



Kapillaaraktiivse seespoolse lisasoojustuse külmakindlus

Paul Klõšeiko, Kadi Varda, Targo Kalamees

paul.kloseiko@ttu.ee

Liginullenergiahoonete uurimisrühm

Ehituse ja arhitektuuri instituut

Tallinna Tehnikaülikool



Seespoolne lisasoojustamine – milleks?

- Olemasoleva tarindi soojusläbivus $U \sim 1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



- Hallitus nurkades
- Suured soojuskaod
- Madal soojuslik mugavus

1. valik: soojustada väljast!



... aga kui pole võimalik?

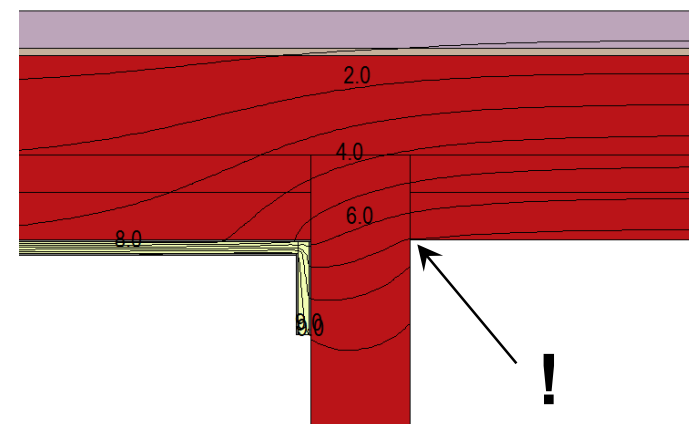
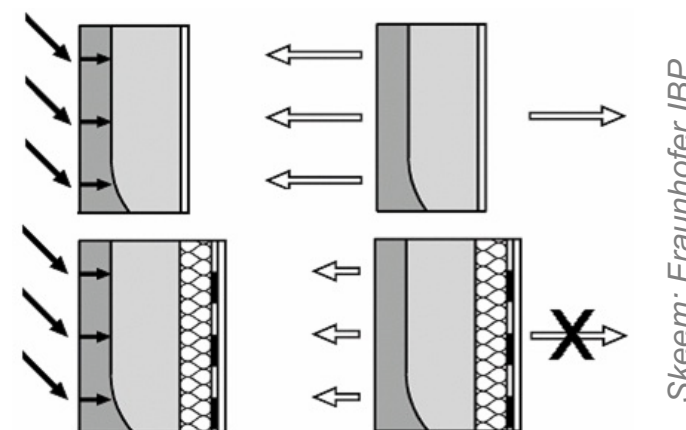


Foto: Wikimedia Commons / Ivar Leidus



Võimalikud probleemid

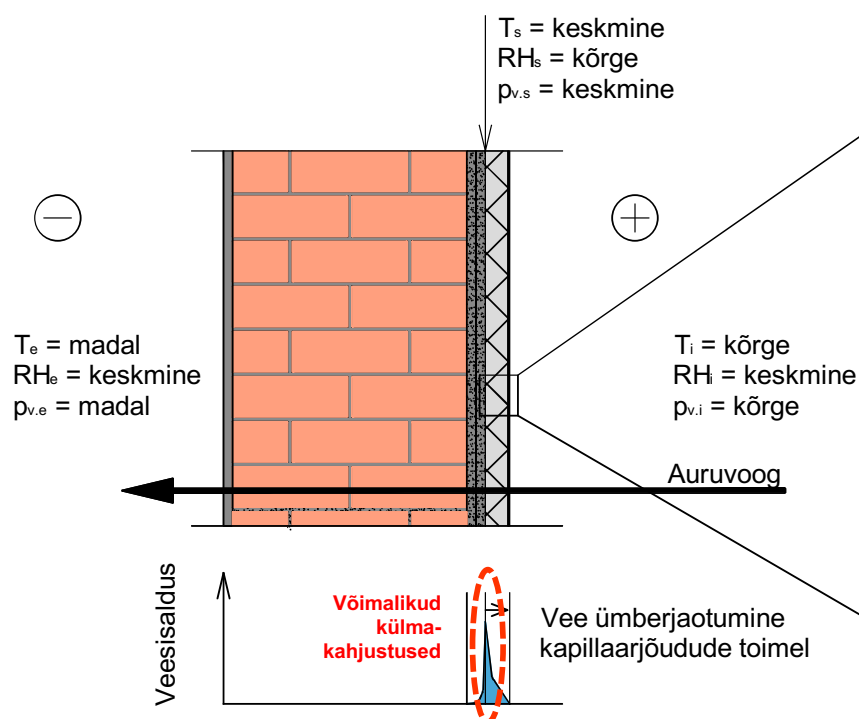
- Hallitus soojustuse taga
- Niiskuse akumulatsioon ja intensiivistunud külmaahjustused esialgses tarindis
- Puittalade mädanemine niiskes konstruktsioonis
- Külmasildade suurenenud mõju ja hallitusoht
- Soojuslik massiivsus väheneb



