

Seespoolse lisasoojustuse mõju
palkseina soojus- ja
niiskusrežiimile.

Mõõtmised, analüüs, piirangud

Üllar Alev

Tallinna Tehnikaülikool



Valitud elamud

- Enne Teist maailmasõda ehitatud palktaluelamud. Elamud paiknesid üle Eesti ja jagati tinglikult neljaks tüübiks: lahuselamu, koosehitis, rehielamu ja Setu talu elamu. Uuringu andmed põhinevad 53 mõõdetud elamu andmetel.
- Elamute köetava pinna keskmine suurus oli 83 m² ja keskmine vanus 90 aastat. Elamud olid aastaringse kasutusega, perioodilise kasutusega või talvel kasutamata kütmata. Ligi pooled elamutest olid viimase 10 aasta jooksul oluliselt renoveerimata.



Elamute uuringu tulemused

- Elamute tarindite iseloomustus
- Tarindite kahjustused
- Õhupidavus
- Õhulekked ja külmsillad
- Elanike rahulolu küsitlus

Elamud jaotati kasutuse järgi kolmeks:
pidevalt ja perioodiliselt kasutatavad ning talvel kütmata kasutamata elamud

- Siseõhu temperatuur ja suhteline niiskus
- Niiskuskoormus



Sissejuhatus

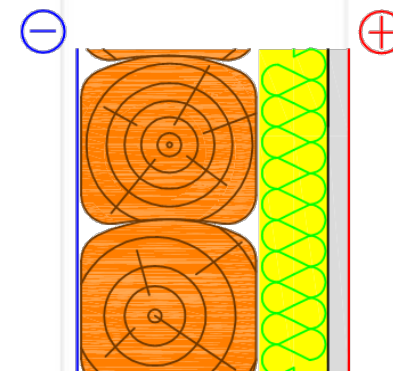
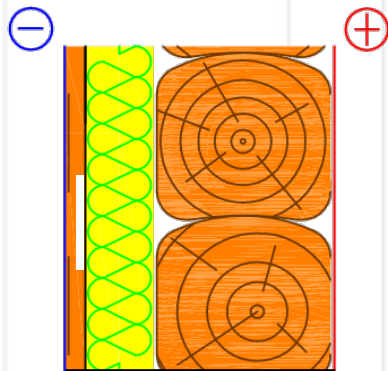
Energia → täiendav soojustamine

Väljastpoolt soojustamine

- + niiskustehniliselt turvalisem
- + külmasillad
- välisilme muutub

Seestpoolt soojustamine

- + elamu välisilmet ei muudeta
- + võimalik teha ruumi kaupa
- Vähendab eluruumi pindala
- niiskustehniliselt riskantne
- külmasillad





Sissejuhatus

Energia → täiendav soojustamine

Väljastpoolt soojustamine

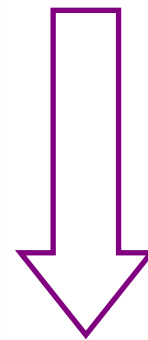
- + niiskustehniliselt turvalisem
- + külmasillad
- välisilme muutub

Seestpoolt soojustamine

- + elamu välisilmet ei muudeta
- + võimalik teha ruumi kaupa
- Vähendab eluruumi pindala
- niiskustehniliselt riskantne
- külmasillad

Uued soojustusmaterjalid

toimivus vanade majade renoveerimisel?



Tervisliku sisekliima ja niiskustehnilise toimivuse tagamiseks vajalik uuring.



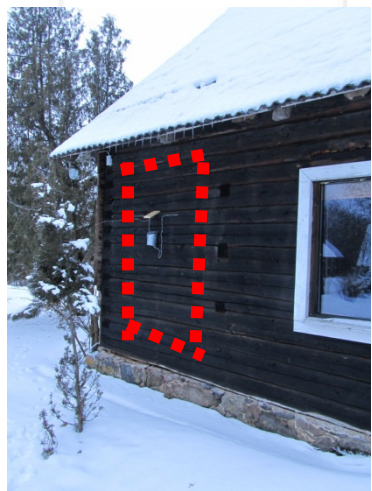
Uuringu eesmärk

- Töö eesmärgiks oli analüüsida seespoolse lisasoojustamise mõju olemasoleva palkseina soojus- ja niiskusrežiimile.
- Töö käigus analüüsiti kahe erineva soojustus-materjali toimivust seespoolse lisasoojustusena katseliselt. Katseseina mõõtmistulemuste alusel analüüsiti soojutusmaterjalide toimivust ning koostati vastav arvutusmudel, mille tulemusi võrreldi mõõtmistulemustega. Arvutusmudeli abil on läbi analüüsitud erinevad konstruktsiooni ja sisekliima kombinatsioonid.



Katsesein

- Vana maamaja (ehitusaasta \approx 1920)
 - välisseinaks tahatud palk (175mm)
- Seespoolne soojustamine
 - traditsioonilise mineraalvillaga
 - õhukese peegeldava soojustusega





Katsesein

- Seespoolse soojustuse konstruktsioon
 - Vasakpoolne osa soojustati 70 mm kivivillaga ja kaeti aurutõkke-paberiga.
 - Parempoolne osa soojustati õhukese peegeldava isolatsioonimaterjaliga. Kasutati kahekordset puitroovitist nii, et kummalegi poole 10 mm paksust isolatsioonimaterjali jäi 25 mm paksune õhkvahe.
 - Sein kaeti kipsplaadiga (12,5 mm).
 - Ruumi köeti elektriradiaatoriga ja ruumi õhku ei niisutatud.

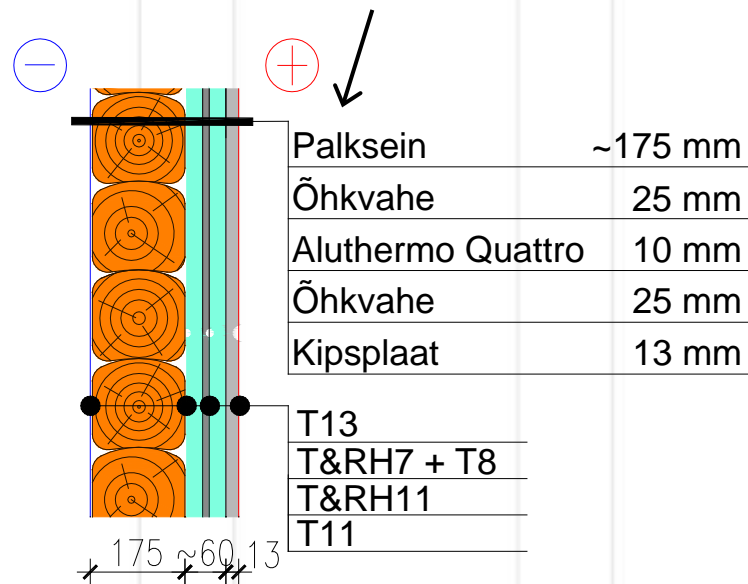
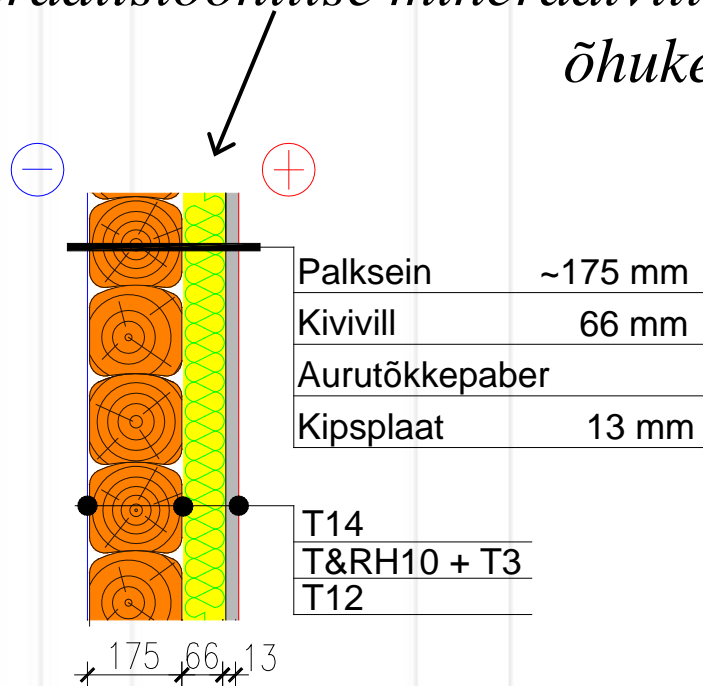


