



Seespoolse lisasoojustusega kiviseina soojus- ja niiskustehniline toimivus Vabaduse väljak 7 näitel

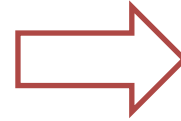
Paul Klõšeiko

Ehitusfüüsika ja energiatõhususe õppetool
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



Foto: Wikimedia Commons / Ivar Leidus

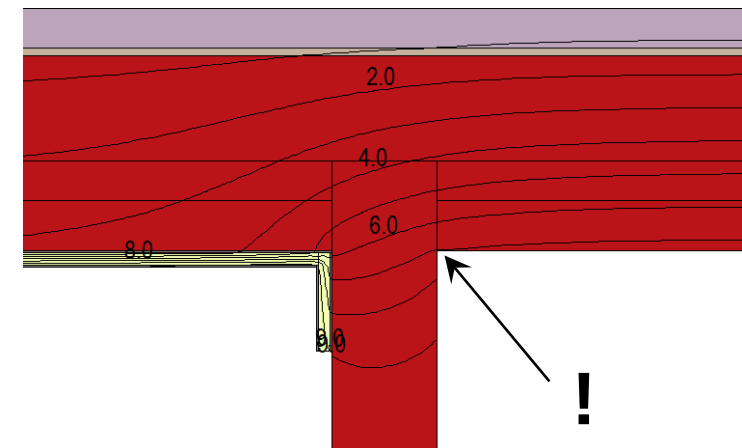
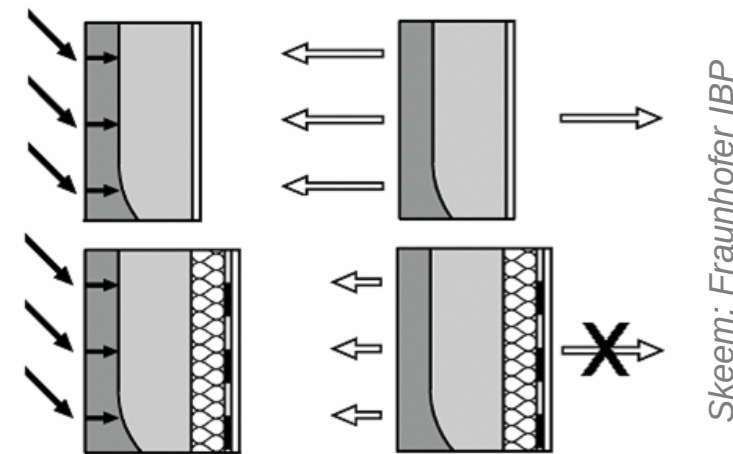
1. valik: soojustada väljast!

... aga kui pole võimalik?



Võimalikud probleemid

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

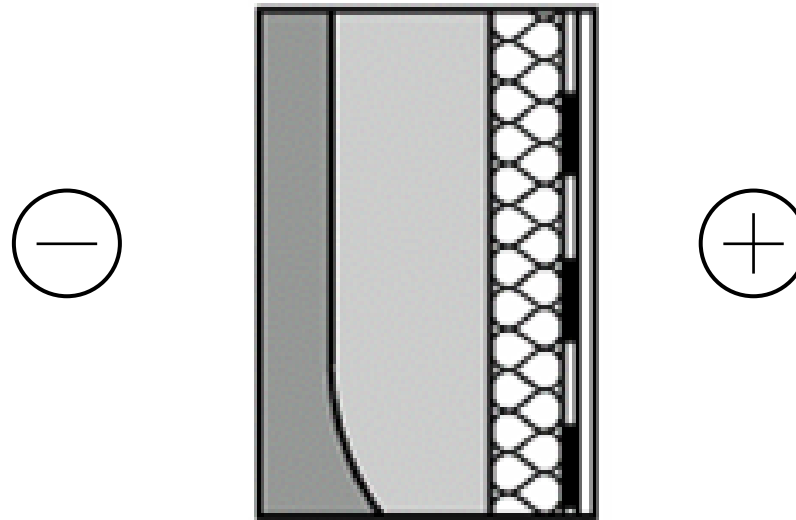




Võimalikud lähenemised

- Aurutihe seespoolne lisasoojustus

Nt: vahtklaas, PIR, XPS, min.vill + aurutõke, ...