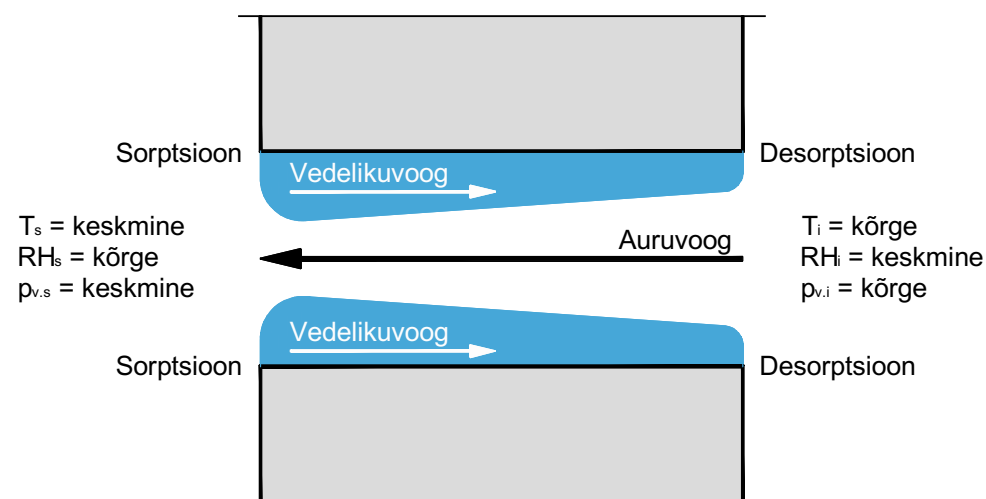
Võimalikud lähenemised

- Auru läbilaskev kapillaaraktiivne seespoolne lisasoojustus
Nt: kaltsiumsilikaat, poorbetoon, ...

$$g_{sum} = g_{v,diff}(p_v) + g_{l,cap}(RH)$$



Soojustusmaterjali poori näitlik skeem



Zirkebach, D., Binder, A. & Künz, H.M., 2011. Kapillaraktive Innendämmungen - Wirkung und Beurteilung. In J. Grunewald & R. Plagge, eds. 1. Internationaler Innendämmkongress 2011. Dresden: TU Dresden, pp. 43 – 51.

Plagge, R., 2011. Energetic Refurbishment of Brick Buildings. Available at:

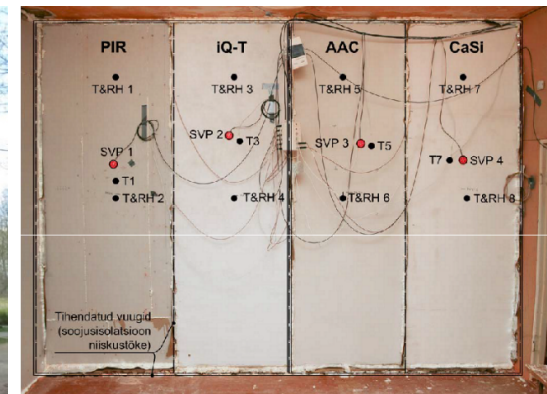
http://www.co2olbricks.eu/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Events/111214_Malmo/Energetic_Refurbishment_BrickBuildings_Plage.pdf



Varasemad uuringud

Kohtla-Järve Gümnaasium

- 2012-2013
- 4 erinevat soojustussüsteemi
- Sisekliima reguleeritud vastavalt korterelamute niiskuskooormusele

