TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

KÜLMASILLAD JA TEMPERATUURIINDEKS

Leena Paap

2011/2012

MÕISTED ”Külmasillad, temperatuuriindeks”

3.1.9
soojustakistus *R*, m²·K/W (*thermal resistance*)
kindla paksusega toote või elemendi omadus takistada soojuse voogu (üldiselt soojusjuhtivuse teel) läbi toote või elemendi (pinnalt pinnale) statsionaarsetes tingimustes ja on arvutatav valemist: $R = \frac{T_1 - T_2}{q}$, $R = \frac{d}{\lambda}$

3.1.12
piirdetarindi kogusoojustakistus R_T, m²·K/W (*total thermal resistance*)
piirdetarindi üksikute kihtide arvutuslike soojustakistuste ning sise- ja välispindade soojustakistuste summa

Külmasild- Külmasild tekib hoone välispiirde soojustuse kohaliku nõrgenemise tulemusena, mis põhjustab soojusvoo suurenemist ja tarindi sisepinna temperatuuri alanemist.

3.1.18
joonkülmasilla lisasoojusjuhtivus Ψ_j, W/(K·m) (*linear thermal transmittance*; *linear thermal conductance*)
lisasoojuskadu vattides temperatuuride erinevusel üks kraad joonkülmasilla pikkuse kohta. Soojusvool läbi joonkülmasilla on statsionaarsetes tingimustes arvutatav valemist: $\Phi = \Psi_j \cdot l_j \cdot (T_1 - T_2)$, W ,
kus l_j: joonkülmasilla pikkus, m

3.1.19
punktkülmasilla lisasoojusjuhtivus χ_p, W/K (*point thermal transmittance*; *point thermal conductance*)
lisasoojuskadu vattides temperatuuride erinevusel üks kraad punktkülmasilla kohta. Soojusvool läbi punktkülmasilla on statsionaarsetes tingimustes arvutatav valemist: $\Phi = \chi_p \cdot (T_1 - T_2)$, W

Külmasillad

Külmasild on tarindi osa, mille soojusjuhtivus on lokaalselt suurem ümbritseva tarindi soojusjuhtivusest

