

Hoonepiirete soojuskadude hindamine projekteerimise varajases staadiumis

(soojusläbivus, külmasillad, õhupidavus)

Targo Kalamees

- Hoone energiatõhusust oluliselt mõjutavad tegurid on:
 - arhitektuur,
 - piirdetarindite omadused: soojusjuhtivus, külmasillad ja õhupidavus,
 - klaaspindade omadused: suurus, soojusläbivus, päikesekaitse, suund,
 - tehnosüsteemide lahendused ja efektiivsused,
 - valgustuse, seadmete energiakulu,
 - sisekliima,
 - energiavarustuse lahendused,
 - vabasoojuste kasutamine,
 - energia kohapealne tootmine.

- **Nõuded hoonepiiretele:**

- piisavalt soojustatud;
- pikaajaliselt õhkupidavad;
- minimaalsete külmasildadega.

- Nõuded hoonepiiretele:
- **Otstarbeka soojustuse määramisel lähtutakse:**
 - hoone energiatõhususe nõuetest,
 - ehitustehnilistest nõuetest (konstruktsioonide ja fassaadide kaitse),
 - ruumide soojuslikust mugavusest ($\sim 0,5 \dots 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$),
 - hallituse ning kondensaadi vältimisest külmasildadel, sisepindadel ja tarindites ($\sim 1,2 \dots 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$),
 - majanduslikust otstarbekusest.

- Nõuded hoonepiiretele:
- Otstarbeka soojustuse määramisel lähtutakse
- Puuduvad detailsed nõuded piirdetarindite üksikomadustele:
Energiatõhususarv kajastab hoone kui terviku
primaarenergiakasutust, kWh(m²a):
 - sisekliima tagamiseks: kütmiseks, jahutamiseks, ventilatsiooniks, valgustuseks,
 - tarbevee soojendamiseks,
 - olme- ja muude elektri seadmete kasutamiseks.

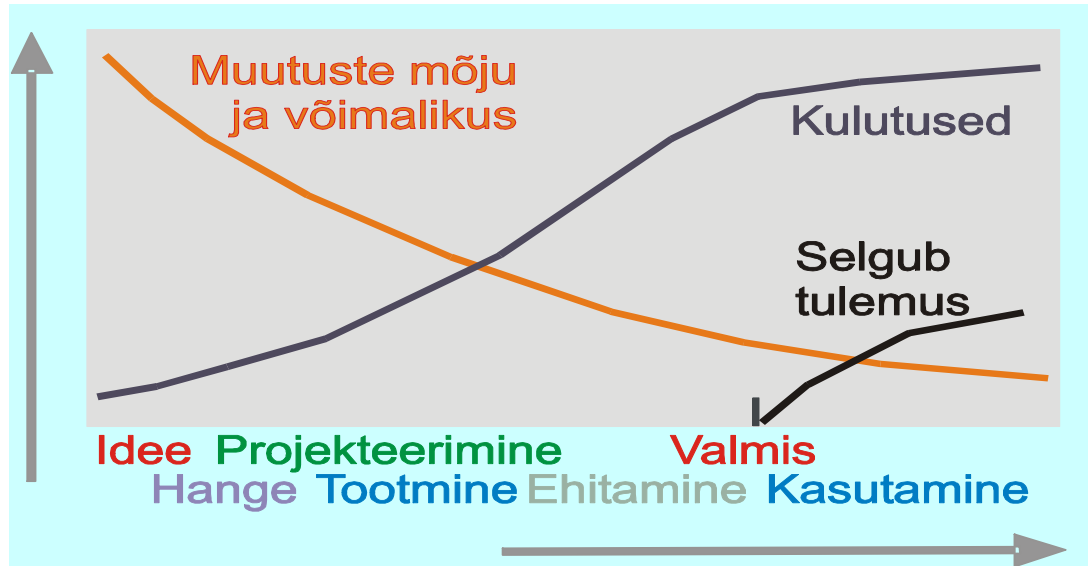
- **Energiatõhususarv**, kWh(m²a):

$$Q = Q_H \cdot f_{pH} + Q_V \cdot f_{pV} + Q_{AC} \cdot f_{pAC} + Q_{HW} \cdot f_{pHW} + W_{SYST} \cdot f_{pSYST} + W_L \cdot f_{pL} + W_{EQ} \cdot f_{pEQ}$$