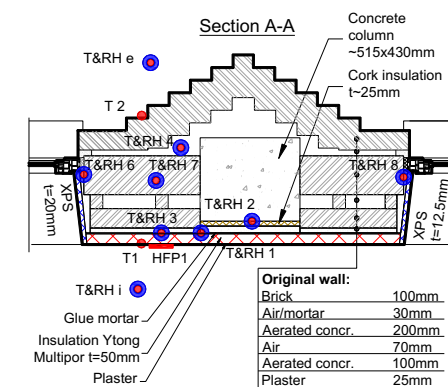


Vabaduse väljak 7

- 2014-...
- Poorbetoonil põhinev terviklik renoveerimislahendus
- Madal niiskuskooormus (loomuliku ventilatsiooniga büroo)

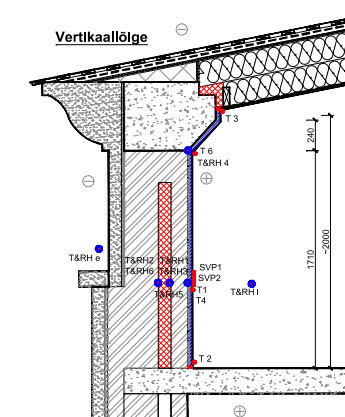


Foto: Wikimedia Commons / Ivar Leidus



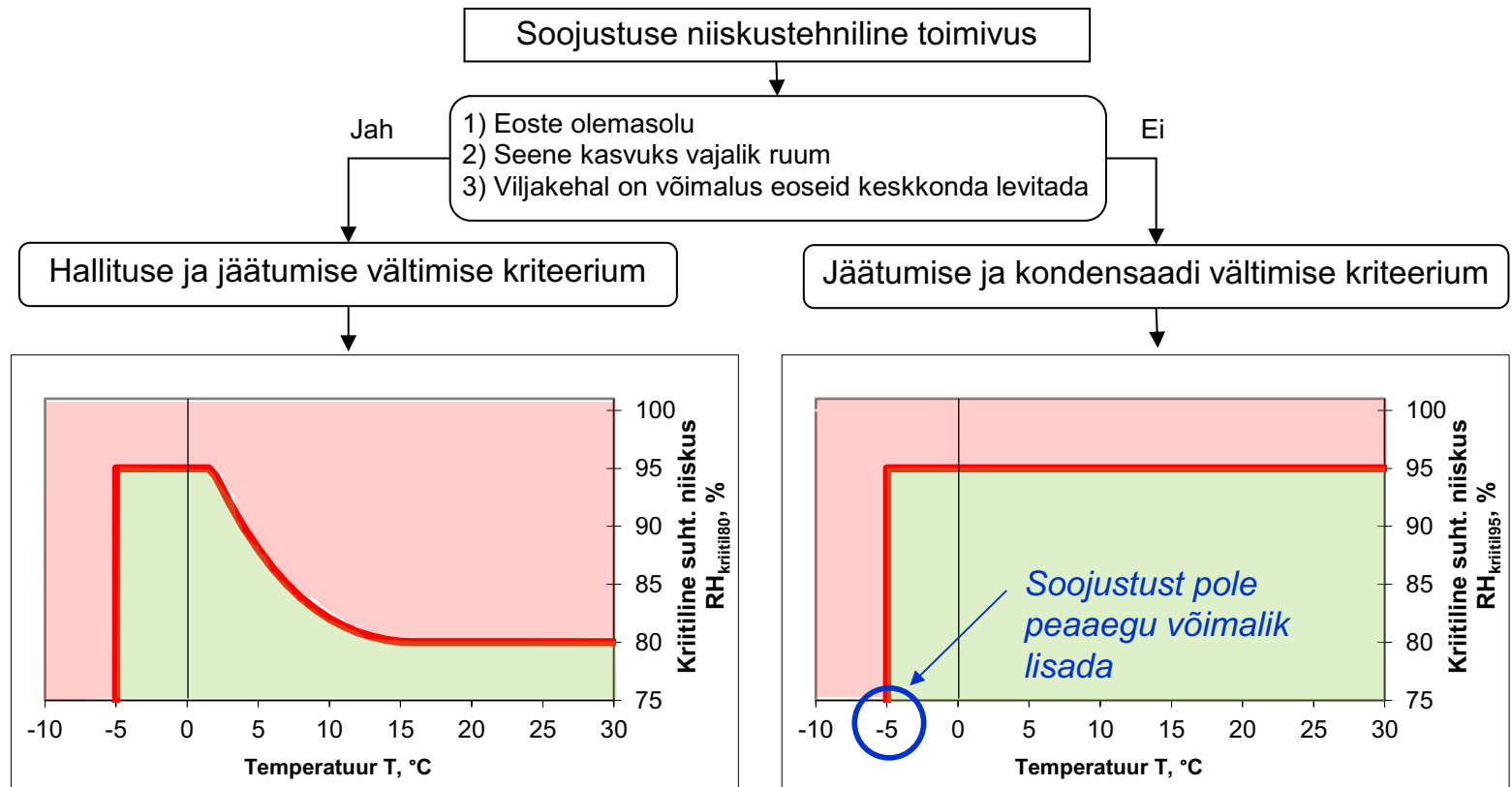
Vabaduse väljak 10

- 2015-...
- Kaltsiumsilikaadil ja süstvahul põhinev renoveerimislahendus hallituskahjustustega tarindile
- Väga madal niiskuskooormus (ventileeritud büroo)





Toimivuskriteeriumid?



- Materjali küllastusaste $s < 30\%_{sat}$ (s = niiskussisaldus / poorsus)

Künzel, H. M. 2011. 'Bauphysik der Innendämmung und Bewertungsverfahren', In Proc. of the 1. Internationaler Innendämmkongress. 2011

Viitanen H., Vinha J. 2010 'Moisture and biodeterioration of building materials and structures'. In Journal of Building Physics, 33 (3)

Künzel, H., Worch, A., et al., Innendämmung nach WTA II: Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren (Merkblatt 6-5), 2012.



Katse ehitusfüüsika kliimakambris

■ Uurimisküsimus:

