

Palkseina seestpoolne soojustamine

Üllar Alev

Tallinna Tehnikaülikool

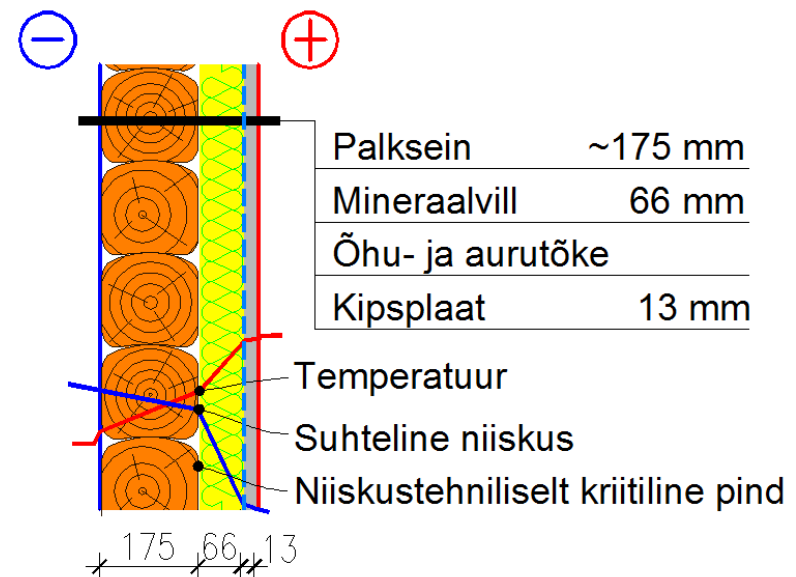


Seestpoolt soojustamine

Peamine eesmärk → **energiasääst**

Eelised ja puudused (võrreldes väljast soojustamisega):

- + elamu välisilmet ei muudeta (sobiv muinsuskaitsealale)
- + võimalik teha ruumi kaupa
- vähendab eluruumi pindala
- niiskustehniliselt **riskantne**
- külmasillad



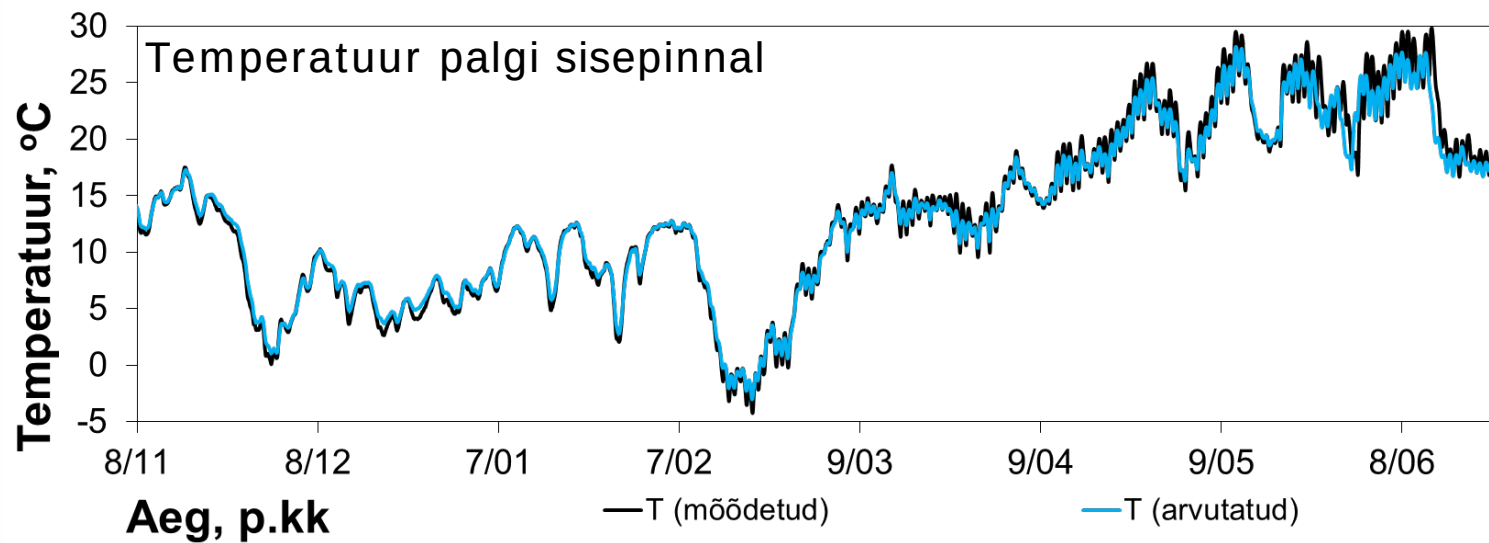
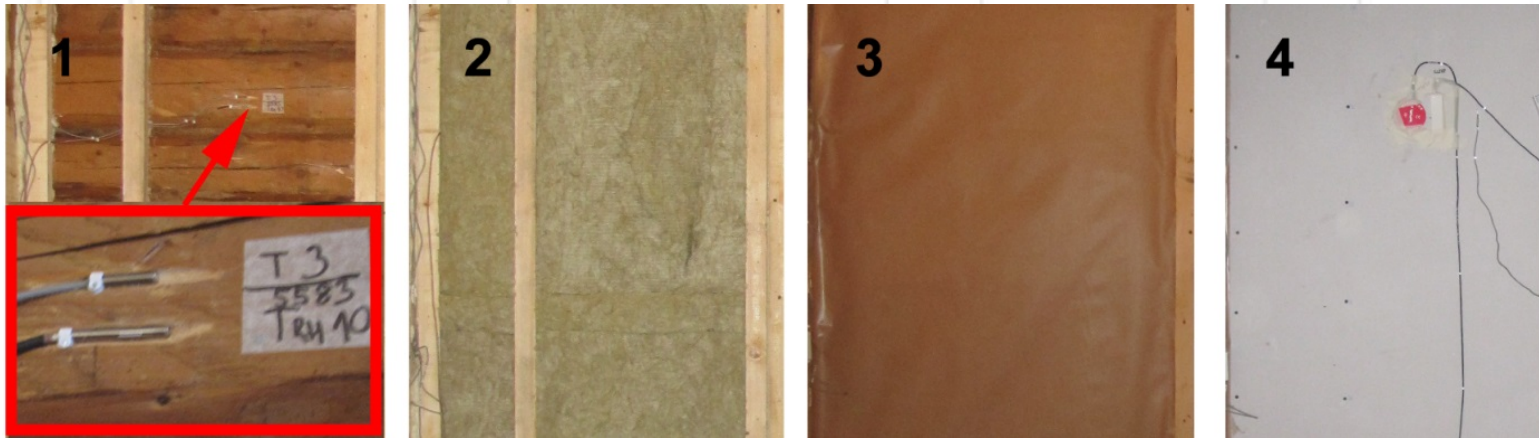


Mõõtmised ja arvutused

- Töö eesmärgiks oli analüüsida seespoolse lisasoojustamise mõju olemasoleva **palkseina** soojus- ja niiskusrežiimile.
- Katseseina põhjal koostati arvutimudel tarkvara WuFi Pro 5.1 abil
- Mudelit kontrolliti mõõtmistulemuste alusel
- Arvutuslikult analüüsiti seina toimivust varieerides järgnevaid tegureid:
 - siseõhu niiskuskooormus (niiskoslisa),
 - siseõhu temperatuuri tase,
 - soojustuse paksus,
 - palkseina keskmine paksus,
 - seinapalkide algniiskus (lisasoojustamise ajal) ja
 - aurutõkkekihi veeaurutihedus.