- Q_H energiatarve ruumide kütteks, kW·h;
- Q_V energiatarve ventilatsiooniõhu soojendamiseks, kW·h;
- Q_{AC} energiatarve ruumide jahutuseks, niisutamiseks, kuivatamiseks, kW·h;
- Q_{HW} energiatarve tarbevee soojendamiseks, kW·h;
- W_{SYST} tehnosüsteemide energiatarve, kW·h;
- W_L valgustuse energiatarve, kW·h;
- W_{EQ} elektriseadmete energiatarve, kW·h;
- f_p energiakandja kaalumistegur, -.

Energiaarvutused

- Energiaarvutused tehakse projekteerimise varases staadiumis hea lahenduse väljatöötamiseks, mitte “arvutuse enese pärast”



Hoonepiirete soojuskaod

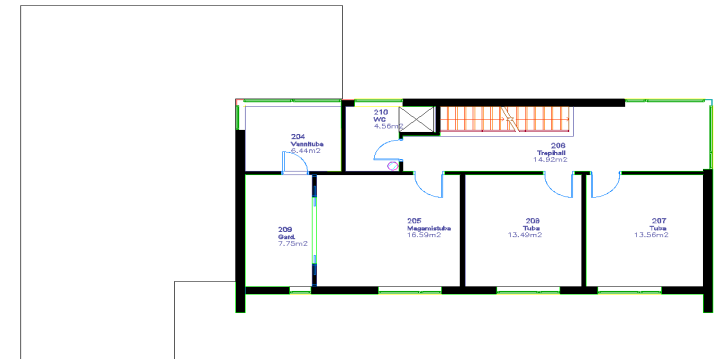
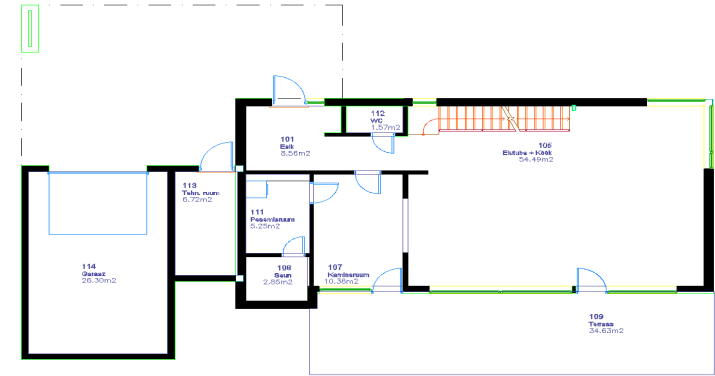


- **Välispiirete summaarne soojuse erikadu H , W/K:** soojuskadu läbi välispiirete, kui temperatuuride erinevus hoones ja väljas on 1 kraad.