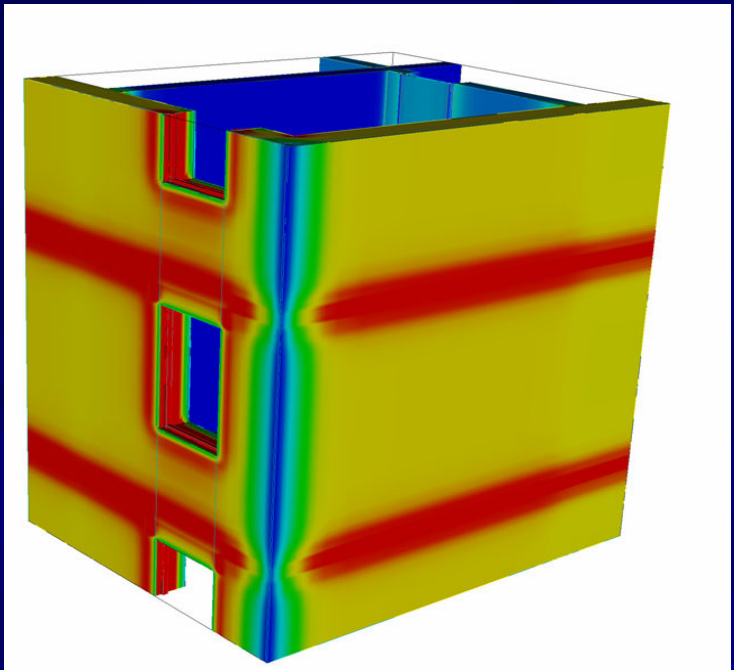
Geomeetrilised

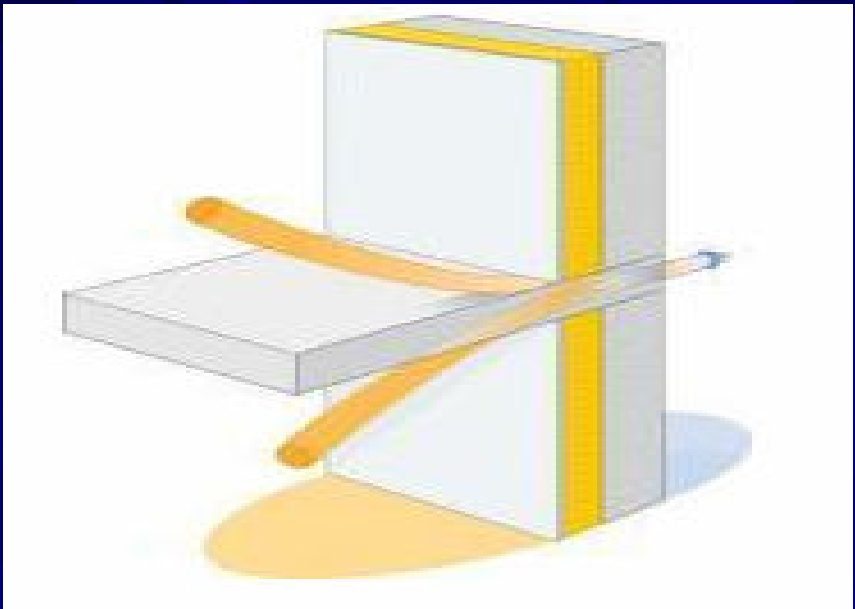
Ehitustehnilised

Joonkülmasillad

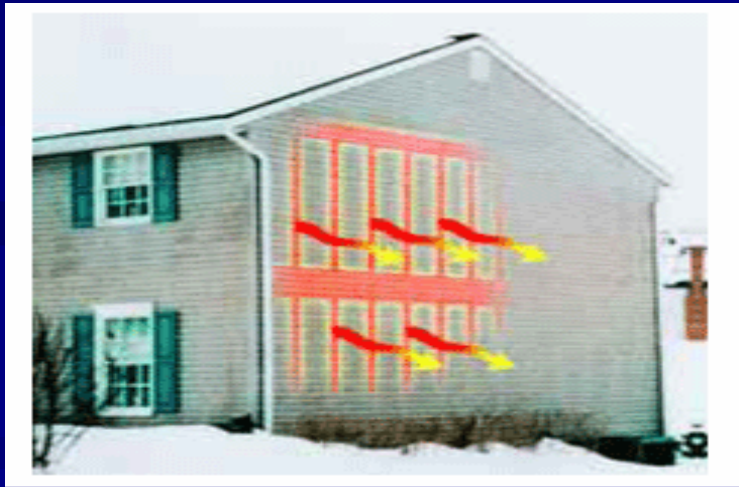
Punktkülmasillad

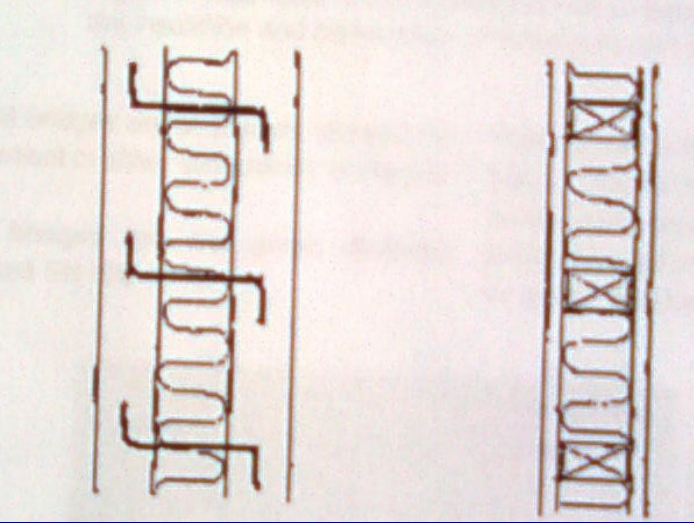
Geomeetrilised külmasillad





Ehitustehnilised



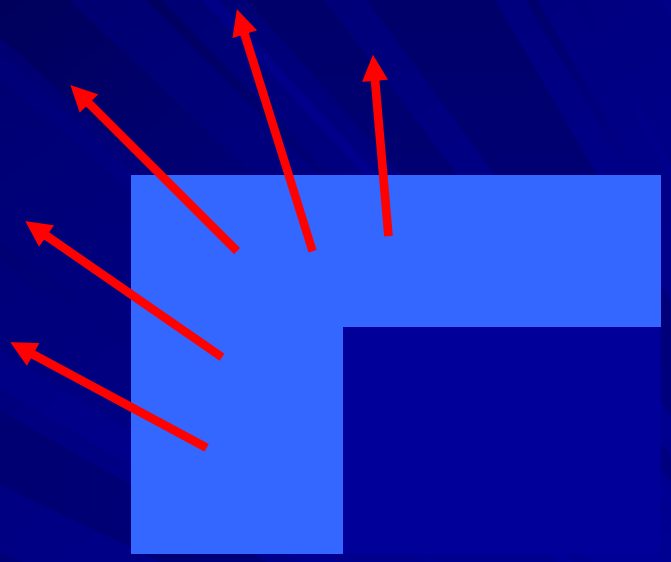


Geomeetriline külmasild

1. Seina välisnurk
- Soojusvoo suund
- Samatemperatuurijooned
- Samasoojusvoo jooned

