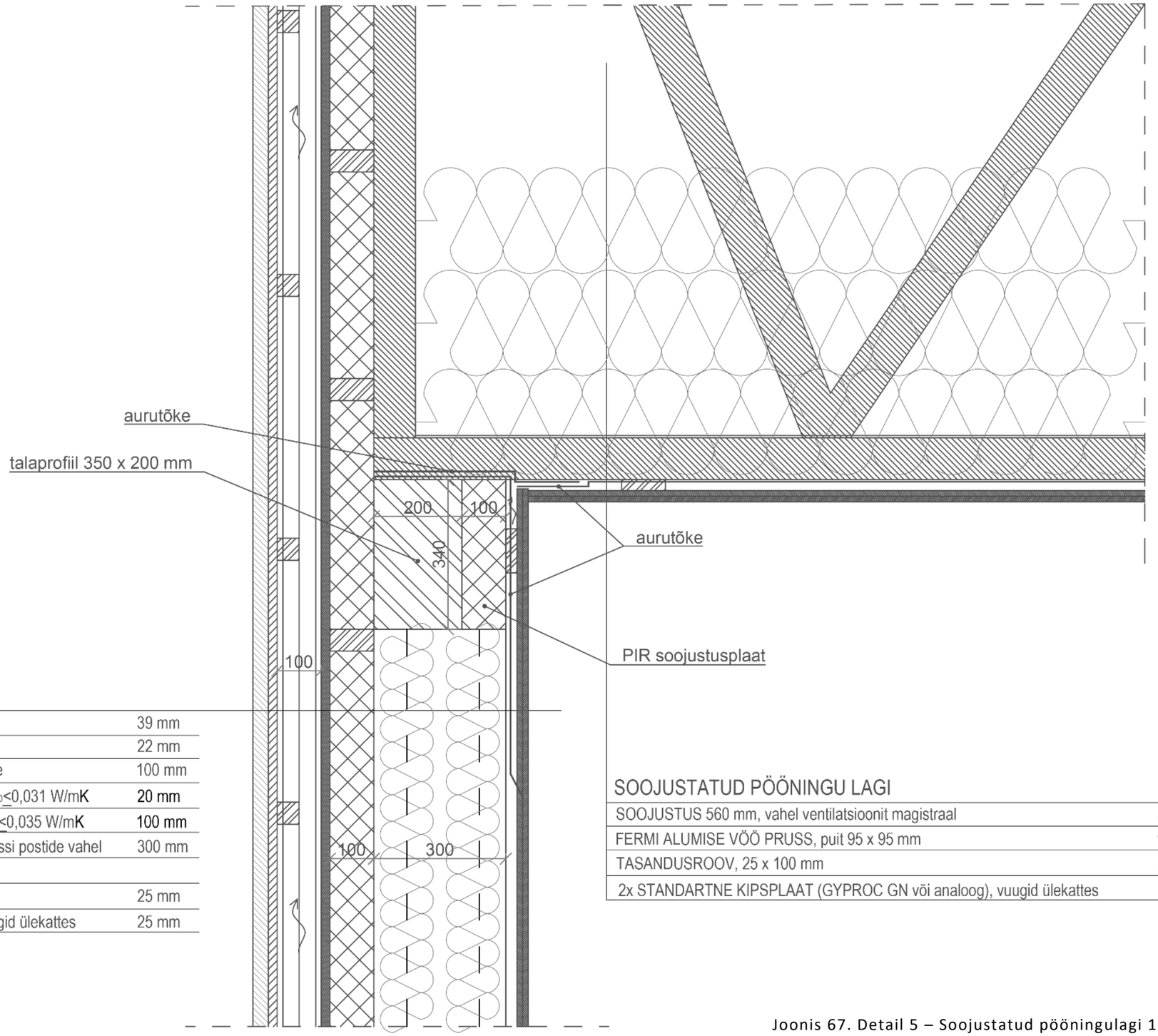
VÄLISSEIN

LAUDIS - diagonaali lõigatud puitpruss 50 x 50 mm	39 mm
TIHE LAUDIS	22 mm
2x DISTANTSLIIST - puit 50 x 50, s. 600 mm, tuulutatav õhkvahe	100 mm
TUULETÕKKEPLAAT - punnsoonteega jäik minaraalvillaplaat, λ_D≤0,031 W/mK	20 mm
PUITROOV, 50 x 100, s. 600 mm, SOOJUSTUS - mineraalvill λ_D≤0,035 W/mK	100 mm
SOOJUSTUS - mineraalvill λ_D≤0,035 W/mK, puitroovide ja karkassi postide vahel	300 mm
MHA 2 KLASSI AURUTÕKE	
DISTANTSLIIST, puit 50 x 100, s. 600 mm, tuulutatav õhkvahe	25 mm
2x STANDARTNE KIPSPLAAT vuugid ülekattes	25 mm

VAHELAGI

PÕRANDAKATE	10 mm
UJUV PÕRAND, betoon	100 mm
ISOLATSIOONIPLAAT - mineraalvill	20 mm
OSB plaat	22 mm
PUITPRUSS, 95 x 95 mm	95 mm
SOOJUSTUS 560 mm, vahel ventilatsiooni magistraal	560 mm
PUITPRUSS, 95 x 95 mm	95 mm
SOOJUSTUS - mineraalvill λ_D≤0,035 W/mK, puitroovide ja karkassi postide vahel	200 mm
2x STANDARTNE KIPSPLAAT, vuugid ülekattes	25 mm

Joonis 66. Detail 4 – aken üleval ja vahelagi 1:10



TUULUTATAV VÄLISSEIN

LAUDIS - diagonaali lõigatud puitpruss 50 x 50 mm	39 mm
TIHE LAUDIS	22 mm
2x DISTANTSLIIST - puit 50 x 50, s. 600 mm, tuulutatav õhkvahe	100 mm
TUULETÕKKEPLAAT - punnsoonteega jäik minaraalvillaplaat, $\lambda_D \leq 0{,}031$ W/mK	20 mm
PUITROOV, 50 x 100, s. 600 mm, SOOJUSTUS - mineraalvill $\lambda_D \leq 0{,}035$ W/mK	100 mm
SOOJUSTUS - mineraalvill $\lambda_D \leq 0{,}035$ W/mK, puitroovide ja karkassi postide vahel	300 mm
MHA 2 KLASSI AURUTÕKE	
DISTANTSLIIST, puit 50 x 100, s. 600 mm, tuulutatav õhkvahe	25 mm
2x STANDARTNE KIPSPLAAT (GYPROC GN või analoog), vuugid ülekattes	25 mm

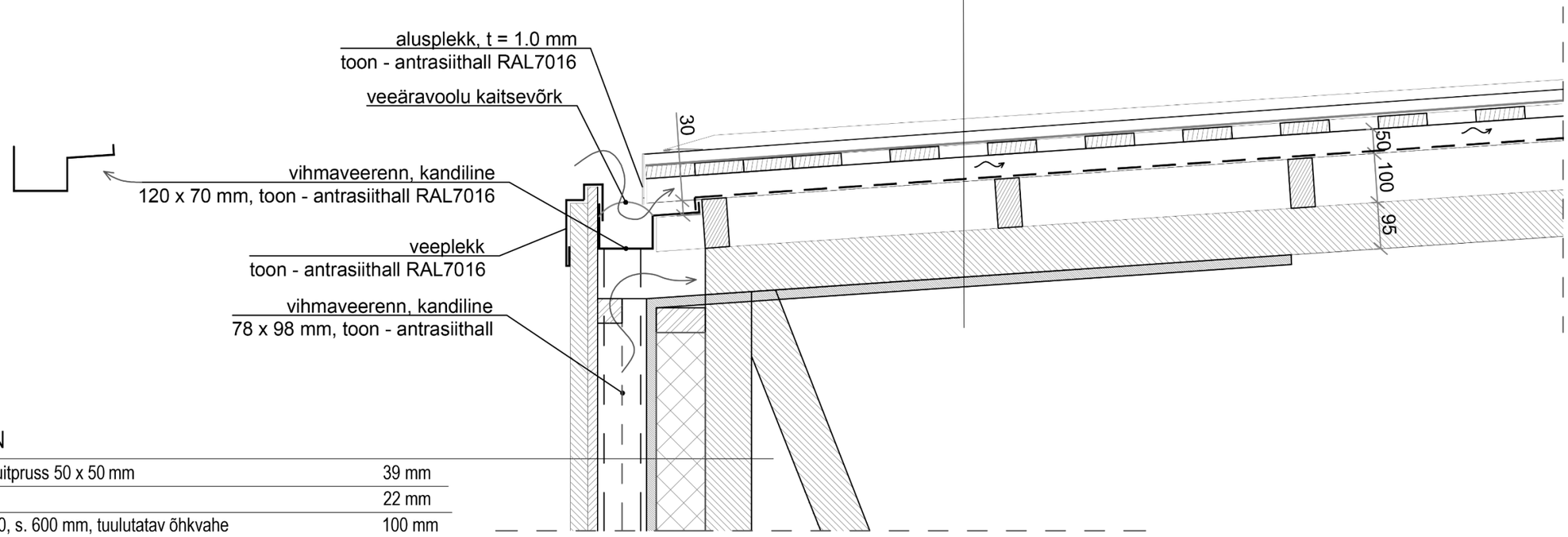
SOOJUSTATUD PÖÖNINGU LAGI

SOOJUSTUS 560 mm, vahel ventilatsioonit magistraal	560 mm
FERMI ALUMISE VÖÖ PRUSS, puit 95 x 95 mm	95 mm
TASANDUSROOV, 25 x 100 mm	25 mm
2x STANDARTNE KIPSPLAAT (GYPROC GN või analoog), vuugid ülekattes	25 mm

Joonis 67. Detail 5 – Soojustatud pööningulagi 1:10

TUULUTATAV KATUS

KATUSEKATE - valtsplekk, toon - antratsiithall RAL7016	
PUITROOVID - 25 x 100 mm, samm vastavalt tootja juhendile (sügavimmutatud)	25 mm
DISTANTSLIIST, puit 50 x 50, s. 600 mm, tuulutatav õhkvahe	50 mm
KATUSE ALUSKATE	
DISTANTSLIIST, puit 50 x 100, s. 600 mm, tuulutatav õhkvahe	100 mm
FERMI ÜLEMISE VÖÖ PRUSS, puit 95 x 95 mm	95 mm
TUULETÕKKEPLAAT - punnsoonteega jäik minaraalvillaplaat, λ_D<0,031 W/mK	20mm



TUULUTATAV VÄLISSEIN

LAUDIS - diagonaali lõigatud puitpruss 50 x 50 mm	39 mm
TIHE LAUDIS	22 mm
2x DISTANTSLIIST, puit 50 x 50, s. 600 mm, tuulutatav õhkvahe	100 mm
TUULETÕKKEPLAAT - punnsoonteega jäik minaraalvillaplaat, λ_D≤0,031 W/mK	20 mm
PUITROOV, 50 x 100, s. 600 mm, SOOJUSTUS - mineraalvill λ_D≤0,035 W/mK	100 mm
PUITPRUSS, 95 x 95 mm	95 mm

Joonis 68. Detail 6 – Räästas 1:10

Joonis 69. Vaade peasissepääsule.

