

Research Fund
for Coal & Steel



Teraskonstruktsioonide jätkusuutlikkuse analüüs

KASUTUSFAAS

Juuni 2014



Ettekande sisu

1) Kasutusfaasi energiatarbe määramine

- Sissejuhatus
- Hoone asukoht ja kliima
- Energiatarbe arvutusmeetod
- Energiatarbe algoritm (kasutusfaas)

2) Algoritmi valideermine

- Referentstsoon (EN 15265:2007)
- Referentskorter (EN 15265:2007)
- Elamu juhtumiuuring (case-study)

3) Kokkuvõte



1) Kasutusfaasi energiatarbe määramine

Sissejuhatus

Algoritm kasutusfaasi energiatarbe
määramiseks on arendatud varasemalt
RFCS* uurimisprojekti raames

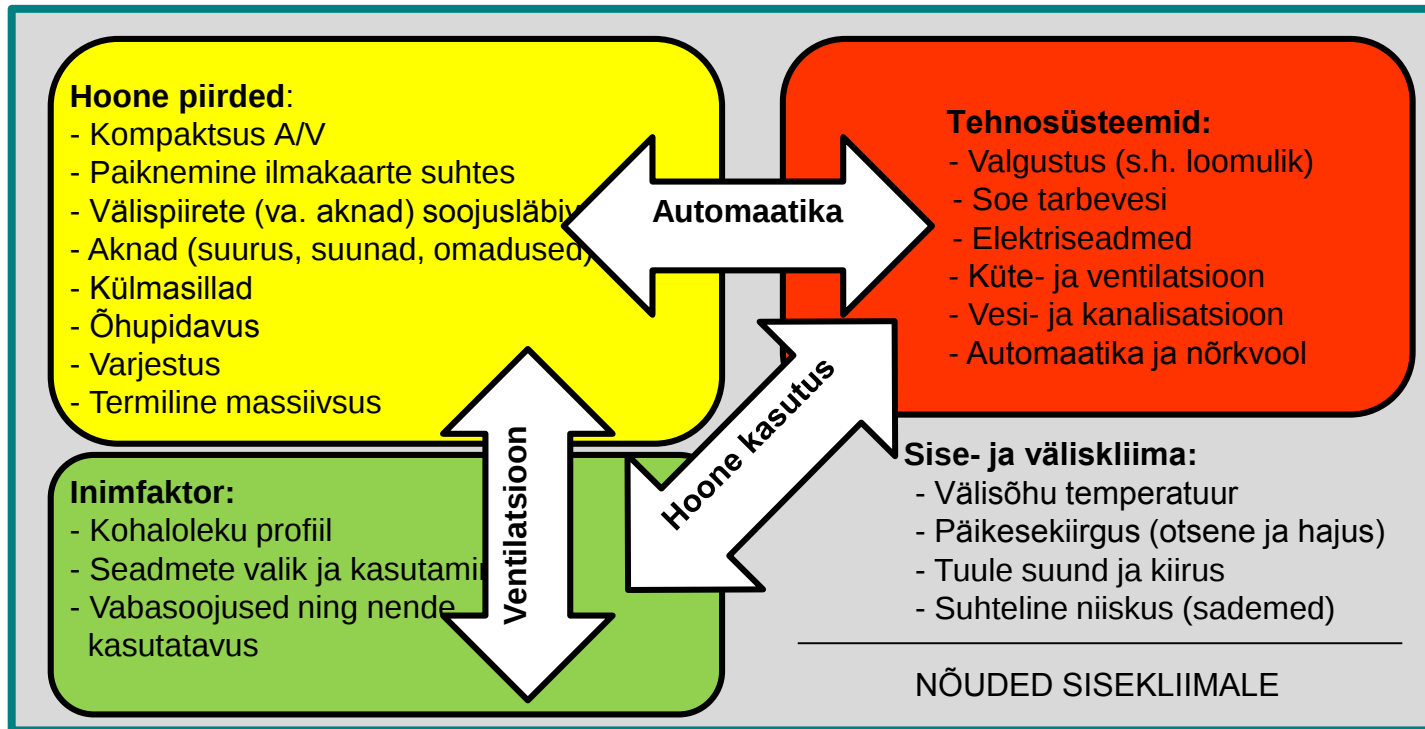


SB STEEL

***SB_Steel** (2014), Sustainable Building Project in Steel. Draft final report. RFSR-CT-2010-00027. Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel.

Sissejuhatatus

Kasutusaegse energiatarbe täpne hindamine (s.h. juba eskiisi staadiumis) on keerukas kuid vajalik!