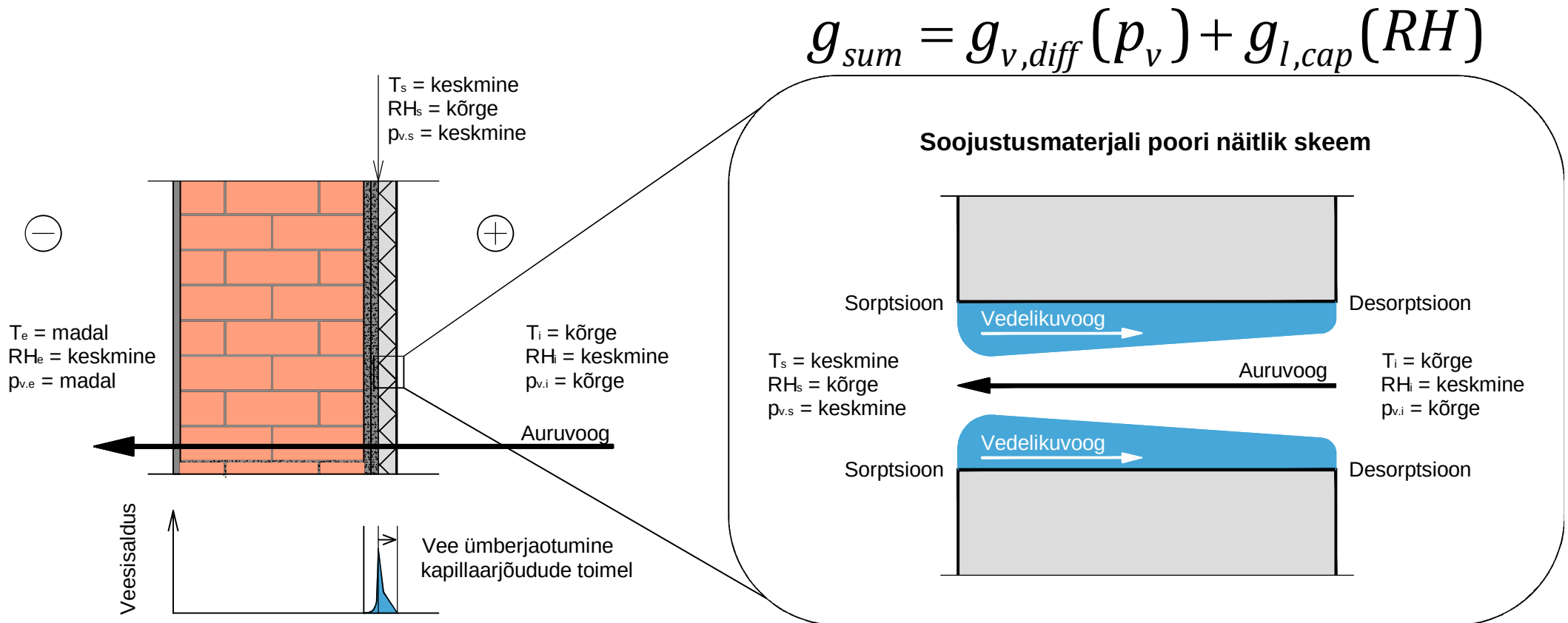
- Võimalikud probleemid:

- Kaldvihmast tingitud niiskuse akumulatsioon => hallituse ja mädanikuoht
- Õhu- ja aurulekked => viivad niiskust külma tsooni, hallituseeoseid siseruumi



Võimalikud lähenemised

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



Zirkelbach, 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_Plagge.pdf



Protsess

- Tarindi ja sisekliima väljaselgitamine
 - Arvutisimulatsioonid esialgse lahenduse valimiseks
 - Välikatse (toimub niiskustehniliselt suvalisel aastal)
 - Arvutisimulatsioonid välikatse ajal valitsenud kliimaga ja tulemuste võrdlus mõõteandmetega
 - Arvutisimulatsioonid niiskustehniliselt kriitilisemate aastatega ja pikaajaliste protsesside hindamiseks
- NB: Lisaks 1D modelleerimisele ka sõlmilahenduste toimivus!



Uuritav objekt

- 7-korruseline büroohoone (valminud 1932. aastal), arh. Robert Natus
- Hoone on ehitusmälestis (nr 3129, erandlik klinkerkivist fassaadidega esindushoone)