KOKKUVÕTE

Töö esimene peatükk keskendus jätkusuutliku hoone printsiipidele. Tegu on laiapõhjalise mõistega ning hoone jätkusuutlikkus algab ehitises kasutavatest materjalidest ja lõppeb hoone integreerimisega ümbritsevasse keskkonda. Kõlama jäi mõte, et eesmärk on olemasolevat keskkonda vähim kahjustada. Analüüsi alla võeti levinumate ehitusmaterjalide vee- ja süsiniku jalajäljed ning sellest järeldus, et nende summeerimisel on suurim jalajälg loodusele ehitusterasel ja vähim puidul.

Hoone planeerimisel keskkonda on oluline arvestada domineerivaid tuuli vältimaks tuulekoridore. Mõistlik on asetada tehnilised ruumid domineerivate tuulte vastu, sest see aitab tagada kogu hoones mugavama sisekliima. Lisaks tuleb rõhku panna orientatsioonile, et kasutada maksimaalselt ära päikesekiirgust. Lisaks PV-paneelide kasutamisel katusel on see oluline piisava päevavalguse tagamisel tööruumides ja koridorides. Hajaasustusega piirkonda avaliku hoone planeerimisel on oluline arvestada, et hoone funktsioon oleks tulevikus hõlpsasti muudetav.

Vaatluse all olid esmatasandi tervisekeskuste tüüpkabinetid, suurustega 12 m^2 ,16 m^2 ja 20 m^2. Selgus, et kui ruumis on kaks akent, mis mõlemad paiknevad samas välisseinas on optimaalseim ruumisuhe $\frac{ruumi\ laius}{ruumi\ sügavus}$, 1.0 kuni 1.8. selliste mõõtudega ruumid vastasid ette seatud päevavalgusteguri kriteeriumitele ja samuti olid neis ruumides väikseim jahutuskoormus, sõltumata siinjuures ilmakaarest kuhu tuba avanes. Kõigi vaatluse all olevate ruumide simulatsioonidest selgus, et ruumi laius peaks olema vähemalt samal palju kui sügavus. Kui ruumisuhe on väiksem kui 1, siis kuumenes ruum mitmekordselt üle. Siinjuures olid vaatluste all ruumid, mille akende ees puudusid varjestavad elemendid.

Autor leiab, et tehtud töö edasiarendamisel tuleks järgmise sammuna võtta ette varjestus akendel ja analüüsida selle paigaldamist nii välis- kui siseruumi. Sel viisi tekib võimalus kõiki aknaid suurendada. Niiviisi on võimalik leida piir akna suuruse ja ruumisuhte osas selliselt, et sõltuvalt ilmakaarest muutuvad akna parameetrid madala jahutuskoormuse tagamiseks. Sealjuures ilma päevavalgusteguri suurust vähendamata.

Vormifaktorid, mis on leitud minimaalse koosseisuga ETTK netopindalaga 600 m2 , varieerusid vahemikus 1.95 kuni 3.24. Niivõrd väikese hoone puhul ei erine väärtused märkimisväärselt ja seetõttu on olulisem hinnata, mil viisil toetab hoone kuju jätkusuutlikust ja energiatõhususust. See tähendab, et avades hoone lõunasse ja toetades katusevormiga on võimalik luua olukord, kus päikesepaneelide paiknemine on hoone arhitektuuris arvestatud.

Vormifaktori valemis on kasutusel pinnasega kontaktis olevale põrandale koefitsient 0,5 mis väljendab soojakadu. Autor leiab, et taolist koefitsienti saaks kasutada katusel, sest selle U-väärtus on tihti kõige madalam ülejäänud tarinditest. See tähendab, et suurem katusepindala võib tähendada energiasäästlikumat hoonet. Valemi edasiarendamisel ja analüüsides saab leida koefitsiendi katusele, mis aitab vormifaktorit veelgi enam tõhustada ja siduda energiatõhusate hoonetega.

Ravihoonete projekteerimisel on vajalik silmas pidada, mida näevad külastajad, kui nad hoonesse sisenevad. On uuritud, et voolavad pinnad ja kumerad nurgad mõjuvad tunnetuslikult paremini. Aknast avanev vaade rohelisele silmapiirile on rahustava toimega. Tervisekeskuse hoone, kui tervist edendav hoone peab olema projekteeritud keskkonda hoides, kandes endas sõnumit, et hoonet luues on investeeritud tervisesse.

Kogutud teadmised ja leitud tulemused on autorile heaks vundamendiks edasises erialases töös, kus jätkusuutlikkus on omandamas üha suuremat kaalu hoonete projekteerimisel ja ehitamisel.

SUMMARY

The first chapter of the work focused on the principles of a sustainable building. It is a broad concept, sustainability of a building begins with the choice of materials and ends with integration to the surrounding environment. Main idea is to have the least impact to the existing environment. The analysis considered the water and carbon footprints of the more common building materials. It was found that the biggest ecological footprint was for construction steel and smallest for timber.

When planning a building it is important to consider the prevailing winds to avoid wind corridors. It is practical to place technical rooms against the dominant winds, because it helps to ensure a more comfortable indoor climate throughout the building. In addition, emphasis should be placed on cardinal directions to maximize sun exposure. Besides using photovoltaic panels on the roof, it is important to provide sufficient daylight in the offices and corridors. When planning a building in a sparsely populated area, it is necessary to take into account adjustability of the building function in the future.

Under observation were typical offices for a first level healthcare centre - 12 m^2 ,16 m^2 ja 20 m^2. It was found, that in case of two windows in the room, both located on the same exterior wall, then optimal space ratio, $\frac{room\ width}{room\ depth}$, is 1.0 to 1.8. Premises with such dimensions met the pre-set criteria for daylight factor and also had the lowest cooling load, irrespective of cardinal point, where room opened. All rooms considered in the simulations showed that width should be at least as much as the depth. Room ratios larger than 1.0 caused overheating. In the simulations rooms without shielding elements were used.

The author finds that the next step in development of the work should be shading of the windows and analyse the possibilities to install both - external and internal shading elements. In this way, it is possible to enlarge all the windows. This allows to find out where is the limit, by which window parameters depend on to opening to specific cardinal point without increasing the cooling load. Thereby not reducing the amount of daylight in the room.

The form factors, which were found to a minimal first level healthcare centre, with size of 600 m2 treated floor are, ranged from 1.95 to 3.24. In such a small building, the values do not differ significantly and therefore it is more important to assess how the shape of the building supports sustainability and energy efficiency. This means that orienting building to open south and design roof form accordingly, the positioning of photovoltaic panels is taken into account in the building's architecture.

n the equation of form factor coefficient of 0.5 is used to express heat loss on the floor in contact with soil. The author believes that such coefficient could also be used for the roof, since its U-value is often lowest of the structures. Therefore a larger roof area may lead to a more energy-efficient building. By developing and analysing the equation, a coefficient can be found for the roof, which helps to further enhance the form factor and link it to energy efficient buildings.

Designing medical facilities it is important to keep in mind, what visitors see when they enter the building. Flowing surfaces and curved corners have been found to feel cognitively better. The view through a window to a green horizon has a calming effect. The first level healthcare centre, as a health-promoting building, should be designed to preserve the environment, bearing the message that the building is investing in health.