Mõõtmised objektil

- Mõõtmised ühe aasta jooksul 1 tunnise intervalliga: temperatuur, suhteline niiskus ja soojusvoog
- Seespoolne soojustamine:

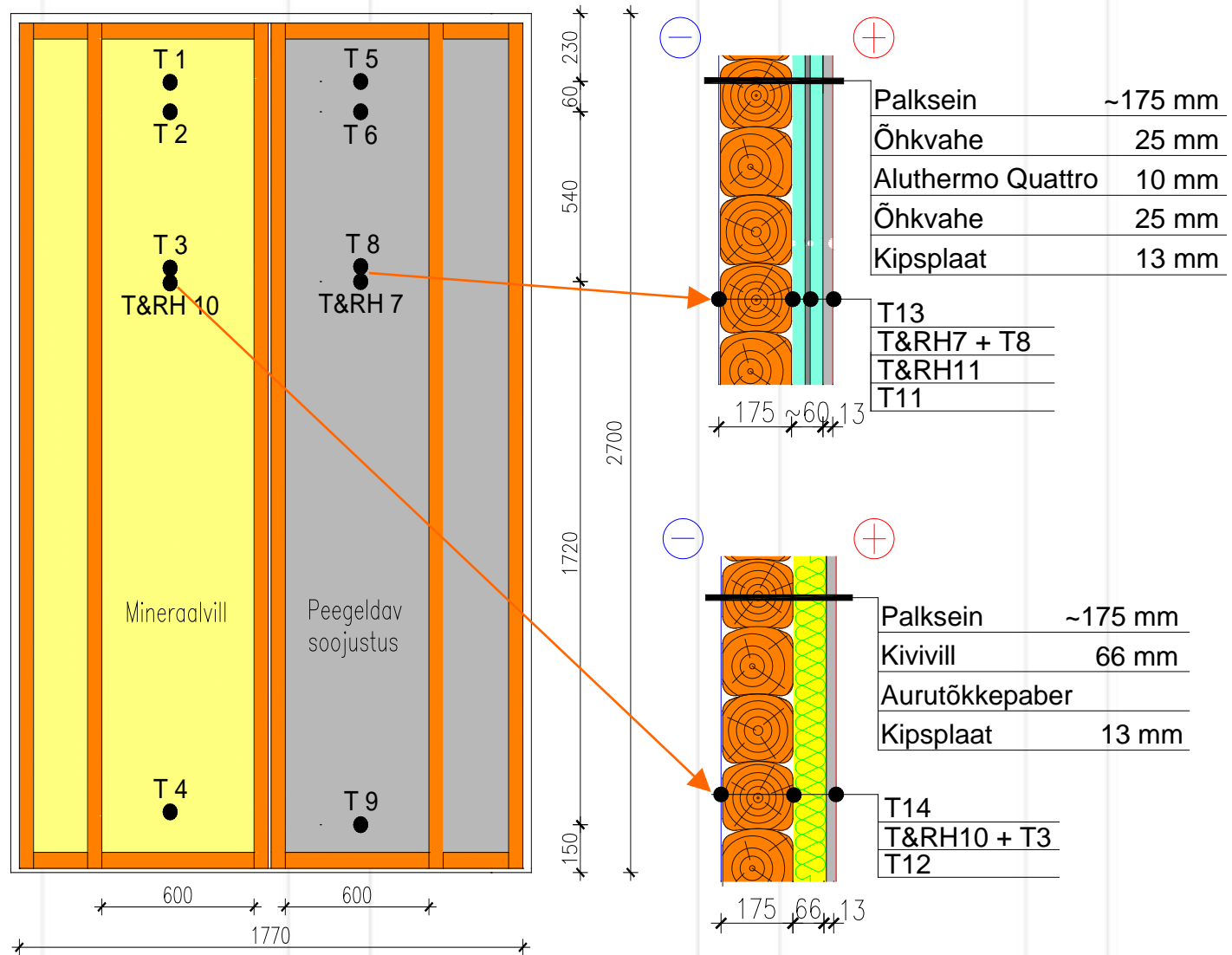
traditsioonilise mineraalvillaga

õhukese peegeldava soojustusega





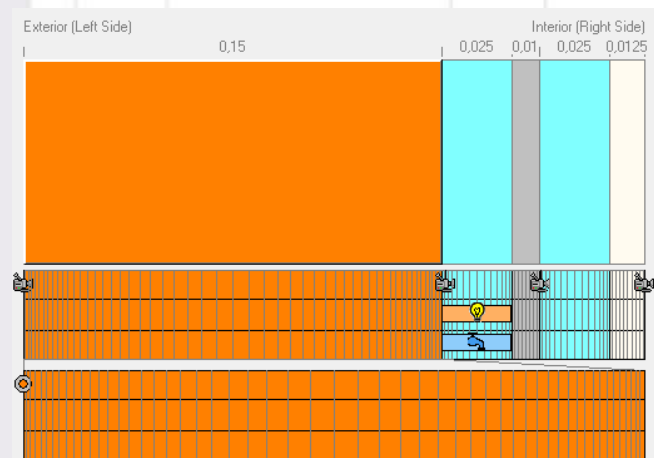
Mõõtmised objektil





Arvutusmudel

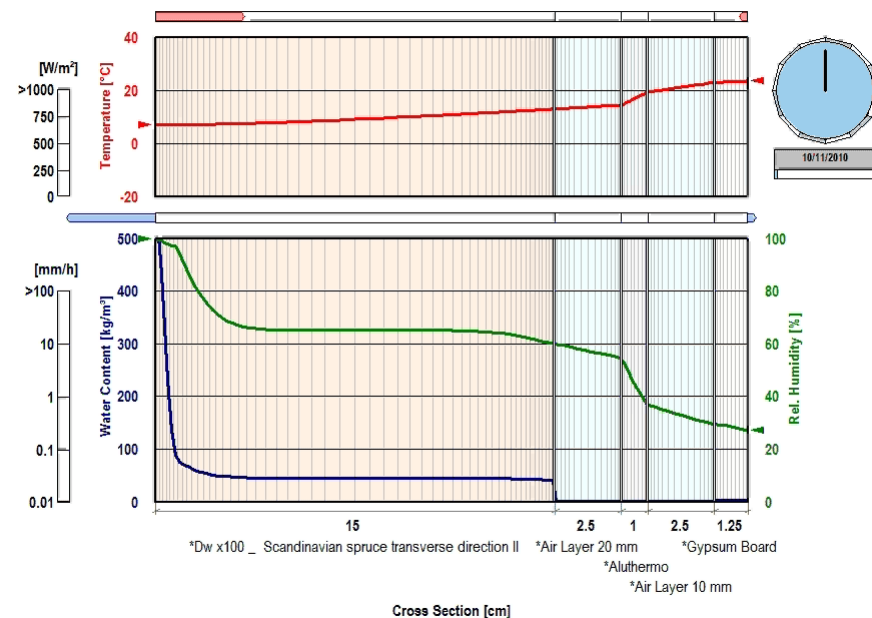
- Katseseina põhjal koostati arvutusmudel tarkvara WuFi Pro 5.1 abil
- Mudelit kontrolliti mõõtmistulemuste alusel