Foto: Wikimedia Commons / Ivar Leidus

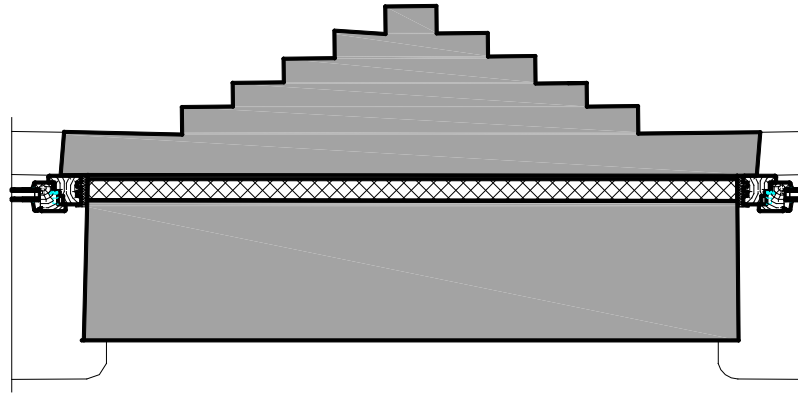




Olemasoleva väljaselgitamine

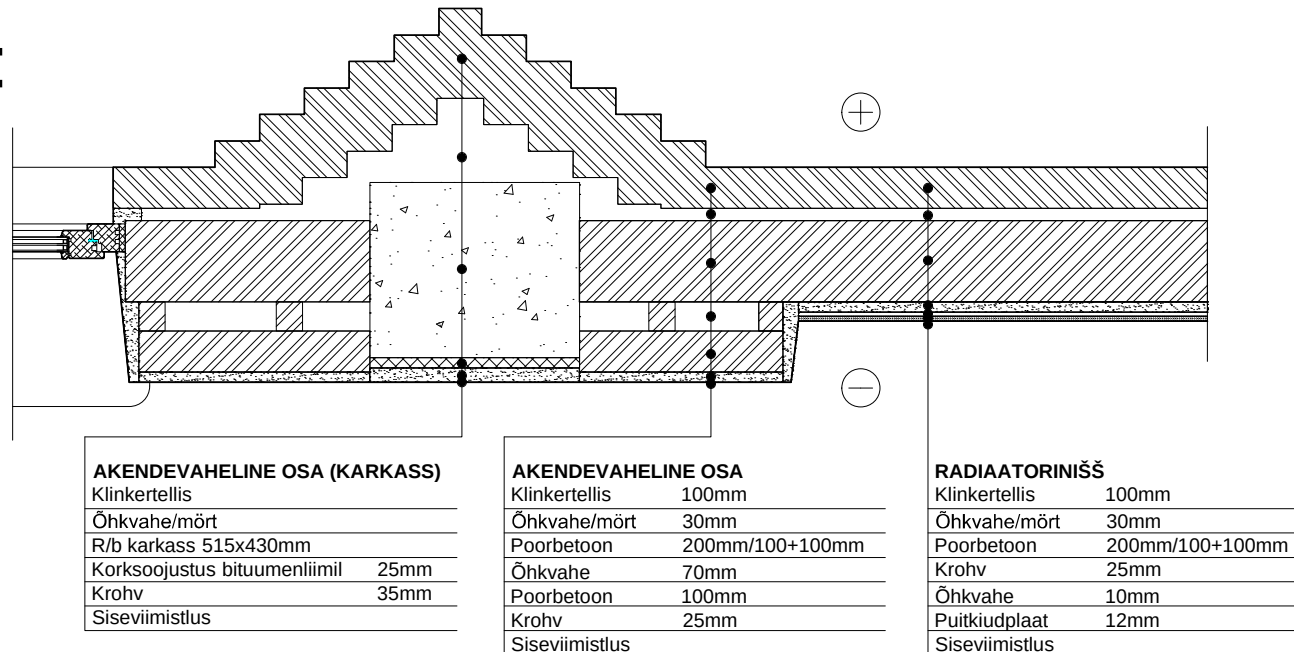
■ Eeldatud tarind:

- Tellissein
- Korksoojustus?
- Õhkvahe?



■ Reaalne tarind:

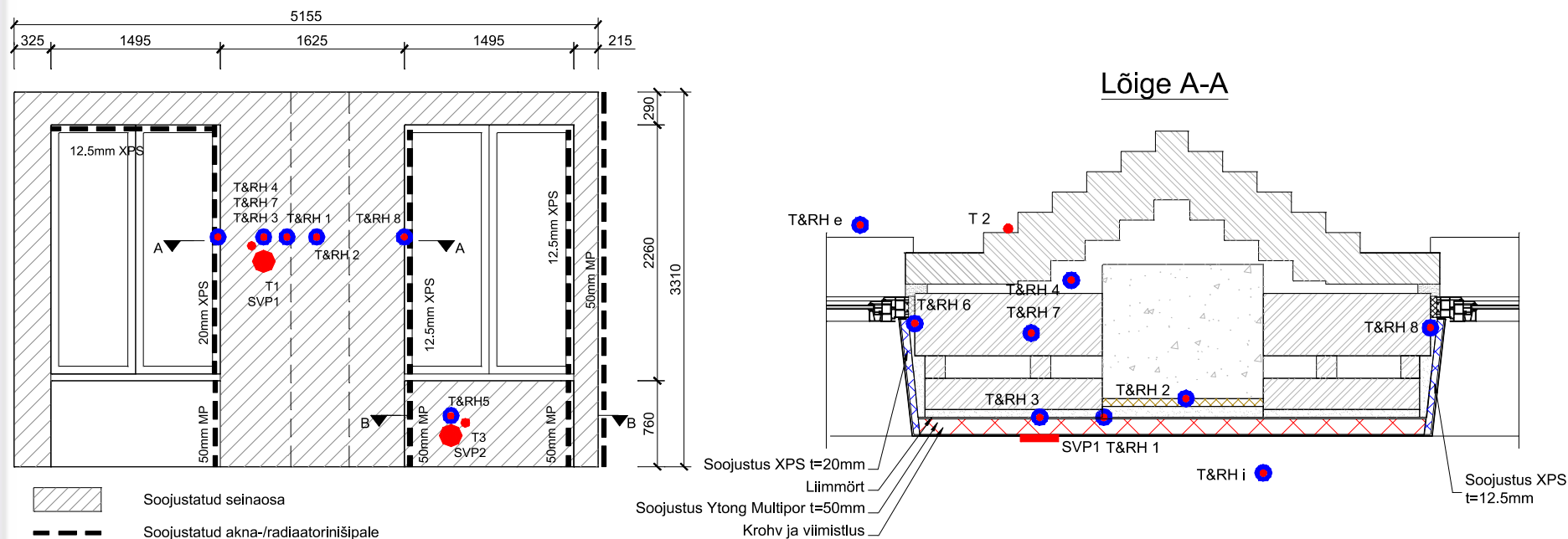
- R/b karkass
- 1-2 õhkvahet
- „Poorbetoon“:
 $\rho \sim 1200 \text{ kg/m}^3$
 $A_w \sim 0.05 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$
 $\lambda \sim 0.3 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$