Collected knowledge and found results are a good starting point for the author in further professional work, where sustainability is gaining increasing importance in the design of buildings.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- Ader, A., Tartes, U. (2014). Veeteemaline õpimapp. – *Keskkonnaamet*: Vali Press.
- Ahas, R., Silm, S. (2013). Reginaalse pendelrände kordusuuring. *Tartu Ülikooli inimgeograafia ja regionaalplaneerimise õppetool*. Tartu.
- Anand, A., Kumar, R. (2016). Importance of Brundtland report in the protection of environment: A legal analysis. – *South-Asian Journal of Multidiciplinary Studies,* 3, 230-249.
- Andersen, A., Duer, K., Foldbjerg, P., Roy, N., Christoffersen, J., Asmussen, T.F., Andersen, K., Plesner. C., Rasmussen, M.H., Hansen, F. (2014). Daylight, Energy and Indoor Climate Basic book. [WWW] http://www.velux.com/~/media/com/articles/pdf/deic_basic_book_ver%203-0.pdf (22.03.19)
- Atun R., Menabde N., Saluvere, K., Jesse M., Habicht, J. (2006). Introducing a Complex Health Innovation-Primary Health Care Reforms in Estonia (multimethods Evaluation) Health Policy (Impact Factor: 1.73). 12/2006; pp. 79–91.
- Aunap, R. (2017). Eesti atlas – Tallinn: Avita.
- Boyano, A., Hernandes, P., Wolf, O. (2013). Energy demands and potential savings in European office buildings: Case studies based on EnergyPlus simulations. - *Energy and Buildings*, 65, 19-28.
- Bruce-Hyrkäs, T., Pasanen, P., Castro, R. (2018). Overview of Whole Building Life-Cycle Assessment for Green Building Certification and Ecodesign through Industry Surveys and Interviews. - *25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference: 30 April – 2 MAy 2018. Copenhagen, Denmark.*
- Declaration of Alma-Ata. [WWW] https://www.who.int/publications/almaata_declaration_en.pdf (29.01.19)
- Eesti Ehitusteabe Fond. (2018). Tervishoiuasutused – üldised projekteerimisalused. RT 103020-et.
- Eesti Keskkonnaministeerium. (2005). Säästev Eesti 21. [WWW] https://www.riigikantselei.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/saastev_eesti_21.pdf (27.01.19)
- Eesti tervishoiu arengusuunad aastani 2020. (2014). [WWW] https://www.sm.ee/sites/default/files/content-editors/eesmargid_ja_tegevused/Tervis/tervishoiu_arengusuunad_2020.pdf (31.01.19)
- EN 17037:2018. (2018). Daylightning Standard.
- Energiamärgise vorm ja väljastamise kord. (2008). – *Riigi Teataja*, I, 100, 107.
- Energiamärgise vorm ja väljastamise kord. (2013). – *Riigi Teataja,* I, 2, 30.
- Energiatõhususe miinimumnõuded. (2012). – *Riigi Teataja,* I, 4, 68.
- Esmatasandi tervisekeskuste kaasajastamine. (2015). – *Riigi Teataja,* I22 , 36.
- Euroopa Parlament ja Euroopa Liidu Nõukogu. 2010. Direktiiv 2010/31/EL hoonete energiatõhususe kohta. [WWW] https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:ET:PDF (27.01.19)
- Gerbens-Leenes, P.W., Hoekstra, A.Y., Bosman, R. (2018). The blue and grey water footprint of construction materialis: steel, cement and glass. – *Water Resources and Industry*, 19 : 1-12.
- Global Footprint Network. [WWW] https://www.footprintnetwork.org/faq/ (02.02.19)
- Gonzalo, R., Vallnetin, R. (2016). Passive house design – planning and design of energy-efficient buildings. München : Detail Green books..
- Guenther, R., Vittori, G. (2013). Sustainable helathcare architecture – second edition. New Yersey : John Wiley & Sons, Inc.
- Hammond, G., Jones, J. (2011). Embodied energy and carbon in construction materials. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy, 161(2), 87-98.
- Helge D., Tor, H. W., Georges, A., Mellegård, L., Time, S., Haase, B., Maltha, M.M., Anne. L.G. (2014). A Net Zero Emission Concept Analysis Of A Single-Family House. – *Energy and Buildings,* 74 : 101-110.
- Hemsath, T., Bandhosseini, A. (2015). Sensitivity analysis evaluating basic building geometry's effect on energy use. – *Renewable Energy* 76 : 526-538.
- History.com. [WWW] https://www.history.com/topics/1970senergy-crisis (29.01.19)
- Hong, T.Z., Shen, E. (2009). Simulation-based assessment of the energy savings benefits of integrated control in office buildings. – *Build Simulation,* 2 : 239-251.
- Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika. (2019). - *Riigi Teataja ,* I, 12, 58.
- Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. (2018). - *Riigi Teataja,* I, 14, 63.
- Hoonete energiatõhususe arvutamise metoodika. (2012). – *Riigi Teataja,* I, 1, 63.
- Hoonete energiatõhususe arvutamise metoodika. (2015). - *Riigi Teataja*, I, 21, 58.
- Hoonete energiatõhususe miinimumnõuded. (2015). - *Riigi Teataja*, I, 15, 55.
- Hootman, T. (2012). Net zero energy design: A guide for commercial architecture. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Kanagarj, G., Mahalingam, A. (2011). Designing energy efficient commercial buildings—A systems framework. - *Energy and Buildings*, 43 : 2329–2343.
- Kasmel, A. (2009). Salutogenees – uus paradigma rahvatervises. *Eesti Arst, 88: 367-369.*
- Kluger, J. (2007). Global warming: What now?. - *Time,* April : 50–60.
- Koster, J. (2006). Value driven Design and Construction: Enriching Community Benefits through Green Hospitals. [WWW] https://www.healthdesign.org/chd/research/values-driven-design-and-construction-enriching-community-benefits-through-green-hospit (31.01.19)
- Krautheim M., Pasel, R., Pfeiffer, S., Schultz-Granberg, J. (2014). City and wind – climate as an architectural instrument. Berlin : DOM Publishers.