2. Akna liitekoht seinaga

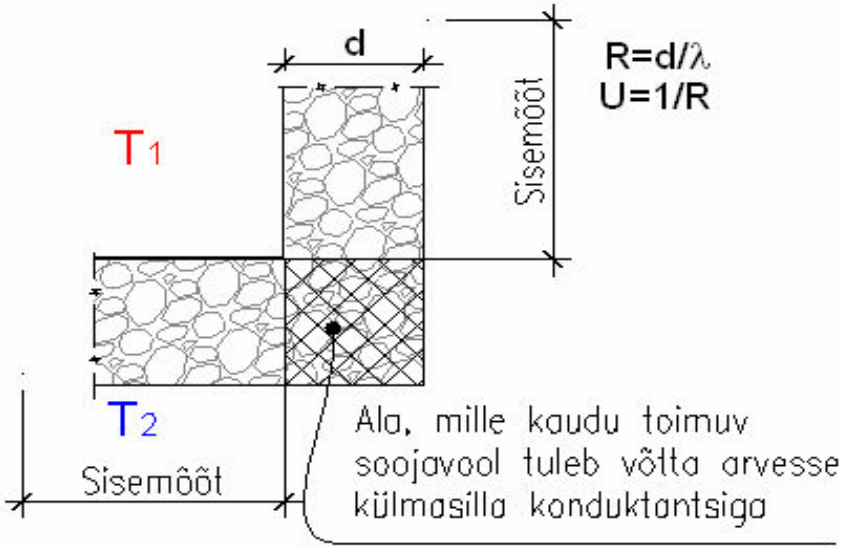
3. Tellissidemetega sein

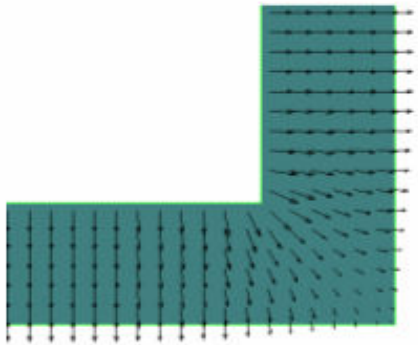


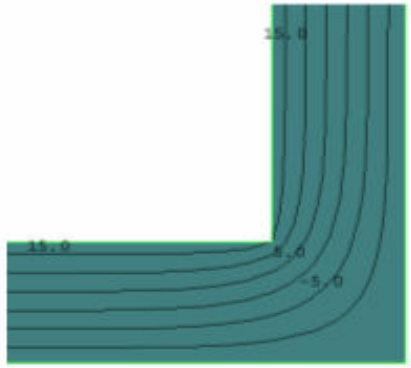
Nurga takistus on suurem, selle tõttu on temperatuur ka madalam

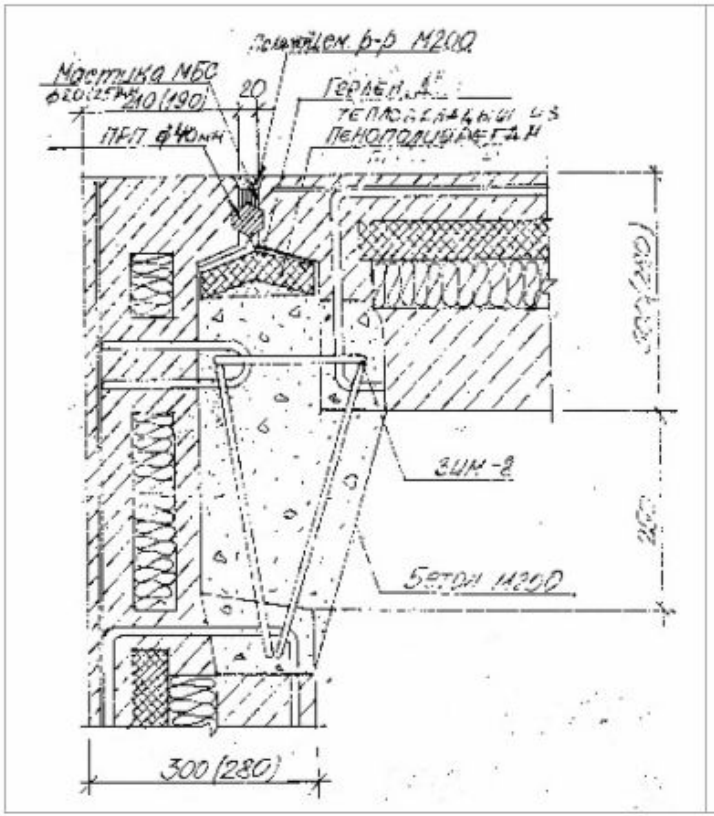
Madal temperatuur seina nurgas:

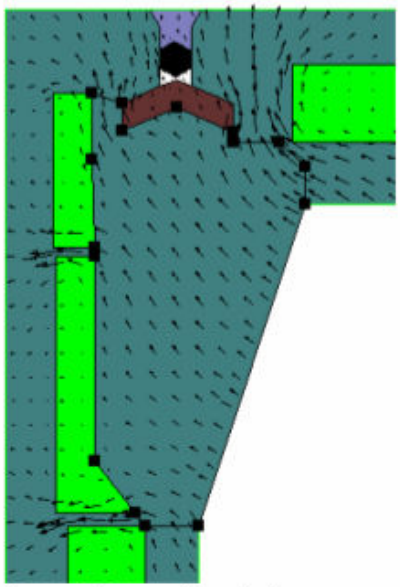
- Nurka ümbritseb rohkem jahedat pinda, suurem soojusvool



