



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

EHITISTE PROJEKTEERIMISE INSTITUUT
EHITUSFÜÜSIKA JA ARHITEKTUURI ÕPPETOOL



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti tuleviku heaks

AEROC plokkidest tarindilahenduste soojustehniline analüüs ja visualiseerimine

Uuringu lõpparuanne

Targo Kalamees, Üllar Alev, Leena Paap

2012

I

Eessõna

Kõnesolev uurimistöö aruanne võtab kokku Tallinna Tehnikaülikooli ehitusfüüsika ja arhitektuuri õppetoolis viidud uuringu, mille eesmärgiks oli hoonete keskkonnamõju vähendamine läbi nende energiatõhususe parandamine poorbetoonplokkidest tarindite külmasildade ja õhupidavuse analüüsi kaudu.

Uuringu subjektiks oli AS AEROC poolt toodetud plokkidest tarindite uuring arvutusliku analüüsi ja välimõõtmiste abil.

Uuring on rahastatud AS AEROC poolt (EAS-i toetus) ja uurimisprojekti „Hoonete keskkonnamõju vähendamine läbi energiatõhususe parandamise (AR12059, SA Archimedes toetus / uurimisprojekt koostöös Tartu Ülikooli Energiatõhususe tuumiklaboriga).

AS AEROC poolt uurimistöö juhtrühmas:

- Artur Froš, müügijuht,
- Esko Unga, arendusjuht.

Tallinna Tehnikaülikooli poolt osalesid uurimistöös ehitiste projekteerimise instituudi ehitusfüüsika ja arhitektuuri õppetooli töötajad ja üliõpilased:

- Targo Kalamees;
- Üllar Alev;
- Leena Paap.

Tallinnas, mai 2012.

Tegijad

Sisukord

1	Sissejuhatus	5
1.1	Külmasillad	5
1.2	Hoonepiirete õhulekked	6
1.3	Uuringu eesmärk	7
2	Meetodid	8
2.1	Külmasillad	8
2.1.1	Külmasildade kriitiline tase	8
2.1.2	Külmasilla hindamine termograafia infrapuna kaamera abil	8
2.1.3	Külmasilla hindamine temperatuurivälja arvutusega	9
2.2	Hoonepiirete õhulekked	11
2.2.1	Hoonepiirete õhulekete hindamine	11
2.2.2	Mõõtmine	12
3	Tulemused	13
3.1	Külmasillad	13
3.2	Hoonepiirete õhulekked	15
4	Tulemuste hindamine ja järeldused	15
Lisad		16
	Lisa 1 Tarindite liitekohtade joonkülmasildade ja temperatuurindeksite arvutustulemused;	17

1 Sissejuhatus

1.1 Külmasillad

Külmasillad on kohad piirdetarindis, kus soojusjuhtivus on lokaalselt suurem. Külmasillad võivad olla geomeetrilised (välisseina nurk, põrand ja välisseina liitumine, katuslae ja välisseina liitumine jne) või ehitustehnilised (välisvoodri sidemed, läbiviigud tarinditest jne). Sisetemperatuuri lokaalset alanemist võivad põhjustada ka vead soojustuse paigalduses, soojustuse puudumine, märgunud soojustus, alarõhu tingimustes õhutõkke lekke ning kütte- ja ventilatsioonisüsteemide toimivus. Külmas kliimas on külmasildadega arvestamine tähtis mitmel põhjusel:

- Külmasilla suuremast soojusjuhtivusest põhjustatud madalam sisepinna temperatuur ja sellest tulenev kõrgem suhteline niiskus võib põhjustada tarindis või tarindi sisepinnal mikroorganismide kasvu, seina määrdumist või viia veeauru kondenseerumiseni. Veeaur kondenseerub, kui temperatuur langeb alla küllastustemperatuuri, kui suhteline niiskus on 100%. Hallituse kasvuks sobiv suhteline niiskus toatemperatuuril algab 75...80% juurest.
- Külmasillad suurendavad hoonete energiakulu. Piirdetarindite soojajuhtivuse üldise vähenemise juures on hoone soojakadude külmasildade osakaal kasvanud.
- Madalad pinnatemperatuurid suurtel aladel vähendavad soojuslikku mugavust tulenevalt eelkõige suuremast õhuliikumisest ja ebasümmeetrilisest kiirgusest.

Kuna välispiirete (välisseinte, põrandate ja katuste) soojuskaod saadakse välispiirdeosa soojusjuhtivuse ja sisemõõtudega arvatud pindala järgi, tuleb külmasildade lisasoojuskaod võtta eraldi arvesse nurkade (välissein-välissein, põrand-välissein ja katuslagi-välissein) joon- ja punktkülmasildade soojusjuhtivusega:

- joonkülmasillad Ψ , W/(m·K),
- punktkülmasillad χ , W/(n·K).

Külmasilla soojusjuhtivus on soojusvool vattides läbi külmasilla kui temperatuuride erinevus on üks kraad. Vajaduse korral teisendatakse välispiirde summaarne soojusjuhtivus keskmiseks välispiirde soojusjuhtivuseks, jagades välispiirde summaarse soojusjuhtivuse välispiirde pindalaga.

Joon- ja punktkülmasildade soojusjuhtivused on osa hoonepiirde soojusjuhtivusekadudest, mis sõltumata temperatuuride erinevusest on võimalik esitada soojuserikaona H, W/K (valem 1.1):

$$\sum U_i \cdot A_i + \sum \Psi_j \cdot l_j + \sum \chi_p \cdot n_p + \rho_a \cdot c_a \cdot \dot{V}_{inf}, \text{ W/(K} \cdot \text{m}^2) \quad 1.1$$

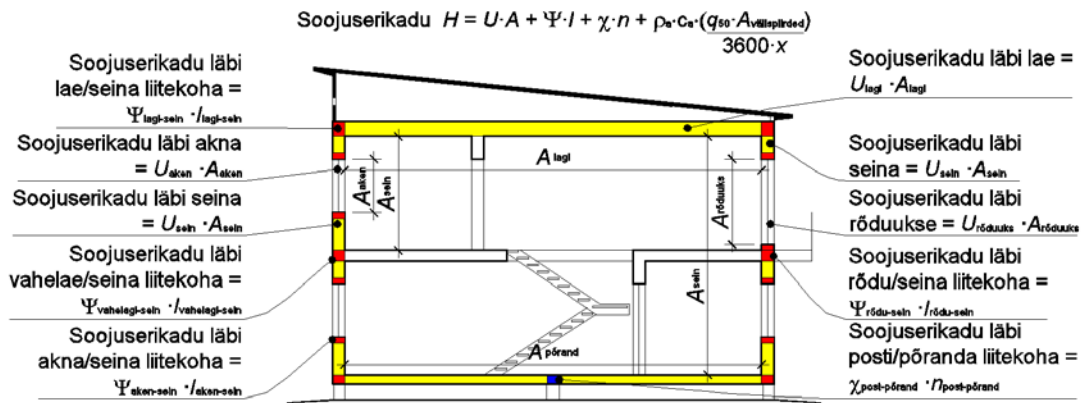
U_i	tarindi soojusjuhtivus, W/(m ² ·K);
A_i	tarindiosa pindala, m ² ;
Ψ_j	külmasilla joonsoojusjuhtivus, W/(m·K)
l_j	joonkülmasilla pikkus, m;
χ_p	külmasilla punktsoojusjuhtivus, W/K
n_p	punktkülmasildade arv, m;

$$\dot{V}_{inf} \quad \text{infiltratsiooni õhuvooluhulk } \dot{V} = \frac{q_{50} \cdot A_{välispiirded}}{3600 \cdot x}, \text{ m}^3/\text{s}$$

q_{50} : õhulekkearv, m³/(h·m²), $A_{välispiirded}$: siseruumi väliskeskkonnast eraldavate piirdetarindite (põrand, katus, seinad aknad uksed jne.) pindala, m².

$x \Rightarrow$ 1-korruseline hoone $x = 35$; 2-korruseline hoone $x = 24$; 3–5-korruseline hoone $x = 20$; >5-korruseline hoone $x = 15$;

ρ_a	õhutihedus 1,2 kg/m ³ ;
c_a	õhu erisoojus 1005 J/(kg·K);
$A_{kõetav}$	kõetav pind, m ² .



Joonis 1.1 Hoonepiirete ja külmasildade soojuskadude arvestamise põhimõte.

1.2 Hoonepiirete õhulekked

Hoonepiirete õhulekked väljenduvad planeerimatus ja kontrollimatus õhuvoolus läbi hoone piirete (eelkõige läbi pragude ja ebatiheduste). Hoone piirete õhulekked mõjutavad järgmisi tegureid:

- hoonete energiatõhusus;
- niiskustehnilised probleemid, hallituse teke, veeauru kondenseerumine;
- hallituse, õhusaaste ja radooni levik põrandaalusest ruumist siseruumidesse, ebasoovitavate lõhnade liikumine ruumide vahel;
- piirdepindade alajahtumine;
- sisekliima kvaliteet, tuuletõmbus;
- ventilatsioonisüsteemide toimivus;
- müraprobleemid;
- tuleohutus.

Hoonepiirete õhuleketel on hoonete energiatõhususe analüüsis oluline roll ning see mõjutab otseselt elamu kütte- ja jahutuskulusid. Hoonepiirete soojusjuhtivuse vähenemisega kasvab suhteline kulutus õhuvahetusele (ventilatsioon ja infiltratsioon). Hoonel, mille välispiirete õhuleke on suur, võib piirete õhulekkekohtade kaudu toimuv õhuvahetus olla samas suurusjärgus või isegi suurem kui ventilatsiooniseadmete poolt vahetatava õhu hulk. Tavapärase hoone energiakulu võib olla oluliselt suurem kui väga väikese õhulekkega hoonel.

Piirdetarindis, milles on palju ebatihedusi, võib niiskuse konvektsioon kanda edasi tunduvalt rohkem niiskust, kui niiskuse difusioon seda suudab. Kuigi hoone piire võib olla projekteeritud niiskustehniliselt turvaliselt toimivaks veeauru difusiooni suhtes, võib niiskuse konvektsioon põhjustada lubamatult kõrgeid niiskustasemeid.

Uuringud on tõestanud, et õhulekete teel kandub siseruumidesse hallituseoseid, radooni või õhusaastet garaazist.

Eestis tehtud uuringud on näidanud, et suurema õhulekkega piirete puhul kurtsid elanikud külmade põrandate üle ja rohkem kõikuva sisetemperatuuri ja pistikupesadest tuleva külma õhu üle.

Õhulekked läbi hoonepiirete mõjutavad siseruumide õhuvahetust. Siiski ei saa hoonepiirete ebapiisavat õhupidavust käsitada kui loomulikku ventilatsiooni. Läbi piirde ebatiheduste toimuv õhu liikumine ei ole kontrollitav, juhitav ega vajadusel filtreeritav. Kui näiteks niiskuskahjustuste tagajärjel on piirdesse tekkinud hallitust või mädanikku, kannab õhk hallituse eosed siseruumi. Kvaliteetse sisekliima kujundamisel on tähtsal kohal eelkõige toimiv kütte- ja ventilatsioonisüsteem ning ehitusfüüsikaliselt korrektselt toimivad hoonepiirded.

Võimaliku tulekahju puhkemise korral peab tule ja suitsu levik ehitises olema takistatud. Hoonepiirete õhulekked mõjutavad tuleohutust eelkõige tulekahju algstaadiumis tekkiva suitsu leviku kaudu läbi piirete. Ehitise tuletõkketarindite tulepüsivuse määratluses tähendab tähis E tarindi tihedust ehk terviklikkust teatud aja jooksul. See määrab tuleohutusest lähtuvalt tarindi õhupidavuse nõude üldiselt. Täpsemalt tähistab suitsu läbitungimise piirangut tähis S.

Kasvamas on elanike nõudmised hoonete sisekliima suhtes. Mõeldes hea sisekliima juures ka küttekuludele, on otstarbekas kasutada soojustagastusega ventilatsioonilahendust, väljapuhkeõhus olev soojus kasutatakse ära tubadesse sissepuhutava õhu soojendamiseks, ruumide kütteks või tarbevee soojendamiseks. Kui hoonepiirded ei ole õhupidavad, siis vahetub suur osa õhku soojustagasti läbimata. See põhjustab suuremat energiakulu ja vähendab soojustagasti positiivset mõju. Kuna õhupidavate piiretega hoone energiakulu on väiksem, võimaldab see saada hoonele parema energiamärgise. Seega, õhupidavad piirded vähendavad hoone energiakulu. Tuleb aga rõhutada, et õhupidavate piiretega peab kaasas käima toimiv, tõhus ja tasakaalustatud õhuvahetus (ventilatsioon). Kui õhupidavate piiretega hoonel ei ole toimivat ventilatsioonisüsteemi, siis õhk siseruumides ei vahetu ja sisekliima saab rikutud.

Ventilatsioon peab tagama piisava õhuvahetuse ja ei tohi halvendada hoone soojuslikku mugavust (tuuletõmbus, värskeõhuklappidest sissevoolav külm õhk) ega akustilist kvaliteeti (seadmete müra, õhu liikumiskiirus, ventiilid, seadistus või ebapiisav mürasummutus), mis sunniks kasutajaid projekteeritud ventilatsiooni muutma või seda mitte kasutama. Ventilatsioonisüsteemid piirete õhupidavuse mõõtetulemust otseselt ei mõjuta, sest värskeõhuklapid, õhu sissepuhke- ja väljatõmbeventiilid kaetakse mõõtmise ajaks teibiga kinni.

Õhuvool läbi hoonepiirde ebatiheduste ehk infiltratsioon ja selle suurus sõltuvad:

- hoonepiirete õhupidavusest;
- õhurõhkude erinevusest kahel pool piiret;
- kasutatavate materjalide omadustest;
- ventilatsiooni tasakaalustusest;
- kliimatingimustest.

Kogu hoone õhupidavust mõjutavad kokkuvõttes kõikide piirete, liitekohtade, akende ja uste jne. õhupidavused. Õhupidavuse tagamine nõuab lõpuni läbimõeldud ja kompleksseid lahendusi. Piirde detailid tuleb projekteerimise käigus hoolikalt läbi mõelda, õhutõke peab olema korralikult paigaldatud ja liitekohad nõutavalt tehtud.

1.3 Uuringu eesmärk

Uuringu eesmärgiks oli AEROC plokkidest tarindilahenduste soojustehniline analüüs ja visualiseerimine ning õhupidavuse uuring järgnevas mahus:

- Aeroc AS esitatud tarindite tüüpsõlmede üldine soojustehniline hindamine ning külmasildade soojusjuhtivuste ja temperatuuriindeksite leidmine;
- Hoonepiirete õhupidavuse mõõtmine, külmasildade ja õhulekkekohtade tuvastamine.

2 Meetodid

2.1 Külmasillad

2.1.1 Külmasildade kriitiline tase

Külmasillast põhjustatud madalama sisepinna temperatuuri kriitilisuse määrab sisepinna temperatuuri, välistemperatuuri ja sisetemperatuuride omavaheline suhe, e. temperatuuriindeks, f_{Rsi} :

$$f_{Rsi} = \frac{t_{si} - t_e}{t_i - t_e} = \frac{R_T - R_{si}}{R_T} \quad 2.1$$

kus:

f_{Rsi}	temperatuuriindeks, -;
t_{si}	sisepinnatemperatuur, °C;
t_i	sisetemperatuur, °C;
t_e	välistemperatuur, °C;
R_T	piirdetarindi kogusoojatakistus, m ² ·K/W;
R_{si}	piirdetarindi sisepinna soojatakistus, m ² ·K/W.

Termograafilise mõõdistamise ajal või temperatuurvälja arvutusega on võimalik kõik kolm temperatuuri ära mõõta või välja arvutada ja seejärel saab temperatuuriindeksi abil hinnata külmasilla kriitilisust.

Temperatuuriindeksi piirarvu kriitilisuse määravad eelkõige:

- piirdetarindi toimivuse kriteerium;
- ehitise kasutustingimused;
- väliskliima;
- sisekliima;
- niiskuskooormused;
- kasutatavad ehitusmaterjalid.

Uute, kvaliteetsete elamute projekteerimisel võib temperatuuriindeksi piirsuuruseks pidada $f_{Rsi} \geq 0,8$.

2.1.2 Külmasilla hindamine termograafia infrapuna kaamera abil

Keha, mille temperatuur on absoluutsest nullist kõrgem, s.o. -273,15 °C, kiirgab soojusenergiat. Termovisiooni abil mõõdetakse kehalt või esemelt kiirgunud või peegeldunud soojust ja teades keskkonnatingimusi ning kiirgava pinna omadusi, saab arvutada selle pinna temperatuuri.