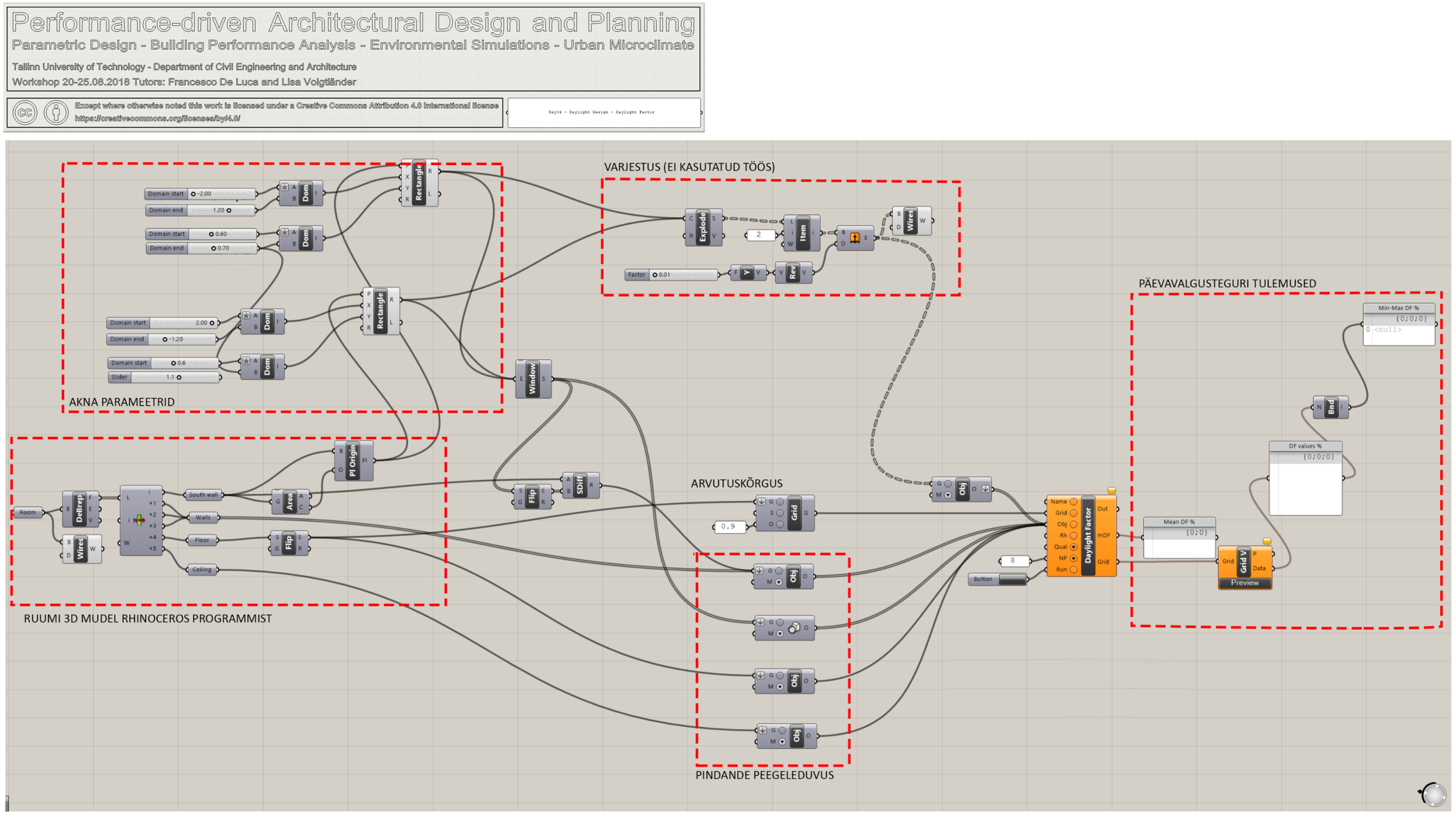
- Kredex. (2017). Liginullenergia eluhoone rida- ja korterelamud. [WWW] http://kredex.ee/public/Uuringud/Liginullenergia_eluhoonete_tuuplahendused_-_Korter-_ja_ridaelamu_juhend.pdf (22.03.19)
- Kubba, S. (2012). Handbook of Green Building Design and Construction – Green Building Materials and Products. - Elsevier Science and Technology.
- Kultuurimälestiste riiklik register. [WWW] https://register.muinas.ee/public.php?menuID=architecture&action=view&id=337 (15.02.19)
- Kurnitski, J. (2012). Nearly zero energy buildings – nZEB. - *REHVA Annual Conference Timisoara* 19.-20.4.
- Kurnitski, J. (2018). Liginullenergiahoonete nõuded, maksumus ja tehnilised lahendused. – *Liginullenergia : 27 september 2018, Tallinn, Eesti.*
- Kurnitski, J., Allard, F., Braham, D., Goeders, G., Heiselberg, P., Jagemar, L., Kosonen, R., Lebrun, J., Mazzarella, L., Railio, J., Seppanen, O., Schmidat, M., Virta, M. (2011). How to define nearly net zero energy buildings nZEB – REHVA proposal for uniformed national implementation of EPBD recast. - *REHVA European HVAC Journal* 48 : 6-12.
- Lai, T,. Habicht, T., Kahur, K., Reinap, M., Kiivet, R., Ginneken, E,. (2013). Estonia Health System Review. - *Health Systems in Transition,* 6 Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. [WWW] http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/231516/HiT-Estonia.pdf?ua=1 (30.01.19)
- Le Quéré, C., Andrew, R. M., Friedlingstein, P., Sitch, S., Hauck, J., Pongratz, J., Pickers, P. A., Korsbakken, J. I., Peters, G. P., Canadell, J. G., Arneth, A., Arora, V. K., Barbero, L., Bastos, A., Bopp, L., Chevallier, F., Chini, L. P., Ciais, P., Doney, S. C., Gkritzalis, T., Goll, D. S., Harris, I., Haverd, V., Hoffman, F. M., Hoppema, M., Houghton, R. A., Hurtt, G., Ilyina, T., Jain, A. K., Johannessen, T., Jones, C. D., Kato, E., Keeling, R. F., Goldewijk, K. K., Landschützer, P., Lefèvre, N., Lienert, S., Liu, Z., Lombardozzi, D., Metzl, N., Munro, D. R., Nabel, J. E. M. S., Nakaoka, S.-I., Neill, C., Olsen, A., Ono, T., Patra, P., Peregon, A., Peters, W., Peylin, P., Pfeil, B., Pierrot, D., Poulter, B., Rehder, G., Resplandy, L., Robertson, E., Rocher, M., Rödenbeck, C., Schuster, U., Schwinger, J., Séférian, R., Skjelvan, I., Steinhoff, T., Sutton, A., Tans, P. P., Tian, H., Tilbrook, B., Tubiello, F. N., van der Laan-Luijkx, I. T., van der Werf, G. R., Viovy, N., Walker, A. P., Wiltshire, A. J., Wright, R., Zaehle, S., and Zheng, B. (2018). Global Carbon Budget. - *Earth Syst. Sci. Data*, 10: 2141-2194. [WWW] https://www.earth-syst-sci-data.net/10/2141/2018/#section (22.02.19)
- Liiber Ü., Mander Ü. (2014). Üldmaateadus. Geograafia õpik kõrgkoolidele – Tartu: Eesti Loodusfoto.
- Link, S. (2015). Keskkonnamõju puitmaterjalide tootmisest ning raudbetoon- ja puitkonstruktsioonide ressursitõhususe analüüs: magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn.
- Lukka, K. (2015). Esmatasandi tervisekeskuse rahastusmudelite võrdlus optimaalse mudeli loomiseks: magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn.
- Mekkonen M.M., Hoekstra, A.Y. (2011). National water footprint accounts – the green, blue and grey water footprint of production and conspumtion. [WWW] https://waterfootprint.org/media/downloads/Report50-NationalWaterFootprints-Vol1.pdf (29.01.19)
- Mellberg, C. (2018). The building as a whole – a journey to reflect the concept of sustainable building: master thesis. Aalto University, Espoo.
- Muntean, M., Guizzardi, D., Schaaf, E., Crippa, M., Solazzo, E., Olivier, J.G.J., Vignati, E. (2018). Fossil CO2 emissions of all world countries - 2018 Report, EUR 29433 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-97240-9.
- Murula, R., Tihhonov, A., Kurnitski, J., Thalfeldt, M. (2017). Energiatõhususe juhendmaterjal ja metoodika peaprojekteerijatele ja arhitektidele – Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.
- Netz, J., Sundin, J. (2015). Water footprint of Concrete. Degree Project in Environmental Strategies, Second Cycle. School of Architecture and Built Environment.
- Newman, P. (2001). Sustainability and cities: The role of tall buildings in the new global agenda. CTBUH Sixth World Congress : 76–109.
- Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele. (2015). - *Riigi Teataja,* I, 2, 36.
- Nõuded haiglavälise eriarstiabi osutamiseks vajalikele ruumidele, sisseseadele ja aparatuurile. (2016). - *Riigi Teataja,* I, 8, 25.
- Nõuded perearsti tegevuskoha ruumidele, sisseseadele ja aparatuurile. (2001). – *Riigi Teataja*, I,130, 116.
- OÜ E-Konsult. (2009). Ambla valla üldplaneering.
- Paoletti, G., Pascuas, R., Pernetti, R., Lollini, R. (2017). Nearly Zero Energy Buildings: An Overview of the Main Construction Features across Europe. – *Buildings* 7 : 1-22.
- Pasanen, P., Bruce, T., (2014). Ympäristö- ja elinkaarimittareiden hyödyntäminen ARA-kohteissa. *Bionvoa Oy.*
- Pearce, Annie R.,Ahn, Yonh Han. (2018). Sustainable buidings and infrastructure – paths to the futuure. Second edition.“ New York : Routledge.
- Portal of European Union. (2007). Strategy on Climate Change: The Way Ahead for 2020 and Beyond, Portal of European Union. [WWW] https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en (27.01.19)
- Raam, V. (1997). Eesti arhitektuur – Harjumaa, Järvamaa, Raplamaa, Lääne-Virumaa, Ida-Virumaa. Tallinn: Valgus.
- Ramboll Eesti AS. (2015). Järvamaa maakonnaplaneering.
- Rockstörm, J., Gordon, L., Folke, C., Falnkenmark, M., Engwall, M. (1999). Linkages among water vapor flows, dood production, and terrestial ecosystem services. - *Conserv Ecology,* 3. [WWW] https://www.jstor.org/stable/26271715?seq=1#metadata_info_tab_contents (02.02.19)
- Rogelj, J., Shindell, D., Jiang, K., Fifita, S., Forster, P., Ginzburg, V., Handa, C., Kheshgi, H., Kobayashi, H., Kriegler, E., Mundaca, L., Séférian, R., Vilariño, M.V. (2018). Global warming of 1.5°C. An IPCC Special

Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. [WWW] https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/11/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf (27.01.19)

- Römpczyk, Elmar. (2008). Vajame säästvat arengut. Tallinn : agentuur DUE.
- Saltman, R. B., Rico, A., Boerma, W. (2007). Primary Care in the Driver's Seat? Organisational Reform in European Primary Care. – *Berkshire*, Open University Press. [WWW] http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/98421/E87932.pdf (29.01.19)
- Schyns, J.F., Booij, M.J., Hoekstra, A.Y. (2017). The water footprint of wood for lumber, pulp, paper, fuel and firewood. – *Advances in water Resources* 107, 490-501.
- Sepp, V., Kivi, L., Lees, K., Varblane, U., Espenberg, K. (2015). Uuring esmatasandi tervishoiuteenuste geograafilise kättesaadavuse vajaduse hindamine ja esmatasandi tervishoiuteenuste optimaalse korralduse mudeli loomine. Osaraport 5. Esmatasandi tervisekeskuste organisatoorsed mudelid. Tartu: Tartu Ülikool.
- Sepp, V., Veemaa, J. (2016). Teenuste uuenduslikum ja säästlikum korraldamine toimepiirkondade keskuste tagamaal. – *Tartu Ülikooli sotsiaalteaduslike rakendusuuringute keskus* , lõpp-aruanne.
- Siil, S. (2017). Ühiskondlike hoonete kasutusea ja hoolduskorralduse käsitlus projektdokumentides: magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool Tartu Kolledž, Tartu.
- Suresh, S.B., Madala, S., Boehm, R. (2011). Passive Building Energy Savings: A Review Of Building Envelope Components. - *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 : 3617-3631.
- Sweco Projekt AS. (2017). Türi tervisekeskus. – *17170-0005.*
- Sweco Projekt AS. (2018). Antsla esmatasandi tervisekeskus. – *18110-0001.*
- Tali, M. (2018). Hoonete energiatõhususe nõuded. – *Liginullenergia : 27 september 2018, Tallinn, Eesti.*
- Tallinna Ülikool. (2010). Organisatsiooni keskkonnaaruande koostamise juhend. [WWW] http://kesa.edu.ee/pdf/organisatsiooni_keskkonnaaruande_koostamise_juhend.pdf (27.01.19)
- TEA entsüklopeedia. (2009). Köide 2. TEA Kirjastus: Tallinn.
- Tervishoiuteenuste korraldamise seadus. Vastu võetud Riigikogus 09. mail 2001. a – RT I, 10.03.2011, 9.
- Thaldfelt, M. (2016). Total economy of energy-efficient office building facade in a cold climate: doctoral thesis. Tallinn University of Technology, Tallinn.
- Thalfeldt, M., Kurnitski J., Mikola, A. (2013). Nearly zero energy office building without conventional heating. - *Estonian Journal of Engineering,* 19 : 309-328.
- Thalfeldt, M., Kurnitski, J. (2014). External shading control principles for low energy office buildings. *10th Nordic Symposium on Building Physics Conference Proceedings, 15-19 June, Lund, Sweden,* 806–813.
- Thalfeldt, M., Pikas, E., Kurntiski J., Voll, H. (2013). Facade design principles for nearly zero energy buildings in a cold climate. - Energy and Buildings 67 : 309–321.
- The State of Health Care Integration in Estonia: Summary Report The World Bank Group. (2015). /Estonian Health Insurance Fund and World Bank Group. Tallinn. [WWW] (https://www.haigekassa.ee/sites/default/files/Maailmapanga-uuring/summary_report_hk_2015.pdf). (30.01.19)
- The World Health Report 2008. Primary Health Care - Now More than Ever. [WWW] http://www.who.int/whr/2008/whr08_en.pdf (29.01.19)
- Valentine, B. (2008). Less is better. In sustainable healthcare architecture. R.Guenther and G.Vittori. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Van Den Wymelenberg, K. (2012). Patterns of occupant interaction with window blinds: A literature review. - *Energy and Buildings,* 51 : 165-176.
- Vilnius Gediminias Technical University. (2007). Energy efficient building : study material for architecture students. Vilnius: Vilnius Gediminias Technical University press.
- Voll, H. (2015). Passiivsete arhitektuuriliste jahutusmeetmete kasutamine ühiskondlike hoonete kavandamisel. Innovatiivne lähenemine energiakokkuhoiule. [WWW] http://www.ekvy.ee/attachments/article/16/P%C3%A4evavalgus%20ja%20energiat%C3%B5husus.pdf (27.01.19)
- Wärmark, K. (2015). Assessment of water footprint for civil construction projects: master thesis. Uppsala University, Uppsala.
- Yao, J. (2014). Determining the energy performance of manually controlled solar shades: A stochastic model based co-simulation analysis. - *Applied Energy,* 127: 64-80.