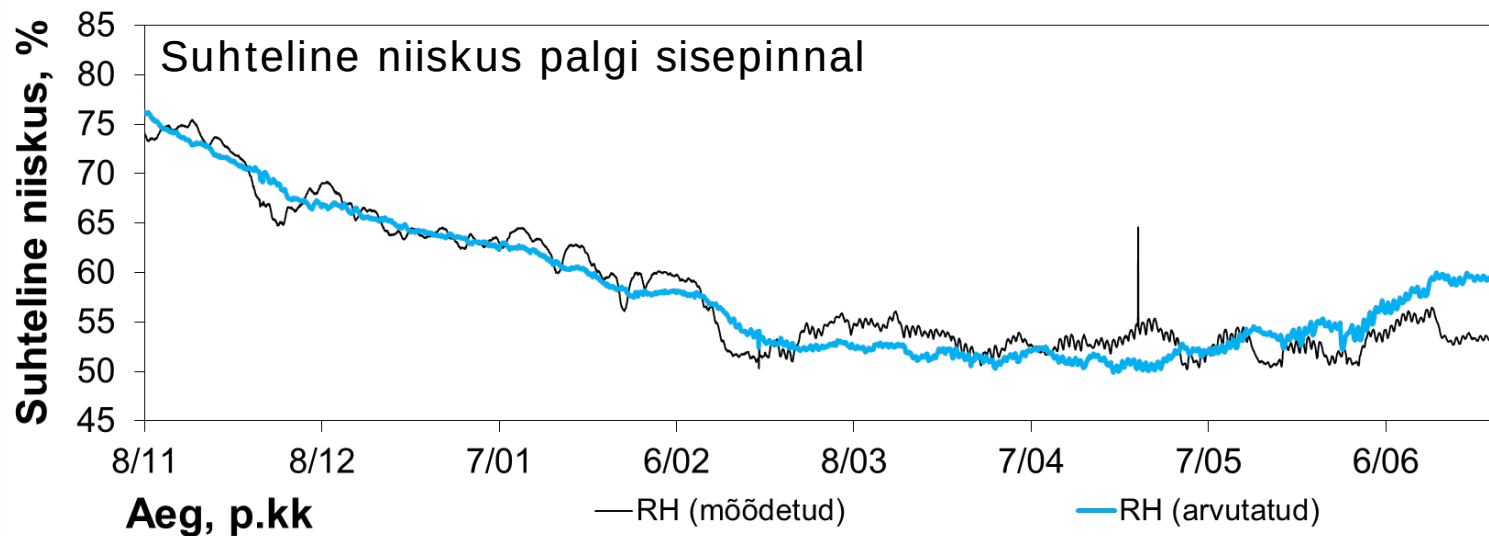
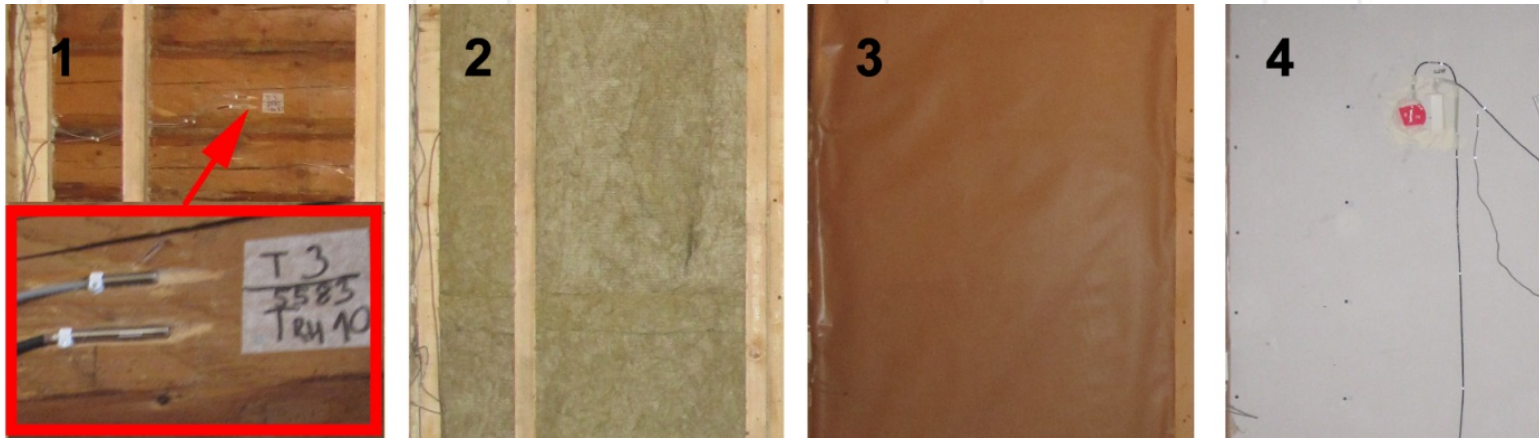


Katsesein maamajas (ehitatud 1919)





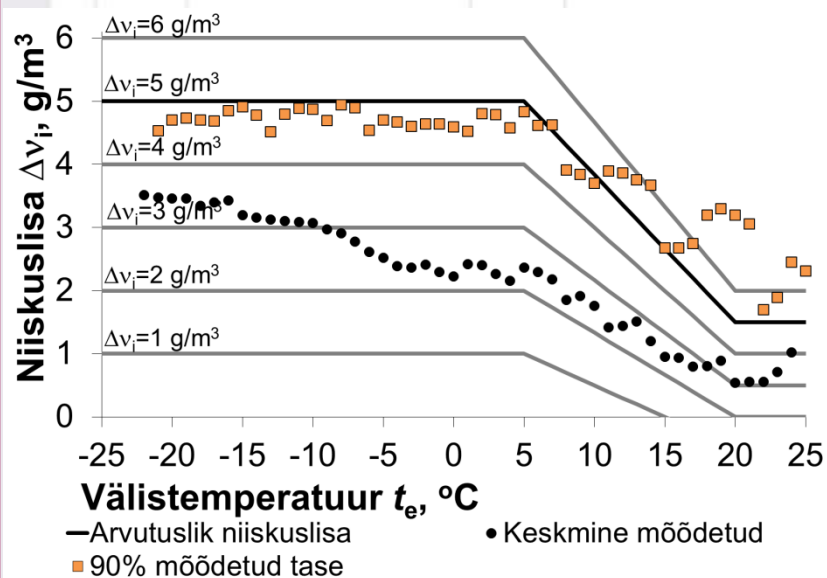
Katsesein maamajas (ehitatud 1919)