Termograafia abil on võimalik ehitustehnikas teha mitmeid uuringuid ilma tarindeid avamata. Termograafia abil on võimalik eelkõige:

- määrata hoonepiirete pinnatemperatuuride ebaühtlust, mis viitab soojajuhtivuse ja niiskussisalduse ebaühtlusele;
- hinnata erinevate pinnatemperatuuride alusel, kui palju erineb hoonepiirete soojusjuhtivus;
- leida õhulekkekohti ja hinnata nende suurust, tehes termograafilised mõõtmised normaalingimustes ja ala- või ülerõhu tingimustes;
- hinnata ehituskvaliteeti: külmasillad, õhulekkekohad ja puudulik soojustus on tingitud eelkõige halvast ehituskvaliteedist;
- leida seina- ja põrandasiseseid veetorusid ning ülekuumenenud elektrijuhtmeid.

Termograafia abil ei saa määrata hoonepiirete soojuslähivust.

Keskkonnatingimuste mõju mõõtetulemustele ning sisepinnatakistuse hindamise ebatäpsus on selleks liiga suur. Termokaamera abil mõõdetakse vaid hetkelist

pinnatemperatuuri. Termograafilise mõõtmise õnnestumise eeldus on: kvaliteetsed mõõteriistad, kogenud mõõtja, termopiltide korrektne tõlgendus.

Uurimistöös kasutati FLIR Systems E320 – termokaamerat (mõõtevahemik – 20 ...+500 °C, tundlikkus: 0,10 °C, mõõtmistäpsus: ±2 °C, +2 % (kordusmõõtmisel: ±1 °C, +1 %), sensor: 320 × 240 pikslit). Termograafilised mõõtmised tehti esmalt tavatingimustes (et leida külmasillad ja õhulekke mõju normaalingimustes) ja pärast seda vähemalt pooletunnist alarõhu tingimustes olemis uuesti samadest kohtadest (et leida õhulekete kohad). Läbi õhulekkekohtade hoonesse sisenenud külm välisõhk jahutab piirde sisepinda ja temperatuuride erinevus kahe termopildi vahel viitab õhulekkele.

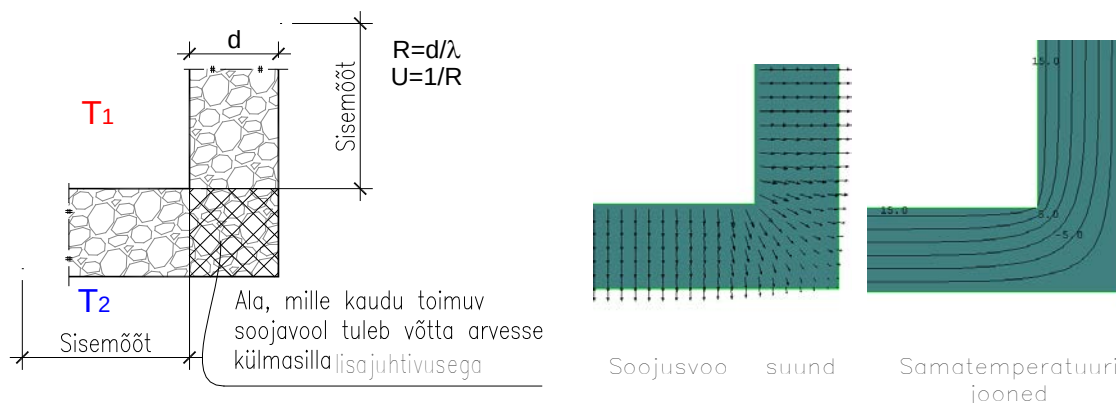
Paremini soojustatud piirete sisetemperatuur on kõrgem ja seetõttu on kõrgem ka temperatuuriindeks. Külmasilla juures on sisepinna temperatuur madalam, mistõttu on seal suhteline niiskus kõrgem. Kõrgem suhteline niiskus võib põhjustada mikroorganismide kasvu. Hoone välispidisel termografeerimisel on termopiltidel suurema soojusjuhtivusega alad (külmasillad) eristatavad heledamate/kollaste toonide ning seepidisel termografeerimisel tumedamate/sinakasmustade kohtade järgi.

2.1.3 Külmasilla hindamine temperatuurivälja arvutusega

Külmasilla temperatuurivälja arvutuse abil saab:

- hinnata külmasilla kriitilisust;
- määrata külmasilla soojuse lisajuhtivuse suurust.

Külmasilla kriitilisust saab hinnata arvutusliku temperatuuriindeksi abil. Külmasilla soojusjuhtivus on oluline info hoone soojuskadude hindamisel. Kuna soojuskadusid hinnatakse piirdetarindite sisemõõtude järgi, ei saa soojuskadusid hinnata näiteks ilma välisnurkade külmasildu arvestamata (vt. Joonis 2.1).



Joonis 2.1 Geomeetriline külmasild välisseina välisnurgas.

Külmasildade soojusjuhtivuse arvutustes lähtuti standardist EVS-EN ISO 10211:2008 „Külmasillad hoones. Soojavood ja pinnatemperatuurid. Osa 1: Üldised arvutusmeetodid“ ning temperatuurivälja programmist THERM 6.1.

Joonkülmakülmasilla lisasoojusjuhtivuse Ψ väärtused leiti järgmise valemi põhjal:

$$\Psi = L_{2D} - \sum_{i=1}^{n_i} U_i \cdot l_i, \text{ W/(m} \cdot \text{K)} \quad 2.2$$

kus:

L_{2D} on tarindite liitekohta soojuserikadu, mis on leitud kahemõõtmelise temperatuuriväljaarvutuse abil, W/(m·K);

U_i on kahte vaadeldavat keskkonda eraldava tarindi soojusjuhtivus, W/(m²·K);

l_i on pikkus, mille ulatuses kohaldatakse väärtust U_i , m.

Arvutustes määrati kõikidele pindade temperatuurid ja soojustakistused (vt. Tabel 3.2) ning materjalide soojuseri juhtivused (vt. Tabel 2.2). Liitekohta genereeritud võrgustiku abil arvutati soojusvool läbi tarindite liitekohtade, arvestades erinevate materjalide omadusi ning materjalide paiknemist nendes liitekohtades.

Külmasilla soojuse lisajuhtivuse arvutustes ja külmasilla temperatuuriindeksi arvutustes on kasutatud erinevaid sisepinnatakistuste suurus, sest energiaarvutus (külmasilla lisajuhtivus) tehakse keskmiste suuruste järgi, niiskustehnilise toimivuse arvutus (külmasilla temperatuuriindeks) tehakse kriitiliste suuruste alusel (üldiselt kasutatakse kriitilisuse taset, kus 90% olukordadest ei ületa määratud taset ja 10% olukordadest ületab määratud taset).

EVS-EN ISO 10211-1:2000 standard soovib külmasilla kriitilisuse arvutustes kasutada järgmisi sisepinna soojustakistusi:

- aknaklaas $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- ruumi ülemine osa $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- ruumi alumine osa $R_{si} = 0,35 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- piirdepind, mis on kapi taga $R_{si} = 0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

EVS-EN ISO 13788:2001 standard soovib külmasilla kriitilisuse arvutustes kasutada järgmisi sisepinna takistusi:

- aknaklaas $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- ruumi ülejäänud osad $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Tabel 2.1 Arvutustes kasutatud pinna soojustakistuste suurused

	Pinna soojustakistus sõltuvalt soojusvoolu suunast		
	Üles (lagi)	Horisontaalne (sein)	Alla (põrand)
R_{si} , ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) (külmasilla lisajuhtivuse arvutustes)	0,10	0,13	0,17
R_{si} , ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) (külmasilla temperatuuriindeksi arvutustes)	0,17	0,25 (seina alaosas) 0,20 (seina ülaosas)	0,25
R_{se} , ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)	0,04	0,04	0,04

Tabel 2.2 Arvutustes kasutatud materjaliomadused.

Materjal	Soojuseri juhtivus λ_d , W/(m·K)
Aeroc EcoTherm Plus 375	0,09
Aeroc EcoTherm Plus 500	0,09
Aeroc Classic	0,10
Aeroc laepaneel liimvuugiga	0,15
Betoon ($\rho=2200 \text{ kg/m}^3$)	1,8
Mineraalvill	0,04
Vahtpolüstüreen	0,04
Kipsplaat	0,23
Okaspuu ($\rho=450 \text{ kg/m}^3$)	0,12
Keramiitkruus ($\rho=250\text{-}350 \text{ kg/m}^3$)	0,14
Kergkruusplokkidest müüritis ($\rho=650 \text{ kg/m}^3$) pinnases	0,25
Tihendatud killustik =liiv, kruus, moreen ($\rho=2000 \text{ kg/m}^3$)	2,00

2.2 Hoonepiirete õhulekked

2.2.1 Hoonepiirete õhulekete hindamine

Hoonepiirete õhupidavust iseloomustab õhulekkearv q_{50} (ühik $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$), mis näitab õhuvooluhulka (m^3/h), mis läbib 1 m^2 suuruse pindalaga piiret, kui kahel pool piiret on õhurõhkude erinevus 50 Pa. Kuna õhupidavust eraldi piirete kaupa mõõta pole välitingimustes võimalik, mõõdeti kogu eramu õhupidavus ja väljendati see kõikide piirete keskmise õhulekkena. Lisaks on õhupidavust iseloomustatud ka n_{50} arvu abil. n_{50} mõõtühikuks on h^{-1} ja see väljendab õhuvahetuskordsust, kui õhurõhkude erinevus kahel pool piiret on 50 Pa. Õhupidavuse mõõtemeetod on mõlemal puhul sama. Kui tulemus esitatakse õhulekkearvuna (ühik $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$), jagatakse 50 Pa juures mõõdetud lekkeõhuvool hoone välispiirete sisepindalaga ja kui õhupidavust väljendatakse õhuvahetuskordsusena n_{50} (ühik h^{-1}), jagatakse 50 Pa juures mõõdetud lekkeõhuvool hoone siseruumide kubatuuriga.

Vastavalt VV määrusele nr 258 „Energiaohutuse miinimumnõuded“ ei tohi välispiirete keskmine õhulekkearv üldjuhul ületada üht kuupmeetrit tunnis välispiirde ruutmeetri kohta ($\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$). Niiskuskonvektsiooni riskide vältimiseks tuleb tarindite kriitilised sõlmed (nt seina ja katuse ühendus, katuslae auru- või õhutõkke jätkukohad, läbiviigud) teha praktiliselt täiesti õhkupidavaks.

Hoonete projekteerimisel on hoonepiirete soojuserikao arvutamisel vaja teada ka lekkeõhuvoolu, mis sõltub otseselt hoonepiirete õhupidavusest. Nende arvutuste jaoks on vaja teada hoone välispiirete õhulekkearvu q_{50} , $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. Hoonepiirete õhupidavus on projekteerija ja ehitaja tagada. Kui hoone õhupidavust ei ole mõõdetud või muul viisil tõendatud, tehakse projekteeritavate eramute energiaarvutus õhulekkearvu baasväärtustega $6 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$.

Kui on mõõdetud piisavalt suur kogus tarinduselt samatüübilisi hooned, võib hoonetootja hoonepiirete õhupidavust hinnata nende mõõtmistulemuste alusel. Nii on võimalik energiaarvutustes kasutatava õhulekkearvu tõendada ka samatüübiliste hoonete mõõtmisandmete analoogia baasil. Sellisel juhul tuleb deklareeritud õhulekkearvu $q_{50, \text{dekl.}}$ juures arvestada ka mõõtmistulemuste hajuvust ja arvu ning selle võib arvutada valemiga 2.3 (RT 80-10974):

$$q_{50, \text{dekl.}} = \overline{q_{50}} + k \cdot \sigma_{q_{50}}, \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2) \quad 2.3$$

kus:

- $\overline{q_{50}}$ on antud hoonetüübi keskmine õhulekkearv (saadakse mõõtmistest), $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$;
 k on kordaja, mis sõltub mõõdetud hoonete arvust ja arvutatakse valemiga 2.4 ning mis põhineb normaaljaotuse järgse valiku 25% fraktili 84% tõenäosusele;
 $\sigma_{q_{50}}$ on antud hoonetüübi õhulekkearvude mõõtmistulemuste standardhälve, $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, mis arvutatakse valemiga 2.5;

$$k = 0,674 + \frac{1}{\sqrt{n}}, - \quad 2.4$$

n on mõõdetud hoonete arv;

$$\sigma_{q_{50}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_{50,i} - \overline{q_{50}})^2}{n-1}}, \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2) \quad 2.5$$

$q_{50,i}$ mõõdetud hoone õhulekkearv, $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$.

2.2.2 Mõõtmine

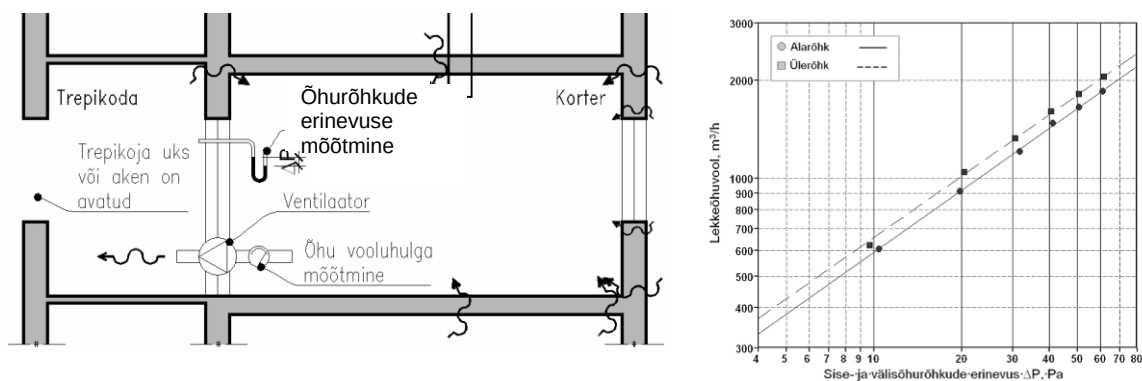
Hoonepiirete õhulekked mõõtmisel järgiti standardit: EVS EN 13829 "Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method".

Eramu välisukse avasse paigaldati mõõteseade, mis koosnes muudetava suurusega raamist, õhutihedast kangast, ventilaatorist ja mõõte- ning juhtimisseadmetest (vt. Joonis 2.2, vasakul).

Mõõteseadme ventilaator tekitas sise- ja väliskeskkonna vahele soovitud õhurõhkude erinevuse. Katse käigus mõõdeti õhuvooluhulka, mis oli vajalik tekitatud rõhuerinevuse hoidmiseks. Sama õhuhulk, mis läbis ventilaatorit, tuli ka eramusse läbi piirde ja pragude. Lekkeõhu hulka mõõdeti erinevate õhurõhkude, nii alarõhu kui ka ülerõhu tingimustes 10 Pa sammuga, 10...±60 Pa. Alarõhu- ja ülerõhu mõõtmistulemuste trendijoonelt loeti lekke õhuvooluhulk 50 Pa juures, millest arvutati keskväärtus (vt. Joonis 2.2, paremal).

Enne ja pärast lekkeõhuhulga mõõtmist mõõdeti sise- ja väliskeskkonna vaheline loomulik õhurõhkude erinevuse suurus ning sise- ja välistemperatuur. Nende alusel korrigeeriti mõõtetulemust.

Hoonepiirete õhulekete mõõtmiseks suleti kõik välispiirdes olevad suletavad avad ehk ukSED ja aknad suleti normaalasendis ja ventilatsiooniavad teibiti kinni. Sisemised vaheuksed jäeti avatuks.



Joonis 2.2 Hoone piirete õhulekete mõõtepõhimõte (vasakul). Õhulekke graafik: lekkeõhuvoolu sõltuvus õhurõhkude erinevusest (paremal).

3 Tulemused

3.1 Külmasillad

Külmasildade lisasoojusjuhtivused ja temperatuurindeksid arvutati järgmistele sõlmedele:

1. Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- Aeroc paneelidest lamekatuse liitekoht
2. Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- Aeroc paneelidest lamekatuse liitekoht
3. Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- puitsarikatel kaldkatuse liitekoht
4. Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- Aeroc paneelidest kaldkatuse liitekoht
5. Aeroc Eco Therm Plus 500 plokkidest välisseinte liitekoht
6. Aeroc Eco Therm Plus 375 plokkidest välisseinte liitekoht
7. Laudvoodriga ja lisasoojustatud Aeroc Classic 250 plokkidest välisseinte liitekoht
8. Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- raudbetoon paneelidest vahelae liitekoht
9. Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- raudbetoon paneelidest vahelae liitekoht
10. Laudvoodriga ja lisasoojustatud Aeroc Classic 250 plokksein- raudbetoon paneelidest vahelae liitekoht
11. Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- Aeroc paneelidest vahelae liitekoht
12. Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- Aeroc paneelidest vahelae liitekoht
13. Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- raudbetoonvööli paikneva raudbetoon paneelidest vahelae liitekoht
14. Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- raudbetoonvööli paikneva raudbetoon paneelidest vahelae liitekoht
15. Aeroc Eco Therm Plus 500 plokkidest välissein- soome tüüpi akna liitekoht
16. Soojustatud aknapalega Aeroc Eco Therm Plus 500 plokkidest välissein- soome tüüpi akna liitekoht
17. Aeroc Eco Therm Plus 500 plokkidest välissein- saksa tüüpi akna liitekoht
18. Soojustatud aknapalega Aeroc Eco Therm Plus 500 plokkidest välissein- saksa tüüpi akna liitekoht
19. Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- põrand pinnasel liitekoht
20. Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- põrand pinnasel liitekoht

Tarindi liitekohtade joonkülmasildade soojusjuhtivused on esitatud Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Joonkülmasilla soojusjuhtivused.