Uuringud

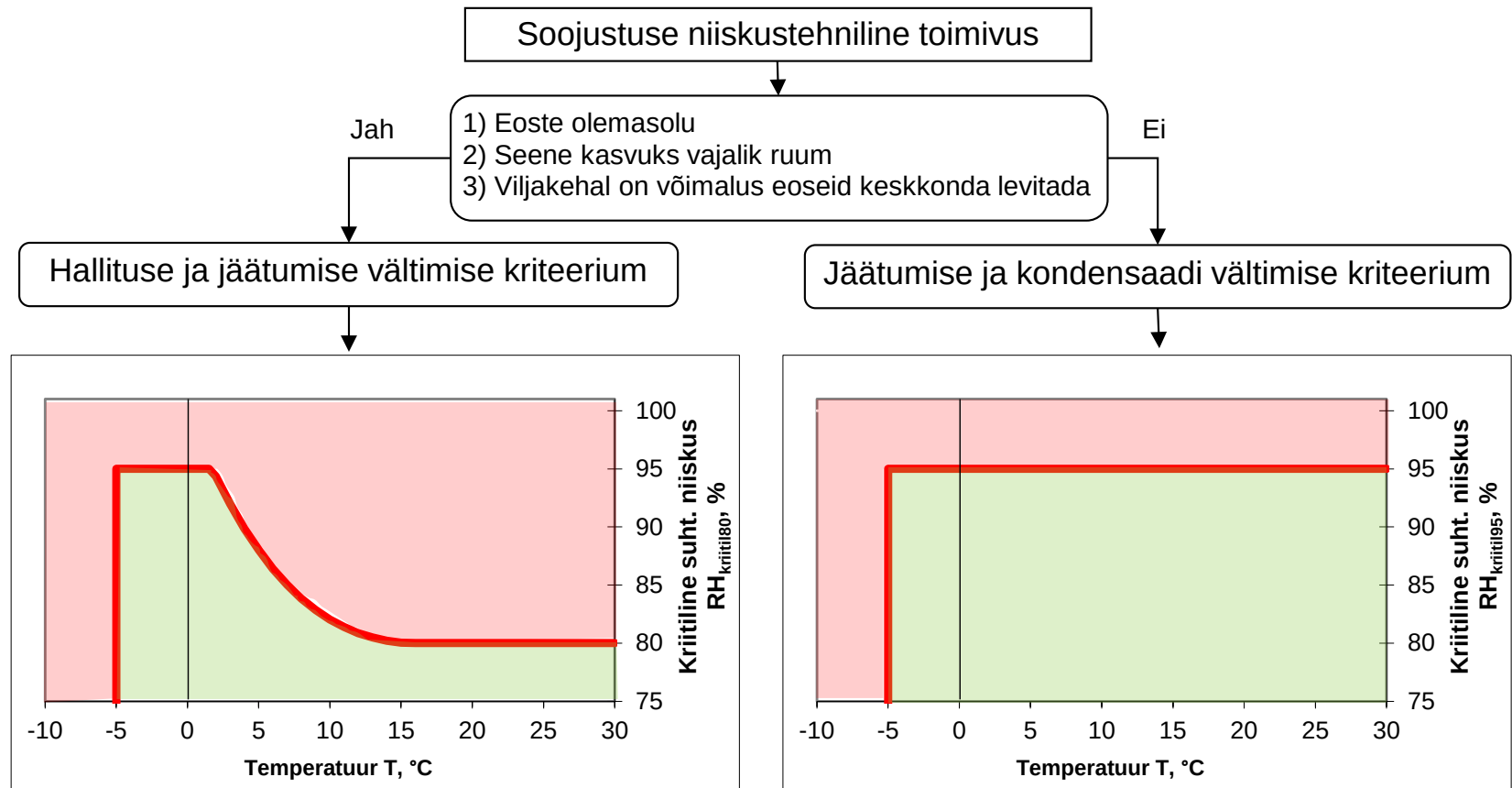
- Eeltööd (modelleerimine 2D SÕN tarkvaras) ja soojustuslahenduse valik:
poorbet. Ytong Multipor t=50mm seinale, 12.5/20mm XPS aknapaledele
- Mõõtelahendus:



- Hoone sisekliima uuring 7 kabinetis temperatuuri- ja niiskusprofiili määramiseks (autonoomsed t&RH andurid)