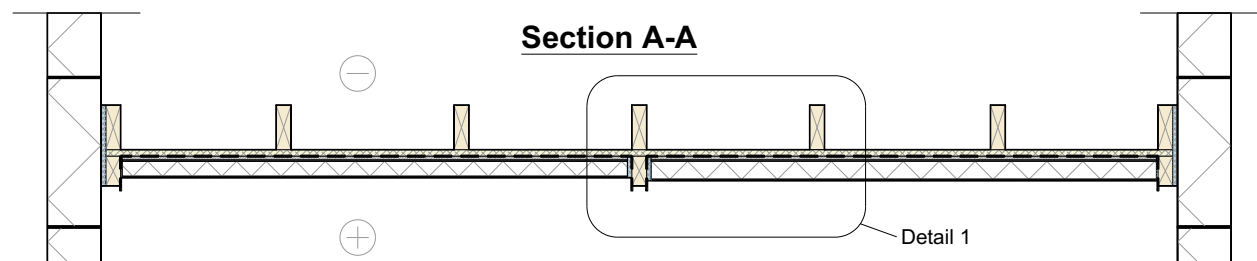
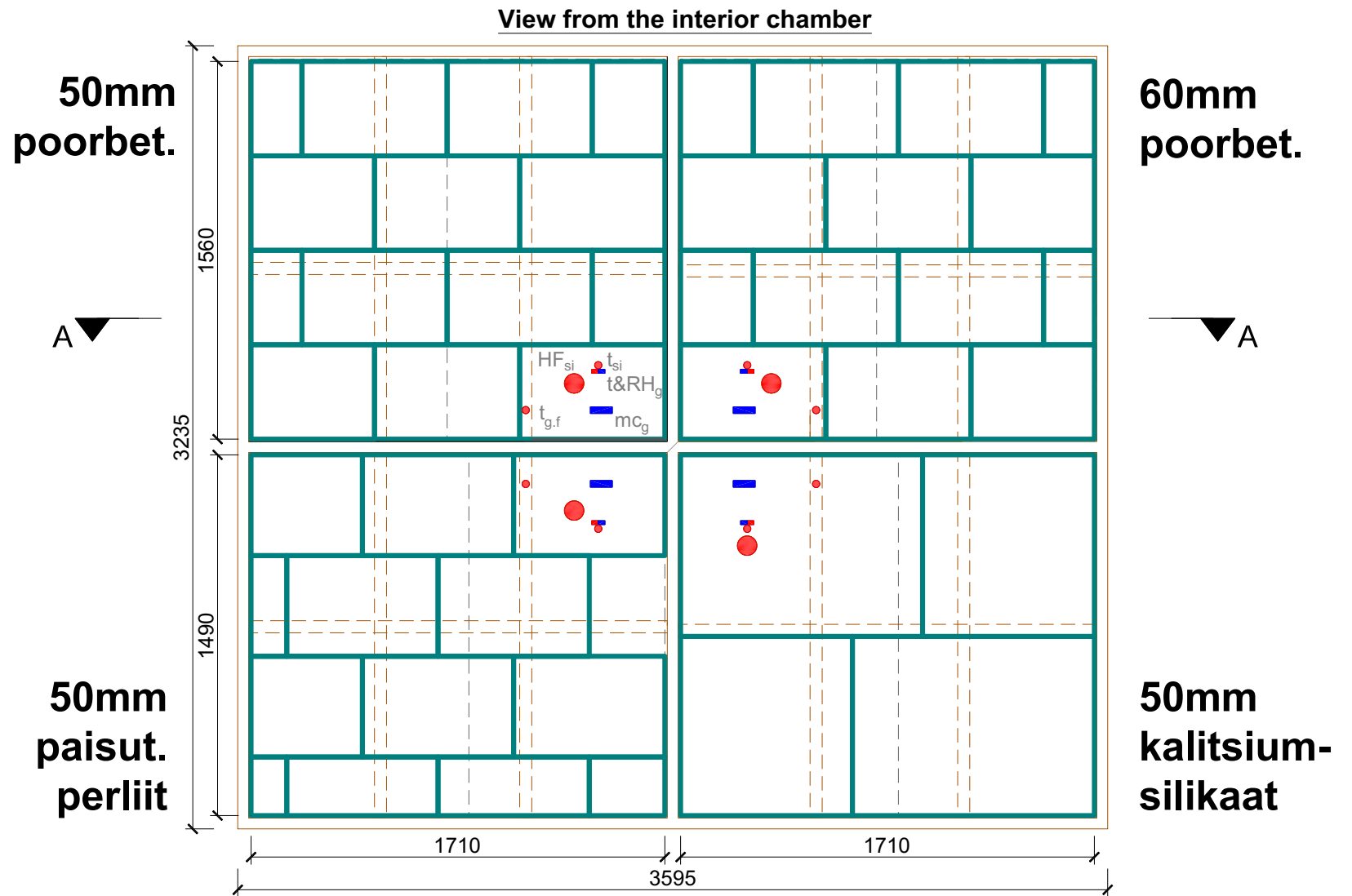
- Külumumis-sulamistsüklite mõju soojustussüsteemidele?

■ Meetodid:

- Soojustussüsteemide terviklik uurimine.
- Eelnevalt tekitati soojustusse reaalses seintes (arvutuslikult) esinev niiskussisaldus.
- Tsüklite mõju poorstruktuurile hinnati **nakke-/tõmbetugevusega**