- Valideeritud mudelit kasutati seina toimivust mõjutavate tegurite analüüsimiseks



Location: Aluthermoga osa.KLI;

Aluthermo

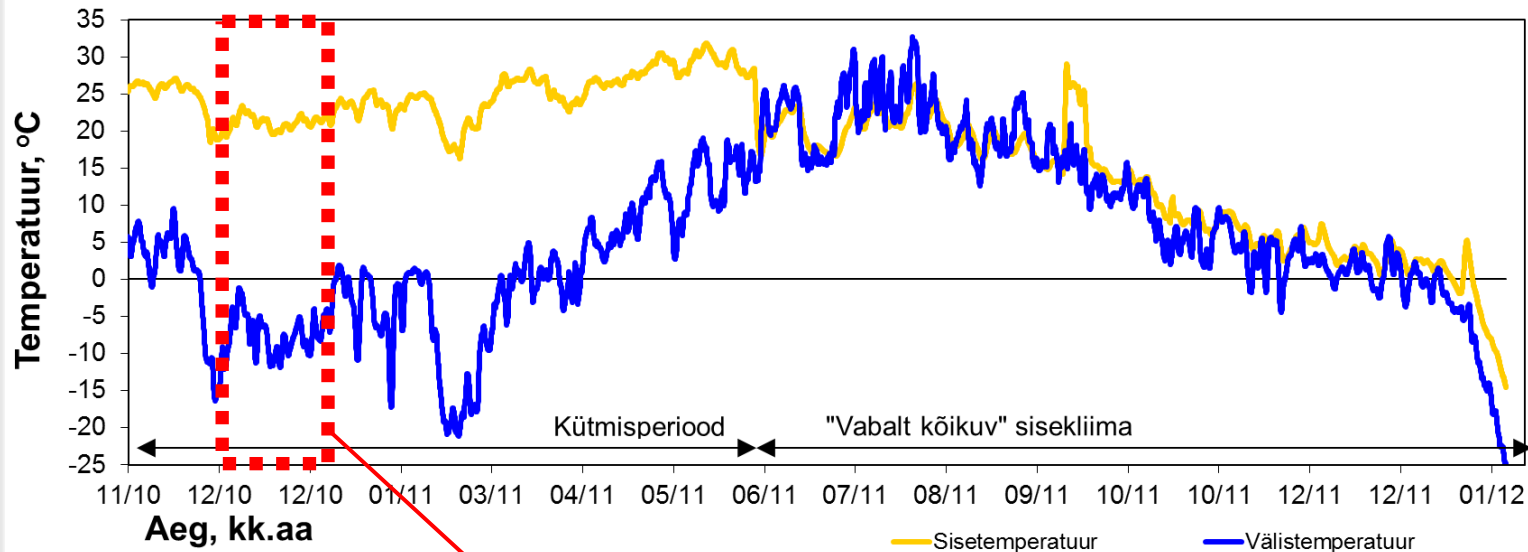
WUFI®





Tulemused

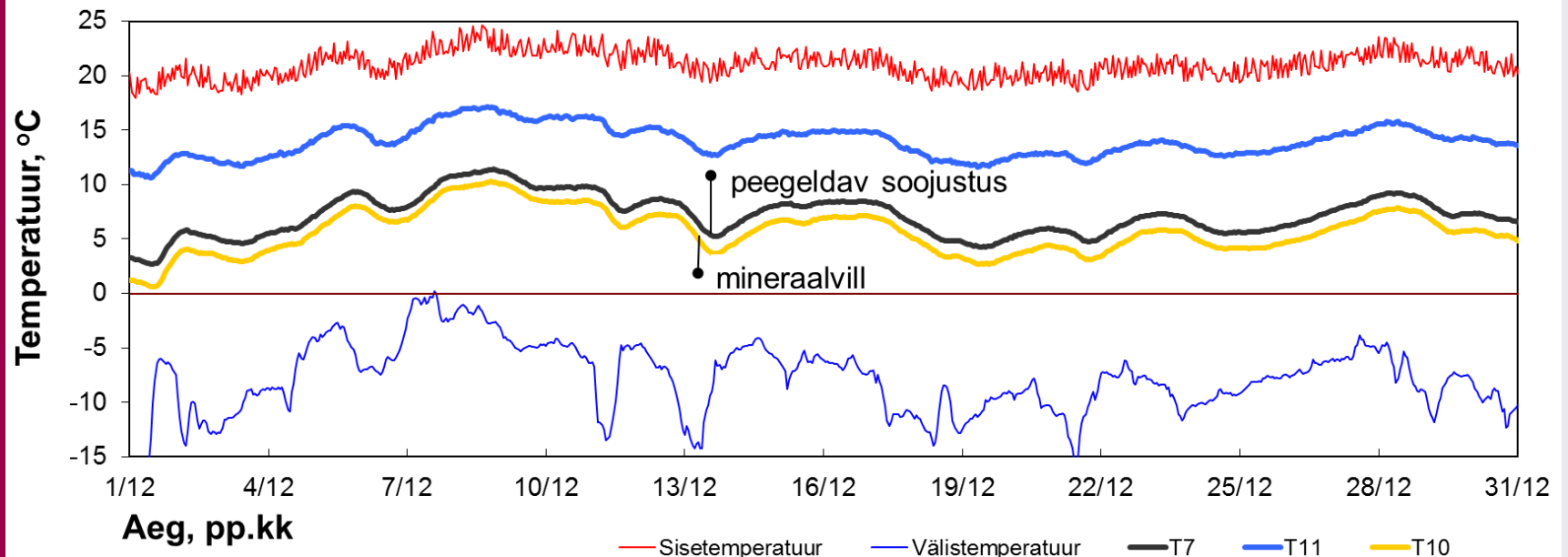
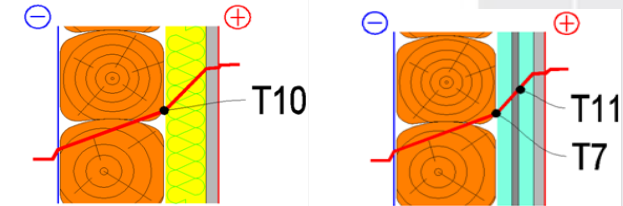
- Mõõdetud sise- ja välistemperatuurid
 - 7 kuud köetud ruumiga
 - 7 kuud kütmata ruumiga (väliskliimast sõltuv)
 - päeva keskmised välistemperatuurid vahemikus $-21^{\circ}\text{C} \dots +32^{\circ}\text{C}$