Võrdlushoone näide

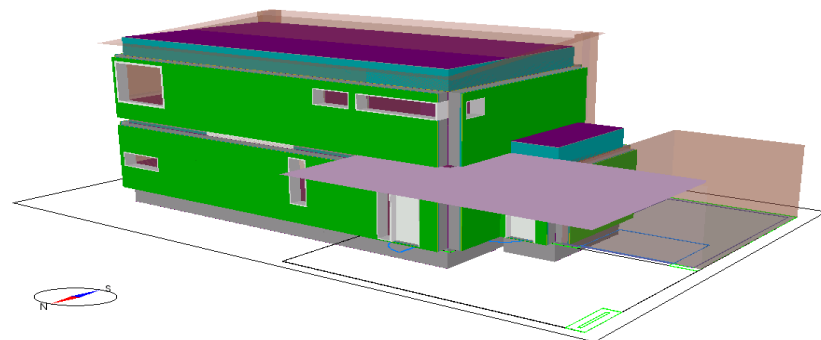
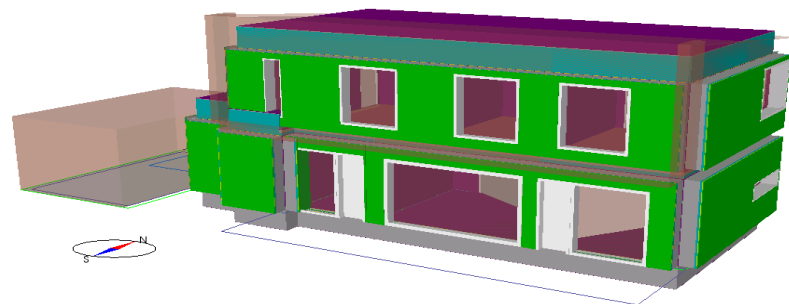


- 2 korrust;
- Kõnetav pind, 171 m²;
- Õhuvahetus 0,6 h⁻¹ (0,45l/(sm²))
- Akna pind 20% välisseintest,
- Kompaktsus A/V: 0,8,
- Energiaallikas:
 - elekterküte
 - keskküttekatel (õli, gaas, pellet)
 - soojuspump (maa, õhk-vesi)



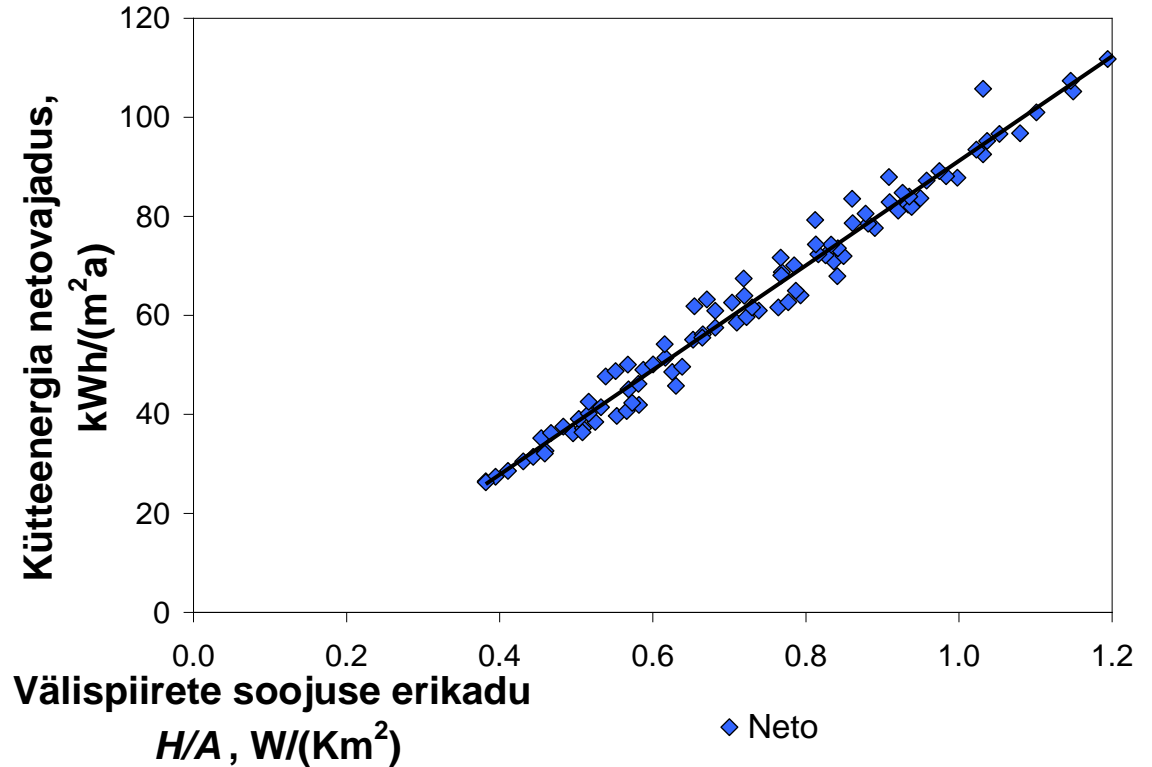
• Muutujad:

- Välistsein U 0.10...0.23 W/m²K
- Katus, põrand U 0.06...0.18 W/m²K
- Aknad U 0.60...1.1 W/m²K
- Külmasillad Ψ 0.01...0.12 W/mK
- Õhulekkearv q_{50} 0,6...3.0 m³/hm²
- Orientatsioon 8 suunda
- Akende pindala 5%...20%
- Ventilatsioon η 0...90%,
SFP 1.5...2.0
- 740 arvutust





Kütteenergia netovajadus

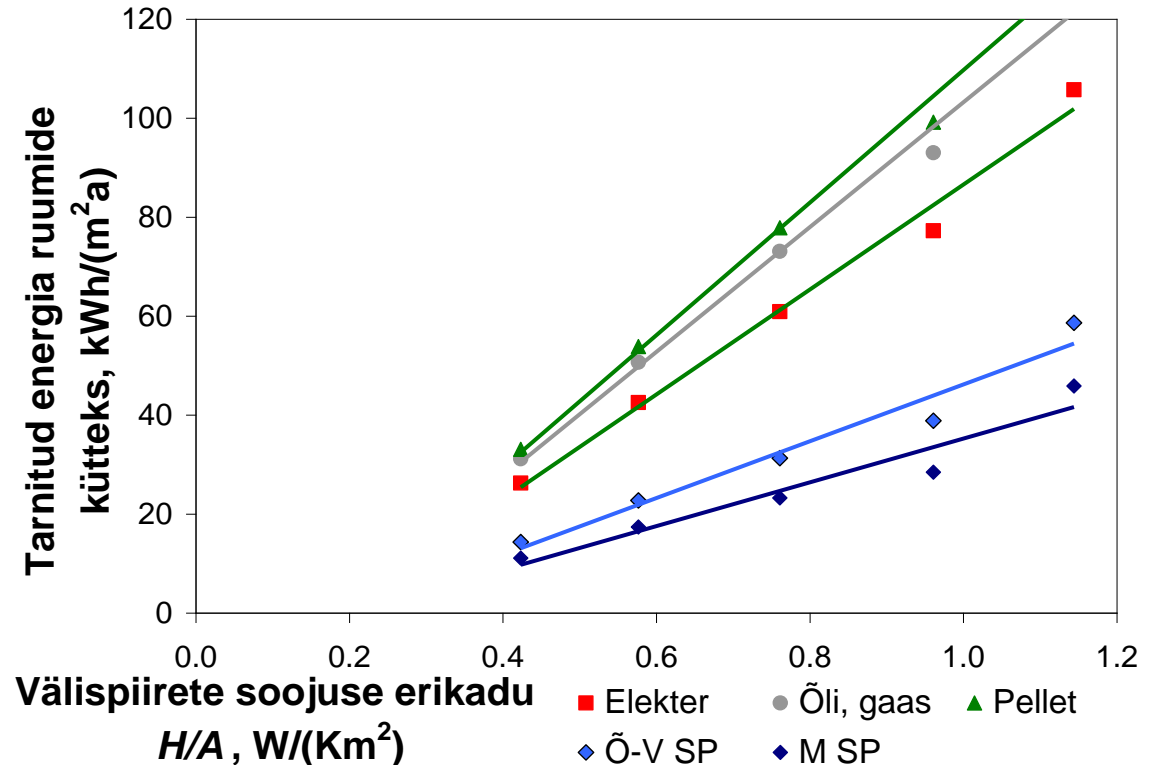




Tarnitud energia ruumide kütteks



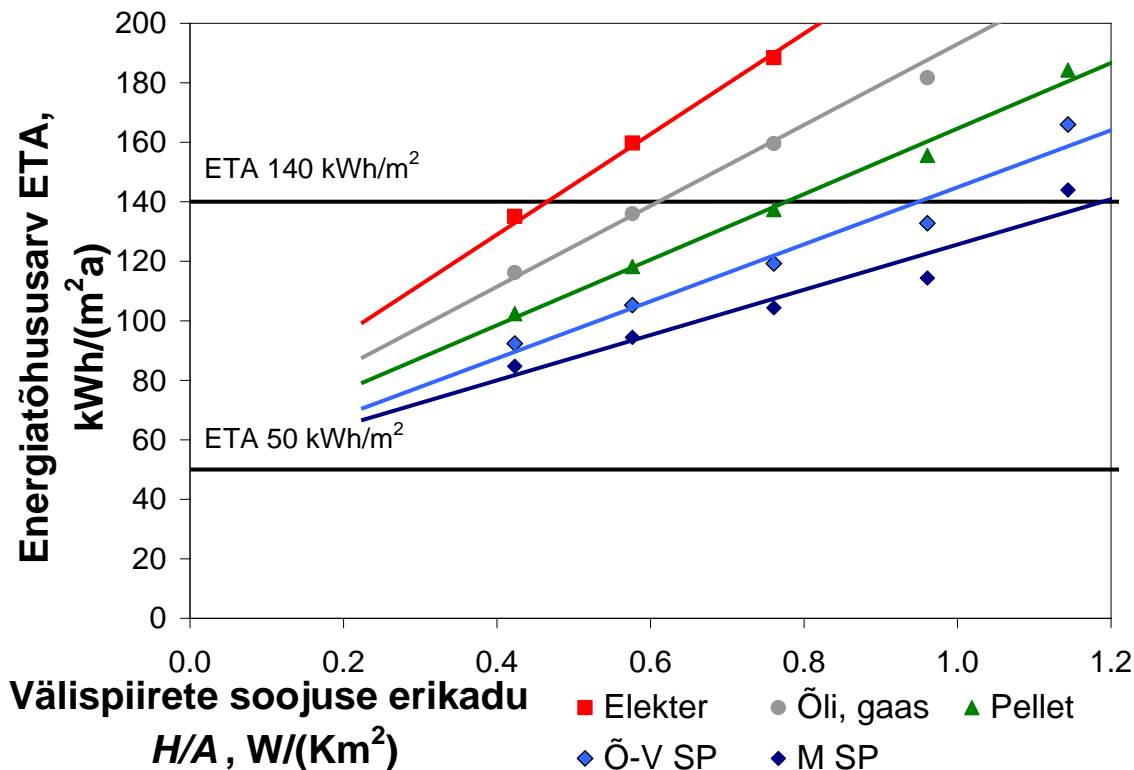
- Neto energia \Rightarrow tarnitud energia
 - soojusallika kasutegur, soojustegur
 - küttesüsteemi soojuskaod



Energiatõhususarv



- Tarnitud energia \Rightarrow Energiatõhususarv
– energiaallikate primaarenergiategur / kaalumistegur



Projekteerimise lähtekoht



- Soojuse erikao piirsuurus projekteerimise alustamiseks
(ETA 140 kWh/(m²a))

Hoonepiirete soojuse erikadu
 H/A , W/(m²·K);