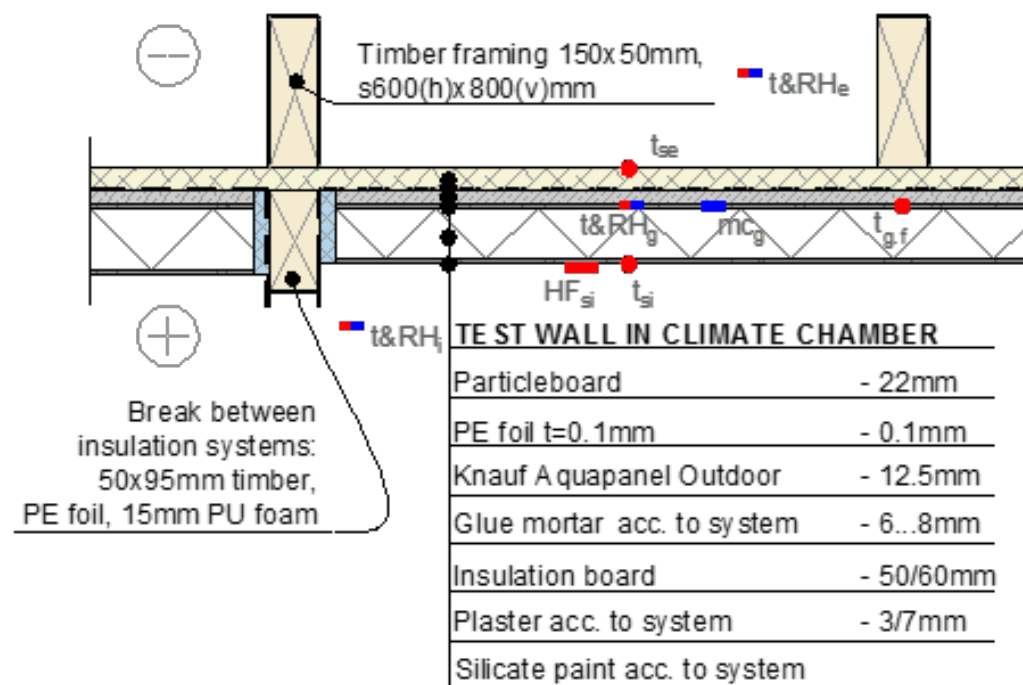
-
- Ehitusfüüsikaliste parameetrite jälgimine (temp, suhtel. niiskus, niiskussisaldus, soojusvoog)
 - Arvutuste ja mõõtmistulemuste võrdlus







Detail 1



MEASUREMENTS

Exterior air: t&RH

Exterior surface: temp.

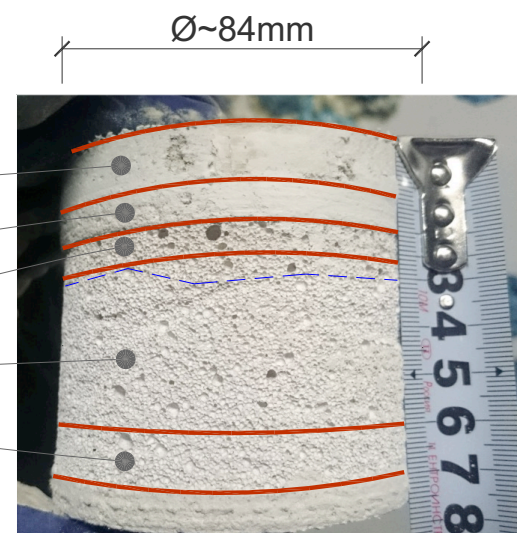
Glue: t&RH, moisture content, temp. at timber frame