Tulemused

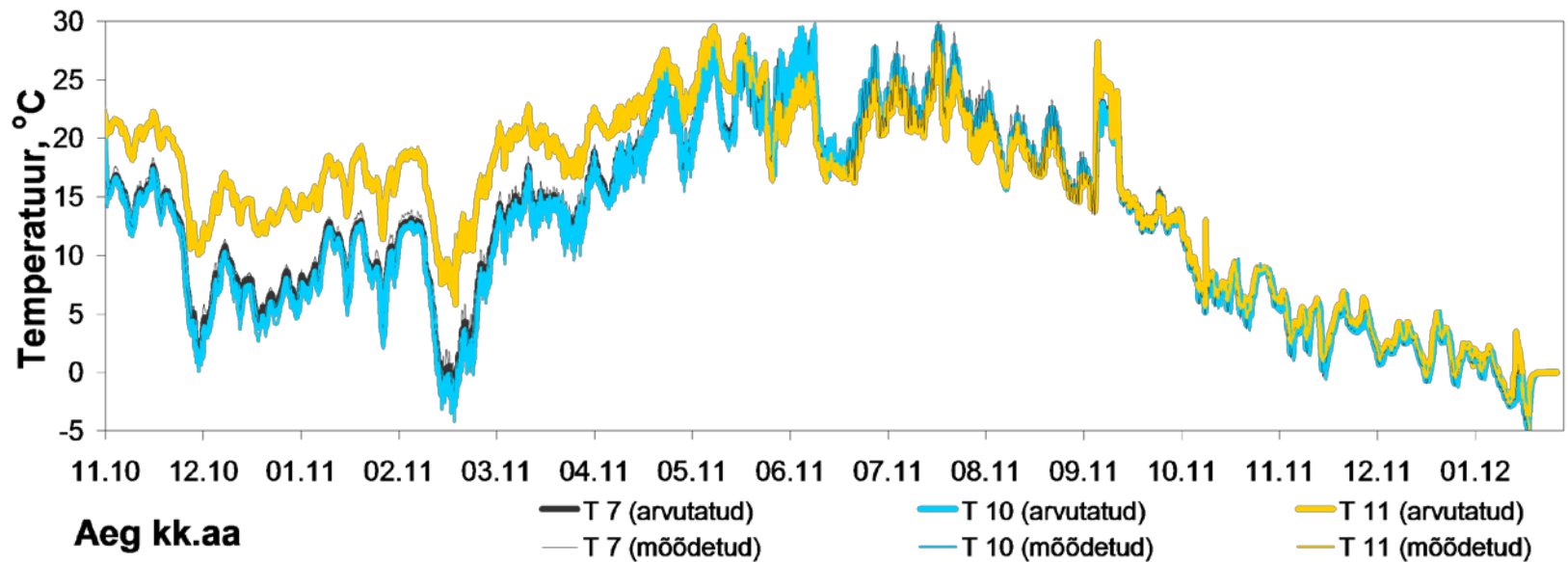
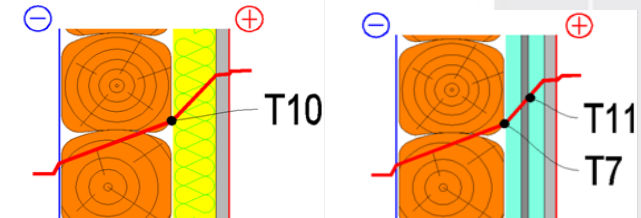
- Mõõdetud **temperatuur** detsembris
 - väikesed erinevused temperatuuris
 - väikesed erinevused soojusjuhtivuses





Tulemused

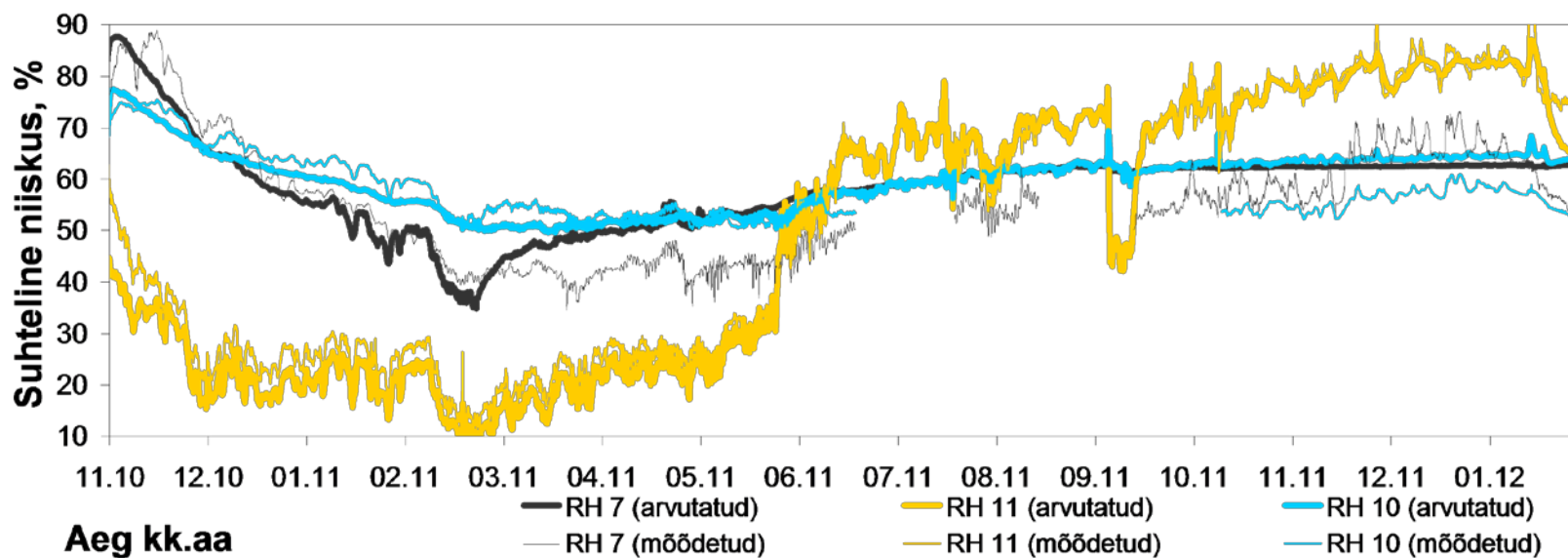
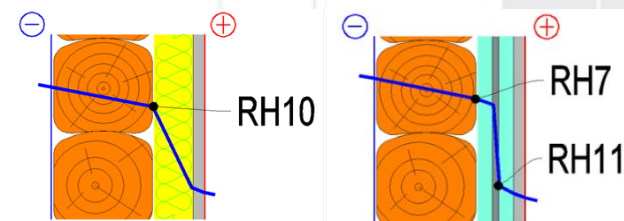
- Mõõdetud ja arvutatud temperatuurid testseina sees
 - Δt T7 $\rightarrow 0,4^{\circ}\text{C}$
 - Δt T10 $\rightarrow 0,06^{\circ}\text{C}$
 - Δt T11 $\rightarrow 0,2^{\circ}\text{C}$