Mudelis muudetud parameetrid

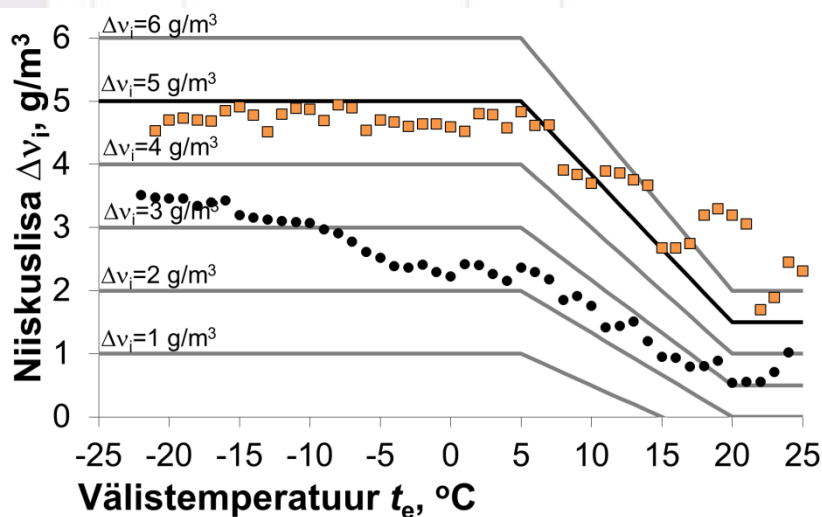
Parameeter	Baastase	Arvutatud versioonid					
Niiskuslisa Δv , g/m ³ ; $t_e < +5$ °C / $t_e > +20$ °C	5/1.5	1/-0.5	2/0	3/0.5	4/1	5/1.5	6/2



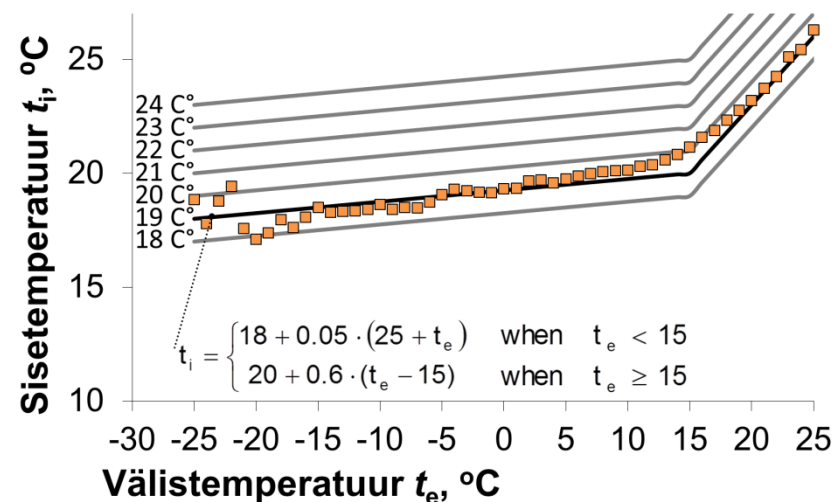


Mudelis muudetud parameetrid

Parameeter	Baastase	Arvutatud versioonid					
Niiskuskulisa Δv , g/m ³ ; $t_e < +5$ °C / $t_e > +20$ °C	5/1.5	1/-0.5	2/0	3/0.5	4/1	5/1.5	6/2
Keskmine siseõhu temperatuur talvel $t_{i,}$ °C	19	18	19	20	21	22	23



— Arvutuslik niiskuskulisa
 ■ 90% mõõdetud tase
 • Keskmine mõõdetud

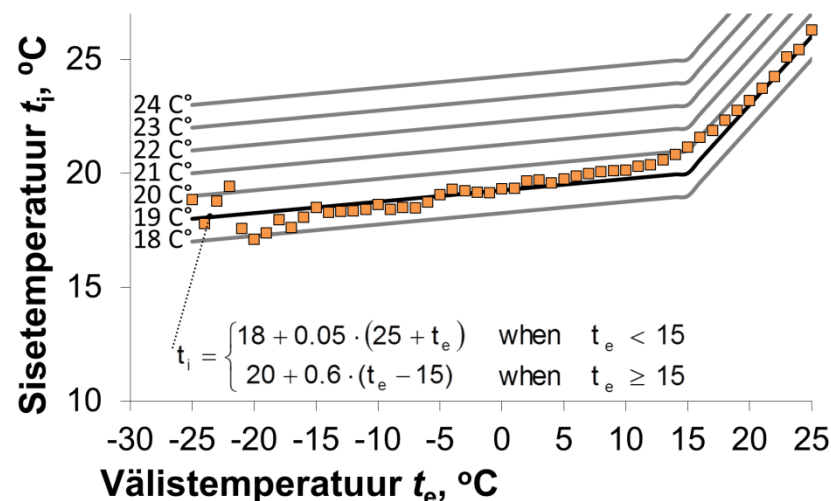
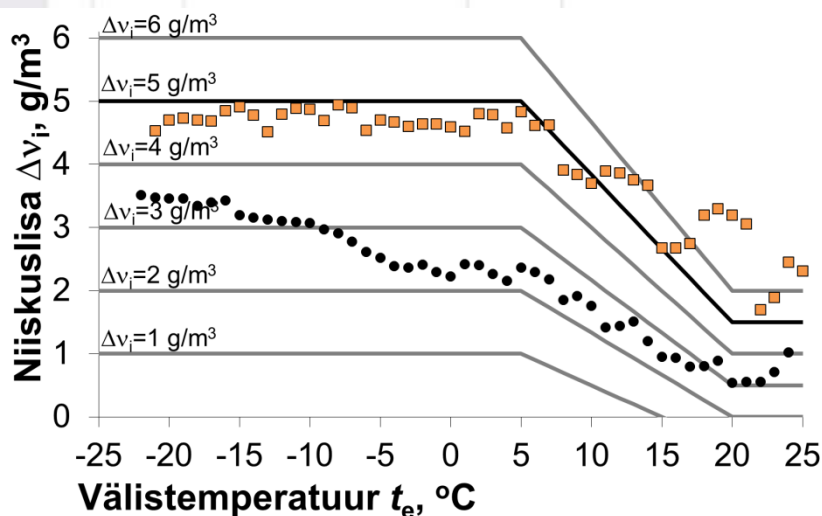