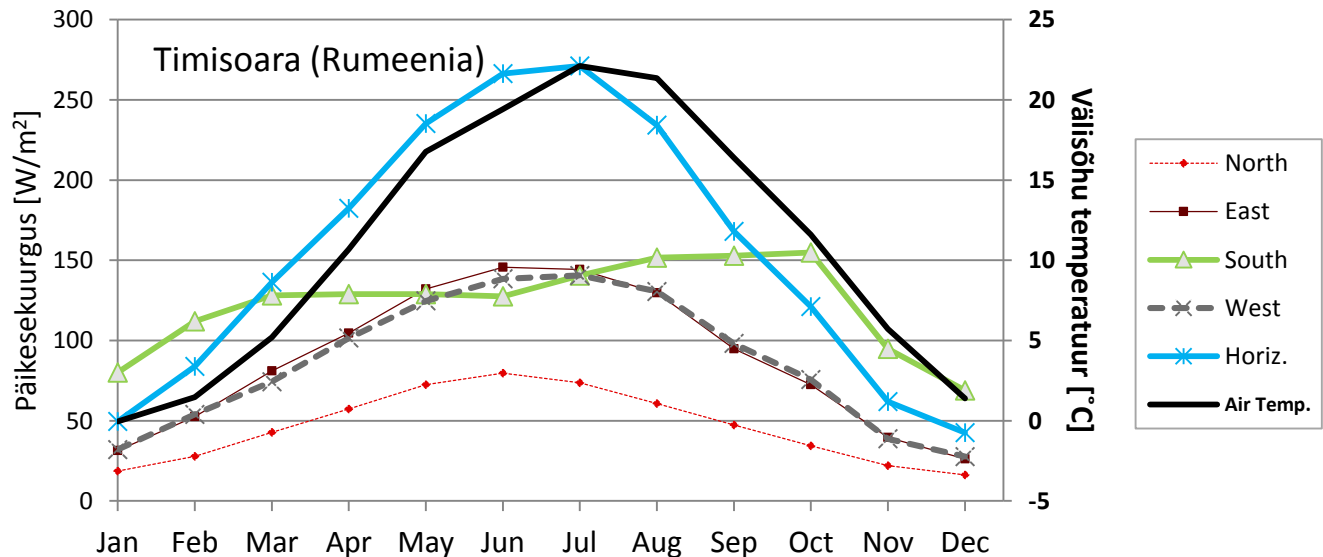
Hoone asukoht ja kliima

Hoone energiatarbe (nii küte kui ka jahutus) seisukohalt on hoone asukoha kliima ülioluline. Sellest tulenev on vajalik täpne informatsioon kahe suurima mõjuga kliimaparameetri kohta:

- Välisõhu temperatuur;
- Päikesekiirus vastava ilmakaare suunalisele pinnale (kevad ja suveperioodil).

Kasutatud väliskliima pärineb valdavalt EnergyPlus energiaarvutus tarkvara andmebaasist (EERE-USDoE, 2014) selle puudumisel projektipartnerite vahendusel kohalikust ilmateenistusest.

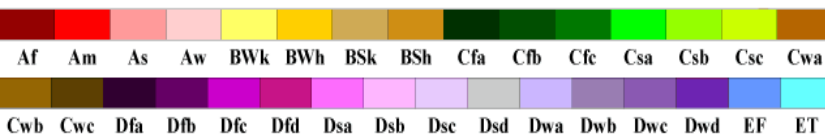
EERE-USDoE (2014), Energy Efficiency and Renewable Energy Website from the United States Department of Energy:
http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/region=6_europe_wmo_region_6