Toimivuskriteeriumid



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

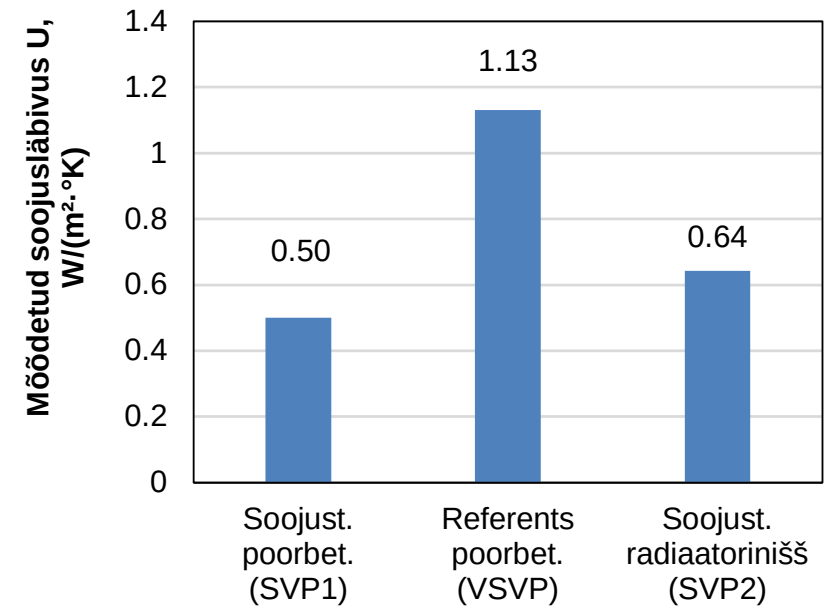
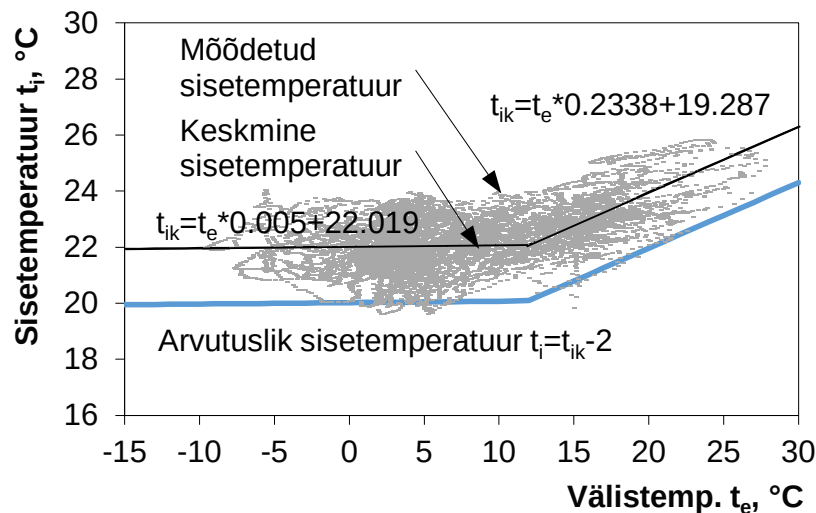
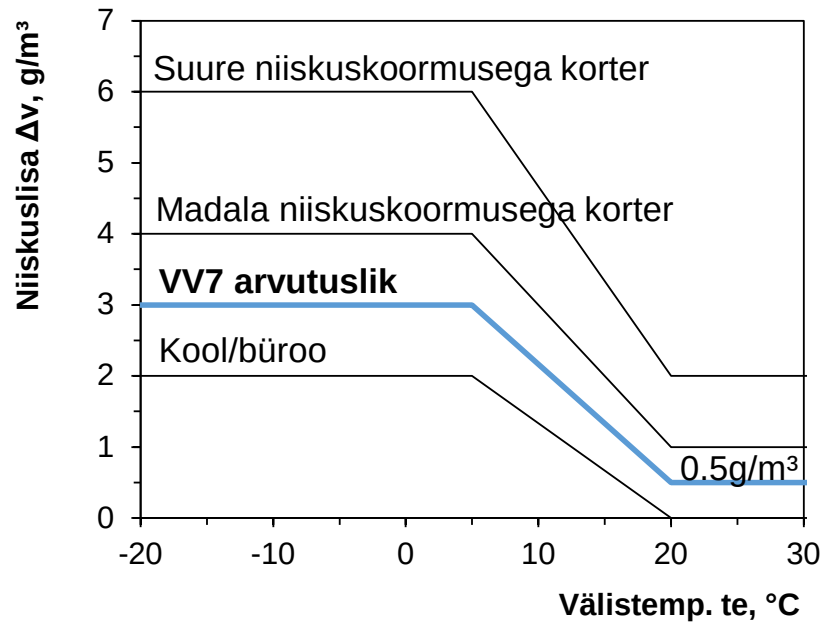
Künzel, H. M. 2011. 'Bauphysik der Innendämmung und Bewertungsverfahren', In Proc. of the 1. Internationaler Innendämmkongress. 2011

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.