— Arvutuslikud temperatuurid
 ■ Keskmine mõõdetud temperatuur



Mudelis muudetud parameetrid

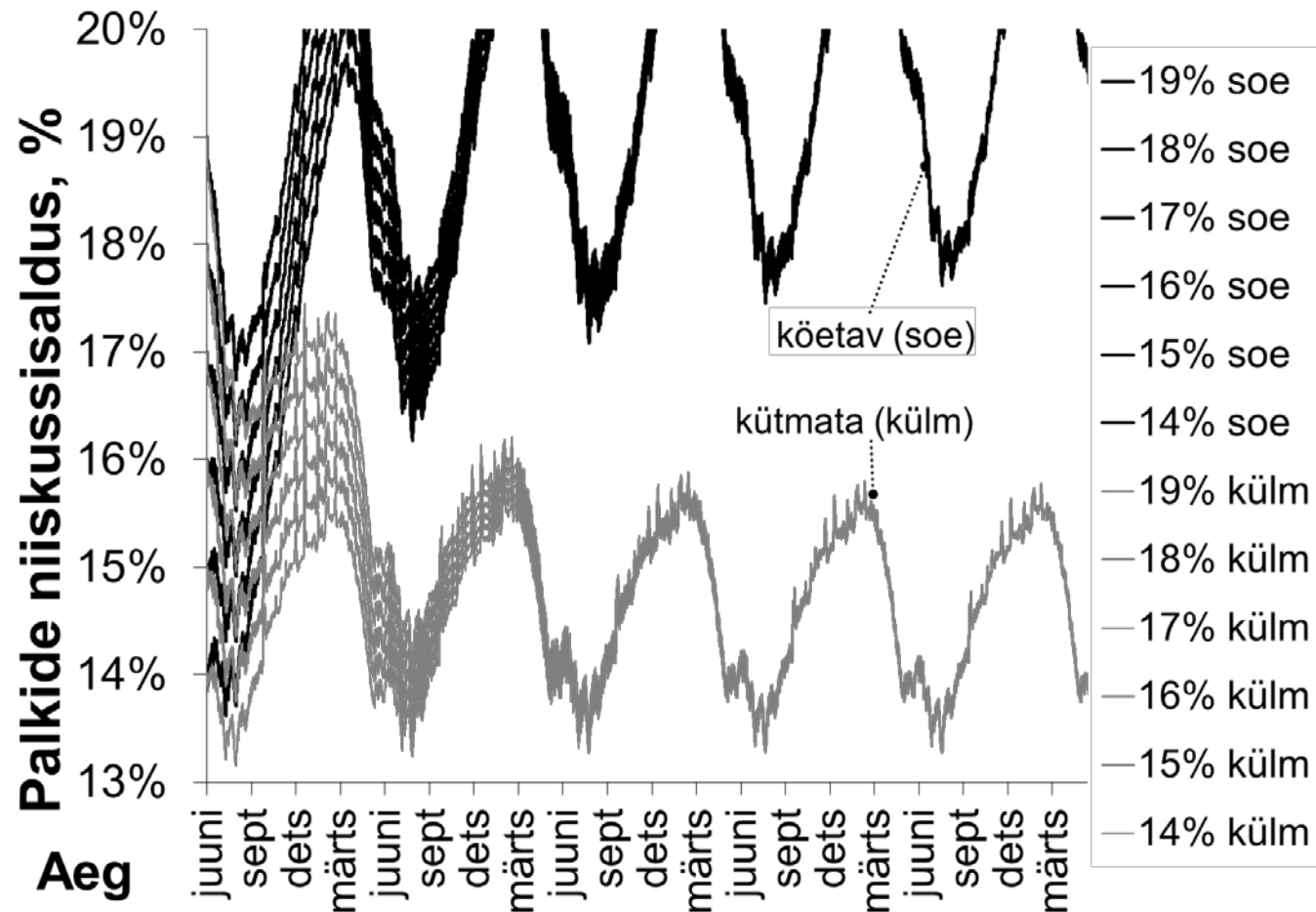
Parameeter	Baastase	Arvutatud versioonid					
Niiskuselisa Δv , g/m ³ ; $t_e < +5\text{ °C}$ / $t_e > +20\text{ °C}$	5/1.5	1/-0.5	2/0	3/0.5	4/1	5/1.5	6/2
Keskmine siseõhu temperatuur talvel t_i , °C	19	18	19	20	21	22	23
Palkseina paksus, d_{palk} , mm	150	100	125	150	175	200	225
Soojustuse paksus, $d_{soojustus}$, mm	50	25	50	75	100	125	150
Palkide algniiskus, w , %	14	14	15	16	17	18	19
Aurutõkkekihi suhteline difusioonitakistus, S_d , m	2	0.01	0.1	1	2	10	100