Interior surface: temp., heat flux

Interior air: t&RH

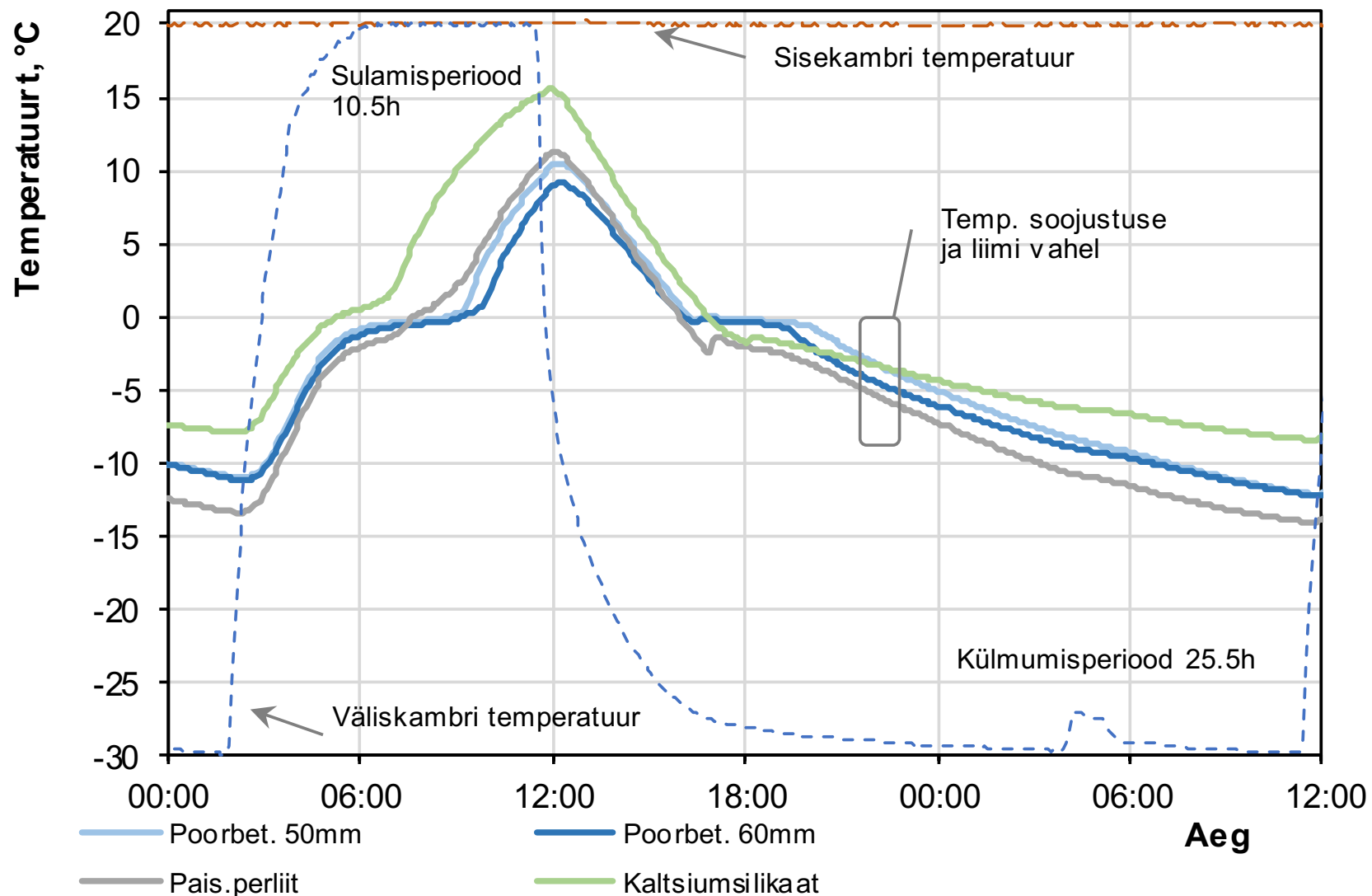
LAYERS FOR MOISTURE CONTENT DETERMINATION

Knauf Aquapanel Outdoor	- 12.5mm
Glue mortar	- 7...8mm
Exterior part of insulation	~ 6mm
Middle part of insulation	~34/44mm
Interior part of insulation	~10mm