Tulemused

- Mõõdetud ja arvutatud suhteline niiskus testseina sees
 - ΔRH RH7 $\rightarrow -3,2\%$
 - ΔRH RH10 $\rightarrow 0,09\%$
 - ΔRH RH11 $\rightarrow 0,8\%$





Eksperimendi kokkuvõte

- 66 mm mineraalvilla ja 10 mm peegeldava soojusisolatsioonimaterjali koos õhuvahedega mõlemal pool soojuslik toimivus oli sarnane (mõõdetud ja arvutatud temperatuurid ja soojusvood)
- 10 mm peegeldava soojaisolatsioonimaterjali soojatakistus oli palju madalam kui reklaamitud
 - Reklaamitud väärtus ei sisalda materjali soojusjuhtivust, konvektsiooni ja juhtivust õhuvahedes.
 - Reklaamitud väärtus on arvutatud suurema temperatuuride erinevuse juures
- Testseina niiskustehniline toimivus kontrolliti mõõtmistulemuste alusel
 - Temperatuuri ja suhtelise niiskuse kokkulangevus oli hea
 - Arvutusmudelit tuleks täiustada, et arvesse võtta õhukihtide kiirgustegureid ja soojuskiirgust õhkvahedes.



Arvutused katseseina andmetel

- Katseseina arvutusmudel valideeriti
- Koostati konstruktsiooni ja sisekliima kombinatsioonid
- Muudeti
 - ruumi niiskuslisa,
 - siseõhu temperatuuri,
 - palkseina paksust
 - seespoolse soojustuse paksust ja
 - aurutõkke materjali.
- Arvutuste peamiseks kriteeriumiks hallituse kasvu vältimine välisseintes



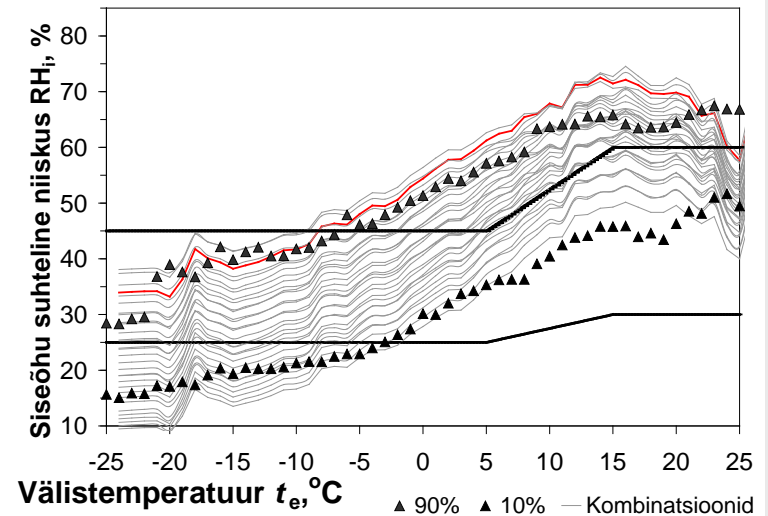
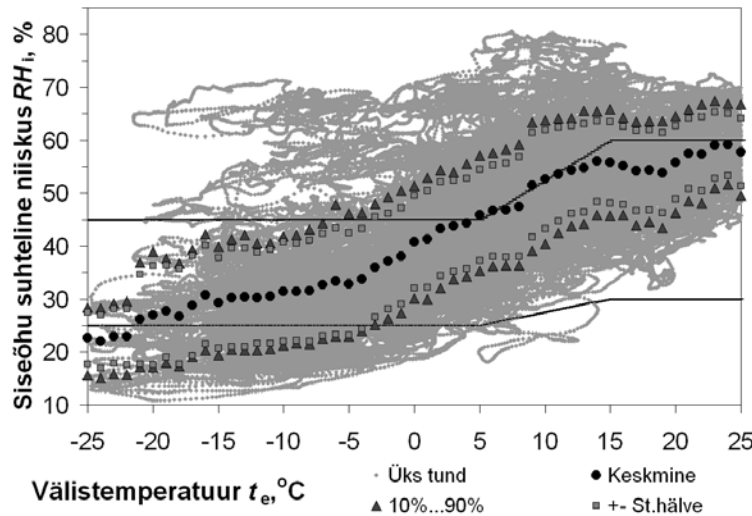
Hallituse kasvu kriteerium

- Hallitusseente kasvu tekkeks on vajalik sobiv:
 - niiskus (suhteline niiskus kasvupinnal $\geq 75\text{...}80\%$);
 - temperatuur ($0\text{...}+50^{\circ}\text{C}$, kuid arenguks parim temperatuur on $+20\text{...}+35^{\circ}\text{C}$);
 - kasvualus (piisavalt toitaineid, aluselisuus pH 5...6);
 - sobivate kasvutingimuse esinemise aeg.
- Hallitusindeks:
 - 0 – kasv puudub;
 - 1 – väikest kasvu võib tuvastada vaid mikroskoobi all;
 - 2 – keskmine mikroskoobiga tuvastatav kasv (kaetud rohkem kui 10%);
 - 3 – väikest kasvu võib tuvastada visuaalselt;
 - 4 – visuaalselt tuvastatav katvus rohkem kui 10%;
 - 5 – visuaalselt tuvastatav katvus rohkem kui 50%;
 - 6 – visuaalselt tuvastatav katvus 100%.



Temperatuurid...