LISAD

Lisa 1 – Päevavalgusteguri arvutuskood



Lisa 2. Päevavalgustegurite väärtused maatriksis

Päevavalgusteguri analüüs 12 m^2 ruumile, kus akna laius on 0.6-0.9 m ja kõrgus 1.1 m.

12m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
												akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%								
a	h		a	h			3	3,5	4	4,5					
3	3	**9**	0,6	1,1	**1,32**	15%	2,99	2,58	2,31	2,03		0,15	0,13	0,11	0,10
3,5	3	**10,5**	0,7	1,1	**1,54**	15%	3	2,62	2,31	2,07		0,15	0,13	0,11	0,10
4	3	**12**	0,8	1,1	**1,76**	15%	3,09	2,66	2,36	2,15		0,15	0,13	0,11	0,10
4,5	3	**13,5**	0,9	1,1	**1,98**	15%	3,15	2,71	2,4	2,17		0,15	0,13	0,11	0,10

Päevavalgusteguri analüüs 12 m^2 ruumile, kus akna laius on 0.6-0.9 m ja kõrgus 1.2 m.

12m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
												akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%								
a	h		a	h			3	3,5	4	4,5					
3	3	**9**	0,6	1,2	**1,44**	16%	3,21	2,78	2,46	2,21		0,16	0,14	0,12	0,11
3,5	3	**10,5**	0,7	1,2	**1,68**	16%	3,24	2,83	2,47	2,24		0,16	0,14	0,12	0,11
4	3	**12**	0,8	1,2	**1,92**	16%	3,31	2,89	2,56	2,31		0,16	0,14	0,12	0,11
4,5	3	**13,5**	0,9	1,2	**2,16**	16%	3,41	2,94	2,6	2,35		0,16	0,14	0,12	0,11

Päevavalgusteguri analüüs 12 m^2 ruumile, kus akna laius on 0.6-0.9 m ja kõrgus 1.3 m.

12m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
												akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%								
a	h		a	h			3	3,5	4	4,5					
3	3	**9**	0,6	1,3	**1,56**	17%	3,41	2,97	2,62	2,35		0,17	0,15	0,13	0,12
3,5	3	**10,5**	0,7	1,3	**1,82**	17%	3,48	2,99	2,66	2,4		0,17	0,15	0,13	0,12
4	3	**12**	0,8	1,3	**2,08**	17%	3,53	3,1	2,75	2,47		0,17	0,15	0,13	0,12
4,5	3	**13,5**	0,9	1,3	**2,34**	17%	3,64	3,15	2,78	2,53		0,17	0,15	0,13	0,12

Päevavalgusteguri analüüs 16 m^2 ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.3 m.

16m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
												akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%								
a	h		a	h			3,5	4	4,5	5					
3,5	3	**10,5**	0,7	1,3	**1,82**	17,33%	3,02	2,68	2,41	2,17		0,15	0,13	0,12	0,10
4	3	**12**	0,8	1,3	**2,08**	17,33%	3,09	2,74	2,46	2,24		0,15	0,13	0,12	0,10
4,5	3	**13,5**	0,9	1,3	**2,34**	17,33%	3,14	2,78	2,53	2,27		0,15	0,13	0,12	0,10
5	3	**15**	1	1,3	**2,6**	17,33%	3,2	2,83	2,54	2,32		0,17	0,13	0,12	0,10

Päevavalgusteguri analüüs 12 m^2 ruumile, kus akna laius on 0.6-0.9 m ja kõrgus 1.4 m.

12m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
												akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%								
a	h		a	h			3	3,5	4	4,5					
3	3	**9**	0,6	1,4	**1,68**	19%	3,61	3,15	2,8	2,49		0,19	0,16	0,14	0,12
3,5	3	**10,5**	0,7	1,4	**1,96**	19%	3,65	3,24	2,83	2,54		0,19	0,16	0,14	0,12
4	3	**12**	0,8	1,4	**2,24**	19%	3,74	3,31	2,9	2,63		0,19	0,16	0,14	0,12
4,5	3	**13,5**	0,9	1,4	**2,52**	19%	3,84	3,34	2,97	2,7		0,19	0,16	0,14	0,12

Päevavalgusteguri analüüs 16 m^2 ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.4 m.

16m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
												akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%								
a	h		a	h			3,5	4	4,5	5					
3,5	3	**10,5**	0,7	1,4	**1,96**	18,67%	3,18	2,83	2,55	2,31		0,16	0,14	0,12	0,11
4	3	**12**	0,8	1,4	**2,24**	18,67%	3,28	2,91	2,6	2,38		0,16	0,14	0,12	0,11
4,5	3	**13,5**	0,9	1,4	**2,52**	18,67%	3,34	2,97	2,67	2,43		0,16	0,14	0,12	0,11
5	3	**15**	1	1,4	**2,8**	18,67%	3,39	3,01	2,71	2,47		0,16	0,14	0,12	0,11

Päevavalgusteguri analüüs 12 m^2 ruumile, kus akna laius on 0.6-0.9 m ja kõrgus 1.5 m.

12m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
												akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%								
a	h		a	h			3	3,5	4	4,5					
3	3	**9**	0,6	1,5	**1,8**	20%	3,82	3,32	2,95	2,64		0,20	0,17	0,15	0,13
3,5	3	**10,5**	0,7	1,5	**2,1**	20%	3,85	3,36	3,01	2,69		0,20	0,17	0,15	0,13
4	3	**12**	0,8	1,5	**2,4**	20%	3,96	3,48	3,09	2,8		0,20	0,17	0,15	0,13
4,5	3	**13,5**	0,9	1,5	**2,7**	20%	4,06	3,54	3,16	2,86		0,20	0,17	0,15	0,13

Päevavalgusteguri analüüs 16 m^2 ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.5 m.

16m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
												akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%								
a	h		a	h			3,5	4	4,5	5					
3,5	3	**10,5**	0,7	1,5	**2,1**	20%	3,38	3,02	2,71	2,44		0,17	0,15	0,13	0,12
4	3	**12**	0,8	1,5	**2,4**	20%	3,48	3,09	2,77	2,53		0,17	0,15	0,13	0,12
4,5	3	**13,5**	0,9	1,5	**2,7**	20%	3,53	3,14	2,83	2,57		0,17	0,15	0,13	0,12
5	3	**15**	1	1,5	**3**	20%	3,62	3,19	2,88	2,63		0,17	0,15	0,13	0,12

Päevavalgusteguri analüüs 20 m^2 ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.5 m.

20m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
												akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%								
a	h		a	h			4	4,5	5	5,5					
4	3	**12**	0,7	1,5	**2,1**	17,50%	2,74	2,46	2,22	2,03		0,13	0,12	0,11	0,10
4,5	3	**13,5**	0,8	1,5	**2,4**	17,78%	2,82	2,53	2,29	2,1		0,13	0,12	0,11	0,10
5	3	**15**	0,9	1,5	**2,7**	18,00%	2,89	2,6	2,36	2,17		0,14	0,12	0,11	0,10
5,5	3	**16,5**	1	1,5	**3**	18,18%	2,96	2,65	2,42	2,21		0,14	0,12	0,11	0,10

Päevavalgusteguri analüüs 12 m^2 ruumile, kus akna laius on 0.6-0.9 m ja kõrgus 1.6 m.

12m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
												akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%								
a	h		a	h			3	3,5	4	4,5					
3	3	**9**	0,6	1,6	**1,92**	21%	3,99	3,46	3,1	2,77		0,21	0,18	0,16	0,14
3,5	3	**10,5**	0,7	1,6	**2,24**	21%	4,06	3,56	3,14	2,84		0,21	0,18	0,16	0,14
4	3	**12**	0,8	1,6	**2,56**	21%	4,18	3,65	3,25	2,94		0,21	0,18	0,16	0,14
4,5	3	**13,5**	0,9	1,6	**2,88**	21%	4,28	3,75	3,34	3,02		0,21	0,18	0,16	0,14

Päevavalgusteguri analüüs 16 m² ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.6 m.

16m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5															
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%				akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
a	h		a	h			3,5	4	4,5	5				
3,5	3	**10,5**	0,7	1,6	**2,24**	21%	3,54	3,16	2,83	2,59	0,18	0,16	0,14	0,13
4	3	**12**	0,8	1,6	**2,56**	21%	3,66	3,24	2,92	2,66	0,18	0,16	0,14	0,13
4,5	3	**13,5**	0,9	1,6	**2,88**	21%	3,73	3,31	2,99	2,73	0,18	0,16	0,14	0,13
5	3	**15**	1	1,6	**3,2**	21%	3,77	3,39	3,04	2,78	0,18	0,16	0,14	0,13

Päevavalgusteguri analüüs 20 m² ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.6 m.

20m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,5														
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%				akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
a	h		a	h			4	4,5	5	5,5				
4	3	**12**	0,7	1,6	**2,24**	18,67%	3,26	2,91	2,66	2,42	0,14	0,12	0,11	0,10
4,5	3	**13,5**	0,8	1,6	**2,56**	18,96%	3,35	2,99	2,71	2,5	0,14	0,13	0,11	0,10
5	3	**15**	0,9	1,6	**2,88**	19,20%	3,06	2,75	2,5	2,28	0,14	0,13	0,12	0,10
5,5	3	**16,5**	1	1,6	**3,2**	19,39%	3,12	2,82	2,56	2,35	0,15	0,13	0,12	0,11

Päevavalgusteguri analüüs 12 m² ruumile, kus akna laius on 0.6-0.9 m ja kõrgus 1.7 m.