Külmumis-sulamistsükliid





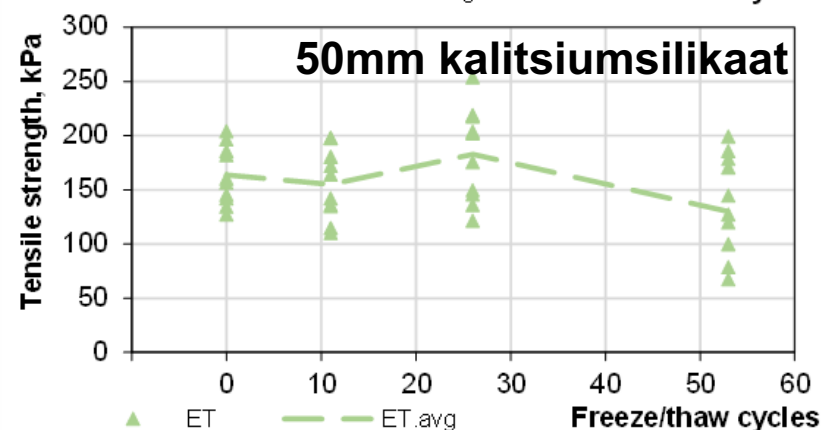
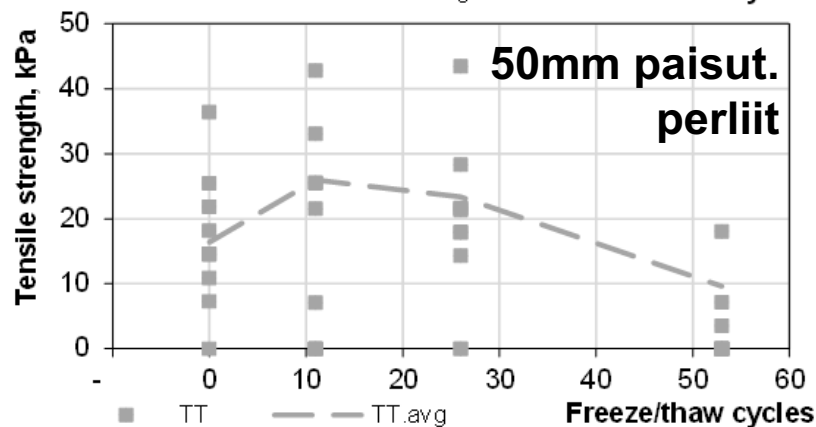
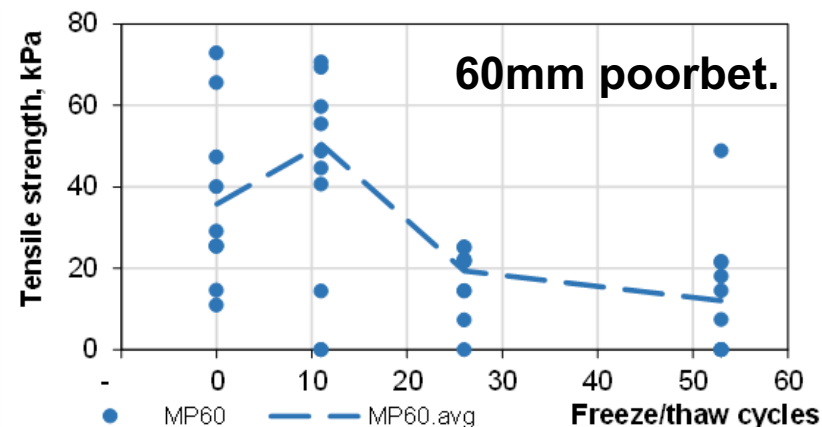
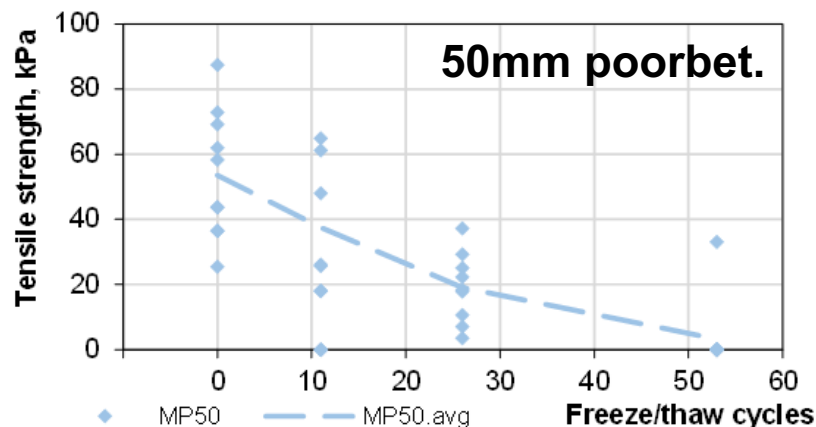
Tõmbetugevused

- Katsetamine 0, 11, 26 ja 53 tsükli järel
- Igast soojustussüsteemist 10 keha korraga
- Kokku >160 tugevuskatse





Tõmbetugevused



- Kõigil peale kaltsiumsilikaatsoojustuse esines antud tingimustel tsüklite vahel statistiliselt oluline langus tõmbetugevuses (ühepoolne Studenti t-test, $\alpha=0.05$).
- NB: pole statistiliselt tõestatud, et kaltsiumsilikaati tsüklid ei mõjuta.



Kokkuvõte

- Kõigi soojustusmaterjalide mõõdetud küllastusastmed jäid katse jooksul alla maksimaalse lubatava 30%_{sat} piiri, aga tugevus langes siiski.
- Külumumis-sulamistsüklitel oli statistiliselt oluline mõju poorbetoonist ja paisutatud perliidist soojustustele.
- Mõju kaltsiumsilikaatsoojustussüsteemile oli madalam, aga ei saa veel väita, et tegemist on külmakindla süsteemiga.
- Külumumise vältimise kriteerium on kapillaaraktiivsete soojustusmaterjalide toimivuse hindamisel praeguste teadmiste kohaselt jätkuvalt vajalik.