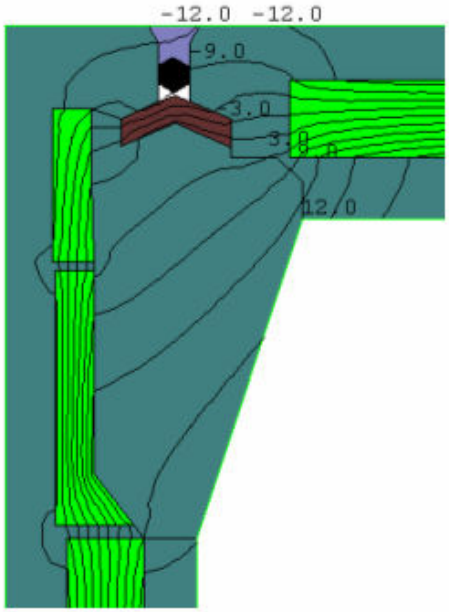




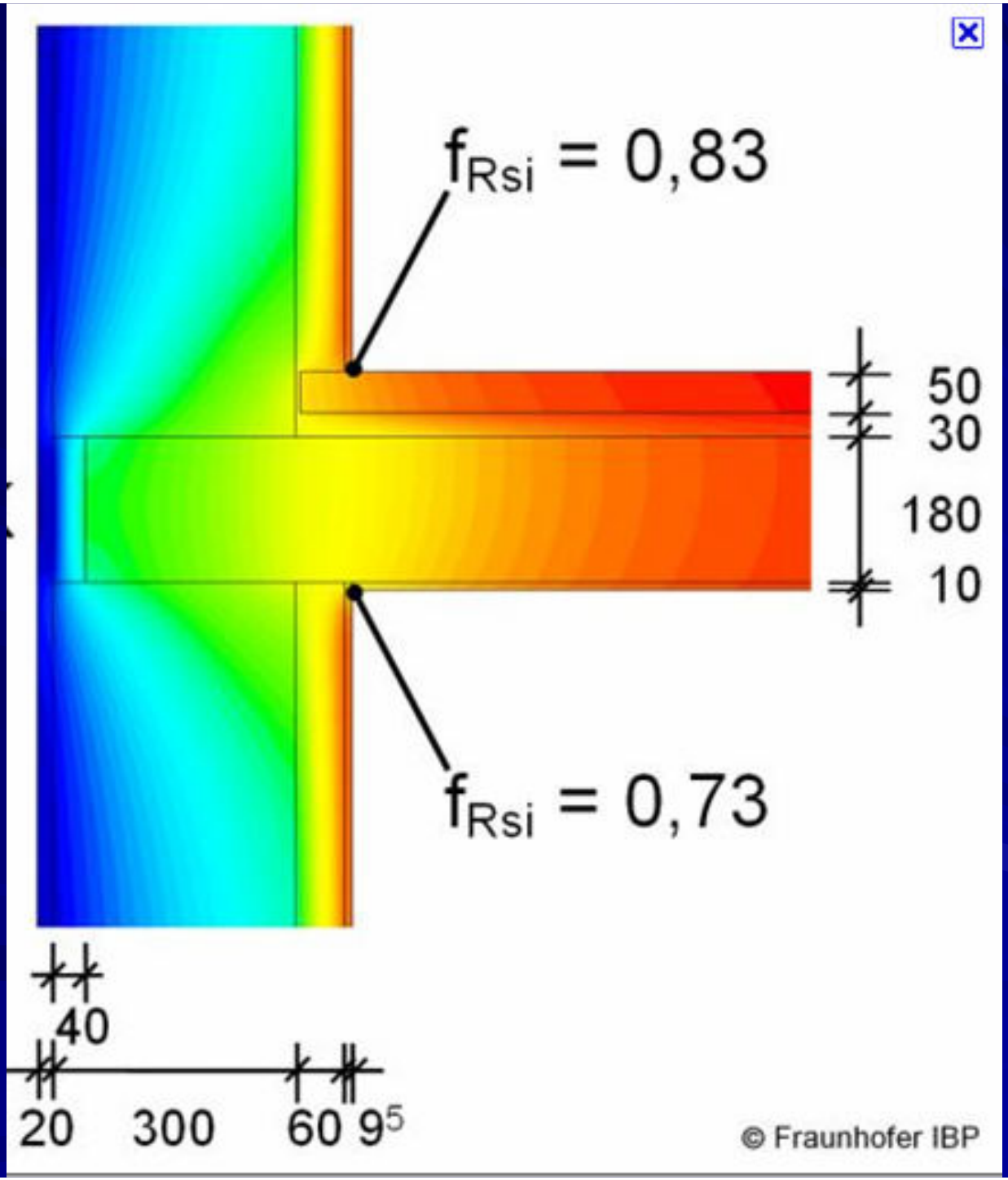


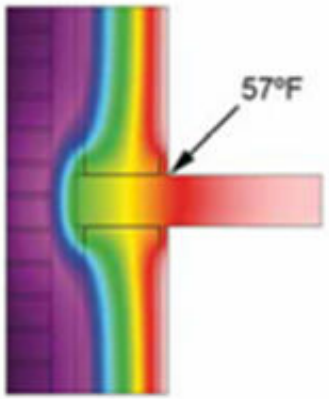


Soojavoolu vektorid

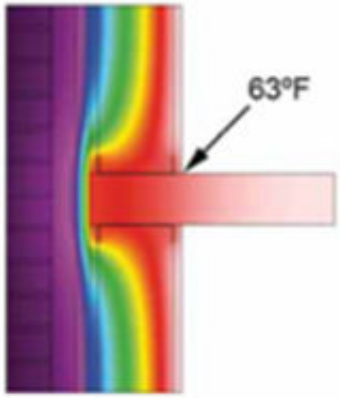


Samatemperatuuri jooned


f_{Rsi} = 0,83
f_{Rsi} = 0,73
50
30
180
10
40
20
300
60
9
5
© Fraunhofer IBP

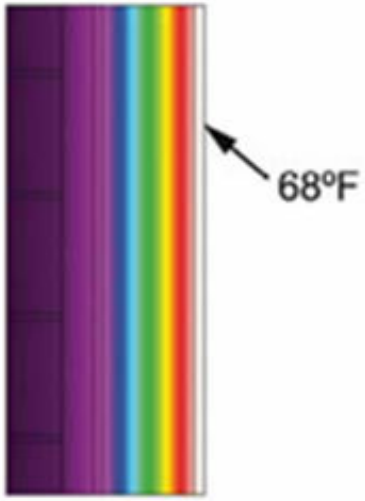


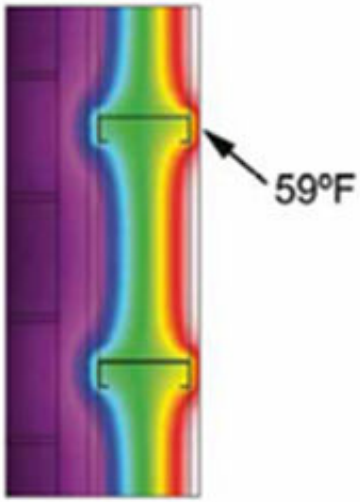
Insulation between wall studs only



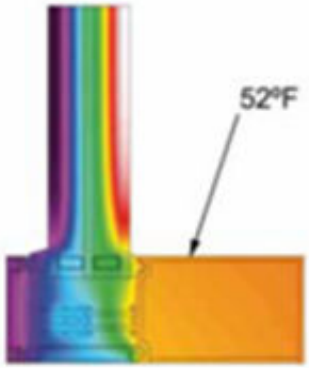
Wall insualtion + continuous cavity insulation

Thermal Bridging at Floor Plank

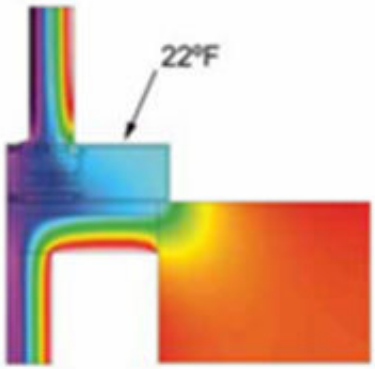




Thermal Bridging through Light Gauge Steel Studs



Curtain wall in "tested" configuration



Curtain wall as installed, directly over solid steel angle

Thermal Bridging at Curtain Wall Connection

Külmasillad suurendavad hoone energiakulu

Piirdetarindite soojajuhtivuse üldise vähenemise juures on hoone soojuskadude osakaal läbi külmasildade suurenenud