12m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,6														
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%				akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
a	h		a	h			3	3,5	4	4,5				
3	3	**9**	0,6	1,7	**2,04**	23%	4,13	3,66	3,26	2,93	0,23	0,19	0,17	0,15
3,5	3	**10,5**	0,7	1,7	**2,38**	23%	4,23	3,73	3,28	2,97	0,23	0,19	0,17	0,15
4	3	**12**	0,8	1,7	**2,72**	23%	4,35	3,84	3,4	3,09	0,23	0,19	0,17	0,15
4,5	3	**13,5**	0,9	1,7	**3,06**	23%	4,47	3,92	3,48	3,19	0,23	0,19	0,17	0,15

Päevavalgusteguri analüüs 16 m² ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.7 m.

16m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,6														
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%				akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
a	h		a	h			3,5	4	4,5	5				
3,5	3	**10,5**	0,7	1,7	**2,38**	23%	3,72	3,33	2,99	2,69	0,19	0,17	0,15	0,14
4	3	**12**	0,8	1,7	**2,72**	23%	3,83	3,41	3,06	2,8	0,19	0,17	0,15	0,14
4,5	3	**13,5**	0,9	1,7	**3,06**	23%	3,91	3,49	3,16	2,86	0,19	0,17	0,15	0,14
5	3	**15**	1	1,7	**3,4**	23%	3,99	3,54	3,21	2,92	0,19	0,17	0,15	0,14

Päevavalgusteguri analüüs 20 m² ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.7 m.

20m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,6														
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%				akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
a	h		a	h			4	4,5	5	5,5				
4	3	**12**	0,7	1,7	**2,38**	19,8%	3,42	3,07	2,79	2,54	0,15	0,13	0,12	0,11
4,5	3	**13,5**	0,8	1,7	**2,72**	20,1%	3,51	3,13	2,85	2,62	0,15	0,13	0,12	0,11
5	3	**15**	0,9	1,7	**3,06**	20,4%	3,2	2,89	2,65	2,41	0,15	0,14	0,12	0,11
5,5	3	**16,5**	1	1,7	**3,4**	20,6%	3,29	2,96	2,69	2,47	0,15	0,14	0,12	0,11

Päevavalgusteguri analüüs 16 m² ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.8 m.

16m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,6														
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%				akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
a	h		a	h			3,5	4	4,5	5				
3,5	3	**10,5**	0,7	1,8	**2,52**	24%	3,87	3,48	3,12	2,83	0,21	0,18	0,16	0,14
4	3	**12**	0,8	1,8	**2,88**	24%	3,99	3,56	3,2	2,93	0,21	0,18	0,16	0,14
4,5	3	**13,5**	0,9	1,8	**3,24**	24%	4,09	3,66	3,31	3	0,21	0,18	0,16	0,14
5	3	**15**	1	1,8	**3,6**	24%	4,16	3,71	3,35	3,05	0,21	0,18	0,16	0,14

Päevavalgusteguri analüüs 20 m² ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.8 m.

20m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,6														
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%				akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
a	h		a	h			4	4,5	5	5,5				
4	3	**12**	0,7	1,8	**2,52**	21%	3,56	3,21	2,92	2,65	0,16	0,14	0,13	0,11
4,5	3	**13,5**	0,8	1,8	**2,88**	21%	3,65	3,29	2,98	2,73	0,16	0,14	0,13	0,12
5	3	**15**	0,9	1,8	**3,24**	22%	3,36	3,57	2,75	2,53	0,16	0,14	0,13	0,12
5,5	3	**16,5**	1	1,8	**3,6**	22%	3,46	3,1	2,84	2,59	0,16	0,15	0,13	0,12

Päevavalgusteguri analüüs 16 m² ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.9 m.

16m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,6														
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%				akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
a	h		a	h			3,5	4	4,5	5				
3,5	3	**10,5**	0,7	1,9	**2,66**	25%	4	3,58	3,25	2,94	0,22	0,19	0,17	0,15
4	3	**12**	0,8	1,9	**3,04**	25%	4,15	3,72	3,35	3,06	0,22	0,19	0,17	0,15
4,5	3	**13,5**	0,9	1,9	**3,42**	25%	4,25	3,81	3,46	3,14	0,22	0,19	0,17	0,15
5	3	**15**	1	1,9	**3,8**	25%	4,34	3,89	3,5	3,2	0,22	0,19	0,17	0,15

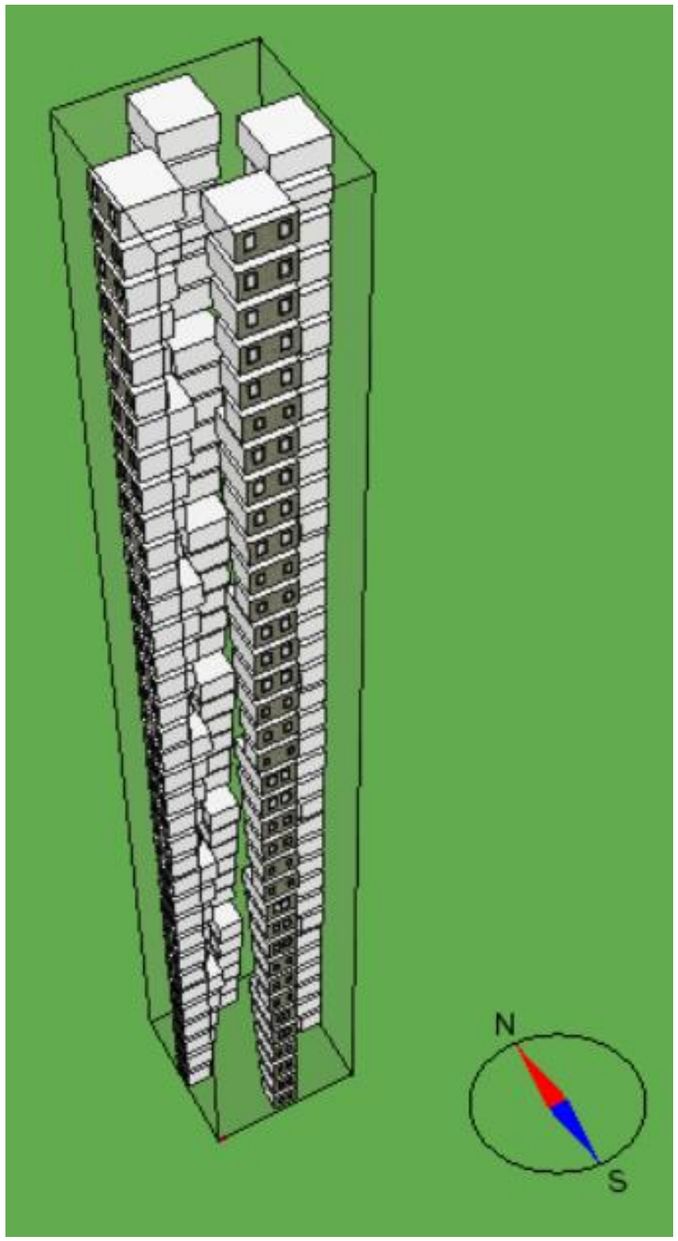
Päevavalgusteguri analüüs 20 m² ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 1.9 m.

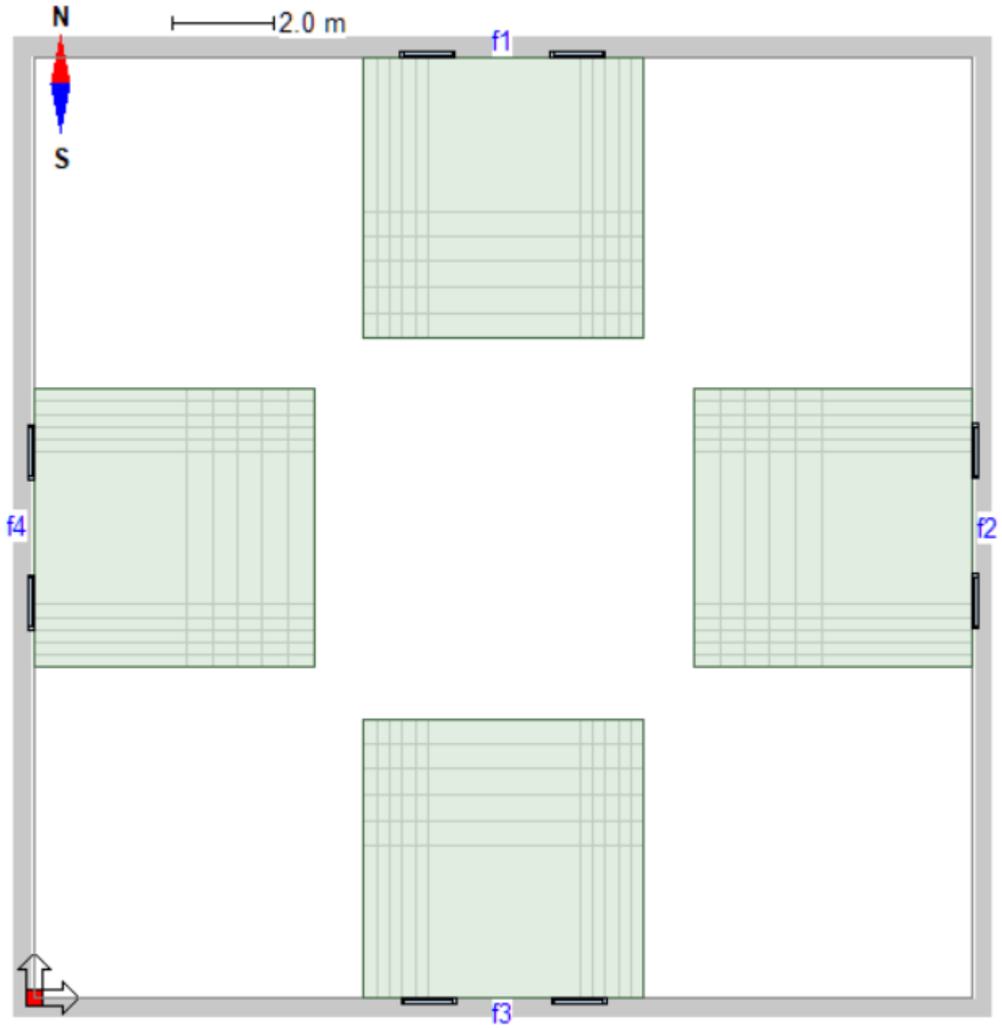
20m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,6														
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%				akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
a	h		a	h			4	4,5	5	5,5				
4	3	**12**	0,7	1,9	**2,66**	22%	3,7	3,35	3,04	2,79	0,17	0,15	0,13	0,12
4,5	3	**13,5**	0,8	1,9	**3,04**	23%	3,81	3,44	3,13	2,87	0,17	0,15	0,14	0,12
5	3	**15**	0,9	1,9	**3,42**	23%	3,51	3,17	2,9	2,65	0,17	0,15	0,14	0,12
5,5	3	**16,5**	1	1,9	**3,8**	23%	3,57	3,24	2,96	2,71	0,17	0,15	0,14	0,13

Päevavalgusteguri analüüs 20 m² ruumile, kus akna laius on 0.7-1.0 m ja kõrgus 2.0 m.