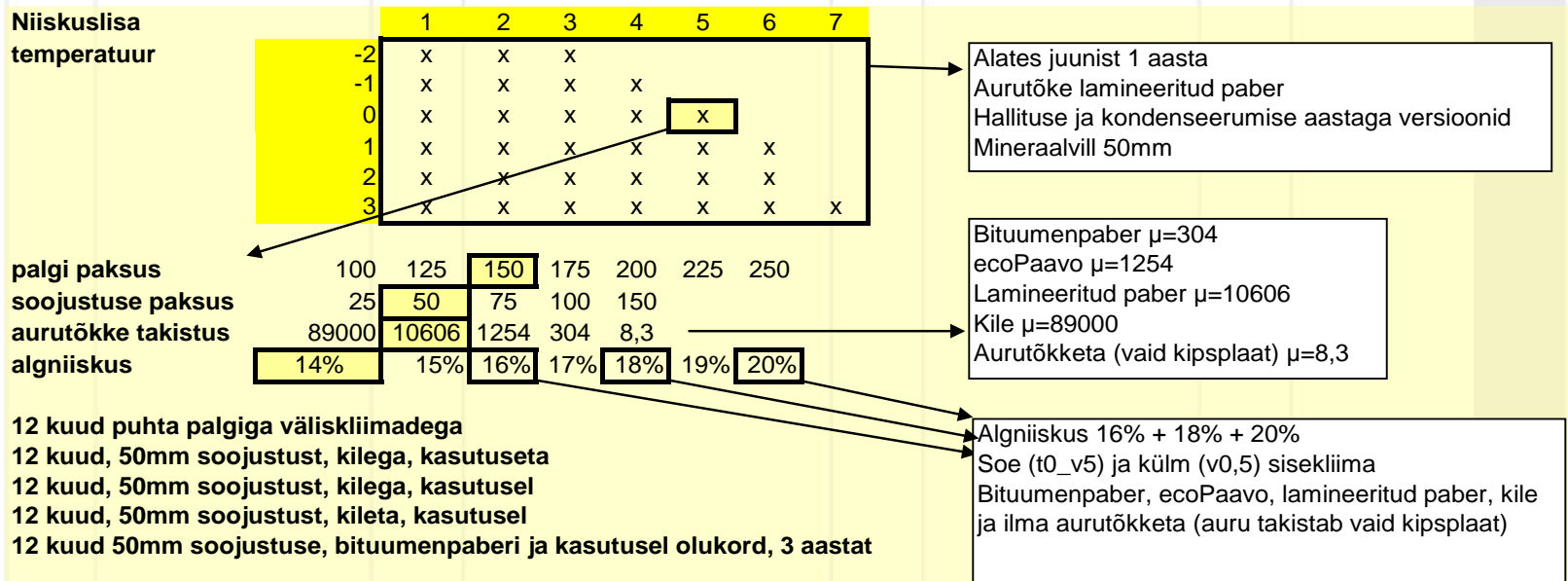
- Mõõtetulemuste alusel siseõhu suhtelise niiskuse ja välistemperatuuri sõltuvus (vasakul).
- Seinä arvutustes kasutatud sisekliima kombinatsioonid (paremal).





Arvutuskombinatsioonid

- Siseõhu temperatuur (-2 .. +3 °C võrreldes normaalse temperatuuriga)





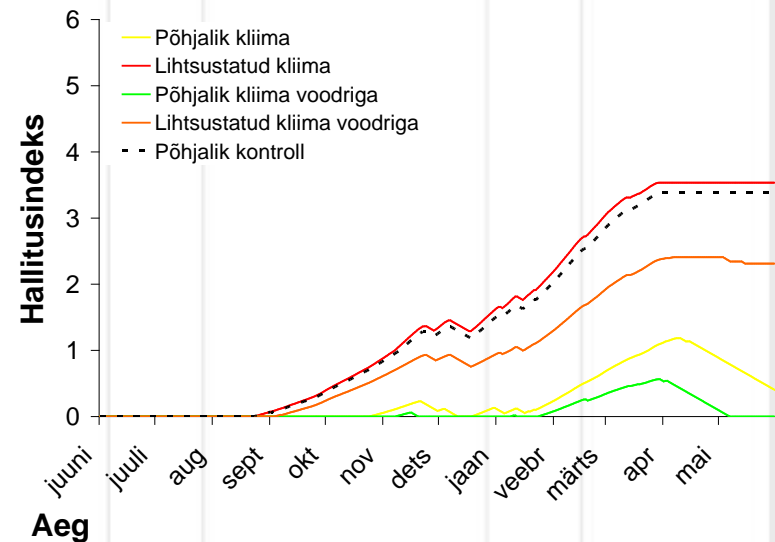
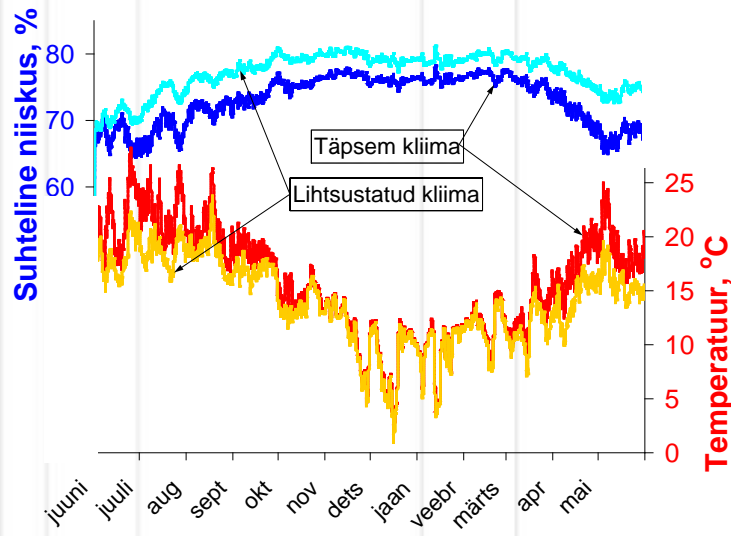
Arvutuskombinatsioonid

- Siseõhu temperatuur (-2 .. +3 °C võrreldes normaalse temperatuuriga)
- Niiskustase (0 .. 7 g/m³)
- Palkide keskmine paksus (100 .. 250mm)
- Seespoolse soojustuse paksus (25 .. 150mm)
- Palkide algniiskus (14 .. 20%)
- Õhu- ja aurutõkke materjal
 - Kile ($Z_p=450 \times 10^9$ m²sPa/kg and $\mu=89000$)
 - Lamineeritud paber ($Z_p=50 \times 10^9$ m²sPa/kg and $\mu=10606$)
 - EcoPaavo ($Z_p=3,6 \times 10^9$ m²sPa/kg and $\mu=1254$)
 - Bituumenpaber ($Z_p=1 \times 10^9$ m²sPa/kg and $\mu=304$)
 - Ilma aurutõkketa



Kliima mõju

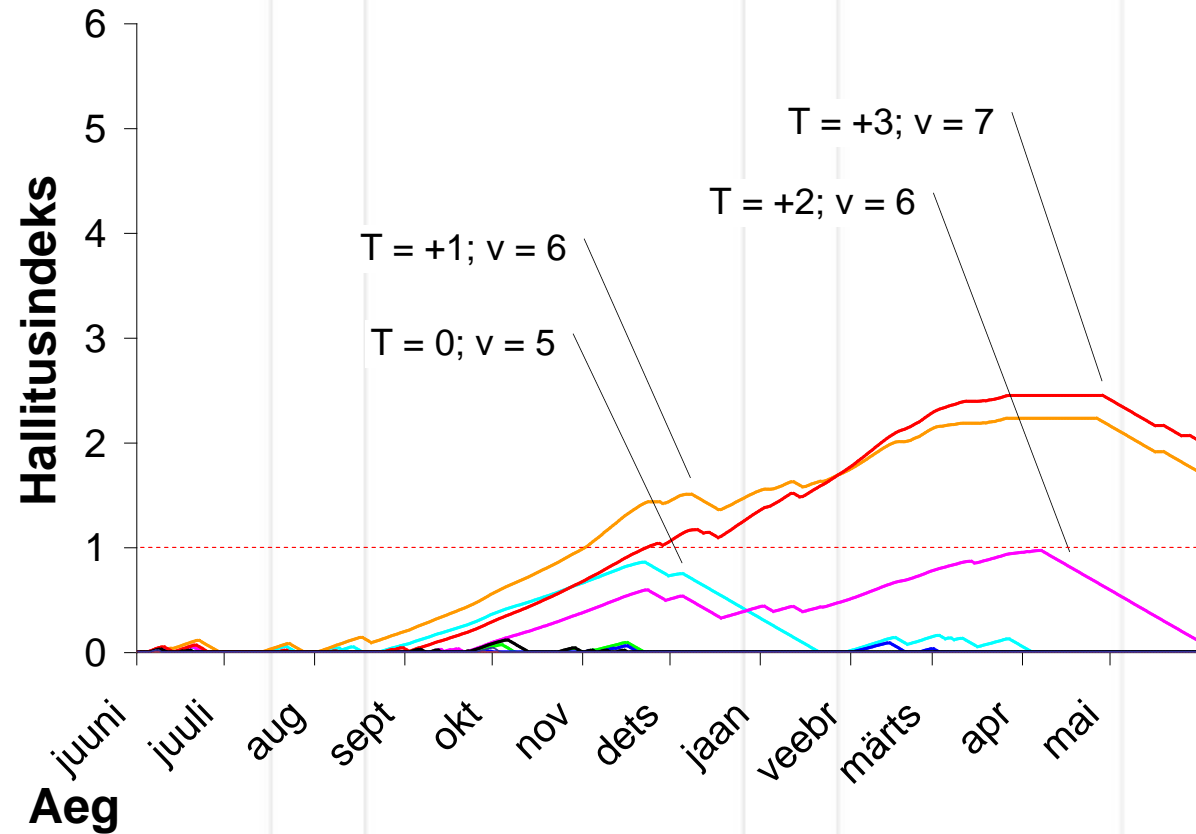
- Lihtsustatud kliima: sise- ja välisõhu temperatuur ning suhteline niiskus.
- Täpsem kliima: lisaks eelnevale tuule kiirus ja suund, vihm ning päikesekiirgus.
- Lihtsustatud kliima kriitilisem