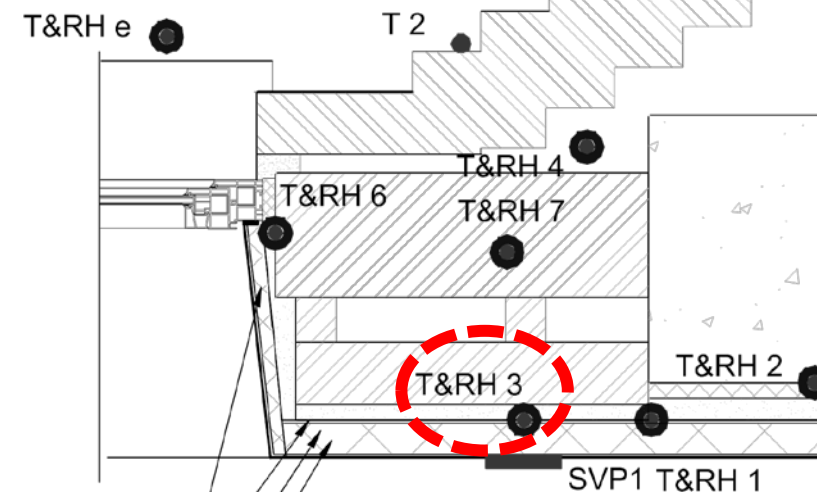
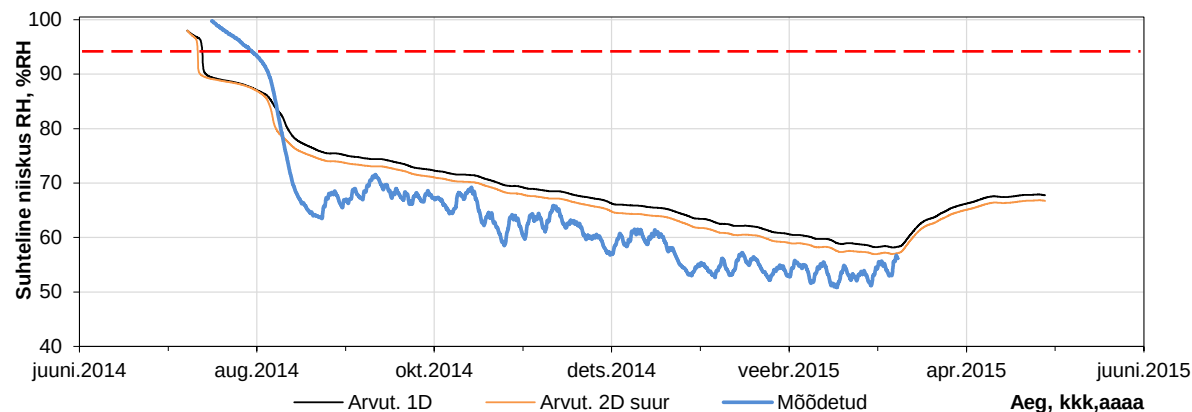
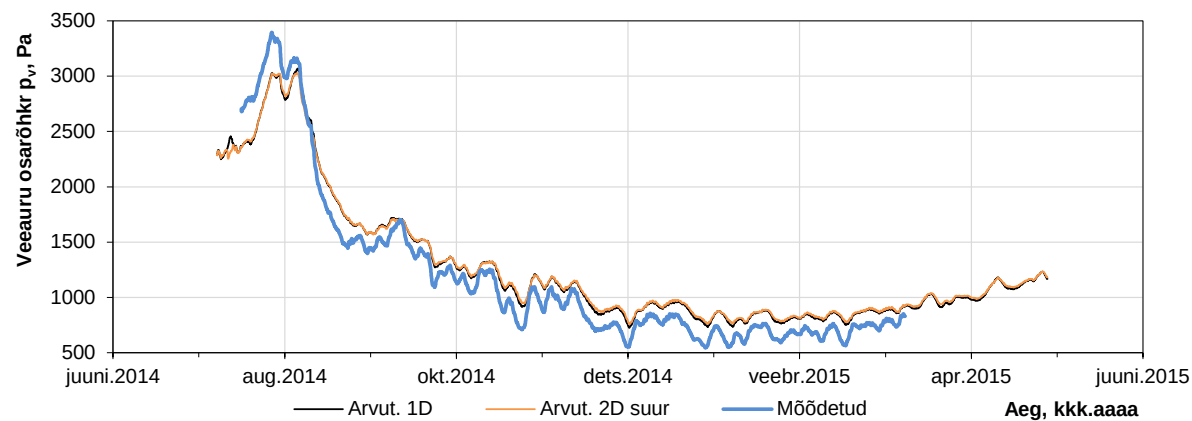
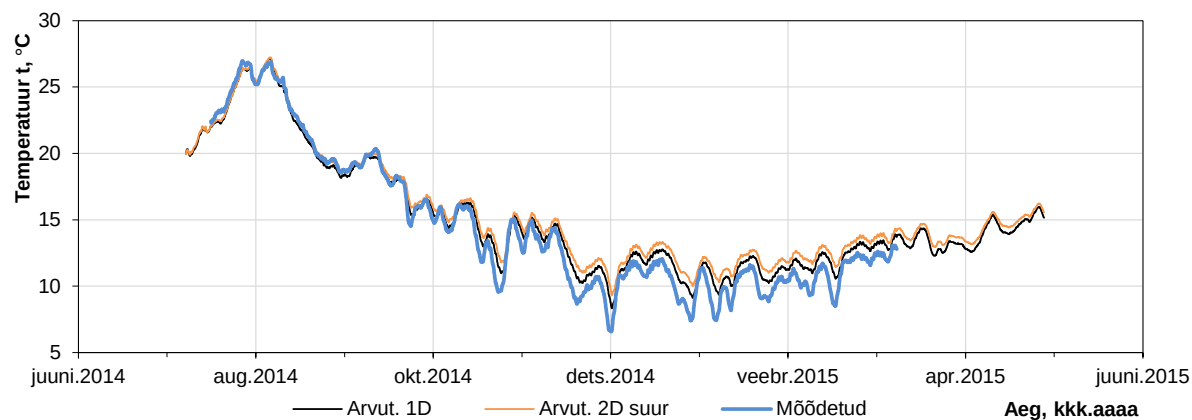


Mõõtmistulemused I



- Üheski mõõdetud punktis toimivuspiire ei ületatud
- 2 pehmet talve – tõenäoliselt ei avaldunud kriitilised olukorrad

Mõõtmistulemused II



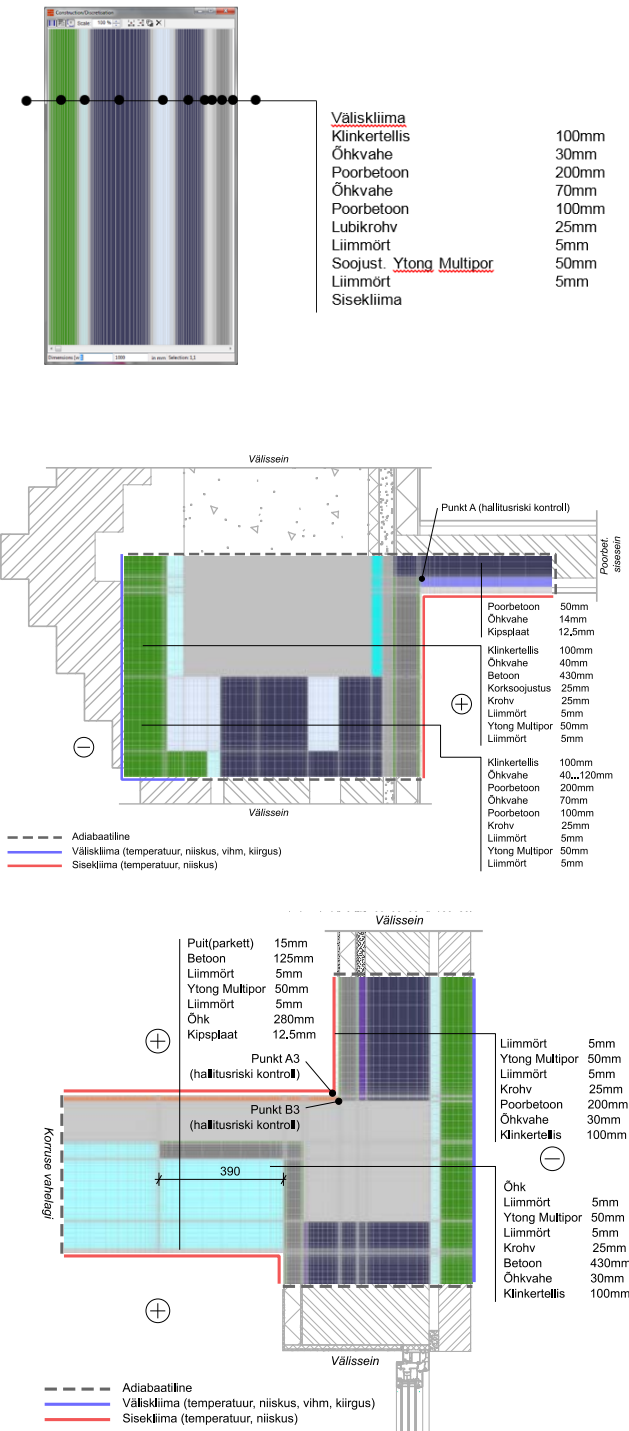
Soojustuse ja poorbetoon-müüritise vahel (andur TRH3)