Ilma jahutuseta

Jahutusega

Elekterküte

0.35...0.40

0.26...0.31

Õli / gaasi katel

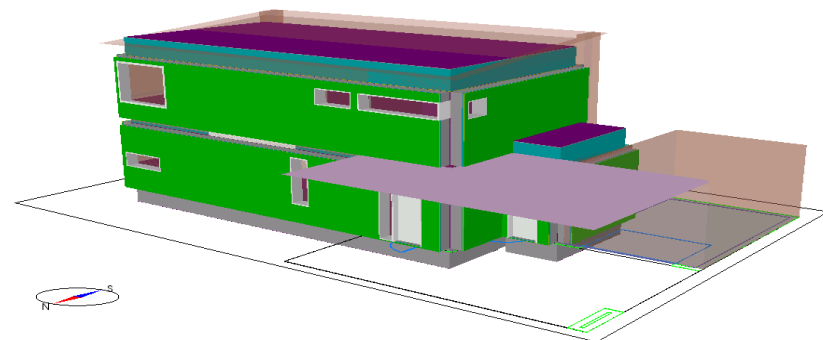
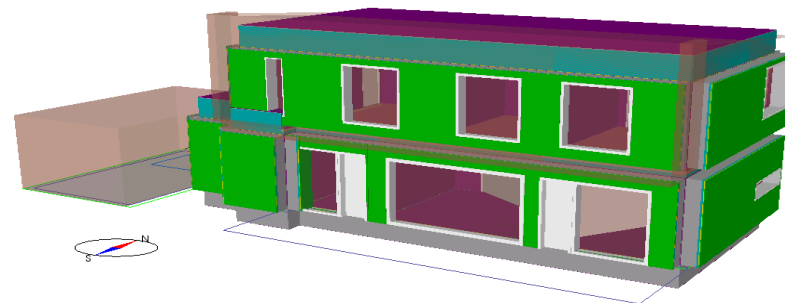
Pelleti katel

Õhk-vesi soojuspump

Maasoojuspump



- Tehnosüsteemide lähteandmed:
 - Energia-allikas: õhk-vesi soojuspump,
 - Ventilatsioon:
 - sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon, koos soojustagastiga (η 0,8; SPF 2,0 kW/(m³/s)
 - 0,45 l/(sm²), 0,6 h⁻¹
 - Akendel päikesekaitse, jahutus
- Taotluslik välispiirete summaarne soojuse erikadu köetava pinna ruutmeetri kohta $H/A \leq 0,74$ W/(m²K)





Arvutusnäide

$$H = \sum U_i \cdot A_i + \sum \Psi_j \cdot I_j + \sum \chi_p \cdot n_p + \rho_a \cdot c_a \cdot \dot{V}_{inf}, W/K$$



Arvutusnäide

Soojusjuhtivuskaod läbi piirdetarindite				Soojusjuhtivuskaod läbi külmasildade				Soojusjuhtivuskaod läbi õhulekkekohtade	
Piirdetarind	$U_i,$ W/(m ² ·K)	$A_i,$ m ²	$H_{juhtivus},$ W/K	Külmasild	$\Psi_i,$ W/(m·K)	$l_j,$ m ²	$H_{külmasild}$ W/K	Omadus	Suurus
Välissein				Välissein- välissein				Õhulekkearv $q_{50},$ m ³ /(h·m ²)	
Katus				Katus- välissein				$A_{välispiirded},$ m ²	
Põrand pinnasel*				Põrand- välissein				$\dot{V}_{inf},$ m ³ /s	
Aken				Akna seinakinnitus					
Uks				Ukse seinakinnitus					
Kokku:	$H_{juhtivus},$ W/K			$H_{külmasild},$ W/K				$H_{õhuleke},$ W/K	
Välispiirete summaarne soojuse erikadu				$\Sigma H,$ W/K					
Hoone köetav pind				$A_{köetav},$ m ²					
Välispiirete summaarne soojuse erikadu köetava pinna kohta				$\Sigma H / A_{köetav},$ W/(m ² ·K)					