20m2- kõrgus maapinnast 0,9; lõppeb 2,6														
sein m²			aken m²			a/s	avg DF%				akna pind põrandasse väiksem kui 0,15			
a	h		a	h			4	4,5	5	5,5				
4	3	**12**	0,7	2	**2,8**	23%	3,86	3,49	3,17	2,91	0,18	0,16	0,14	0,13
4,5	3	**13,5**	0,8	2	**3,2**	24%	3,96	3,56	3,25	2,99	0,18	0,16	0,14	0,13
5	3	**15**	0,9	2	**3,6**	24%	3,65	3,3	3,02	2,75	0,18	0,16	0,14	0,13
5,5	3	**16,5**	1	2	**4**	24%	3,74	3,36	3,09	2,83	0,18	0,16	0,15	0,13

Lisa 3. Väljavõte programmist EQUA Ida-Ice 4.8





Lisa 4. Jahutuskoormuse väärtused ruumides

PINDALAD

ruumi sügavus						
ruumi laius	3	3,5	4	4,5	5	5,5
3	9	10,5	12	13,5	15	16,5
3,5	10,5	12,25	14	15,75	17,5	19,25
4	12	14	16	18	20	22
4,5	13,5	15,75	18	20,25	22,5	24,75
5	15	17,5	20	22,5	25	27,5
5,5	16,5	19,25	22	24,75	27,5	30,25