Arvutuskombinatsioonid

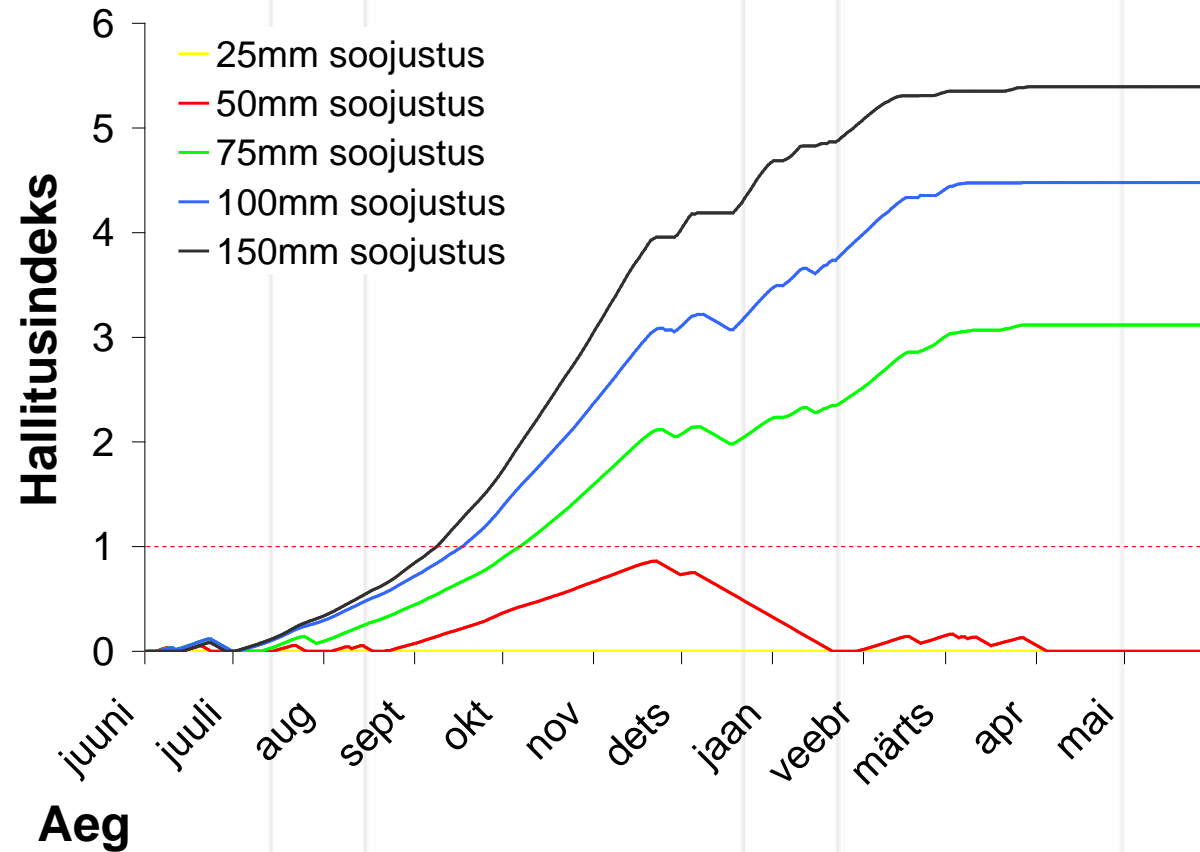
- Hallitusindeksid sisekliima kombinatsioonidest