Palkide niiskuse muutus

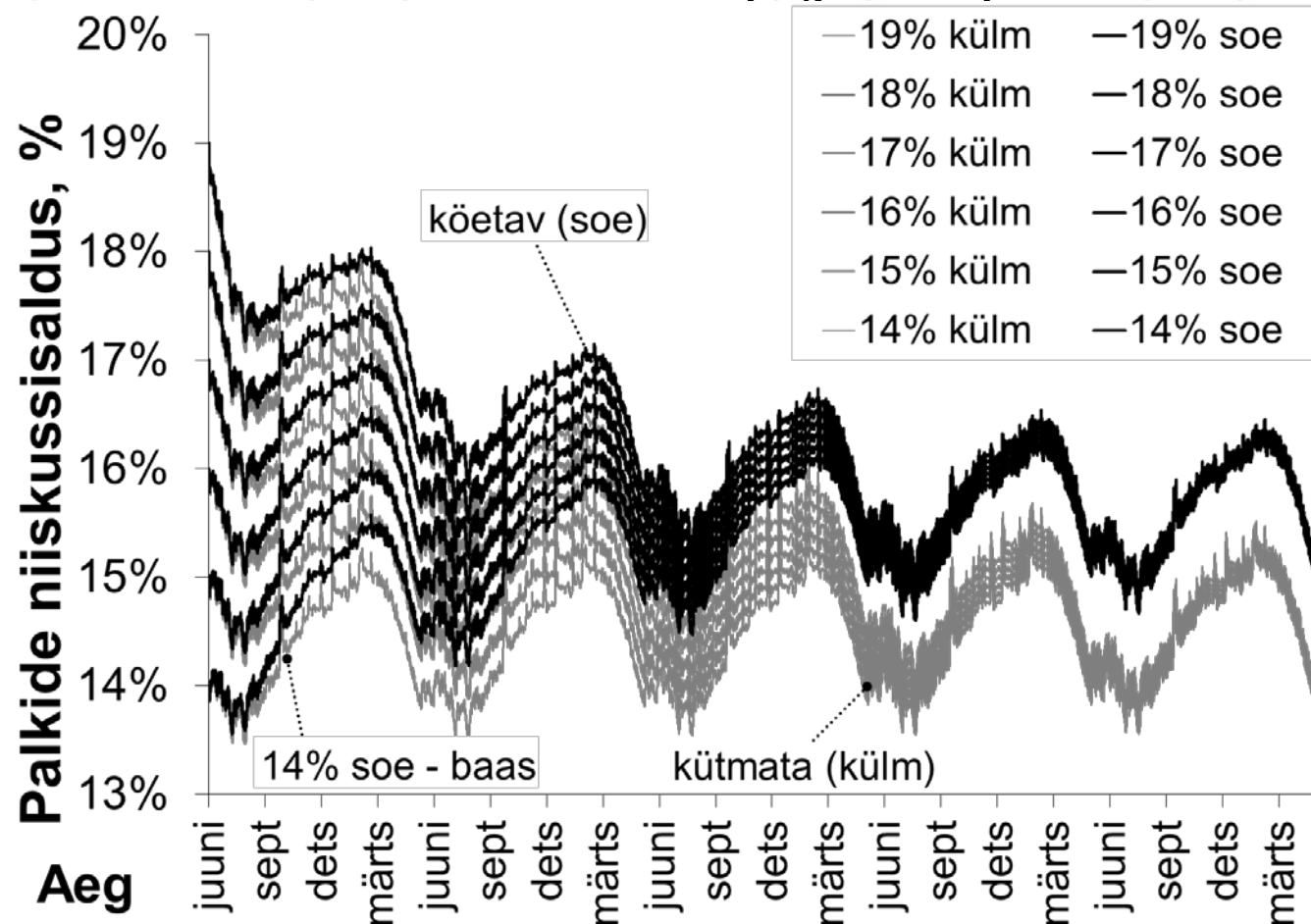
- Aurutõke puudub





Palkide niiskuse muutus

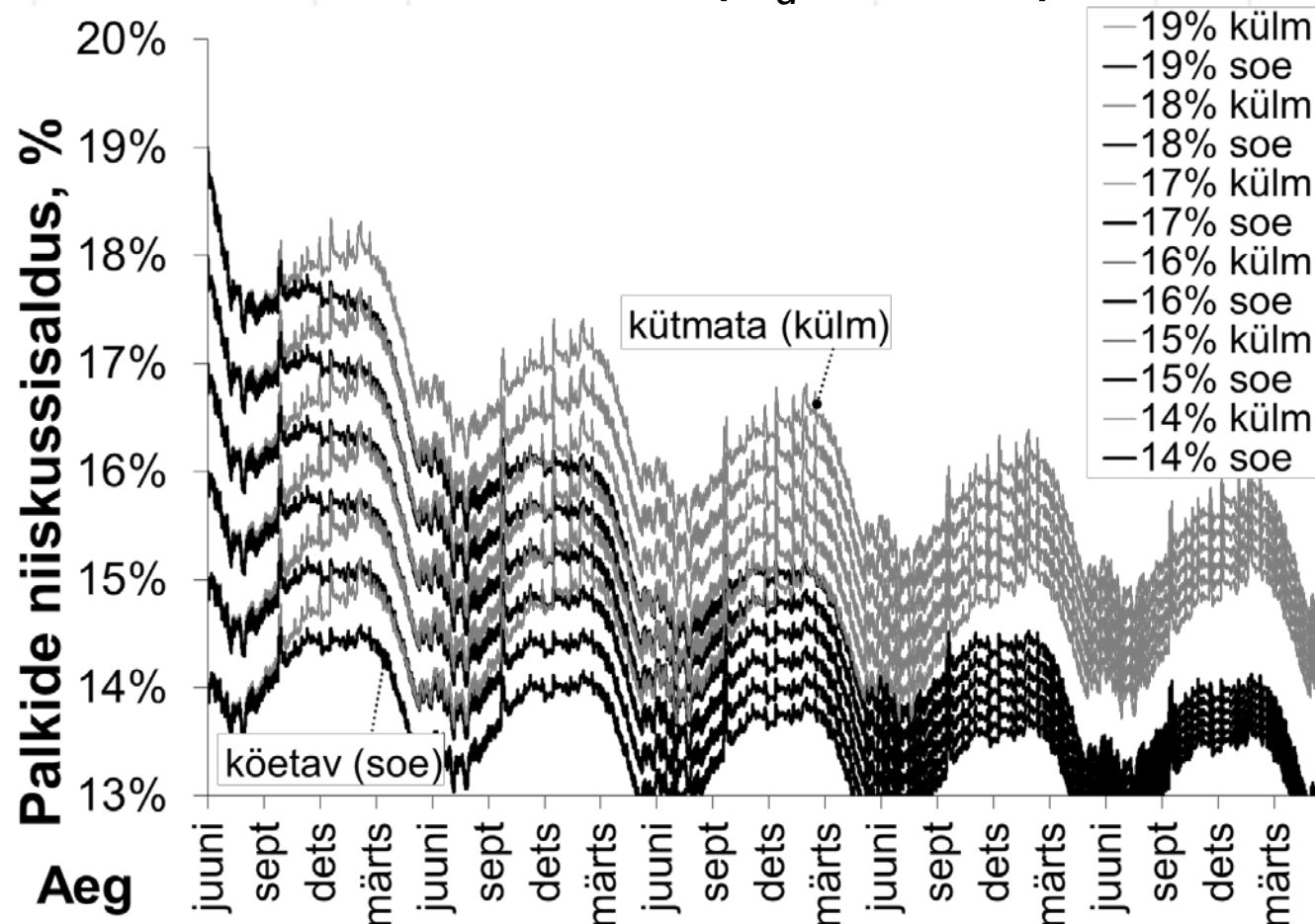
- Baasolukorra aurutõke ($S_d=2\text{m}$)





Palkide niiskuse muutus

- Veeaurutihe aurutõke ($S_d=100\text{m}$)



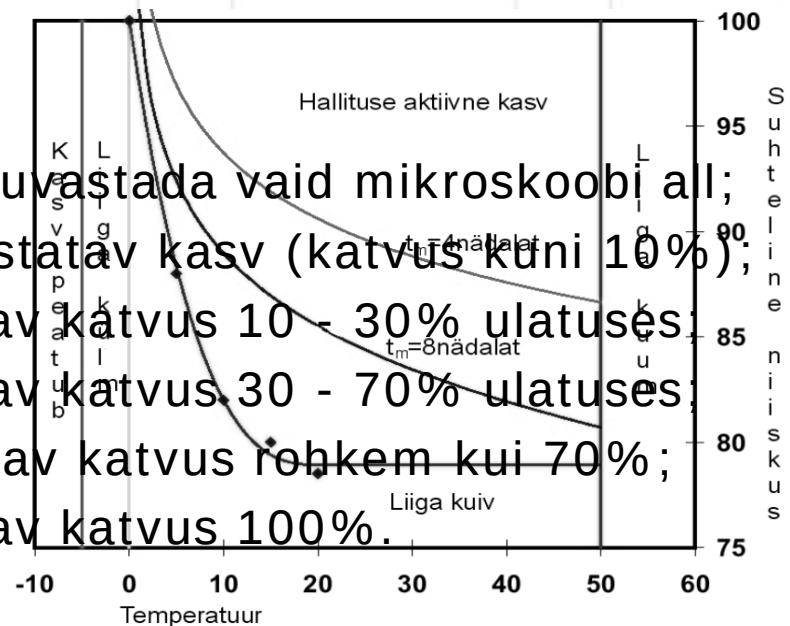


Hallituse kasvu kriteerium

- Hallitusseente kasvu tekkeks on vajalik sobiv:
 - niiskus (suhteline niiskus kasvupinnal $\geq 75\ldots 80\%$);
 - temperatuur ($0\ldots +50^\circ\text{C}$, kuid arenguks parim temperatuur on $+20\ldots +35^\circ\text{C}$);
 - kasvualus (piisavalt toitaineid, aluselisus pH $5\ldots 6$);
 - sobivate kasvutingimuse esinemise aeg.