Suurem soojusjuhtivus → Madalam sisepinnatemp → Kõrgem RH%

- Mikroorganismide kasv
- Määrdumine
- Veeauru kondenseerumine

Temperatuuri indeks

Hoone piirete sisepinna temperatuuri kriitilisust on võimalik hinnata temperatuuriindeksiga fRsi

$$fR_{si} = \frac{R_T - R_{si}}{R_T}$$

$$fR_{si} = \frac{t_{si} - t_e}{t_i - t_e}$$

fRsi- temperatuuriindeks (ühikuta suurus)

RT- kogu seina soojatakistus m²K/W

Rsi-sisepinna takistus m²K/W

Tsi-sisepinnatemperatuur ºC

Ti- siseõhu temperatuur ºC

Te- välisõhu temperatuur ºC

Kuna väliskliima tingimused on eri riikide erinevad on ka temperatuuriindeksid eri riikides erinevad:

Soome 0.65

Rootsi 0.63

Holland 0.73

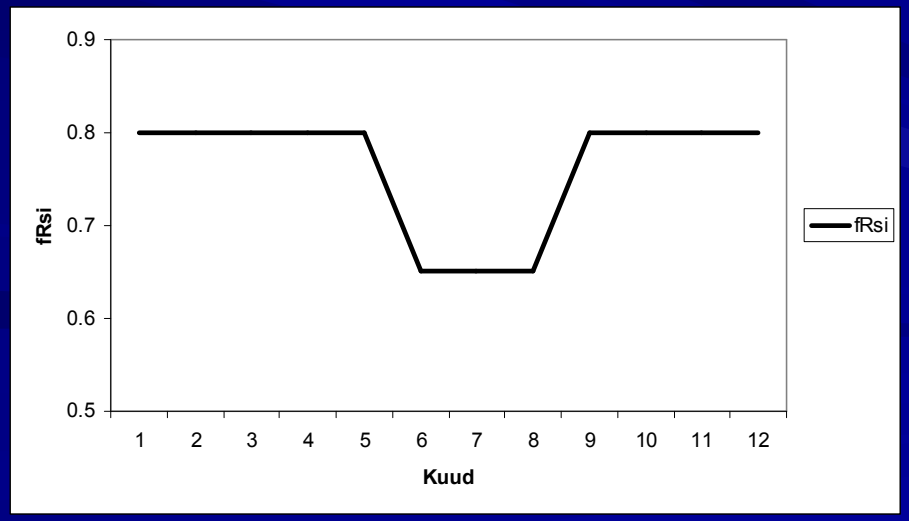
Belgia 0.70

Minimaalne temperatuuriindeks

Minimaalne temperatuuriindeks hallituse tekke vältimiseks

fRsi>0.8 (suur niiskustootlus ruumides)

fRsi>0.65 (väike niiskustootlus ruumides)