Tarindite liitekoht	Joonkülmasilla soojusjuhtivus Ψ , W/(m·K)	Temperatuuri-indeks f_{Rsi} , -
Katus / välissein		
Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- Aeroc paneelidest lamekatuse liitekoht	0,11...0,13	0,83
Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- Aeroc paneelidest lamekatuse liitekoht	0,10...0,12	0,85
Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- puitsarikatel kaldkatuse liitekoht	0,08...0,10	0,81
Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- Aeroc paneelidest kaldkatuse liitekoht	0,08...0,09	0,85
Välissein / välissein		
Aeroc Eco Therm Plus 500 plokkidest välisseinte liitekoht	0,05	0,88
Aeroc Eco Therm Plus 375 plokkidest välisseinte liitekoht	0,05	0,87
Laudvoodriga ja lisasoojustatud Aeroc Classic 250 plokkidest välisseinte liitekoht	0,05	0,87
Vahelagi / välissein		
Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- raudbetoon paneelidest vahelae liitekoht	0,11...0,13	0,95
Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- raudbetoon paneelidest vahelae liitekoht	0,09...0,10	0,96
Laudvoodriga ja lisasoojustatud Aeroc Classic 250 plokksein- raudbetoon paneelidest vahelae liitekoht	0,10...0,12	0,96
Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- Aeroc paneelidest vahelae liitekoht	0,08...0,10	0,95
Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- Aeroc paneelidest vahelae liitekoht	0,07...0,08	0,96
Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- raudbetoonvööli paikneva raudbetoon paneelidest vahelae liitekoht	0,18...0,22	0,94
Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- raudbetoonvööli paikneva raudbetoon paneelidest vahelae liitekoht	0,10...0,12	0,96
Aken / välissein		
Aeroc Eco Therm Plus 500 plokkidest välissein-soome tüüpi akna liitekoht	0,03	0,79
Soojustatud aknapalega Aeroc Eco Therm Plus 500 plokkidest välissein- soome tüüpi akna liitekoht	0,02	0,81
Aeroc Eco Therm Plus 500 plokkidest välissein-saksa tüüpi akna liitekoht	0,04	0,75
Soojustatud aknapalega Aeroc Eco Therm Plus 500 plokkidest välissein- saksa tüüpi akna liitekoht	0,02	0,79
Põrand / välissein		
Aeroc Eco Therm Plus 375 plokksein- põrand pinnasel liitekoht	0,18...0,22	0,86
Aeroc Eco Therm Plus 500 plokksein- põrand pinnasel liitekoht	0,18...0,22	0,89

3.2 Hoonepiirete õhulekked

AEROC plokkidest ehitatud eramus mõõdeti hoonepiirete õhulekked ja külmasillad: enne ja pärast viimistlustöid.

Hoonepiirded on pigem tihedad (õhulekkearv $q_{50}=1,2 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ehk $n_{50} 1,1 \text{ h}^{-1}$). Õhulekkearv vähenes viimistlus/tihendustööde käigus (enne viimistlustöid $q_{50}=1,8 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$).

Esinesid juhuslikud õhulekked läbi akna- ja ukسلengide, see viitab akende kehvale koostekvaliteedile. Võrreldes esimese mõõtmisega olid parandatud enamik õhulekkekohtadest akna- ja ukسلengide ning välisseina liitekohtades. Väiksemad õhulekked esinesid korstnate ümber.

4 Tulemuste hindamine ja järeldused

Arvutustulemuste põhjal võib öelda, et AS Aeroc-tüüpsed sõlmlahendused on enamuses soojustehniliselt turvalised. Kõige kriitilisem avatäidete ümbrus, kus ilma pale soojustuseta on pinnatemperatuur liigselt madal ($f_{Rsi} \sim 0.75...0.79$).

Välimõõtmistel esines temperatuuriindeksi langemist alla kriitilise piirväärtuse eelkõige hoone nurkade, lae ja seina liitekohtade ja avatäidete vahede külmasildade juures olulised külmasillad aknalengide ja välisseina liitekohas.

Erinevus arvutusliku ideaalolukorra ja ehitatud tegelikkuse vahel viitab vajadusele ehitustööde ajal pöörata külmasildade likvideerimisele erilist tähelepanu ja vajadusele projekteerimisel olla mitte liiga optimistlik ning arvestada võimalike ehitustolerantsidega ja –vigadega.

Hoonepiirete õhulekete mõõtmised näitasid, et AEROC plokkseintega on võimalik saavutada väikese õhulekkega hoonet.

Tüüptarindite joonistele tuleb lisada õhupidavuse tagamise materjalkihid, nende jätkuvuse tagamine ja liitekohad teiste tarinditega.

Soovitav on hoonepiirete õhupidavuse mõõtmisi jätkata, et saaks vastavate tarinditüüpidega hoonetele deklareerida väiksema õhulekkearvu baassuuruse, mida kasutada energiatõhususe arvutustes (RT 80-10974 meetod).

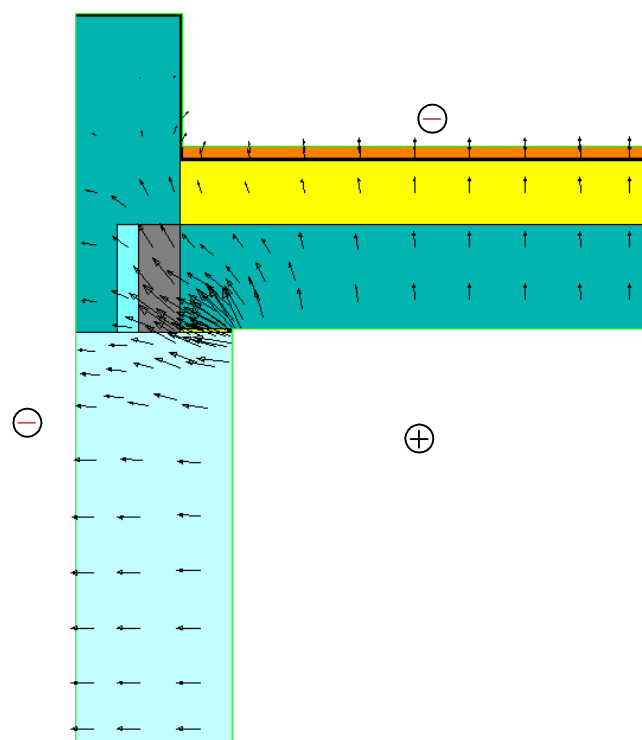
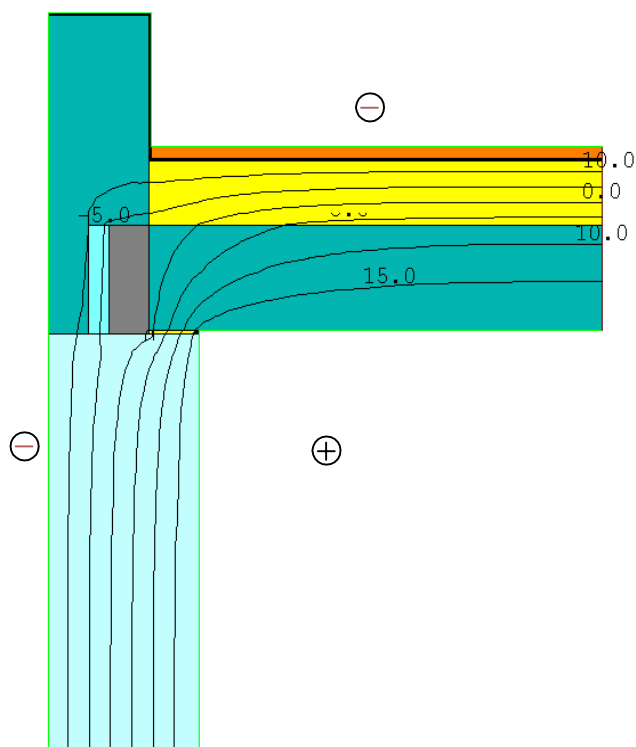
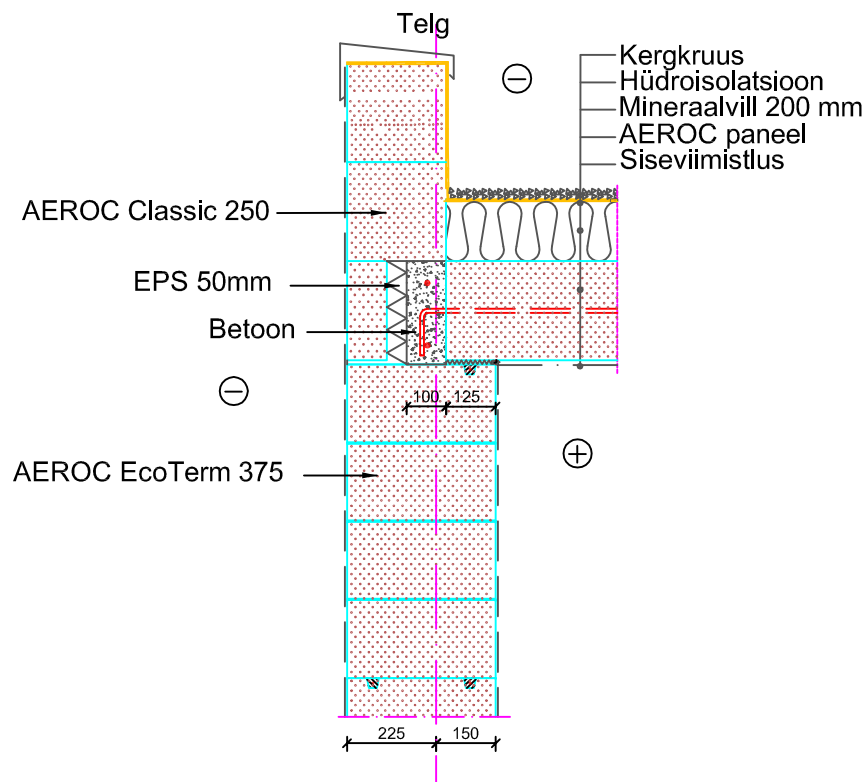
Lisad

AEROC ECO TERM PLUS 375 PLOKKSEINA LIITEKOHT AEROC PANEELIDEST LAMEKATUSEGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, katuslael $U=0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,11 \dots 0,13 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,84$



AEROC

Joonise nimetus

AEROC EcoTerm Plus 375 plokksein
Aeroc paneelidest lamekatatus

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

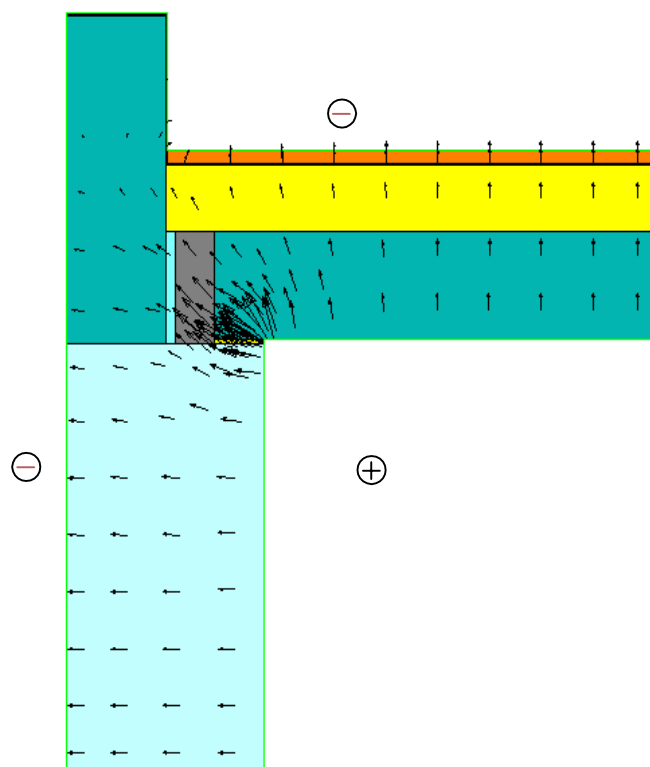
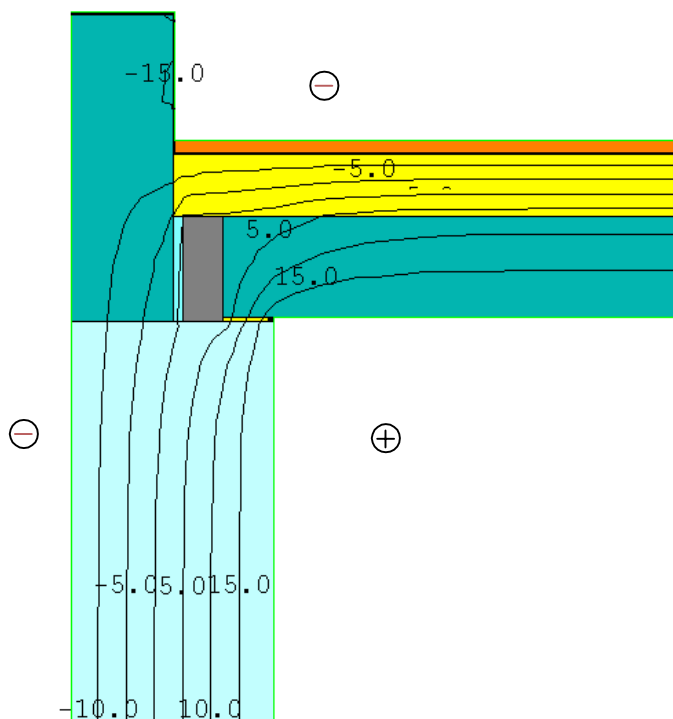
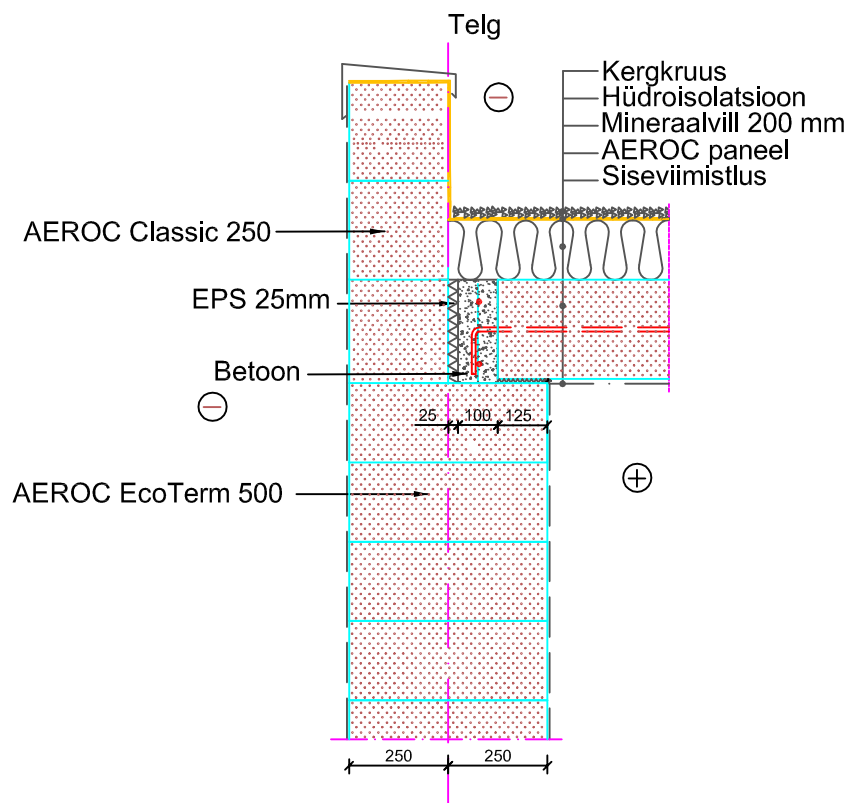
Katus 1.3

AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKSEINA LIITEKOHT AEROC PANEELIDEST LAMEKATUSEGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, katuslael $U=0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,10 \dots 0,12 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,86$