Arvutuskombinatsioonid

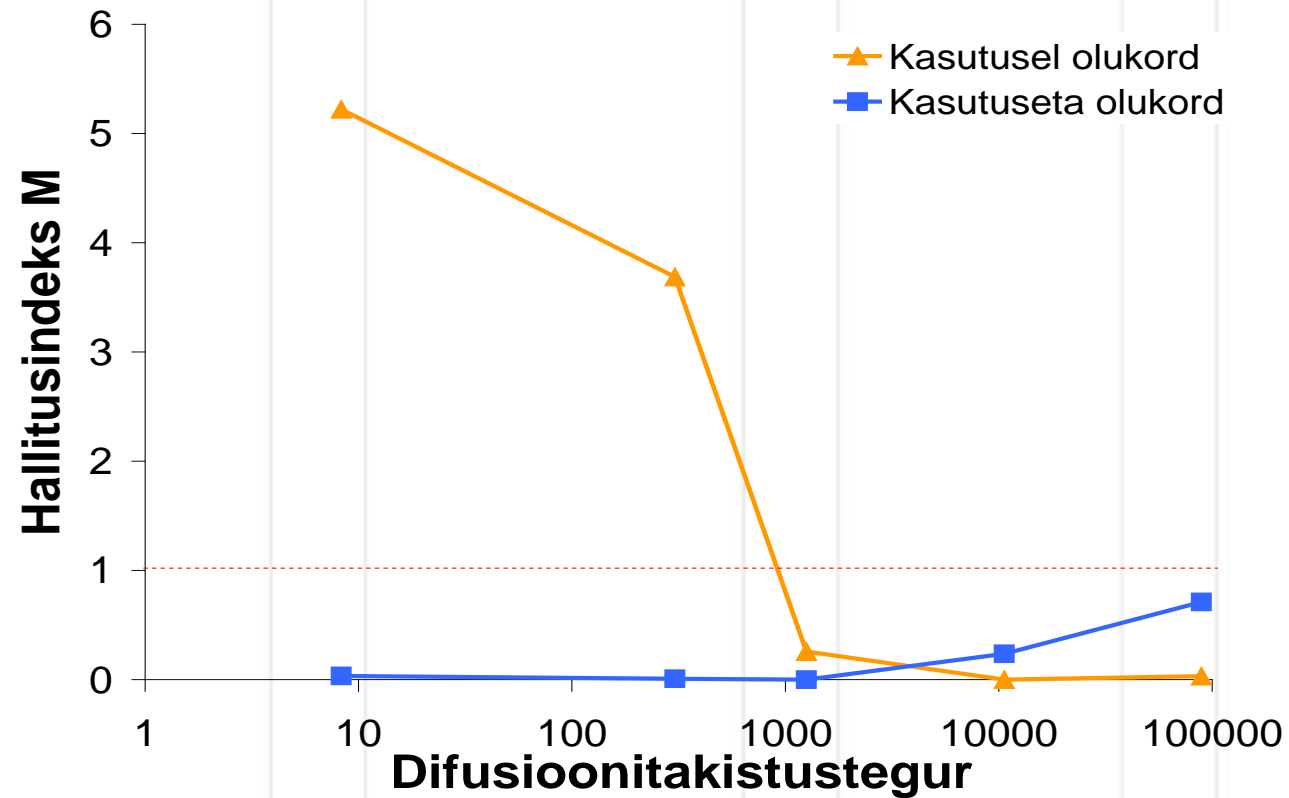
- Hallitusindeksid soojustuse pakusest





Arvutuskombinatsioonid

- Optimaalne hallitusindeks sõltuvalt aurutõkke difusioonitakistustegutist





Optimaalne lahendus ja piirangud

- Renoveeritud ja töötav kütte- ja ventilatsioonisüsteem
- Ilma mikrobioloogiliste kahjustusteta palgid (kontrollitud)
- Uus hüdroisolatsioon vundamendi ja palkseina vahel
- Palkide algniiskus renoveerimise ajal alla 14% (16-2% - mõõtmisviga tuleb arvesse võtta);
- soojustustöid alustatakse suve algul pärast 1-2 aastast kütte- (või kasutus-) perioodi (kui palgi tasakaaluniiskus on madalaim);
- Palkseina paksus vähemalt 150mm mm (seda tuleks vaadelda palkide õhemates kohtades nagu varad);



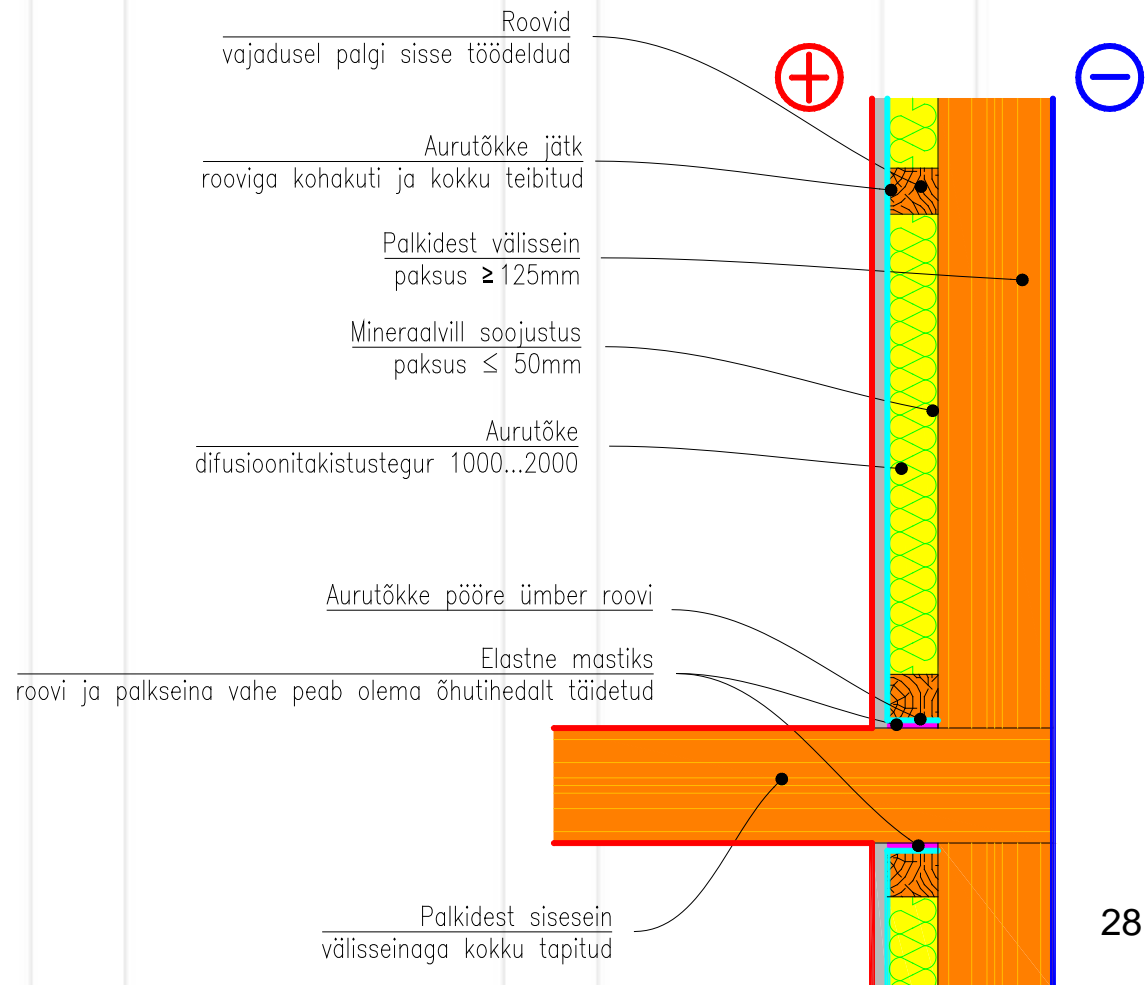
Optimaalne lahendus ja piirangud

- Seespoolse soojustuse maksimaalne paksus maksimaalselt 50mm arvestades seinatase tasapindsust: reaalsuses (seina kõverus <1...3 cm) arvutuslik paksus 20-40 mm;
- Sobiva veeaurutakistusega aurutõke soojustusest seespool, perioodilise kasutusega elamutes $Z_p = 4 \dots 20 \times 10^9 \text{ m}^2 \text{ s Pa / kg}$, vajalik veeauru takistus tuleks arvutustega igal juhul üle kontrollida;
- Ülekattega ja kokku teibitud aurutõkkekihi liitekohad ja hoolikalt tihendatud aurutõkke ja teiste konstruktsioonide liitekohad;
- Niiskuselisa väiksem kui 5 g / m^3 , jahedamates elamutes veelgi vähem.



Kokkuvõte

- Palkseina seespoolne lisasoojustamine mineraalvillaga on võimalik lahendus, **AGA**





Kokkuvõte

- Palkseina seespoolne lisasoojustamine mineraalvillaga on võimalik lahendus, **AGA**
 - Eelpool toodud piirangutega tuleb arvestada
 - Kõrge kahjustuste riski tõttu tuleb iga lahendus projekteerida ja arvutada kogunud inseneri poolt
 - Ehitus tuleb teha vastavalt projektile.

Täna tähelepanu eest!