Temperatuuriindeksi kriitiline tase

Niiskuskoormus	Temperatuuriindeksi piirsuurus f_{Rsi},- (mõõdetud või arvutatud tulemus peab olema piirsuurusest suurem)	
	Hallituse vältimine	Kondenseerumise vältimine
Niiskuslisa talvel +4 g/m^3 ja suvel +1,5 g/m^3 need on madala asustusega ja hea ventilatsiooniga elamud.	0,65	0,55
Niiskuslisa talvel +6 g/m^3 ja suvel +2,5 g/m^3 need on suure asustusega ja halva ventilatsiooniga elamud.	0,8	0,7

1. Kas on turvaline ja ei ole vaja renoveerida fRsi>0.8

2. On suur risk ja tuleb renoveerida fRsi<0.65

fRsi 0.65...0.8

Renoveerimisvajadus: sisekliima, soojuslik mugavus, kasutusiga, hoone kasutus otstarve, majanduslik aspekt, niiskusrežiim

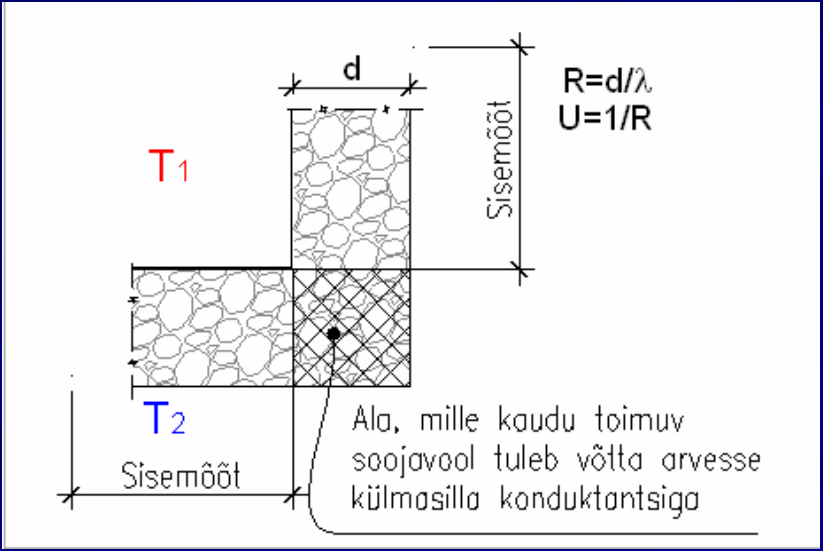
Uued elamud fRsi >0.8

Külmasildade mõju energiakulule

Soojusvool Φ (W)

Sisemõõtude järgi

$$\phi = q \cdot A = \frac{\lambda}{d} \cdot A \cdot (T_1 - T_2)$$



Soojuskaod arvutatakse:

-Välispiirde soojusjuhtivusele

- sisemõõtudega arvutatud pindadele

-Arvestada külmasilla lisajuhtivusega Ψ

Külmasilla lisajuhtivus (ehitustehniline külmasild)

Külmasilla lisajuhtivus Ψ – lisasoojuskadu vattides temperatuuri erinevusel üks kraad.

Joonkülmasilla lisajuhtivus Ψj $W/K \cdot m$

Punktkülmasilla lisajuhtivus χp W/K

Soojusvoog

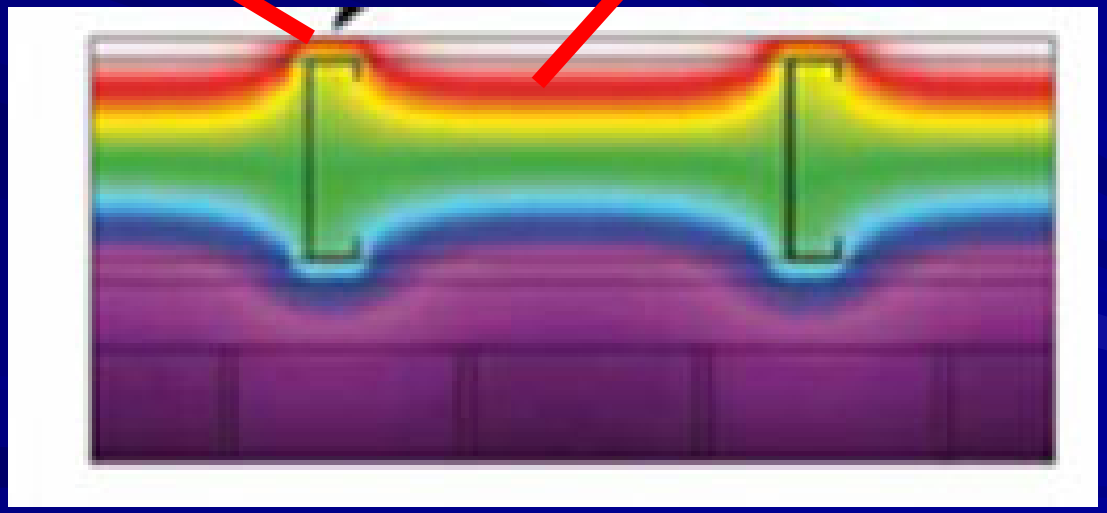
$$q_x = \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x}$$