- Min. temp. $> -5^{\circ}\text{C}$ ✓
- Maks. RH $< 95\%\text{RH}$ ✓



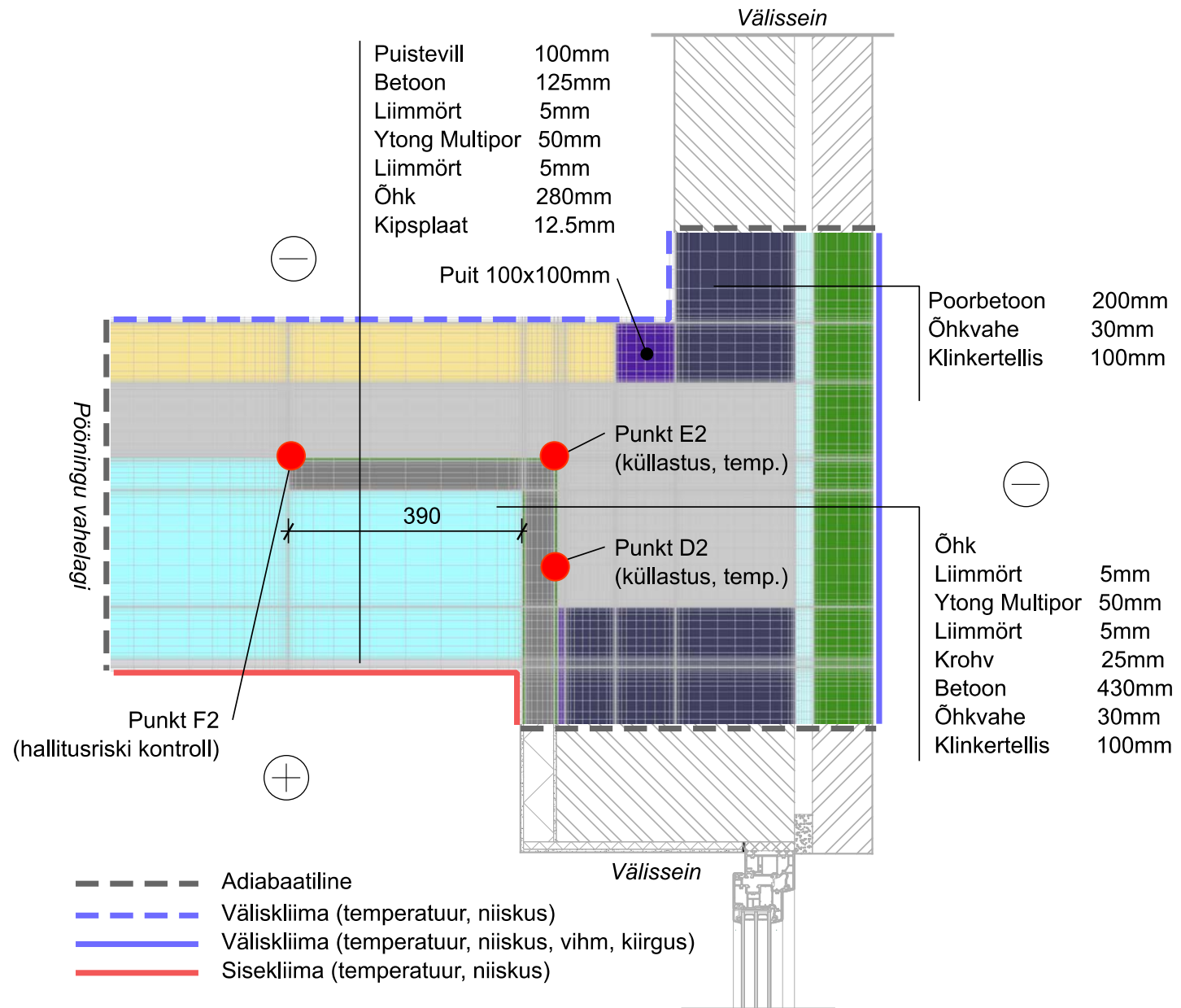
Modelleerimine

- Staatileine 2D temperatuuriväljatarkvara kiireteks hinnanguteks pinnakondensaadi ja hallituse osas: LBNL Therm
- Dünaamiline 2D soojuse, õhu ja niiskuse (SÕN) protsesse kombineeritult lahendav tarkvara põhjalikeks arvutusteks: IBK Delphin
- 1D sein: poorbet; betoonkarkass
- 2D sõlmed:
 - Välisseina akendevaheline osa (hor.)
 - Välissein – poorbetoonsisesein (hor.)
 - Välissein – kergkonstr. sisesein (hor.)
 - Välissein – vahelagi (vert.)
 - Välissein – pööninguvahelagi (vert.)
- Variantide võrdlus