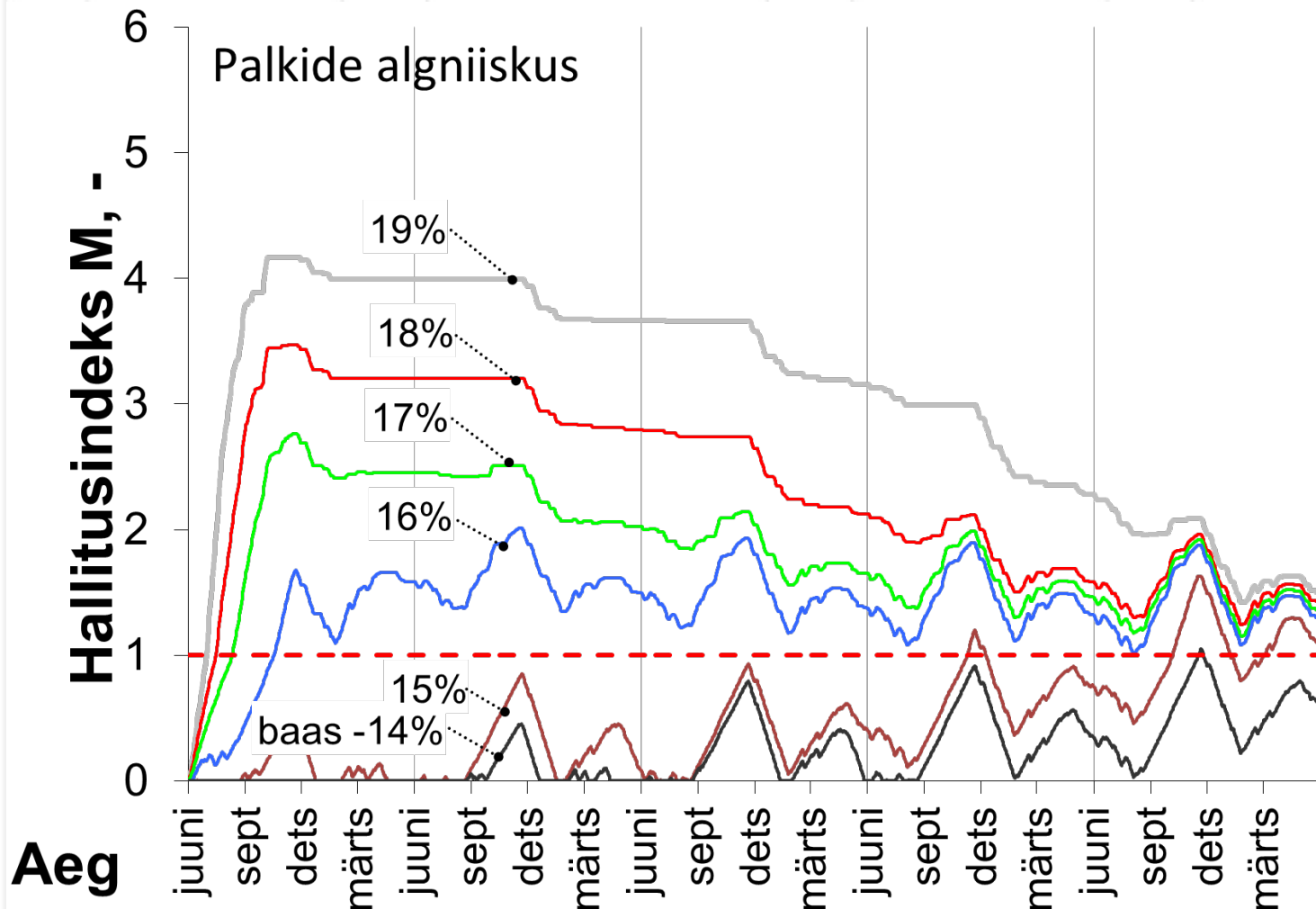
- Hallitusindeks:

- 0 – kasv puudub;
- 1 – väikest kasvu võib tuvastada vaid mikroskoobi all;
- 2 – mikroskoobiga tuvastatav kasv (katvus kuni 10%);
- 3 – visuaalselt tuvastatav katvus 10 - 30% ulatuses;
- 4 – visuaalselt tuvastatav katvus 30 - 70% ulatuses;
- 5 – visuaalselt tuvastatav katvus rohkem kui 70%;
- 6 – visuaalselt tuvastatav katvus 100%.