AEROC

Joonise nimetus

AEROC EcoTerm Plus 500 plokksein
Aeroc paneelidest lamekatatus

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

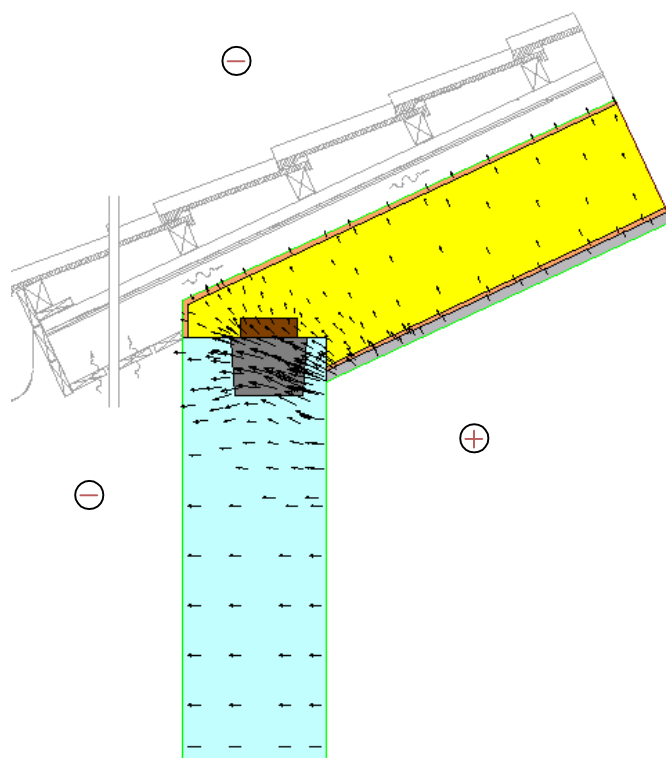
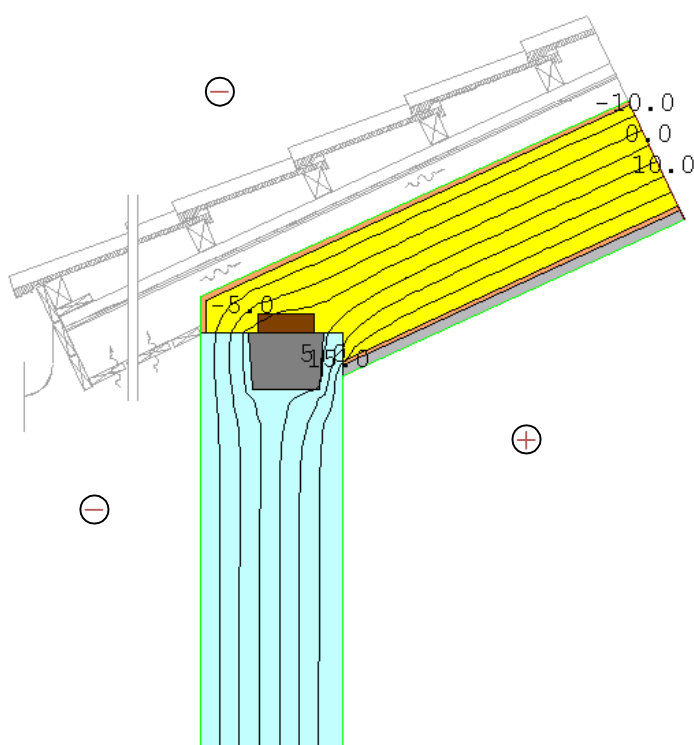
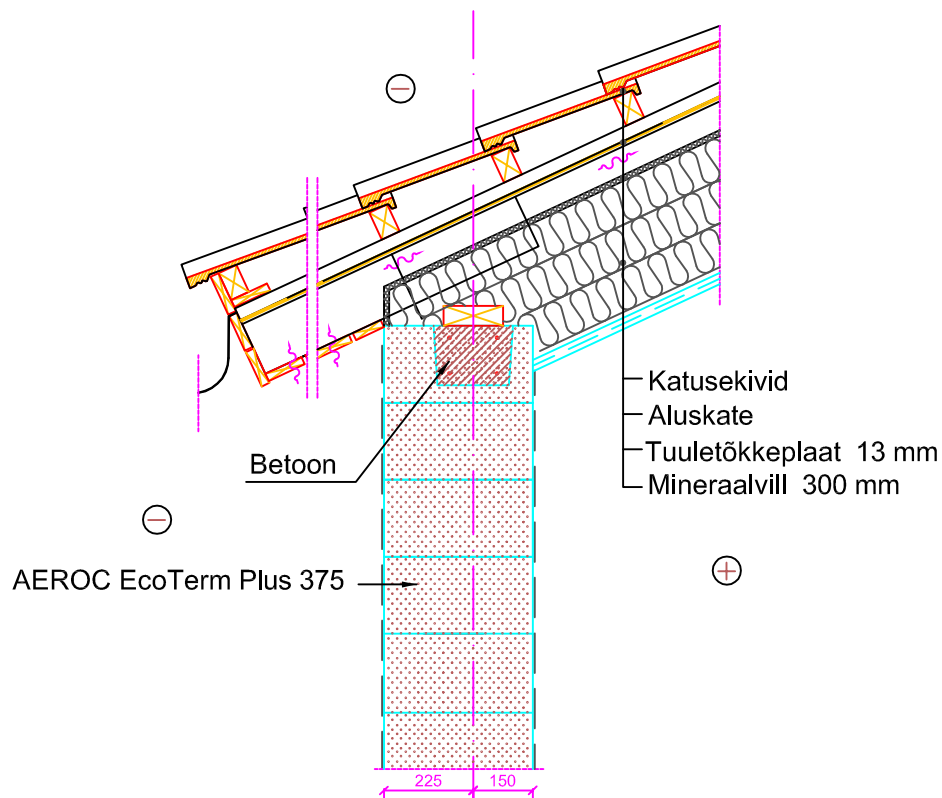
Katus 1.4

AEROC ECO TERM PLUS 375 PLOKKSEINA LIITEKOHT PUITSARIKATEL KATUSEGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, katuslael $U=0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,08 \dots 0,10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,85$



AEROC

Joonise nimetus

AEROC EcoTerm Plus 375 plokksein
Puitsarikatel katus

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

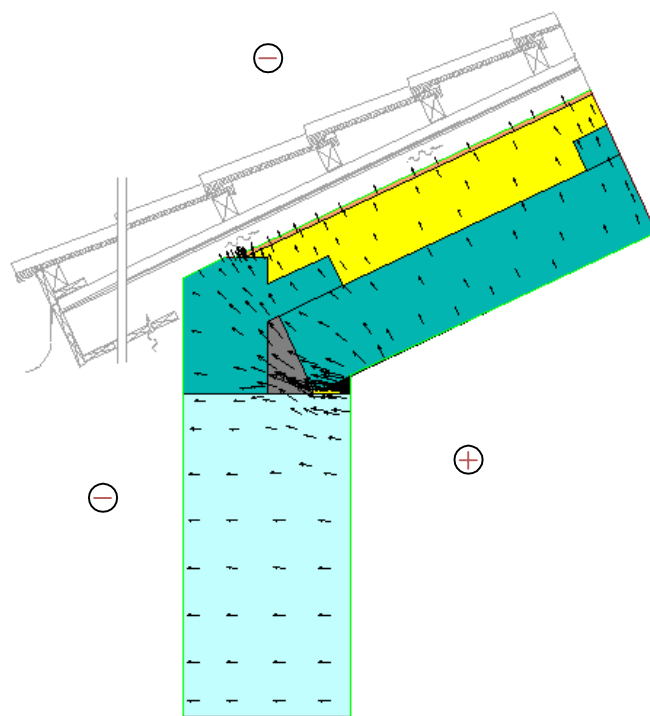
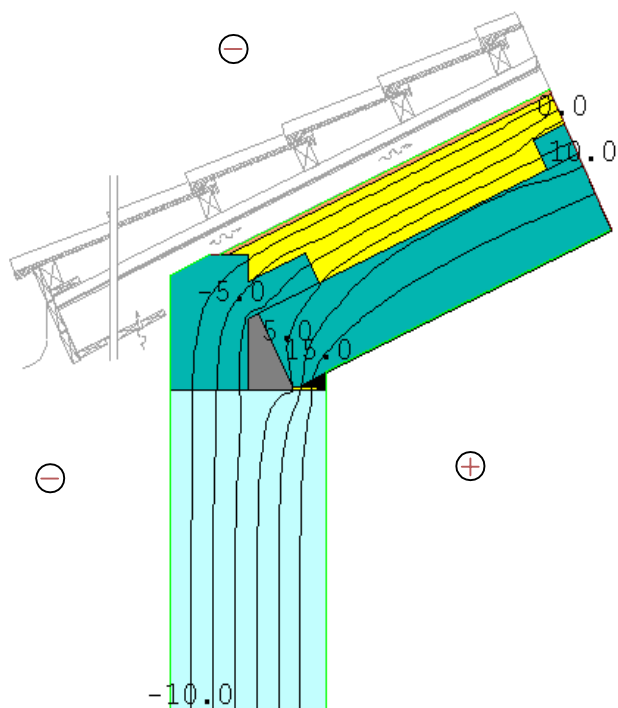
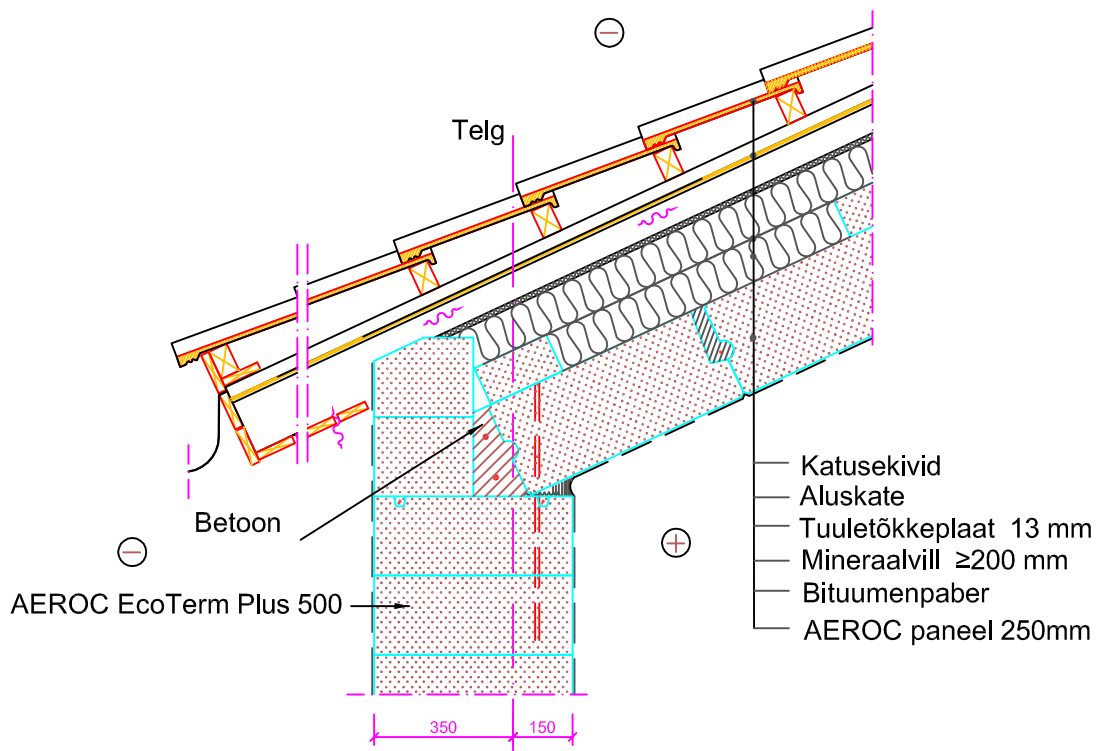
Katus 1.2

AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKSEINA LIITEKOHT AEROC PANEELIDEST KALDKATUSEGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, katuslael $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0.08...0.09 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,89$



AEROC

Joonise nimetus

Räästa sõlm AEROC paneelidega
Välissein AEROC EcoTerm Plus 500 mm

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

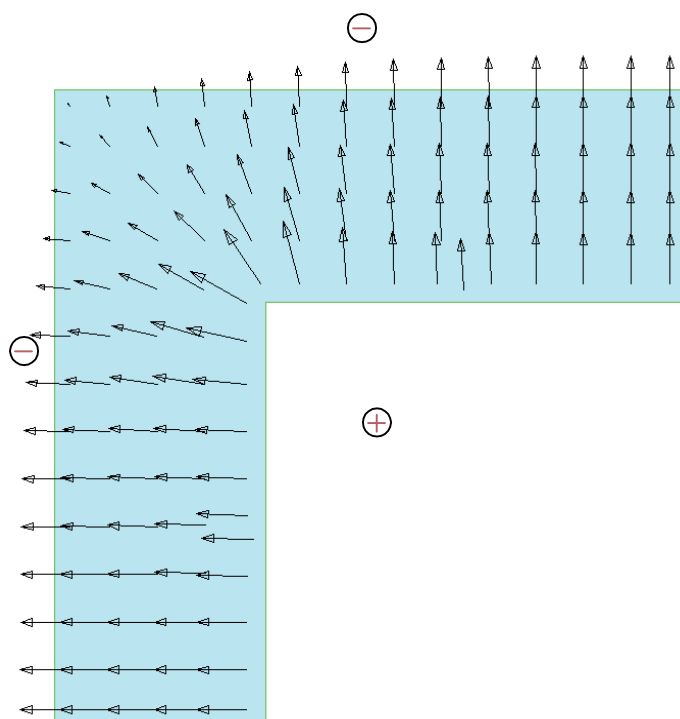
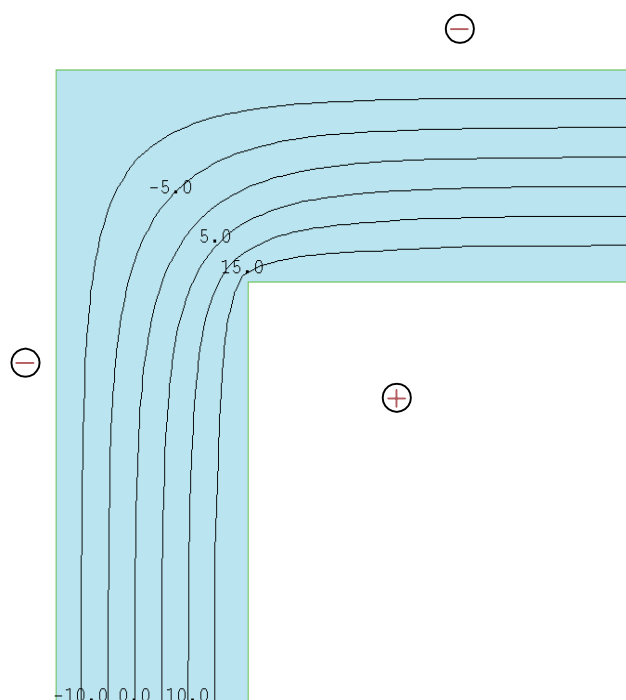
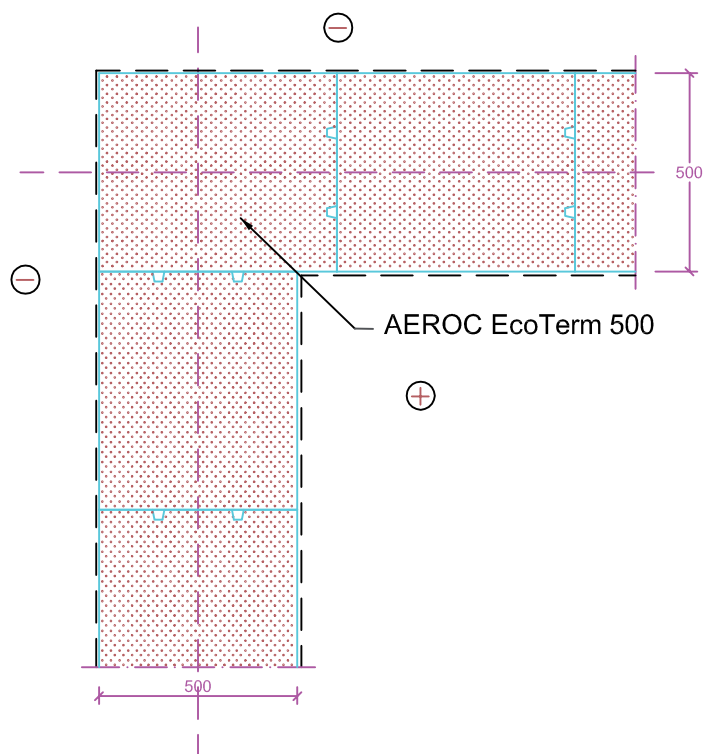
Katus 1.1

AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKIDEST VÄLISSEINTE LIITEKOHT

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Joonkülmāsilla soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,05 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,88$