AKEN- kõigis ruumides paikneb kaks akent, kõrgus põrandast 0,9 m

laius	kõrgus	aknaraami osakaal %	
0,6	1,1	53	0,09434
0,8	1,3	43	
1	1,6	36	

Aknaraa	0,8
Aknaklaa	0,47
g	0,48

Visible Transmittance 0,7

Aken on tasa välisseina välispinnaga

AKENDE PAIKENMINE

pindaladega 9-14 mõlemad aknad välisseinast 0,6 m

pindaladega 15-18 mõlemad aknad välisseinast 0,7 m

pindaladega 19,25-30,25 mõlemad aknad välisseinast 0,75 m

		Ruum	Laius	Sügavus	Orient	°C·h	ventjahutus °C·h	D	m²	ruumisuhe
	1	3-4.5-N	3	4,5	N	25,9	0	2,05	13,5	0,7
12	1	4.5-5.5-W	4,5	5,5	W	791,3	164,4	2,75	24,75	0,8
	1	5-3-W	5	3	W	412,2	30,5	2,82	15	1,7
	1	5-4-N	5	4	N	141,2	0	3,32	20	1,3
	5	3-4-N	**3**	**4**	**N**	**25**	**0**	**2,31**	**12**	0,8
12	5	4.5-4.5-S	4,5	4,5	S	742,3	154,7	3,28	20,25	1,0
	5	4.5-5-N	4,5	5	N	143,3	0	2,99	22,5	0,9
	5	5.5-5-S	5,5	5	S	404,7	9,2	2,48	27,5	1,1
	9	3-3-N	3	3	N	22,8	0	3	9	1,0
12	9	4.5-3-E	4,5	3	E	146,5	0	2,06	13,5	1,5
	9	4-4.5-W	4	4,5	W	395,3	15,7	2,41	18	0,9
	9	5-5-W	5	5	W	737,1	136,7	2,72	25	1,0
	13	3.5-3.5-W	3,5	3,5	W	155,7	0	2,26	12,25	1,0
12	13	3.5-4-N	3,5	4	**N**	19,6	0	1,97	14	0,9
	13	3-5.5-E	3	5,5	E	709,5	134,8	2,63	16,5	0,5
	13	4.5-4-W	4,5	4	W	361,4	11,8	2,41	18	1,1
	17	3-5.5-N	3	5,5	**N**	86,8	0	**2,63**	16,5	0,5
12	17	3-5.5-W	3	5,5	W	533,4	47,1	2,63	16,5	0,5
	17	4.5-5.5-E	4,5	5,5	E	1031,1	350	2,75	24,75	0,8
	17	5.5-3-S	5,5	3	S	193,3	0	2,57	16,5	1,8
	21	3.5-4-E	3,5	4	E	187,3	0,2	1,97	14	0,9
12	21	4-3.5-S	4	3,5	S	77,8	0	1,97	14	1,1
	21	5.5-3.5-W	5,5	3,5	W	987,5	358	3,41	19,25	1,6
	21	5-5-S	5	5	S	525,6	43	2,72	25	1,0
	25	3.5-4.5-S	3,5	4,5	S	390,8	13,6	2,77	15,75	0,8
12	25	3-3.5-N	**3**	**3,5**	**N**	**24**	**0**	**2,57**	**10,5**	0,9
	25	4-3-W	4	3	W	134,6	0	2,28	12	1,3
	25	4-5.5-S	4	5,5	S	733,6	138,3	3,05	22	0,7
	29	3.5-3.5-N	3,5	3,5	N	18,1	0	2,26	12,25	1,0
12	29	3.5-4-W	3,5	4	W	137	0	1,97	14	0,9
	29	5.5-4.5-W	5,5	4,5	W	705	125,1	2,71	24,75	1,2
	29	5.5-5.5-S	5,5	5,5	S	359	2	2,27	30,25	1,0
	33	3-3-E	3	3	E	356,8	24,2	3	9	1,0
12	33	3-4-S	3	4	S	141	0	2,31	12	0,8
	33	4-3.5-N	4	3,5	N	14,3	0	1,97	14	1,1
	33	5-4-S	5	4	S	705	141,5	3,32	20	1,3
	37	3.5-5-N	3,5	5	**N**	70,6	0	2,49	17,5	0,7
16	37	3-3-S	3	3	S	187,2	0	3	9	1,0
	37	5-5-E	5	5	E	964,6	304,2	2,72	25	1,0
	41	3-4-W	3	4	W	187,1	0	2,31	12	0,8
16	41	4.5-5-W	4,5	5	W	904	253,7	2,99	22,5	0,9
	41	4-4-N	4	4	**N**	61,5	0	2,69	16	1,0
	41	5-5.5-S	5	5,5	S	464,1	20,1	2,49	27,5	0,9
	45	3.5-3-S	3,5	3	S	126,7	0	2,6	10,5	1,2
20	45	3.5-5.5-E	3,5	5,5	E	1596,8	869,6	3,44	19,25	0,6
	45	5.5-3-W	5,5	3	W	332,7	12,3	2,57	16,5	1,8
	45	5-5.5-W	5	5,5	W	641,9	80,7	2,49	27,5	0,9
	49	3.5-3-N	3,5	3	**N**	16,4	0	2,6	10,5	1,2
12	49	3.5-5-S	3,5	5	S	344,5	3,2	2,49	17,5	0,7
	49	5.5-3.5-N	5,5	3,5	N	128,5	0	3,41	19,25	1,6
	49	5.5-5.5-E	5,5	5,5	E	694,4	113,6	2,27	30,25	1,0
	53	3.5-4.5-E	3,5	4,5	E	693,5	138,6	2,77	15,75	0,8
12	53	4.5-5.5-N	4,5	5,5	N	131,5	0	2,75	24,75	0,8
	53	4-3-N	4	3	**N**	12,4	0	2,28	12	1,3
	53	5-3.5-W	5	3,5	W	340,8	10,7	2,47	17,5	1,4
	57	3.5-3-W	3,5	3	W	181	0,1	2,6	10,5	1,2
16	57	4.5-3-S	4,5	3	**S**	67	0	2,06	13,5	1,5
	57	5.5-4.5-E	5,5	4,5	E	926,6	283,4	2,71	24,75	1,2
	57	5-3.5-E	5	3,5	E	464	42,6	2,47	17,5	1,4
	61	4.5-4-N	4,5	4	**N**	49,2	0	2,41	18	1,1
16	61	4-5-N	4	5	N	180,3	0	3,33	20	0,8
	61	4-5-S	4	5	S	836,5	209,1	3,33	20	0,8
	61	5.5-4.5-S	5,5	4,5	S	462,6	26,7	2,71	24,75	1,2
	65	3-3.5-E	3	3,5	E	299,8	9,6	2,57	10,5	0,9
20	65	3-4.5-S	3	4,5	S	126,5	0	2,05	13,5	0,7
	65	4-5-E	4	5	E	1447,5	731,9	3,33	20	0,8
	65	5.5-3.5-S	5,5	3,5	S	638,5	115,2	3,41	19,25	1,6
	69	3.5-3.5-S	3,5	3,5	S	110,9	0	2,26	12,25	1,0
20	69	3-5-W	3	5	W	609,5	83,2	2,84	15	0,6
	69	4-4.5-S	4	4,5	S	290,5	0,4	2,41	18	0,9
	69	4-5.5-E	4	5,5	E	1277,3	565,1	3,05	22	0,7
	73	4.5-3-N	4,5	3	**N**	9,9	0	2,06	13,5	1,5
12	73	4.5-5-S	4,5	5	S	643,8	94,1	2,99	22,5	0,9
	73	4-4-S	4	4	S	333,7	4,1	2,69	16	1,0
	73	5-4.5-N	5	4,5	N	127,4	0	2,97	22,5	1,1
	77	3-4.5-W	3	4,5	W	166	0	2,05	13,5	0,7
16	77	4-4.5-N	4	4,5	**N**	58,7	0	2,41	18	0,9
	77	4-4-W	4	4	W	460,8	34,5	2,69	16	1,0
	77	5-4.5-W	5	4,5	W	853,1	223,4	2,97	22,5	1,1
	81	3-5.5-S	3	5,5	S	452,3	23,8	2,63	16,5	0,5
16	81	4-5.5-N	4	5,5	N	164,1	0	3,05	22	0,7
	81	5.5-4-W	5,5	4	W	829,6	216,6	3,02	22	1,4
	81	5-3-N	5	3	N	42,1	0	2,82	15	1,7
	85	4.5-3.5-S	4,5	3,5	S	280,3	0,9	2,74	15,75	1,3
20	85	4.5-4.5-E	4,5	4,5	E	1353,6	652,1	3,28	20,25	1,0
	85	4-3.5-W	4	3,5	W	117,5	0	1,97	14	1,1
	85	4-4-E	4	4	E	620,6	105,2	2,69	16	1,0
	89	3.5-5.5-W	3,5	5,5	W	1245,2	546,2	3,44	19,25	0,6
20	89	5-3-S	5	3	S	265,2	0,9	2,82	15	1,7
	89	5-4.5-S	5	4,5	S	603,1	80,4	2,97	22,5	1,1
	89	5-5.5-N	5	5,5	N	108,2	0	2,49	27,5	0,9
	93	3.5-4-S	3,5	4	**S**	99,8	0	1,97	14	0,9
20	93	3-4-E	3	4	E	257,1	3,6	2,31	12	0,8
	93	4.5-5.5-S	4,5	5,5	S	566,3	54,3	2,75	24,75	0,8
	93	5-4.5-E	5	4,5	E	1116,3	438,1	2,97	22,5	1,1
	97	4.5-3.5-N	4,5	3,5	**N**	50,9	0	2,74	15,75	1,3
16	97	4-3.5-E	4	3,5	E	162,9	0,1	1,97	14	1,1
	97	5.5-3-E	5,5	3	E	457,9	47,9	2,57	16,5	1,8
	97	5-5.5-E	5	5,5	E	840,7	204,9	2,49	27,5	0,9
	101	3.5-5-W	3,5	5	W	449,1	24,9	2,49	17,5	0,7
16	101	3-3.5-S	3	3,5	S	160,5	0	2,57	10,5	0,9
	101	3-5-E	3	5	E	810,8	206,6	2,84	15	0,6
	101	5-3.5-N	5	3,5	**N**	41,3	0	2,47	17,5	1,4
	105	3.5-3-E	3,5	3	E	258,2	6,2	2,6	10,5	1,2
20	105	5.5-5-W	5,5	5	W	605,8	69,2	2,48	27,5	1,1
	105	5-4-E	5	4	E	1305,1	617,5	3,32	20	1,3
	105	5-5-N	5	5	N	116,7	0	2,72	25	1,0
	109	4.5-3.5-E	4,5	3,5	E	578,7	92,6	2,74	15,75	1,3
20	109	4.5-4-S	4,5	4	S	241,3	0	2,41	18	1,1
	109	4.5-5-E	4,5	5	E	1177,1	482,2	2,99	22,5	0,9
	109	5.5-4.5-N	5,5	4,5	N	105,1	0	2,71	24,75	1,2
	113	3-4.5-E	3	4,5	E	224,3	0,9	2,05	13,5	0,7
20	113	5.5-4-E	5,5	4	E	1090,5	426,8	3,02	22	1,4
	113	5.5-4-S	5,5	4	S	537,5	58,7	3,02	22	1,4
	113	5.5-5-N	5,5	5	**N**	97,5	0	2,48	27,5	1,1
	117	3.5-3.5-E	3,5	3,5	E	217,3	1,6	2,26	12,25	1,0
20	117	4.5-4.5-W	4,5	4,5	W	1040,6	377,3	3,28	20,25	1,0
	117	4-4.5-E	4	4,5	E	529,8	55,6	2,41	18	0,9
	117	5.5-5.5-N	5,5	5,5	**N**	91,4	0	2,27	30,25	1,0
	121	4.5-3.5-W	4,5	3,5	W	426,9	29,3	2,74	15,75	1,3
16	121	4.5-4.5-N	4,5	4,5	N	157,8	0	3,28	20,25	1,0
	121	5.5-3-N	5,5	3	**N**	34,3	0	2,57	16,5	1,8
	121	5.5-5-E	5,5	5	E	797,3	182,3	2,48	27,5	1,1
	125	3.5-5-E	3,5	5	E	599,8	80,4	2,49	17,5	0,7
20	125	3-3-W	3	3	W	252,6	4,6	3	9	1,0
	125	5.5-3.5-E	5,5	3,5	E	1299,3	625,9	3,41	19,25	1,6
	125	5.5-4-N	5,5	4	N	115,1	0	3,02	22	1,4
	129	4.5-3-W	4,5	3	W	103,6	0	2,06	13,5	1,5
20	129	4-5-W	4	5	W	1120,2	438,6	3,33	20	0,8
	129	5-3.5-S	5	3,5	S	224	0	2,47	17,5	1,4
	129	5-3-E	5	3	E	562,7	96,4	2,82	15	1,7
	133	3.5-5.5-S	3,5	5,5	S	1042,4	358,7	3,44	19,25	0,6
20	133	3-3.5-W	3	3,5	W	214,9	1	2,57	10,5	0,9
	133	3-5-N	**3**	**5**	**N**	**92,3**	**0**	**2,84**	**15**	0,6
	133	5.5-5.5-W	5,5	5,5	W	527,6	37,3	2,27	30,25	1,0
	137	3.5-4.5-W	3,5	4,5	W	517,5	48,9	2,77	15,75	0,8
20	137	3.5-5.5-N	3,5	5,5	N	211,5	0,3	3,44	19,25	0,6
	137	4-3-S	4	3	**S**	85,6	0	2,28	12	1,3
	137	5-4-W	5	4	W	997,4	351,6	3,32	20	1,3
	141	3.5-4.5-N	3,5	4,5	**N**	74,6	0	2,77	15,75	0,8
20	141	4.5-4-E	4,5	4	E	487,4	45	2,41	18	1,1
	141	4-3-E	4	3	E	191,8	0,9	2,28	12	1,3
	141	4-5.5-W	4	5,5	W	986,9	313,4	3,05	22	0,7

Lisa 5. Vormifaktori arvutus

sinine	Esimene korrus põhiosa		Kõrgus		
	A	31	h1	3,9	
	B	11			
	Juurdeehituse alguspunkt	1			
roheline	Juurdeehituse mõõdud				
	A	11			
	B	13			
punane	Teine korrus		kõrgus		
	A	31	h2	0,5	
	B	11			
	Alguspunkt				
	x	0			
	y	0			

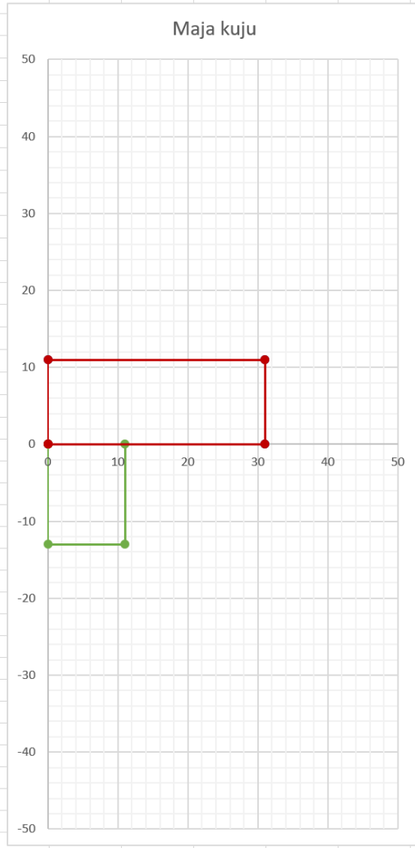
Katuse tüüp:	viilkatus	
Netopindala	600	m²
max kõrgus	28,62	
Vormifaktor	4,22	

Viilkatus	
Viiluga paralleelne külg	A
Kalde nurk 1 [deg]	38
Kalde nurk 2 [deg]	90
Pindala1	375,41
kõrgus	24,22
Pindala2	699,15

Kaldkatus	
Katuseharja max punkt	A
Kaldenurk [deg]	30
Kõrgus	17,90
Pindala	FALSE

	x	y
1	0	0
2	31	0
3	31	11
4	0	11
5	0	0
1	0	0
2	11	0
3	11	-13
4	0	-13
5	0	0
1	0	0
2	31	0
3	31	11
	0	11
5	0	0

y



l b
_ a

x

Pindalad		
Seinad	556,8	m²
Ehitusalune pind	484	m²
Katuse pindala	1592,969	m²

lamekatus	A
viilkatus	B
kaldkatus	C

Lisa 6. Fotod Aravete alevikust

Vasakul sissesõit planeeritavale ETTK-le, paremal toidupood. (autori erakogu)

Planeeritava ETTK kõrval asuv eramu. (autori erakogu)

Vaade kultuurikeskuse poolt planeeritava ETTK suunas. (autori erakogu)

ETTK kõrval olev toidupood. (autori erakogu)

Vaade planeeritava ETTK poolt toidupoele ja ühistranspordi peatusele. (autori erakogu)

Alevikus olev bussipeatus taamal paistab koolimaja. (autori erakogu)