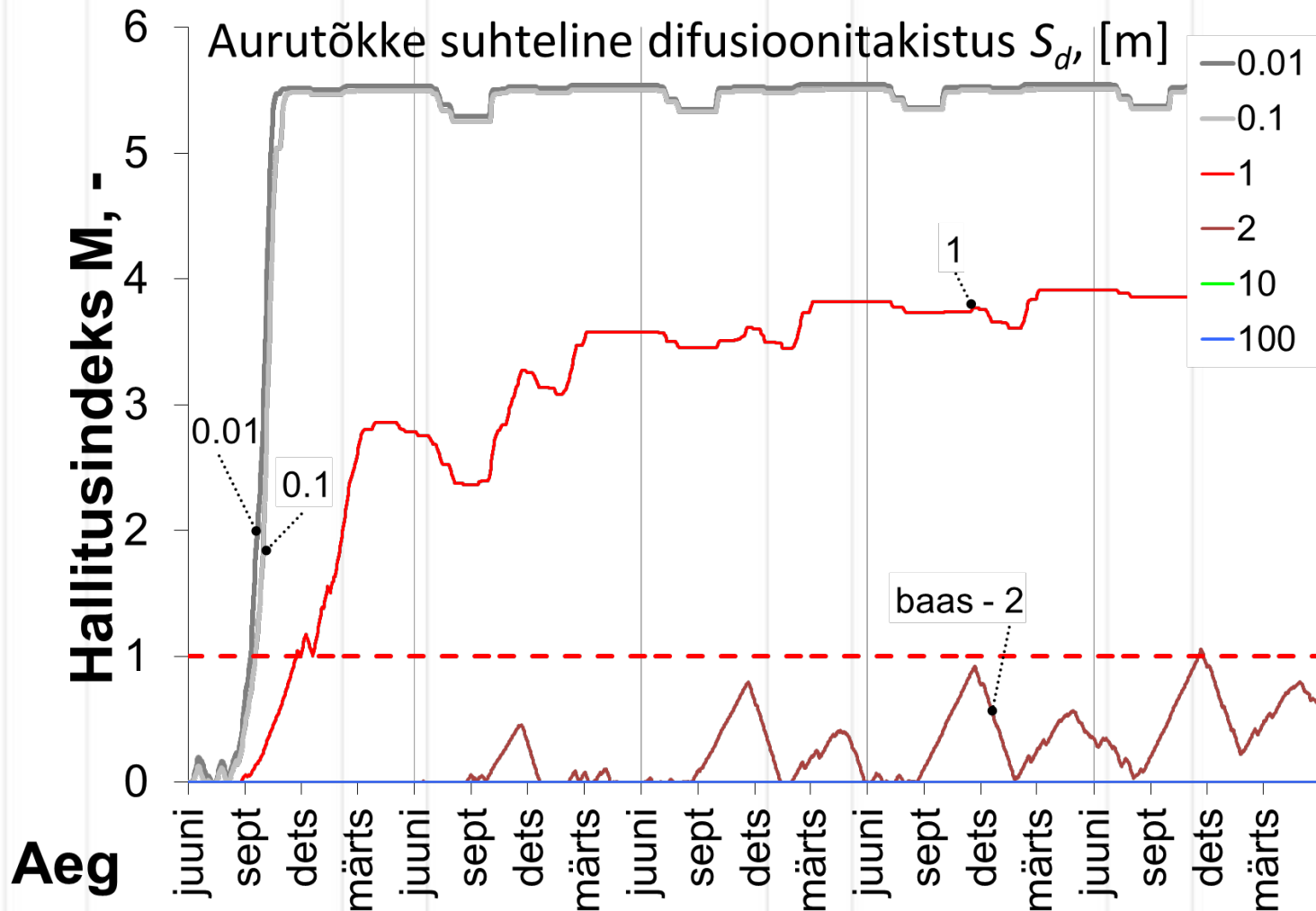


Hallitusindeks: palkide algniiskus



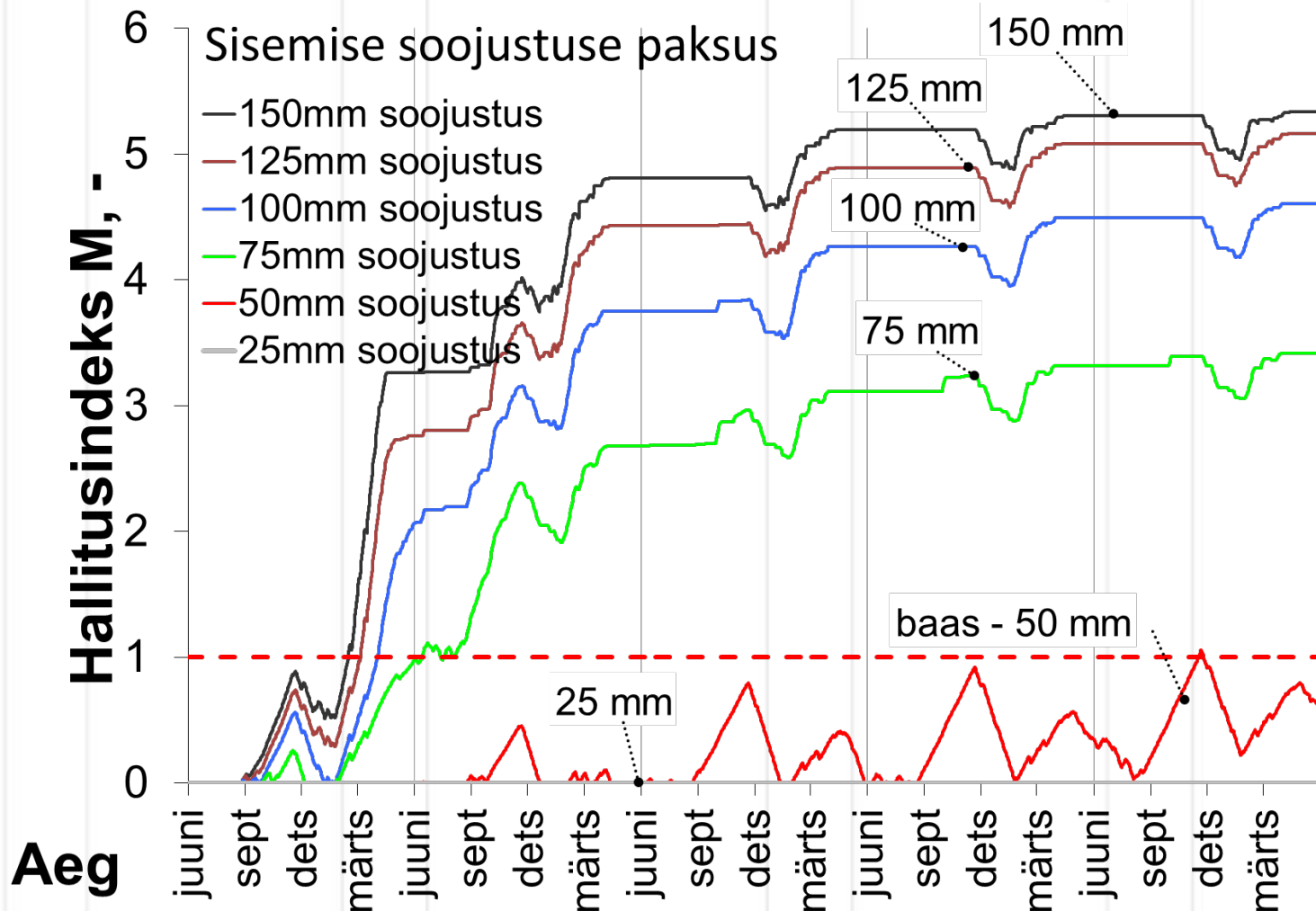


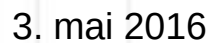
Hallitusindeks: aurutõkke omadused





Hallitusindeks: soojustuse paksus







Hallitusindeks: kombinatsioonid 1

Keskmine sise-temperatuur t_i , [C°]	Niiskuselisa Δv , [g/m³]						Seespoolse soojustuse paksus, [mm]	Palkide keskmine paksus, [mm]							
	(A)	1	2	3	4	5		6	(B)	100	125	150	175	200	225
	18	0	0	0	0.1 ↗	2.5 ↗		4.1 ↗	25	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	1 ↗		3.4 ↗	50	2.3 ↗	2 ↗	1 ↗	0.8 ↗	0.5 ↗	0.1 ↗
	20	0	0	0	0	0.3 ↗		2.8 ↗	75	4 ↗	3.7 ↗	3.4 ↗	3.1 ↗	2.8 ↗	2.5 ↗
	21	0	0	0	0	0		2 ↗	100	4.9 ↗	4.8 ↗	4.6 ↗	4.3 ↗	4 ↗	3.6 ↗
	22	0	0	0	0	0		0.6 ↗	125	5.3 ↗	5.2 ↗	5.2 ↗	5 ↗	4.8 ↗	4.5 ↗
	23	0	0	0	0	0		0	150	5.3 ↗	5.3 ↗	5.3 ↗	5.3 ↗	5.2 ↗	5 ↗
	24	0	0	0	0	0		0							

Seespoolse soojustuse paksus, [mm]	Niiskuselisa Δv , [g/m³]						Suhteline difusioonitakistus S_d , [m]	Seespoolse soojustuse paksus, [mm]							
	(C)	1	2	3	4	5		6	(D)	25	50	75	100	125	150
	25	0	0	0	0	0		0.1 ↗	0.01	5.2 ↗	5.5 ↗	5.6 ↗	5.6 ↗	5.7 ↗	5.7 ↗
	50	0	0	0	0	1 ↗		3.4 ↗	0.1	4.6 ↗	5.5 ↗	5.6 ↗	5.6 ↗	5.6 ↗	5.6 ↗
	75	0	0	0	0.8 ↗	3.4 ↗		5 ↗	1	0.3 ↗	4 ↗	5.3 ↗	5.4 ↗	5.5 ↗	5.5 ↗
	100	0	0	0.1 ↗	2.7 ↗	5.4 ↗		5.4 ↗	2	0	1 ↗	3.4 ↗	4.6 ↗	5.2 ↗	5.3 ↗
	125	0	0	0.8 ↗	3.5 ↗	5.2 ↗		5.5 ↗	10	0	0	0	0	0	0.1 ↗
	150	0	0	2.1 ↗	4.2 ↗	5.3 ↗		5.5 ↗	100	0	0	0	0	0	0



Hallitusindeks: kombinatsioonid 2

Suhteline difusioonitakistus S_d , [m]	E	Palkide niiskussisaldus, %					
		14%	15%	16%	17%	18%	19%
	0.01	5.5 ↗	5.5 ↗	5.5 ↗	5.5 ↗	5.5 ↗	5.5 ↗
	0.1	5.5 ↗	5.5 ↗	5.5 ↗	5.5 ↗	5.5 ↗	5.5 ↗
	1	4 ↗	4 ↗	4 ↗	4.1 ↘	4.5 ↘	4.5 ↘
	2	1 ↗	1.6 ↗	2 ↗	2.8 ↘	3.5 ↘	4.2 ↘
	10	0	0	0.6 ↘	2.1 ↘	3.2 ↘	4.1 ↘
	100	0	0	0.6 ↘	2 ↘	3.2 ↘	4.2 ↘