AEROC

Joonise nimetus

AEROC plokksein
Välissein AEROC EcoTerm Plus 500 välisnurk

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

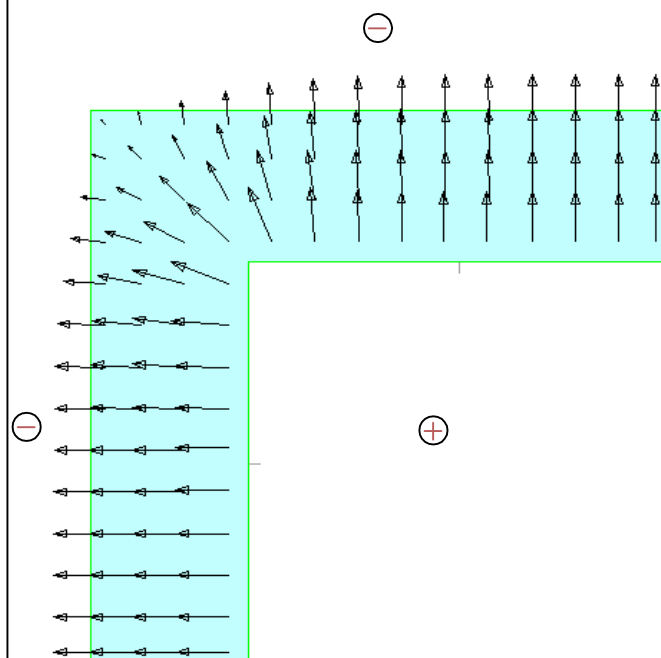
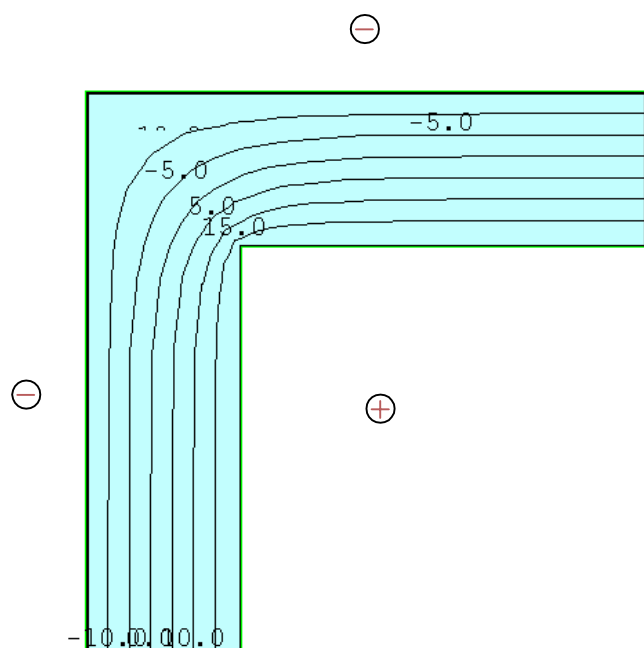
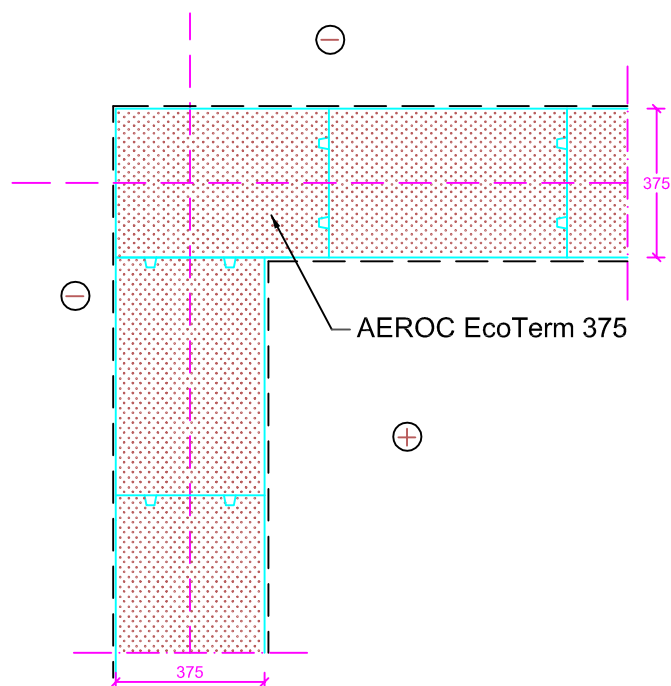
Välissein 1.6

AEROC ECO TERM PLUS 375 PLOKKIDEST VÄLISSEINTE LIITEKOHT

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Joonkülmastilla soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,87$



AEROC

Joonise nimetus

AEROC plokksein

Välissein AEROC EcoTerm Plus 375 välisnurk

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

Välissein 1.1

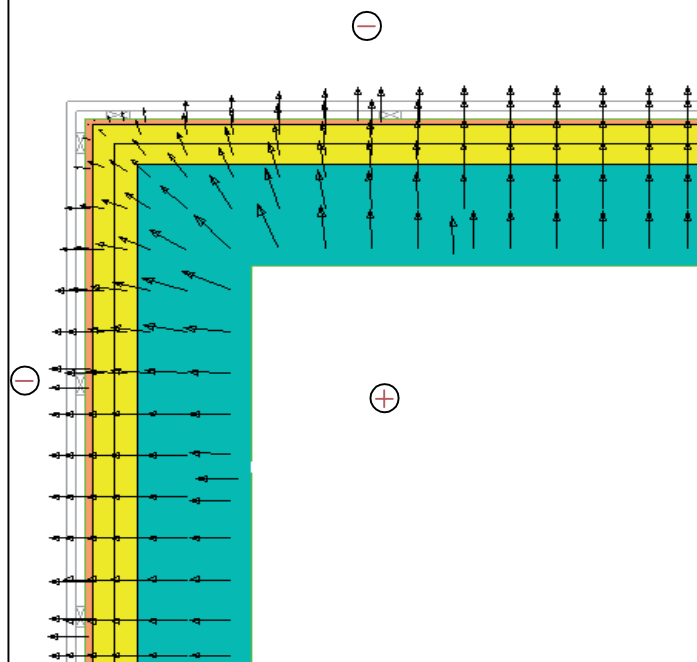
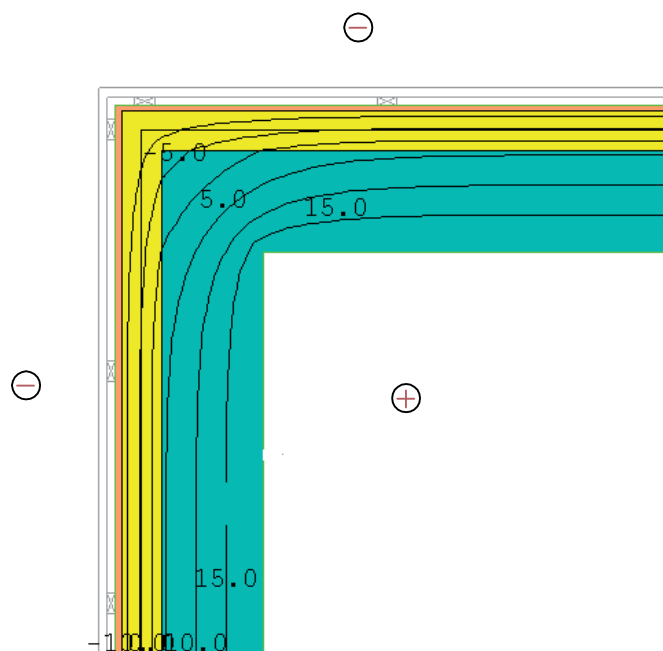
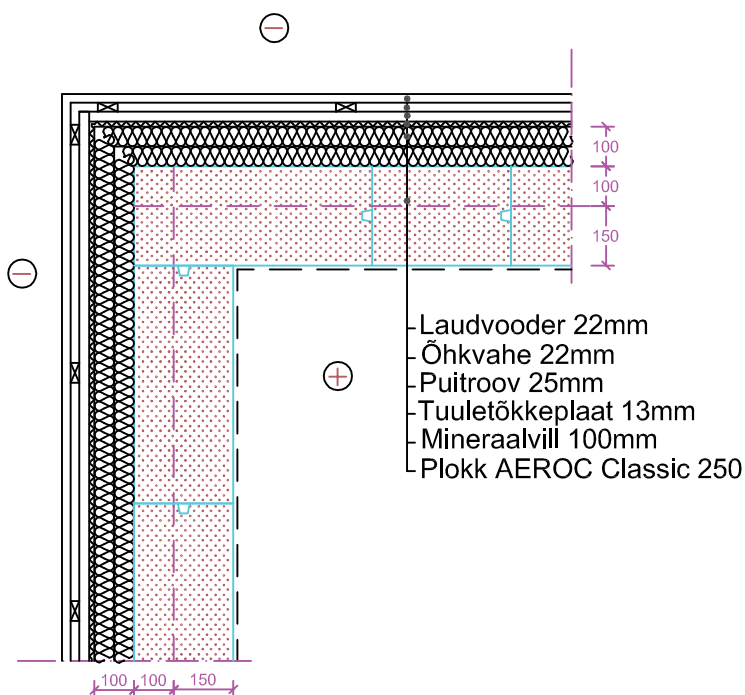
LAUDVOODRIGA NING LISASOOJUSTUSEGA AEROC CLASSIC 250

PLOKKIDEST VÄLISSEINTE LIITEKOHT

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,87$



AEROC

Joonise nimetus

AEROC plokksein
Laudvoodriga välissein AEROC Classic 250

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

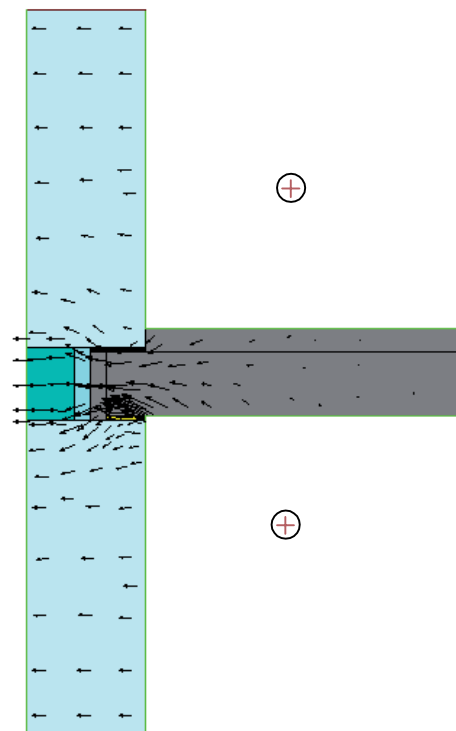
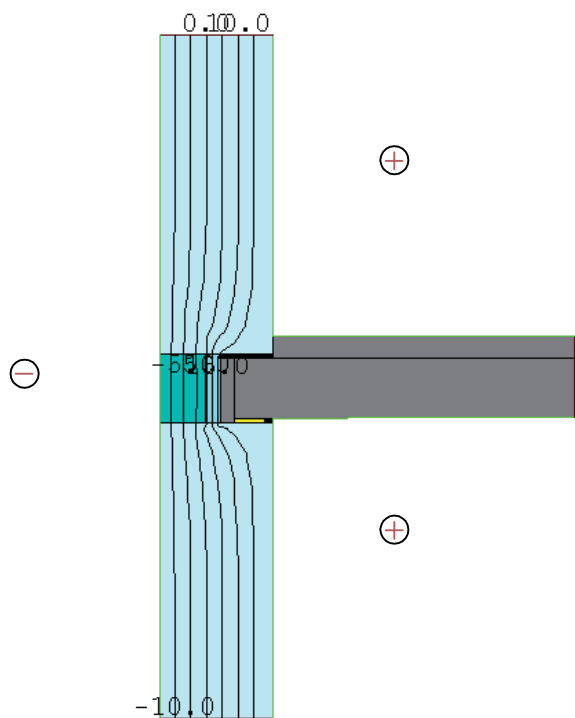
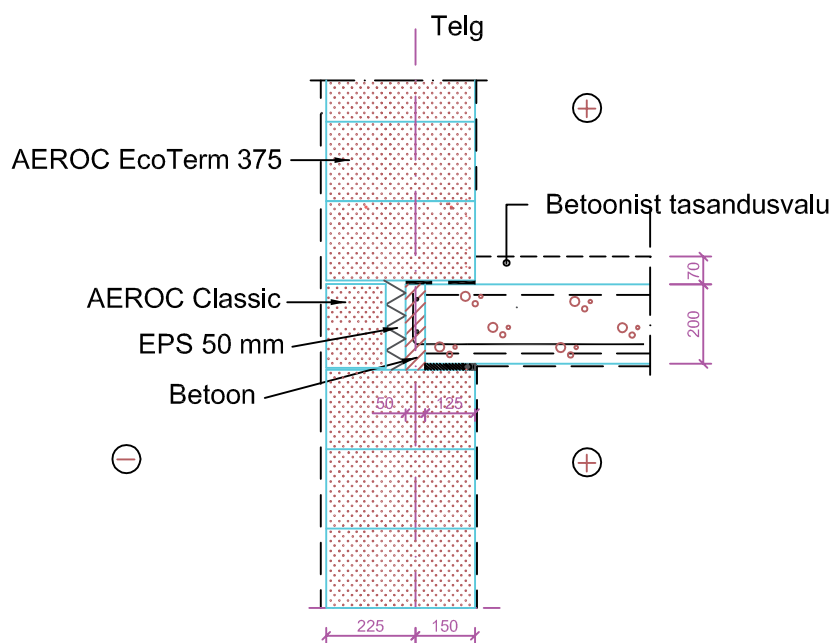
Välissein 1.4

AEROC ECO TERM PLUS 375 PLOKKSEINA LIITEKOHT RAUDBETOON PANEELIDEST VAHELAEGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,11 \dots 0,13 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi,lae} \text{ nurk} = 0,93$, $f_{Rsi,põranda} \text{ nurk} = 0,95$



AEROC

Joonise nimetus

Välisseina ja vahelae liitumine
R/b. paneelidest vahelagi

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

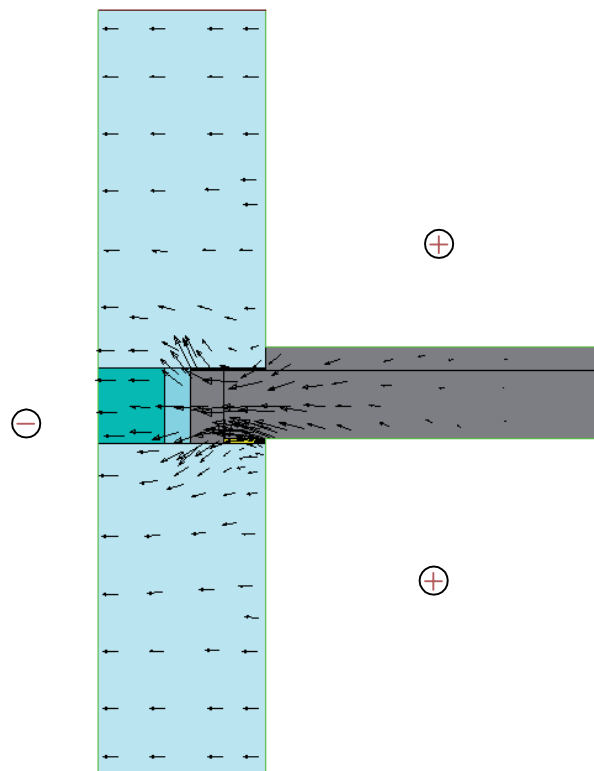
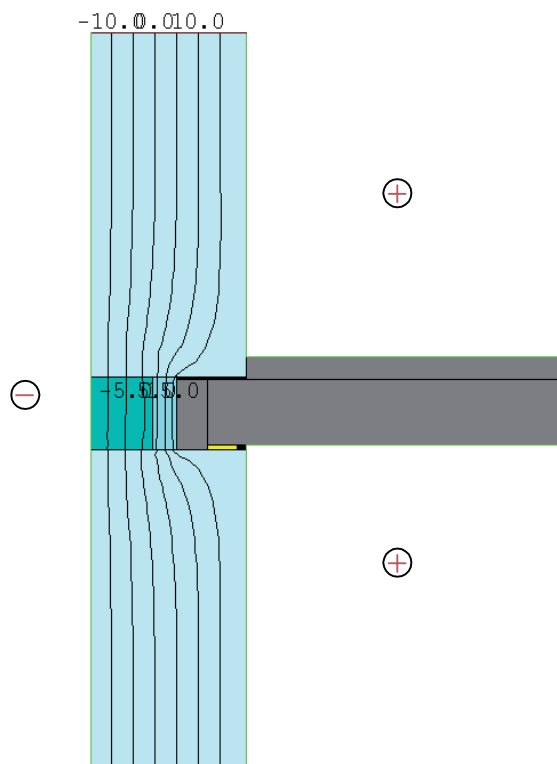
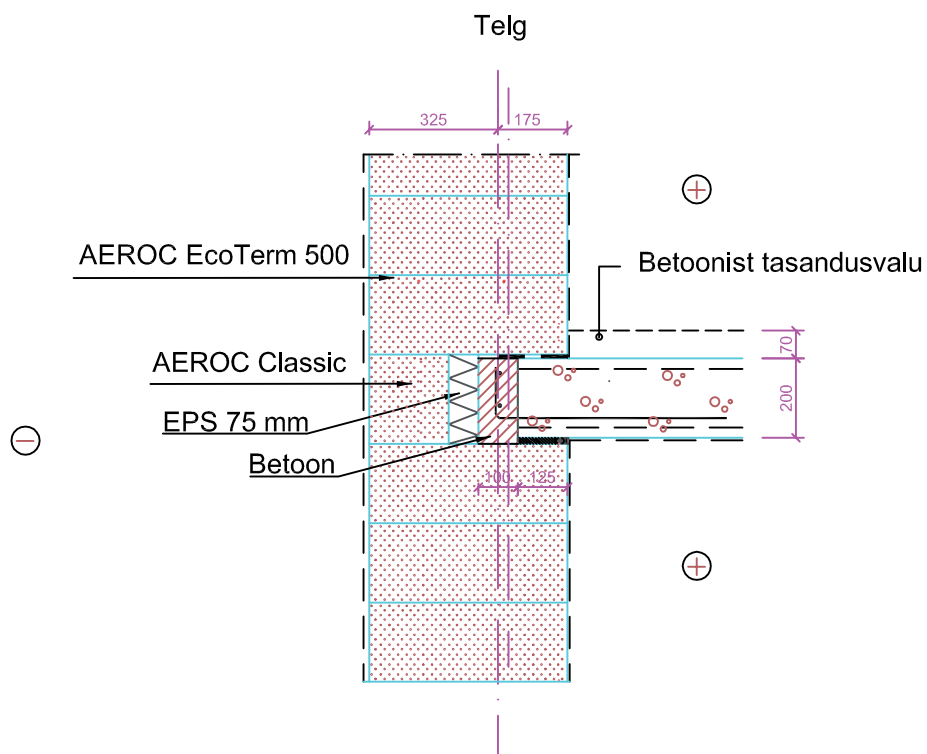
Vahelagi 2.1

AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKSEINA LIITEKOHT RAUDBETOON PANEELIDEST VAHELAEGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0.17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,09...0,10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi,lae} \text{ nurk}=0,96, f_{Rsi,põranda} \text{ nurk}=0,96$



AEROC

Joonise nimetus

Välisseina ja vahelae liitumine
R/b. paneelidest vahelagi

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

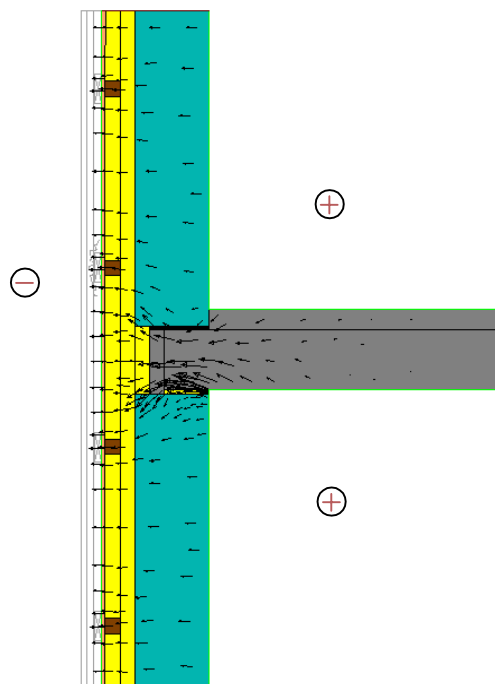
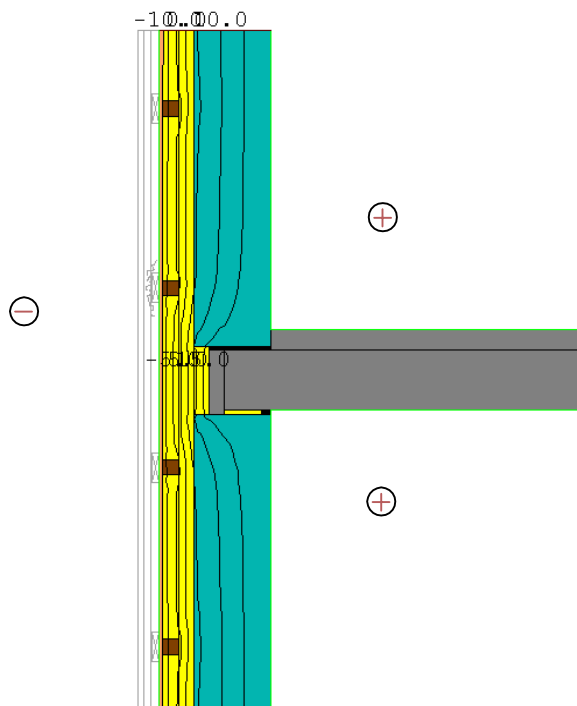
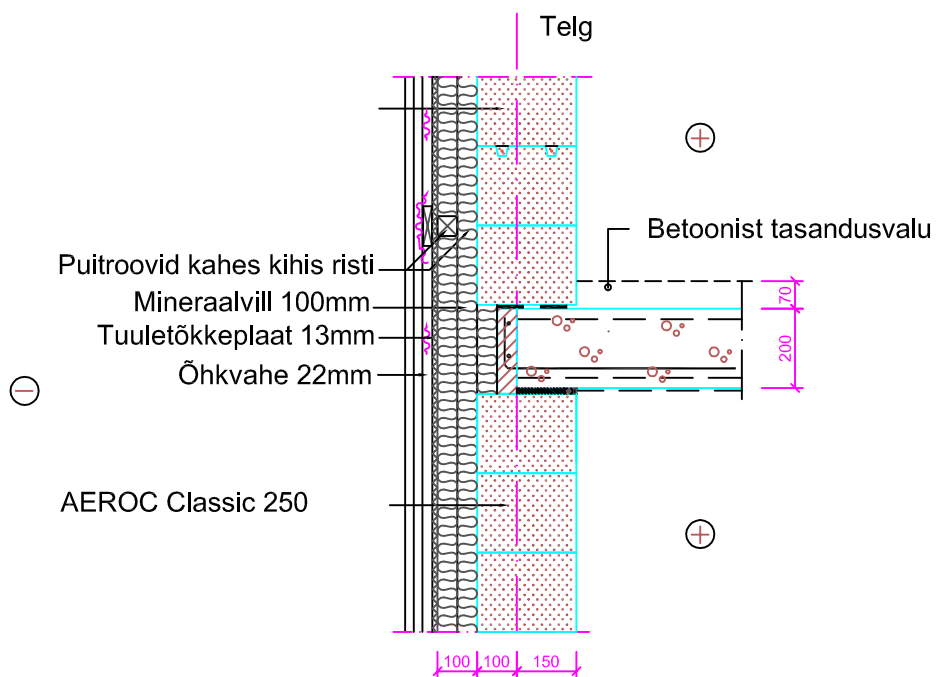
Vahelagi 2.1A

LAUDVOODRIGA NING LISASOOJUSTUSEGA AEROC CLASSIC 250 PLOKKSEINA LIITEKOHT RAUSBETOON PANEELIDEST VAHELAEAGA

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,10 \dots 0,12 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi,lae} \text{ nurk} = 0,94$, $f_{Rsi,põranda} \text{ nurk} = 0,96$



AEROC

Joonise nimetus

Laudvoodriga välissein AEROC Classic 250
R/b paneelidest vahelagi

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

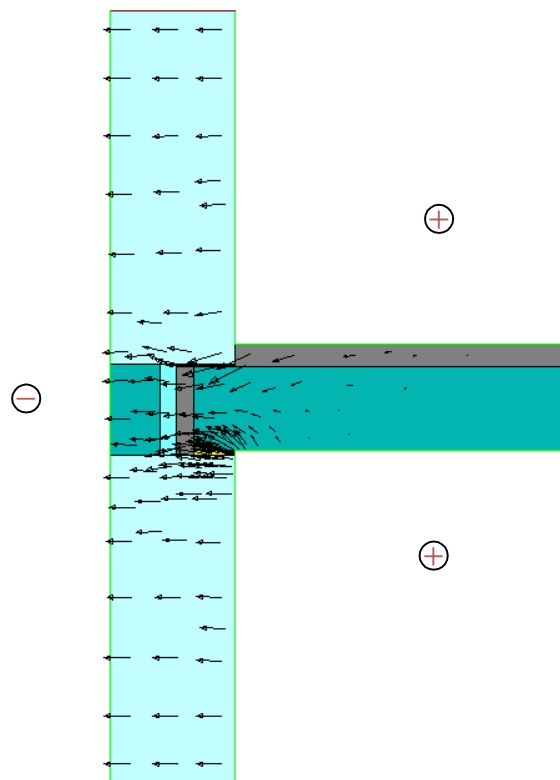
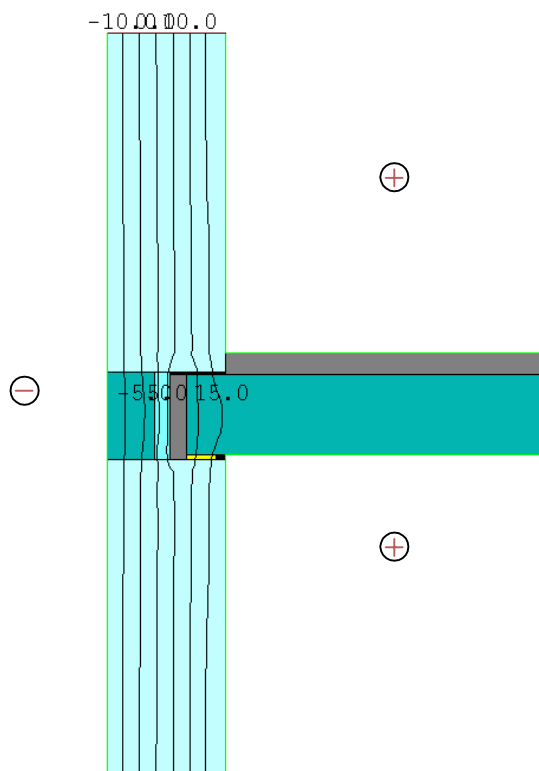
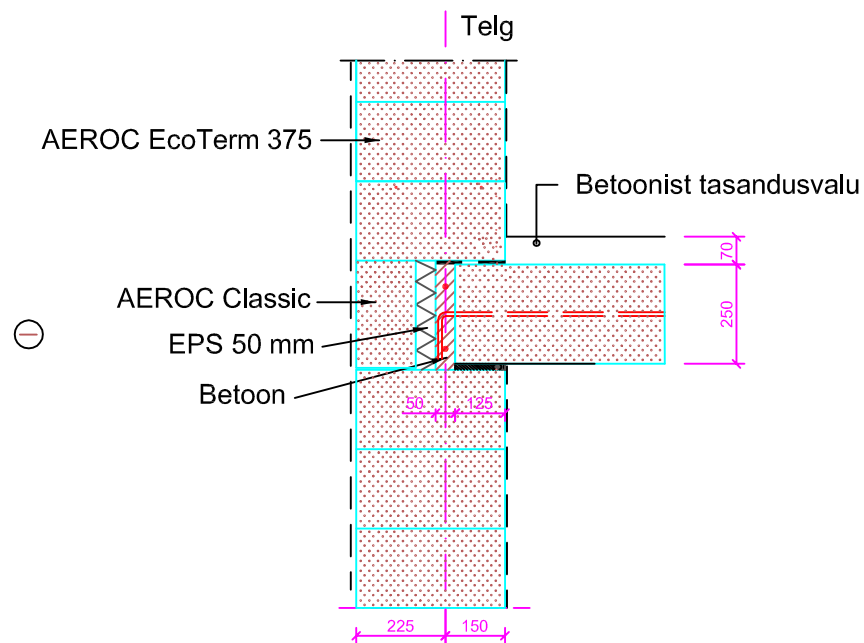
Vahelagi 1.3

AEROC ECO TERM PLUS 375 PLOKKSEINA LIITEKOHT AEROC PANEELIDEST VAHELAEGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,08 \dots 0,10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi,lae} \text{ nurk} = 0,91$, $f_{Rsi,põranda} \text{ nurk} = 0,95$



AEROC

Joonise nimetus

Välissein AEROC EcoTerm Plus 375
Vahelagi AEROC paneelid

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

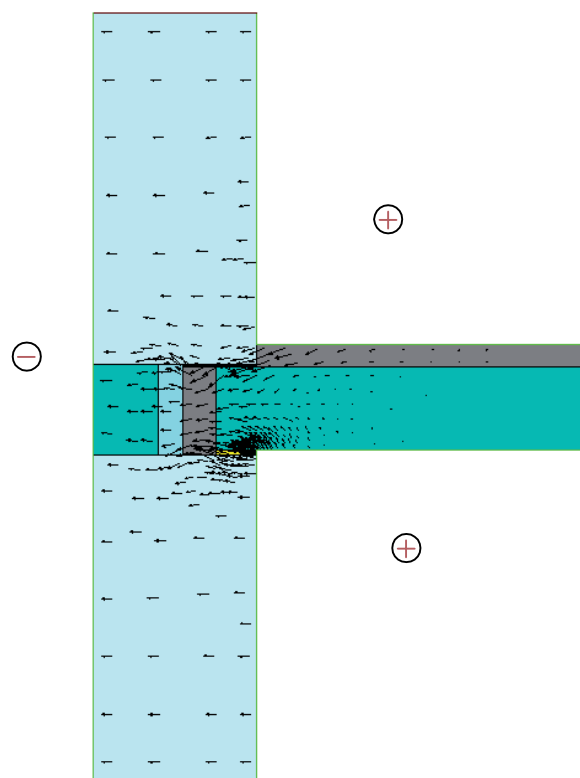
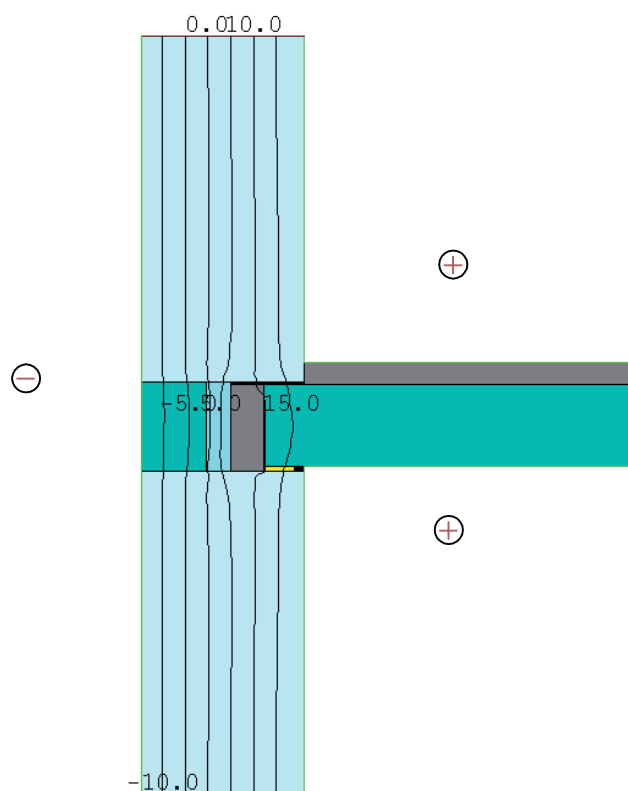
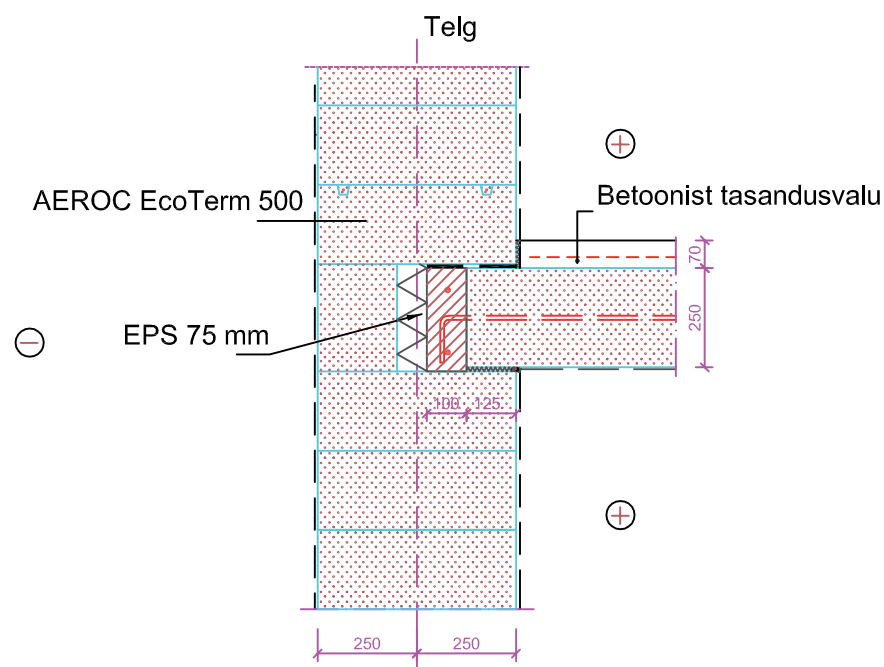
Vahelagi 1.1

AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKSEINA LIITEKOHT AEROC PANEELIDEST VAHELAEGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Joonkülmasilja soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,07 \dots 0,08 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi,lae}$ nurk=**0,93**, $f_{Rsi,põranda}$ nurk=**0,96**