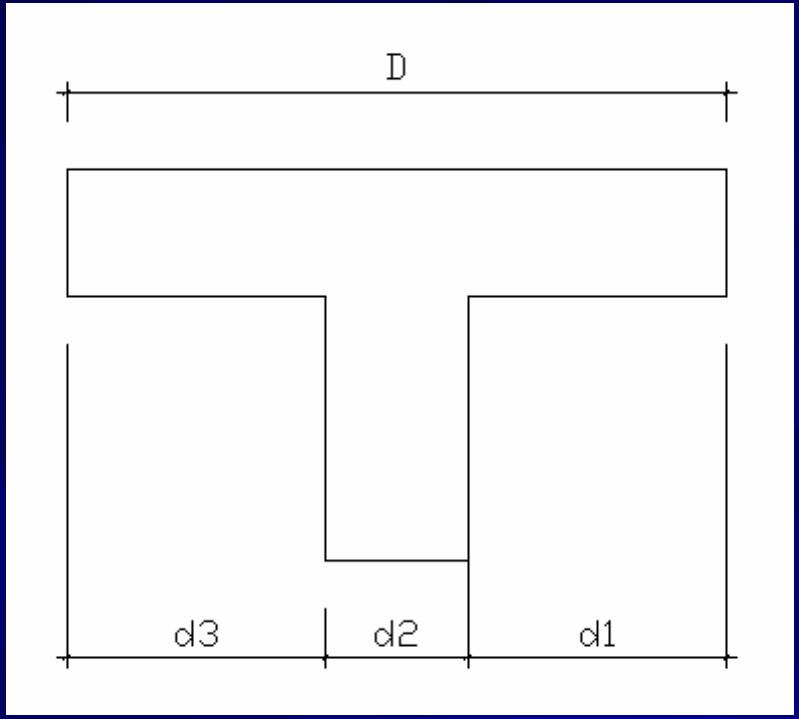
Soojusvool

$$\phi = q \cdot A = (U \cdot A + \psi_j \cdot l_j + \chi_p \cdot l_p) \cdot \Delta T$$

Q külmasild

Q min.vill





Ψ=U*D-U1*d1-U3*D3

Ψ-joonkülmasilla konduktants

U- vastava hooneosa soojajuhtivus

ΔΨ=joonkülmasillad+punktkülmasillad

Ured=U+ ΔΨ

Külmasildade arvutus

Käsitsi arvutused

EVS-EN 10211:2008

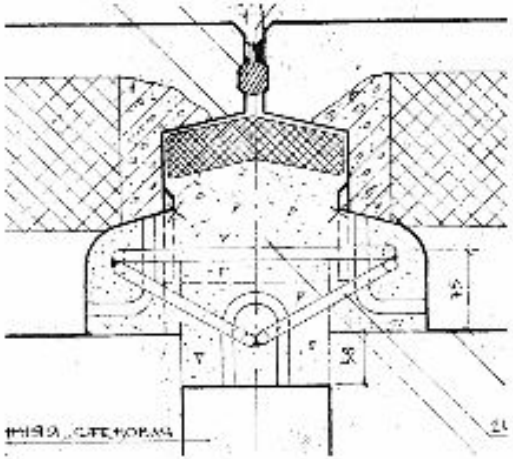
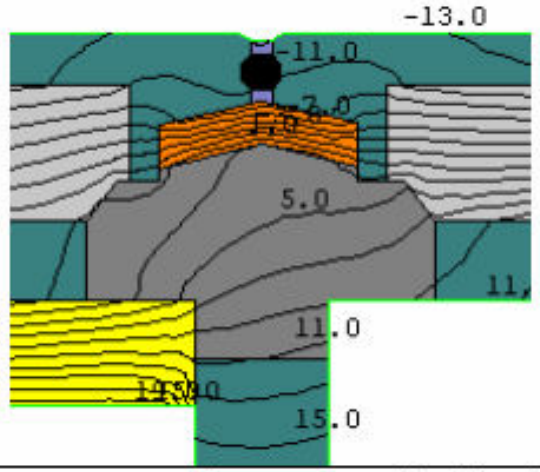
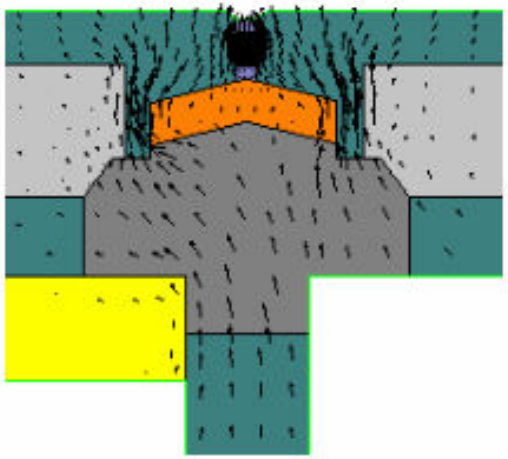
või