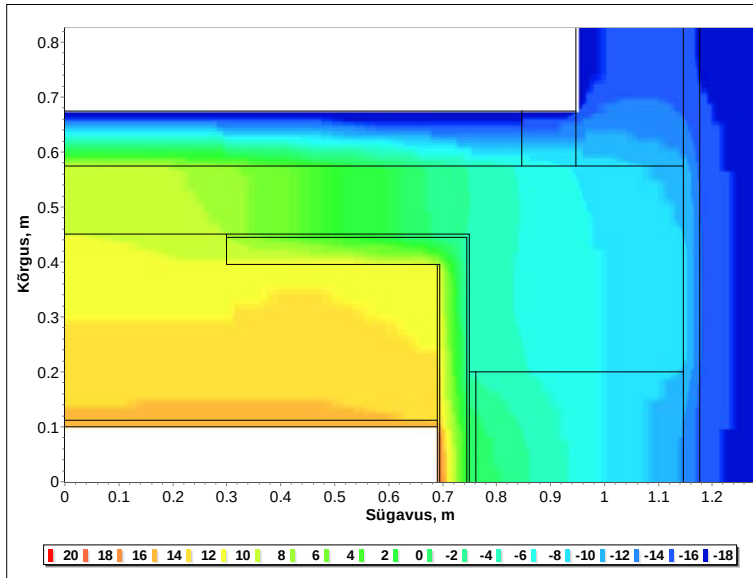
Pööningu vahelae – välisseina vert.sõlm I



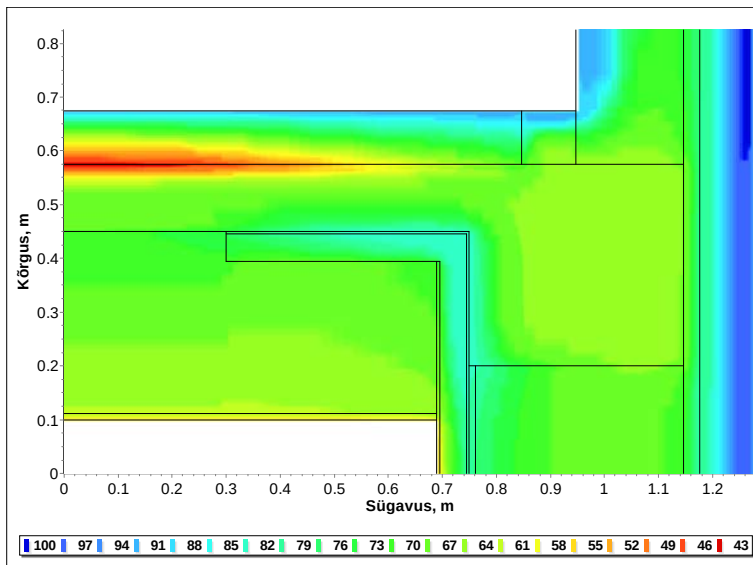


Pööningu vahelae – välisseina vert.sõlm II

Temperatuur



Suhteline niiskus



		Min.	Maks.	
D2 (betoonvöö ja soojustuse vahel)	Temperatuur t , °C	Hall. TA	-4.7	21.4 ?
		Kond. TA	-9.3	23.8
	Suhteline niiskus RH , % _{RH}	Hall. TA	66	81 ✓
		Kond. TA	65	80 ✓
	Küllastusprotsent S_w , % _{sat}	Hall. TA	5.7	7.9 ✓
		Kond. TA	5.6	7.9 ✓
E2 (soojustuse taga lae ja välisseina nurgas)	Temperatuur t , °C	Hall. TA	-4.0	21.1 ?
		Kond. TA	-8.5	23.6
	Suhteline niiskus RH , % _{RH}	Hall. TA	69	80 ✓
		Kond. TA	68	79 ✓
	Küllastusprotsent S_w , % _{sat}	Hall. TA	6.1	7.7 ✓
		Kond. TA	6.0	7.7 ✓
F2 (Lae pinnal pärast soojustuse lõppu)	Temperatuur t , °C	Hall. TA	7.4	21.0 ✓
		Kond. TA	5.0	22.5 ✓
	Suhteline niiskus RH , % _{RH}	Hall. TA	49	81 ✓
		Kond. TA	52	78 ✓
	Hallitusindeks M , -	Hall. TA	0.0	0.0 ✓
		Kond. TA	0.0	0.0 ✓



Kokkuvõte

- Lahenduse valik ja selle toimivus sõltub oluliselt esialgsest tarindist ja kliimakoormustest.
- Seespoolne lisasoojustus on jätkuvalt riskantne ning vajab probleemistiku põhjalikku tundmist, hoolsat arvutuslikku toimivuse tõendamist ja katselist tõendamist/jälgimist.
- SÕN arvutustarkvara on väärt tööriist tarindi toimivuse hindamisel erinevates muutuvates sise- ja väliskliimakoormustes ning arvestades materjaliomaduste keskkonnasõltuvust.
- Näidatud lahendus on soojus- ja niiskustehniliselt toimiv vaid konkreetse tarindi puhul.
(soodustavad tegurid: madal niiskuskoormus, õhkvahega tarind ja esialgse poorbetooni madal soojuserijuhtivus)