AEROC

Joonise nimetus

Välissein AEROC EcoTerm Plus 500
Vahelagi AEROC paneelid

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

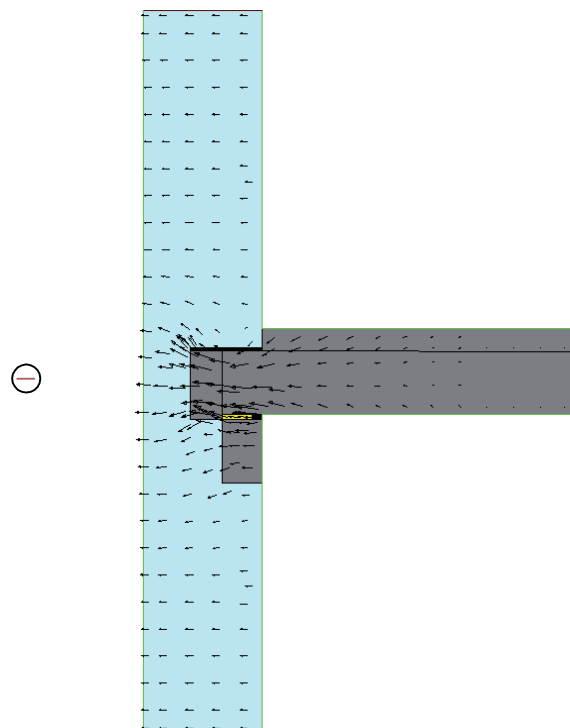
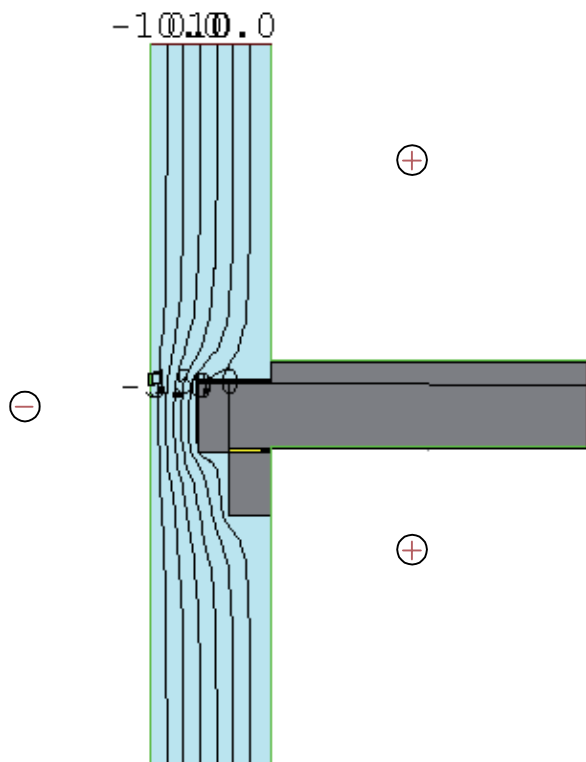
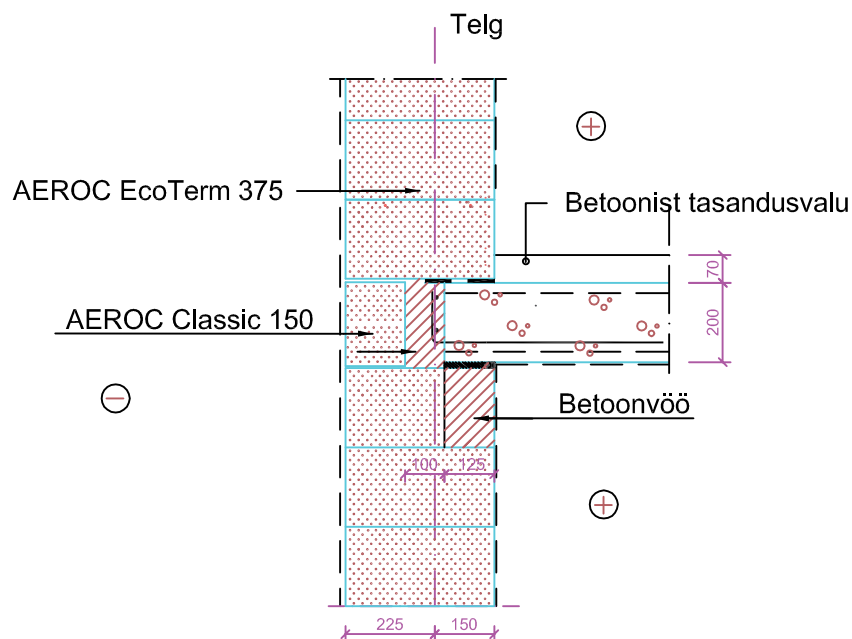
Vahelagi 1.1A

AEROC ECO TERM PLUS 375 PLOKKSEINA LIITEKOHT R/B VÖÖL PAIKNEVA RAUSBETOON PANEELIDEST VAHELAEAGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,18...0,22 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi,lae}$ nurk=**0,91**, $f_{Rsi,põranda}$ nurk=**0,94**



AEROC

Joonise nimetus

Välissein AEROC EcoTerm Plus 375,
R/B paneelidest vahelagi betoonvöö.

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

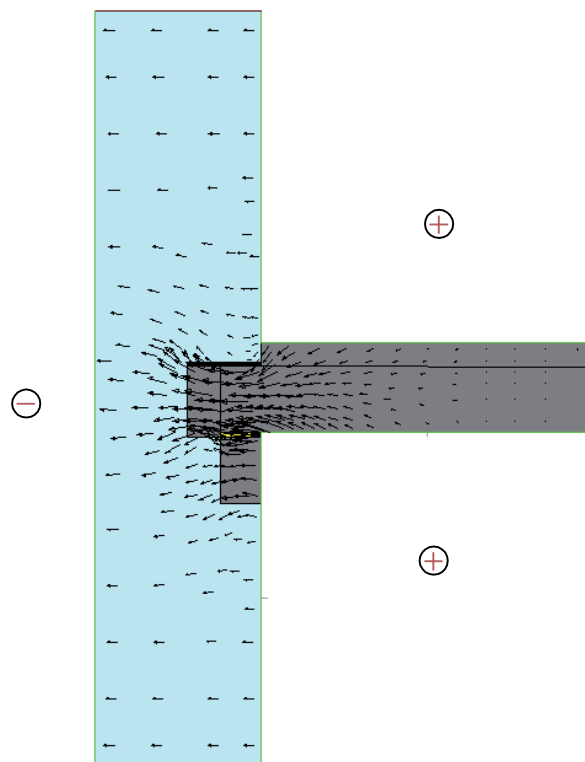
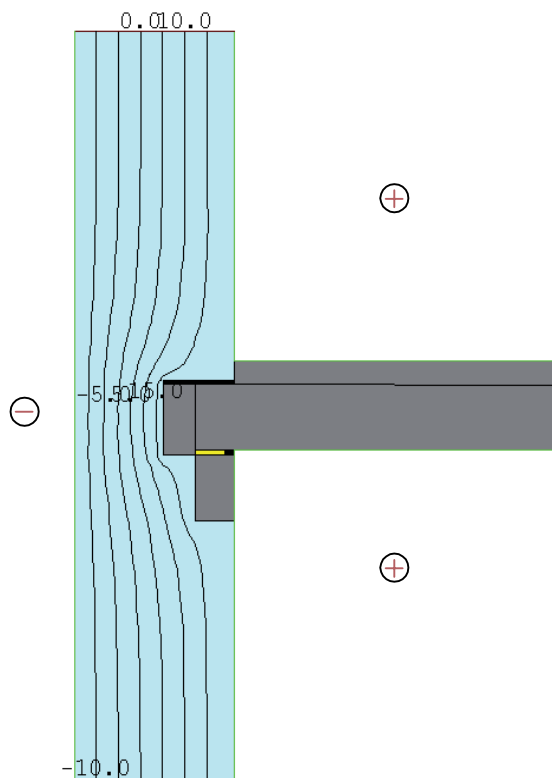
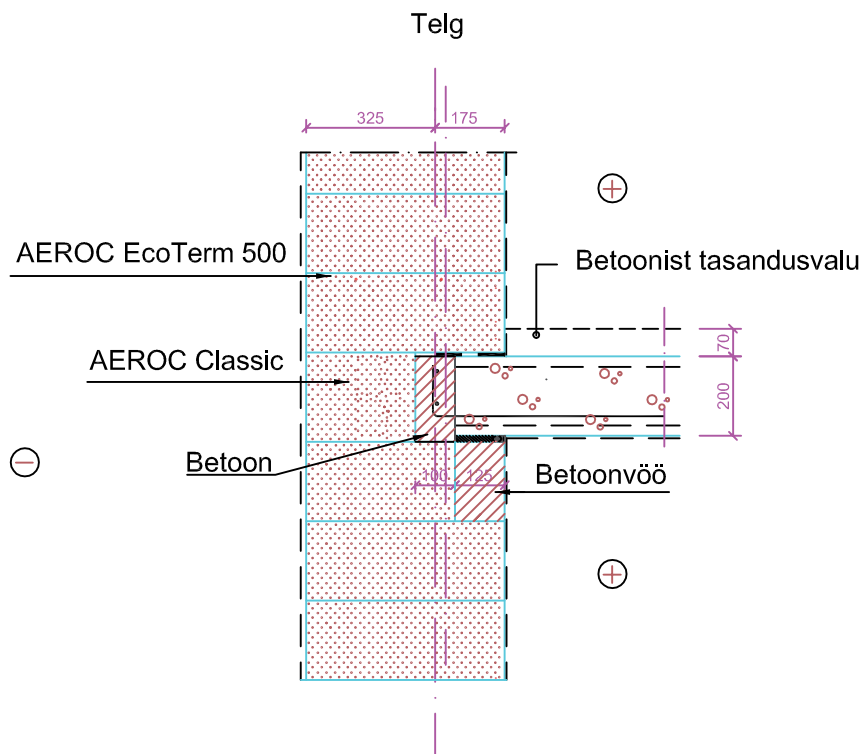
Vahelagi 2.5A

AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKSEINA LIITEKOHT R/B VÖÖL PAIKNEVA RAUDBETOON PANEELIDEST VAHELAEAGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Joonkülmamasilla soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,10 \dots 0,12 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi,lae}$ nurk=**0,94**, $f_{Rsi,põranda}$ nurk=**0,96**



AEROC

Joonise nimetus

Välissein AEROC EcoTerm Plus 500,
R/B paneelidest vahelagi betoonvöö.

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

Vahelagi 2.5B

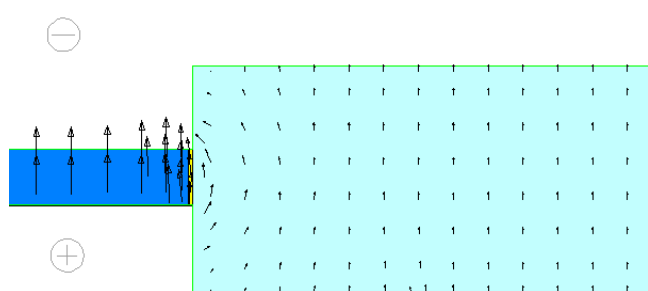
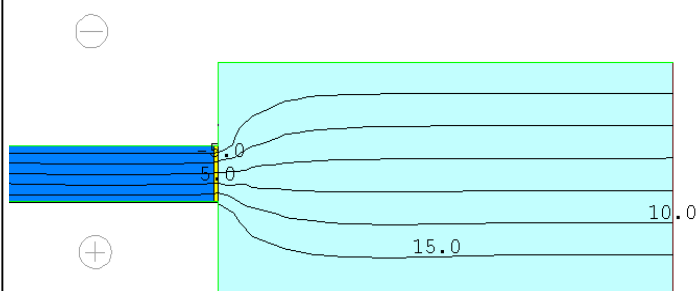
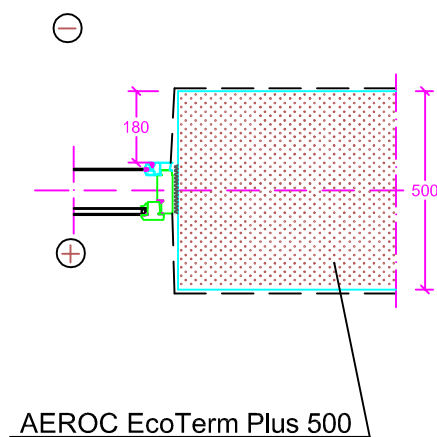
AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKIDEST VÄLISSEINA LIITEKOHT

"SOOME TÜÜPI" AKNAGA

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, aknal $U=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Joonkülmasilja soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,03 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,79$



AEROC

Joonise nimetus

AEROC plokksein Eco Therm Plus 500
Soome tüüpi aken

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

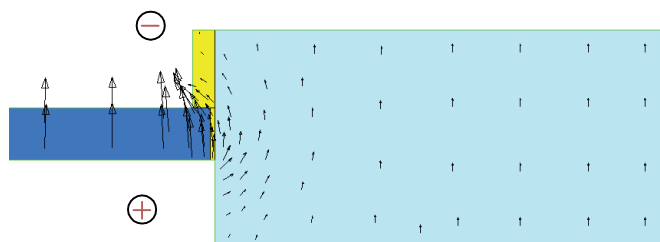
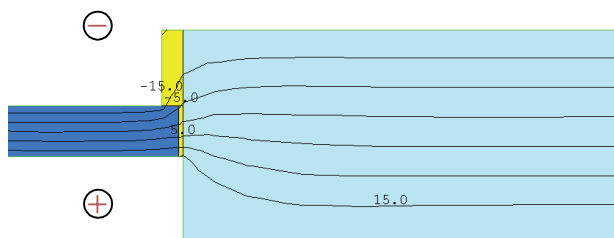
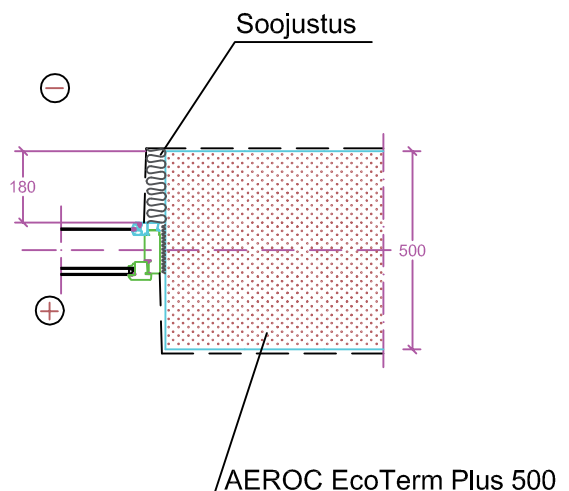
Aken 1.1

SOOJUSTATUD AKNAPALEGA AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKIDEST VÄLISSEINA LIITEKOHT "SOOME TÜÜPI" AKNAGA

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, aknal $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,01 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,81$



AEROC

Joonise nimetus

AEROC plokkein Eco Therm Plus 500
Soome tüüpi aken

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

Aken 1.1A

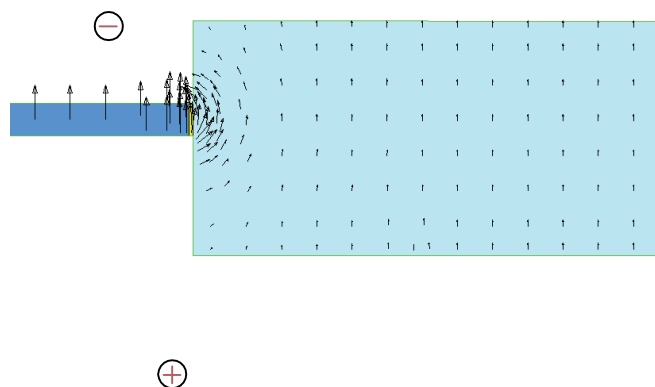
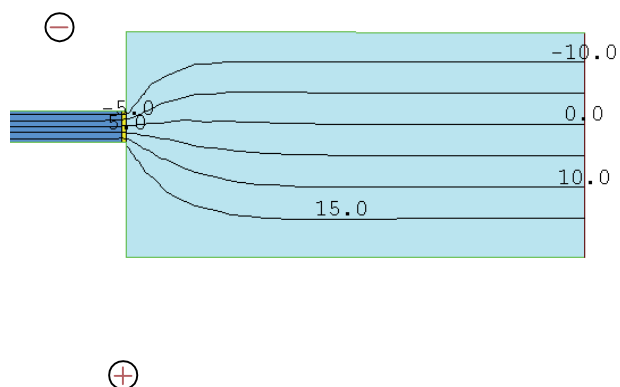
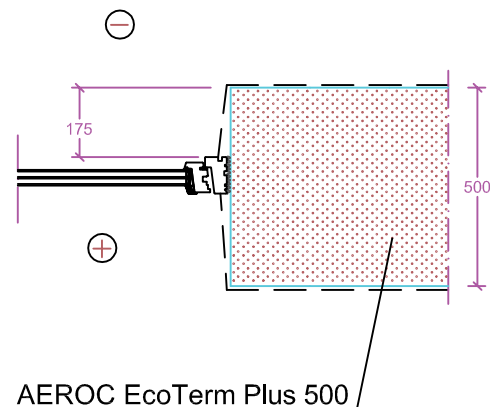
AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKIDEST VÄLISSEINA LIITEKOHT

"SAKSA TÜÜPI" AKNAGA

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, aknal $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Joonkülmāsilla soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,75$