Suhteline difusioonitakistus S_d , [m]	F	Niiskuslisa Δv , [g/m ³]					
		1	2	3	4	5	6
	0.01	0	0.1 ↘	2.2 ↗	5.4 ↗	5.5 ↗	5.7 ↗
	0.1	0	0.1 ↘	1 ↗	5.2 ↗	5.5 ↗	5.6 ↗
	1	0	0	0	0.8 ↗	4 ↗	5.4 ↗
	2	0	0	0	0	1 ↗	3.4 ↗
	10	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0

Suhteline difusioonitakistus S_d , [m]	G	Palkide niiskussisaldus, %					
		14%	15%	16%	17%	18%	19%
	0.01	2.2 ↗	2.2 ↘	2.4 ↘	2.7 ↗	3 ↗	3.1 ↗
	0.1	1 ↗	1.1 ↘	1.5 ↘	1.9 ↘	2.2 ↘	2.5 ↘
	1	0	0	0.1 ↘	0.7 ↘	1.9 ↘	2.7 ↘
	2	0	0	0.1 ↘	1.2 ↘	2.3 ↘	3.1 ↘
	10	0	0	0.2 ↘	1.8 ↘	3 ↘	4 ↘
	100	0	0	0.6 ↘	2 ↘	3.2 ↘	4.2 ↘

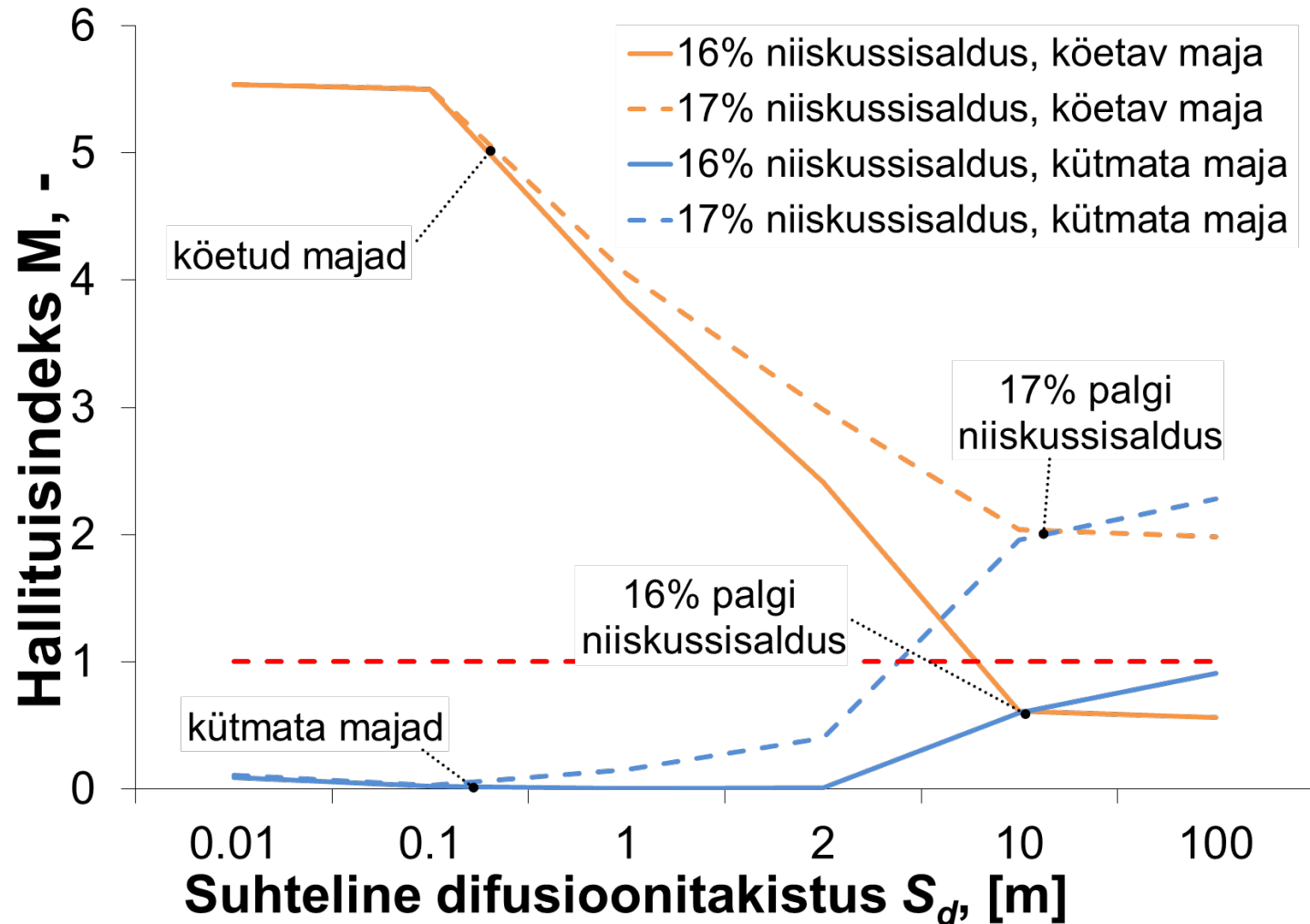
Suhteline difusioonitakistus S_d , [m]	H	Palkide niiskussisaldus, %					
		14%	15%	16%	17%	18%	19%
	0.01	0.1 ↗	0.1 ↘	0.1 ↘	0.1 ↘	0.1 ↘	0.2 ↘
	0.1	0	0	0	0	0.1 ↘	0.1 ↘
	1	0	0	0	0.2 ↘	0.7 ↘	1.9 ↘
	2	0	0	0 ↘	0.8 ↘	2 ↘	2.8 ↘
	10	0	0	0.6 ↘	2 ↘	3.1 ↘	4 ↘
	100	0	0	0.9 ↘	2.3 ↘	3.4 ↘	4.3 ↘

↑ Madalam niiskuslisa, $\Delta v = 3 \text{ g/m}^3$ ↑

↑ Kütmata külm maja ↑



Hallitusindeks: aurutõke köetud ja kütmata majas





Parameetrite mõju hallitusindeksile

Mõju alates olulisemast:

1. aurutõkkekihi veeaurutakistus;
2. niiskuscoormus *;
3. seespoolse soojustuse soojusläbivus;
4. palkide algne niiskussisaldus *;
5. palkide paksus ehk seina algne soojusläbivus ja
6. sisetemperatuuri tase *.

* - *projekteerija ei saa mõjutada.*



Kokkuvõte

- Aurutõkke veeaurutakistus sõltub maja kasutusest. Materjali valik võiks tugineda esitatud tulemustele või konkreetse lahenduse arvutusele.
- Lisasoojustuse maksimaalne soojustakistus koos viimistluskihtidega ei tohiks üldiselt ületada algse palkseina soojustakistust.
- Enne soojustamist peab palksein olema võimalikult kuiv, s.t. mõõdetud niiskus $\leq 12\%$ kui kasutatakse mineraalvilla tiheda aurutõkkega.
- Oluline on tagada seina s.h. eelkõige aurutõkkekihi õhutihedus, läbiviigud on (nt elektripaigaldised) lubamatud.
- Tuleb tagada töökindel ventilatsiooni ja kütte tehnoloogia majas.



Kokkuvõte

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

Täna tähelepanu eest!