arvuti simulatsiooniprogrammid

Simulatsiooni programmid annavad täpsema tulemuse

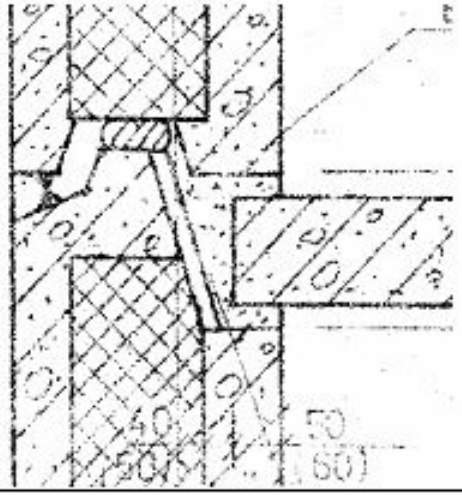
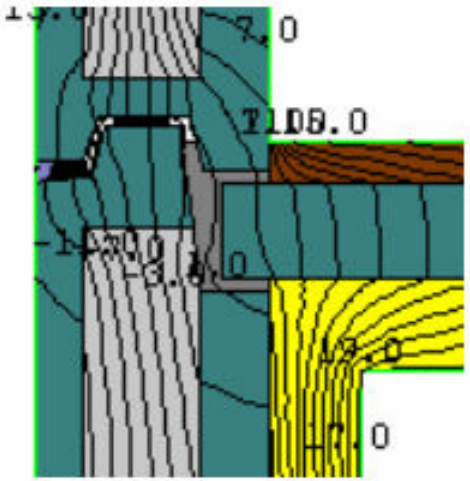
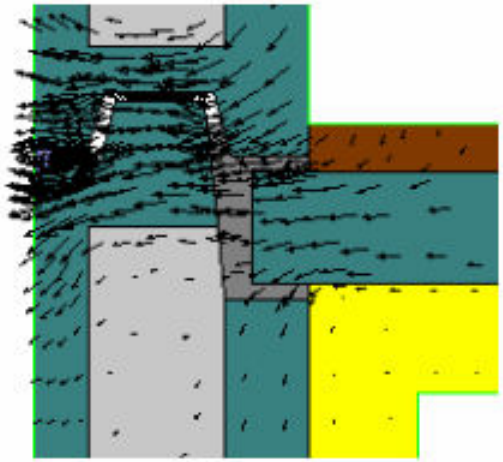
Name	Type	2D/3D	SS/TR	FF/RECT	ψ-value	License	Validation
Heat transfer software							
AnTherm [36]	H-T (1)	3D	SS	R	Y	commercial	EN ISO 10211:2007 EN ISO 10077-2:2003
Argos (2) [37]	H-T	2D	SS	FF	Y	commercial	
Bisco / Bistra [38] / [39]	H-T	2D	SS / TR	FF	Y	commercial	EN ISO 10211:2007 EN ISO 10077-2:2003
Champs-bes [40]	HAM-T	2D	TR	R		free	EN ISO 10211:2007
David32 [41]	H-T	3D	SS	R		free	EN ISO 10211:2007
Delphin [42]	HAM-T	2D	TR	R		commercial	EN ISO 10211:2007 HAMSTAD Benchmarks 1 to 5 EN 15206:2007
Flixo [43]	H-T	2D	SS	FF	Y	commercial	EN ISO 10211:2007 EN ISO 10077-2:2003
FramePlus [44]	H-T					commercial	
HAMLab [45]	HAM-T	3D	TR	FF		free	(3)
Heat2 [46]	H-T	2D	TR	R	Y	commercial	EN ISO 10211:2007 EN ISO 10077-2:2003
Heat3 [47]	H-T	3D	TR	R	Y	commercial	EN ISO 10211:2007
KOBRA v3.0w (4) [48]	H-T	3D	SS	R	Y	free (5)	EN ISO 10211:2007
KOBRU86 / Sectra [49] / [50]	H-T	2D	SS / TR	R	Y	commercial	EN ISO 10211:2007
RadTherm [51]	H-T	3D	TR	FF		commercial	
Solido [52]	H-T	3D	SS	FF		commercial	EN ISO 10211:2007
TAS ambiens [53]	H-T	2D	TR	FF		commercial	
Therm [54]	H-T	2D	SS	FF		free	
Trisco / Voltra [55] / [56]	H-T	3D	SS / TR	R	Y	commercial	EN ISO 10211:2007
Unorm [57]	H-T	3D	SS	R	Y	free	EN ISO 10211:2007
WUFI 2D 3.2 [58]	HAM-T	2D	TR	FF		commercial	EN ISO 10211:2007
General purpose software							
Ansys multiphysics [59]	M-Phys	3D	TR	FF		commercial	
Ansys CFX [60]	M-Phys	3D	TR	FF		commercial	
Fluent [61]	M-Phys	3D	TR	FF		commercial	
Phoenics [62]	M-Phys	3D	TR	FF		commercial	
Comsol multiphysics [63]	M-Phys	3D	TR	FF		commercial	EN ISO 10211:2007
SAMCEF thermal [64]	H-T	3D	TR	FF		commercial	

Vaheseina liitekohl, vt. joonis 7.18 ja vahesseina vahelae liitekohl vt. joonis 7.19.

Sõlme joonis	Samatemperatuurijooned	Sooja voolu suund sõlmes
		

	Temperatuuriindeks lisasoojustamata korteris
Lisasoojustamata piire	0.65
Ühepoolse lisasoojustusega 100 mm	0.58

Joonis 7.18 Temperatuuriindeksi muutus ühepoolse lisasoojustuse korral välisseina ja vaheseina liitekohas

Sõlme joonis	Samatemperatuurijooned	Sooja voolu suund sõlmes
		
	Temperatuuriindeks lisasoojustamata korteris	
Lisasoojustamata piire	0.63	
Ühepoolse lisasoojustusega 100 mm	0.58	

THERMI NÄIDE

http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html

Tänan tähelepanu eest!!!