AEROC

Joonise nimetus

AEROC plokkssein Eco Therm Plus 500
Saksa tüüpi aken

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

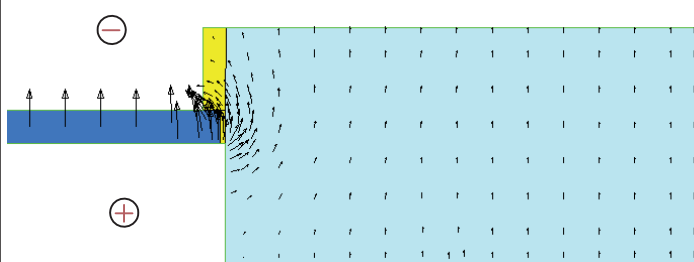
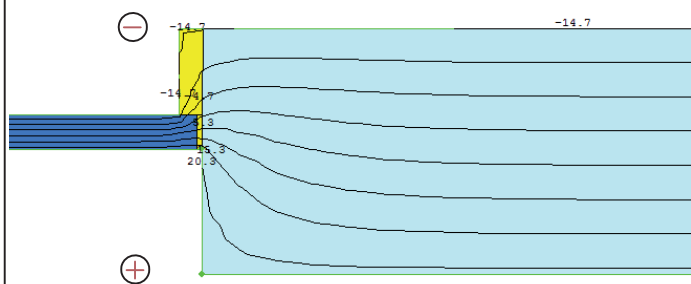
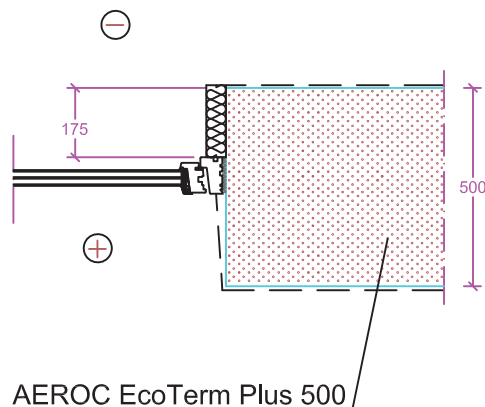
Aken 1.2

SOOJUSTATUD AKNAPALEGA AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKIDEST VÄLISSEINA LIITEKOHT "SAKSA TÜÜPI" AKNAGA

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, aknal $U=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Joonkülmasillega soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,01 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,81$



AEROC

Joonise nimetus

AEROC plokkssein Eco Therm Plus 500
Saksa tüüpi aken

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

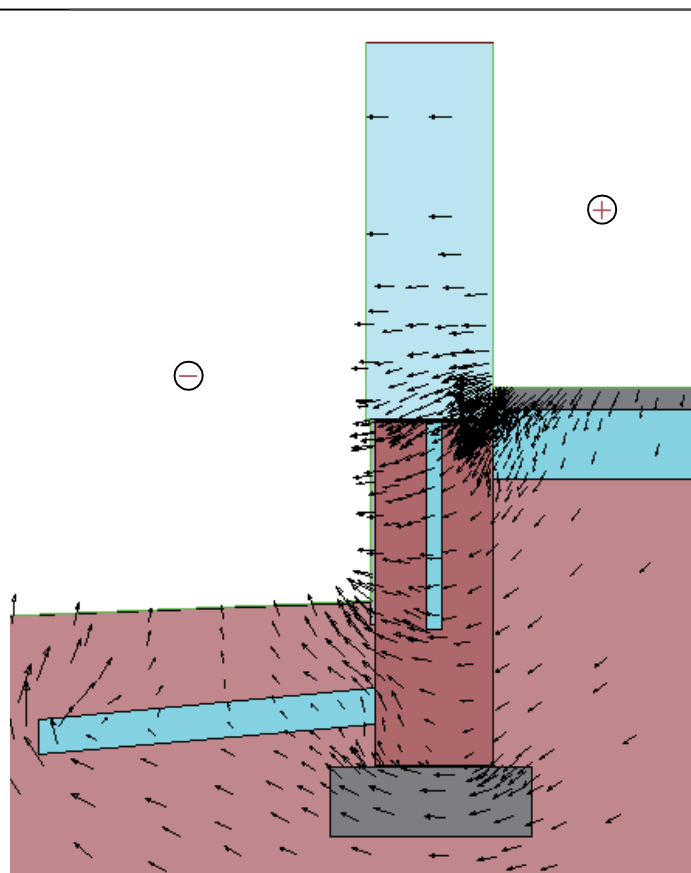
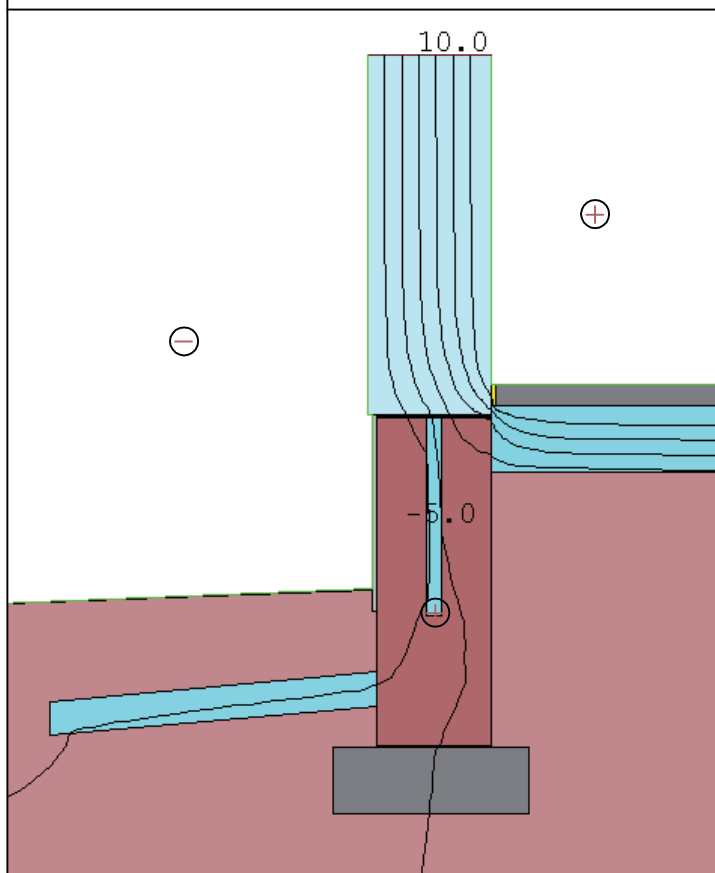
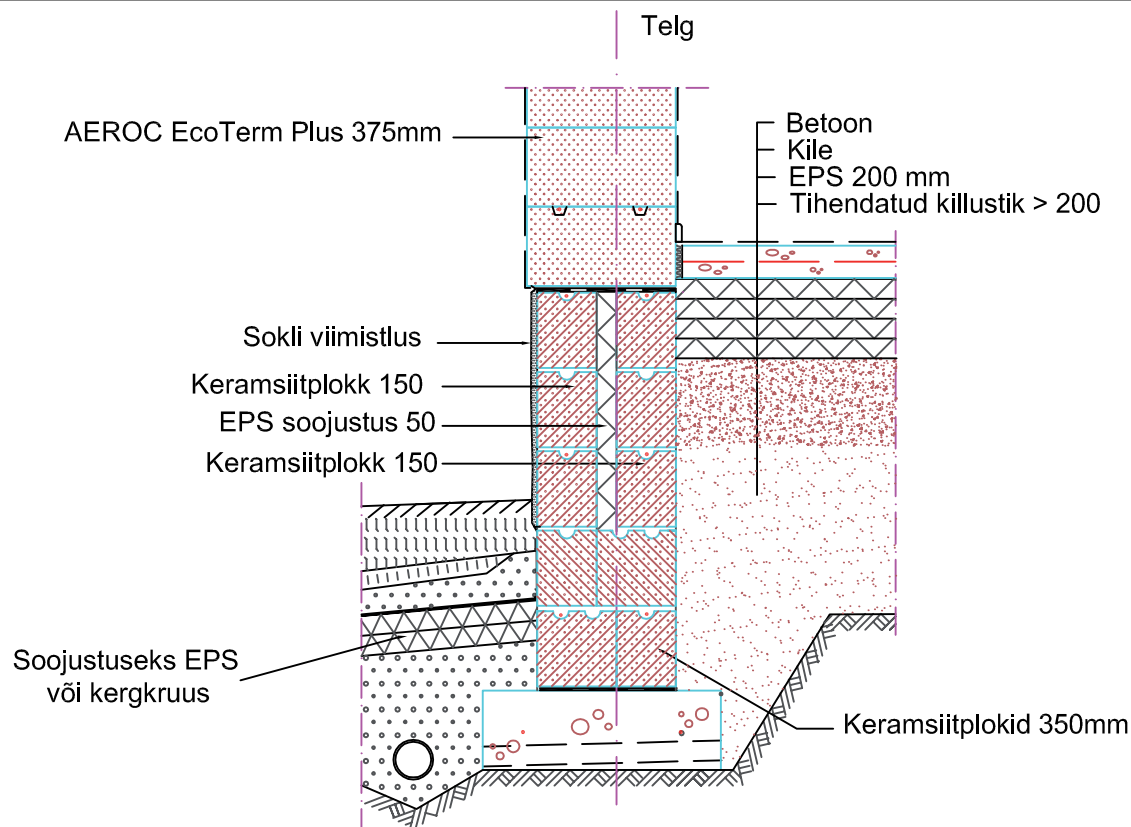
Aken 1.2A

AEROC ECO TERM PLUS 375 PLOKKSEINA LIITEKOHT PINNASEL OLEVA PÕRANDAGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, põrandal $U=0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Joonkülmasil soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,18 \dots 0,22 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,89$



AEROC

Joonise nimetus

Vundamendi sõlm; madalvundament
AEROC EcoTerm Plus 375 mm välissein

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

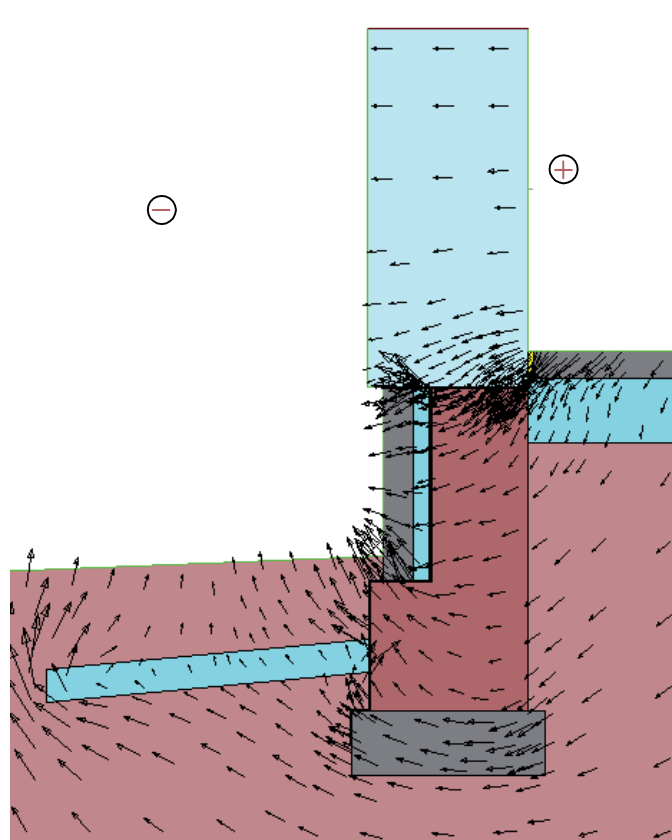
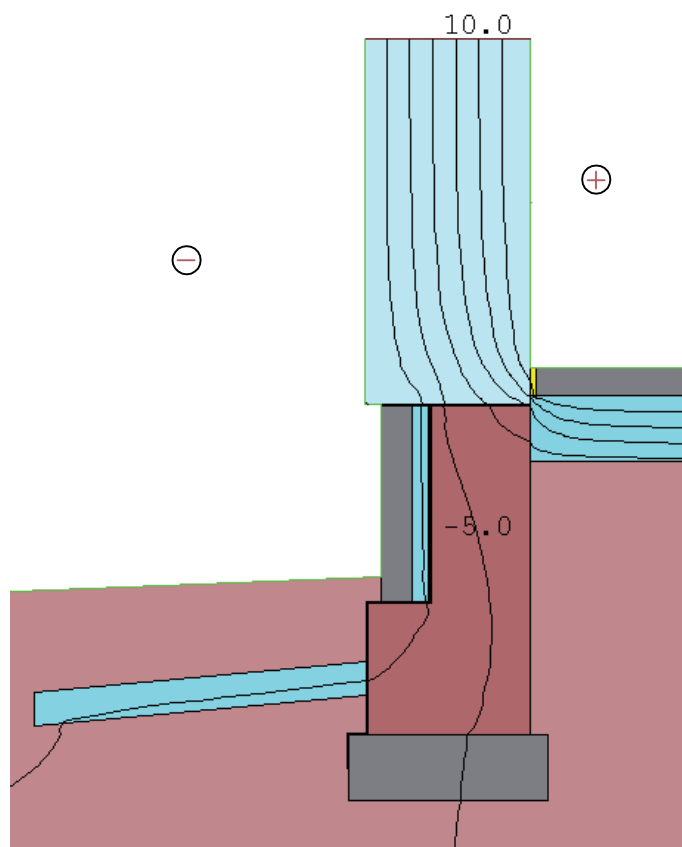
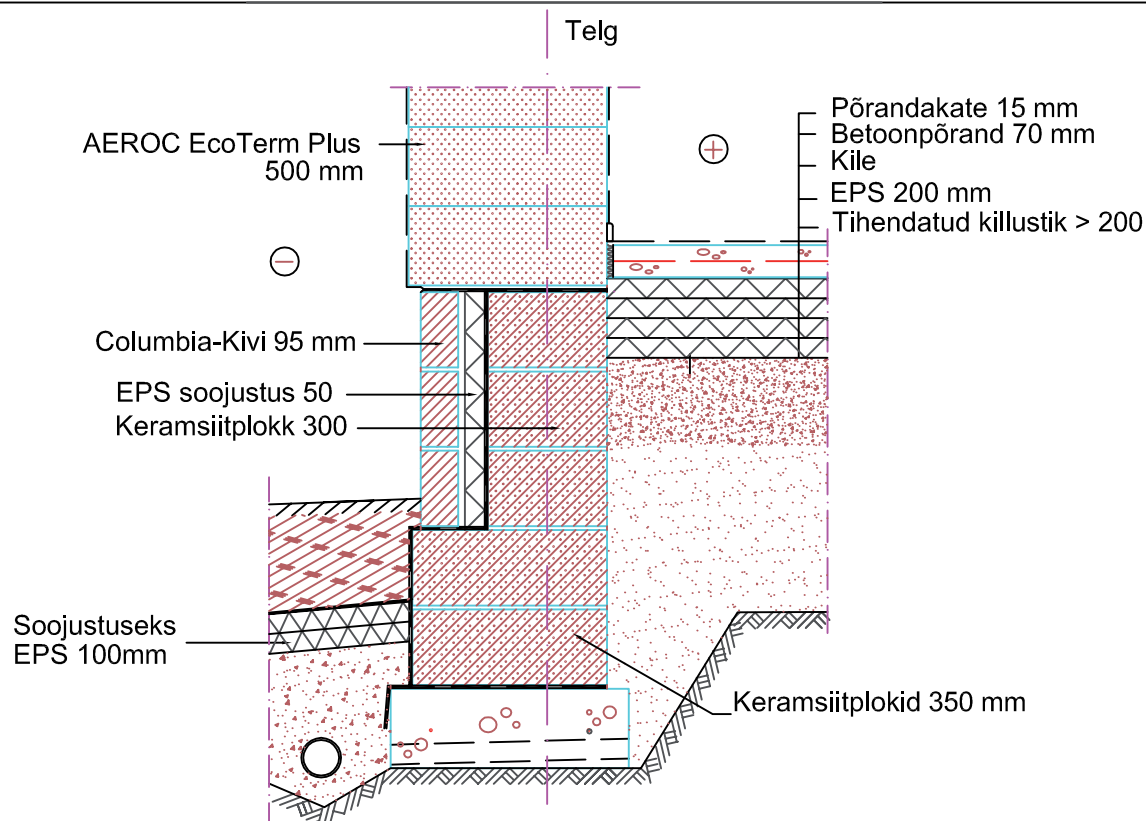
Vund 1.1

AEROC ECO TERM PLUS 500 PLOKKSEINA LIITEKOHT PINNASEL OLEVA PÕRANDAGA.

Välisseina soojusjuhtivus $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, põrandal $U=0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Joonkülmasil soojusjuhtivus $\Psi_j = 0,18 \dots 0,22 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Temperatuuriindeks $f_{Rsi}=0,89$



AEROC

Joonise nimetus

Vundamendi sõlm; madalvundament
AEROC EcoTerm Plus 500 mm välissein

Mõõtkava

M 1:20

Joonise nr.

Vund 2.1