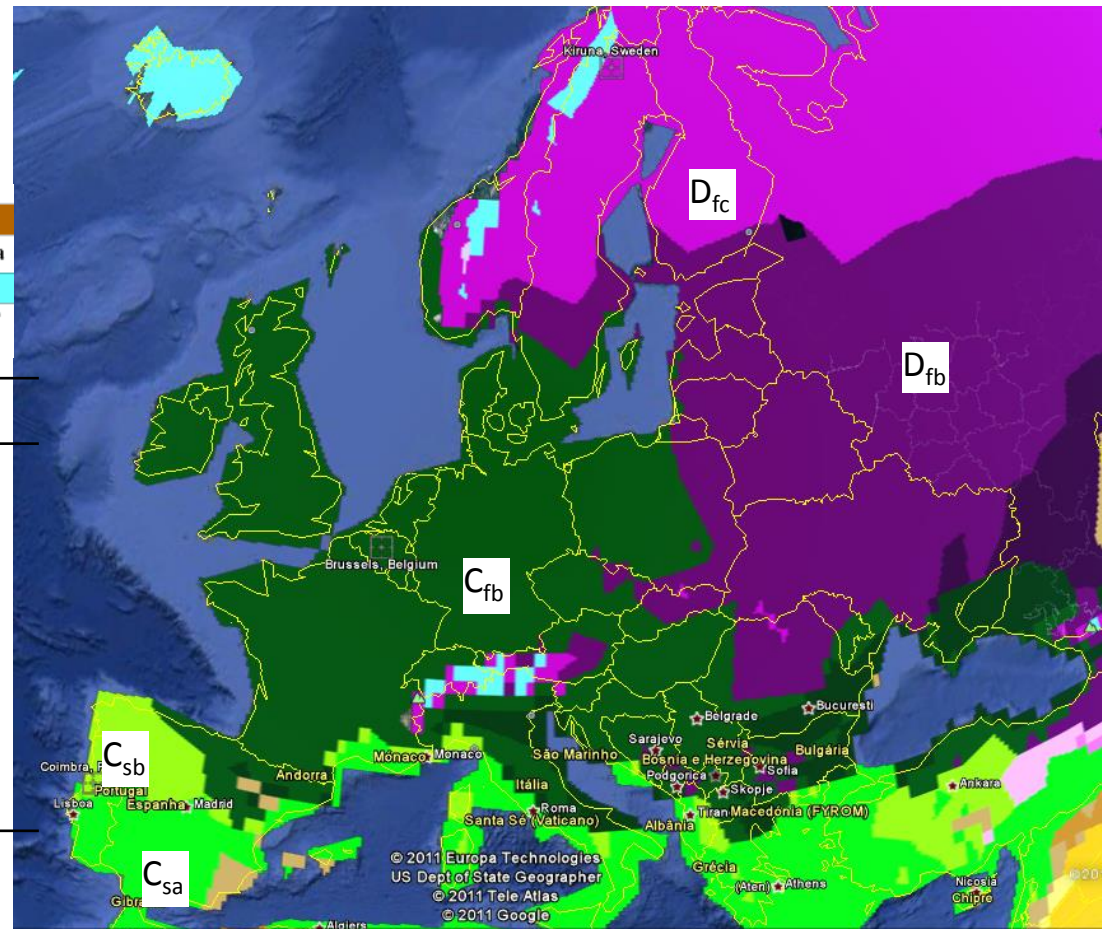


Hoone asukoht ja kliima

Meetod on hetkel valideeritud viie Köppen-Geiger kliima klassitsooni kohta: (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc.



Main Climates:	Precipitation:	Temperature:
A: ekvatoriaalne	W: kõrb	h: kuiv ja kuum
B: kuiv	S: stepp	F: igikelts
C: mõõdukalt soe	f: niiske	T: polaar-tundra
D: lumikattega	s: kuiv suvi	k: kuiv ja külm
E: polaarne	w: kuiv talv	a: kuum suvi
	m:	b: soe suvi
	mussoonvihmad	c: jahe suvi
		d: eksteemselt mandriline





Hoone asukoht ja kliima

52 linna andmebaas

City	Country	Climatic Region	City	Country	Climatic Region	City	Country	Climatic Region
Amsterdam	Netherlands	Cfb	Kiev	Ukraine	Dfb	Oslo	Norway	Dfb
Ankara	Turkey	Csb	Kiruna	Sweden	Dfc	Ostersund	Sweden	Dfc
Arhanglesk	Russia	Dfc	Kraków	Poland	Cfb	Paris	France	Cfb
Athens	Greece	Csa	La Coruña	Spain	Csb	Porto	Portugal	Csb
Barcelona	Spain	Csa	Lisbon	Portugal	Csa	Poznan	Poland	Cfb
Berlin	Germany	Cfb	Ljubljana	Slovenia	Cfb	Prague	Czech Republic	Cfb
Bilbao	Spain	Cfb	London	England	Cfb	Rome	Italy	Csa
Bratislava	Slovakia	Cfb	Lublin	Poland	Dfb	Salamanca	Spain	Csb
Brussels	Belgium	Cfb	Madrid	Spain	Csa	Sanremo	Italy	Csb
Cluj-Napoca	Romania	Dfb	Marseille	France	Csa	Sevilla	Spain	Csa
Coimbra	Portugal	Csb	Milan	Italy	Cfb	Stockholm	Sweden	Dfb
Gdansk	Poland	Cfb	Minsk	Belarus	Dfb	Tampere	Finland	Dfc
Genova	Italy	Csb	Montpellier	France	Csa	Timisoara	Romania	Cfb
Graz	Austria	Dfb	Moscow	Russia	Dfb	Vienna	Austria	Dfb
Hamburg	Germany	Cfb	Munich	Germany	Cfb	Warsaw	Poland	Dfb
Helsinki	Finland	Dfb	Nantes	France	Cfb	Wroclaw	Poland	Cfb
Istambul	Turkey	Csa	Nice	France	Csb			
Katowice	Poland	Cfb	Opole	Poland	Cfb			



Energiatarbe arvutusmeetod

AMECO 3 lihtsustatud algoritm võimaldab prognooside hoone energiavajadust:

- Ruumide kütteks;
- Ruumide jahutamiseks;
- Sooja tarbevee tootmiseks (DHW).

Algoritm põhineb rahvusvaheliste standardite sisul ja ettekirjutistel.

Kütte- ja jahutusenergiatarbe arvutatakse kuukeskmiste meetodil **ISO 13790 (2008)**.

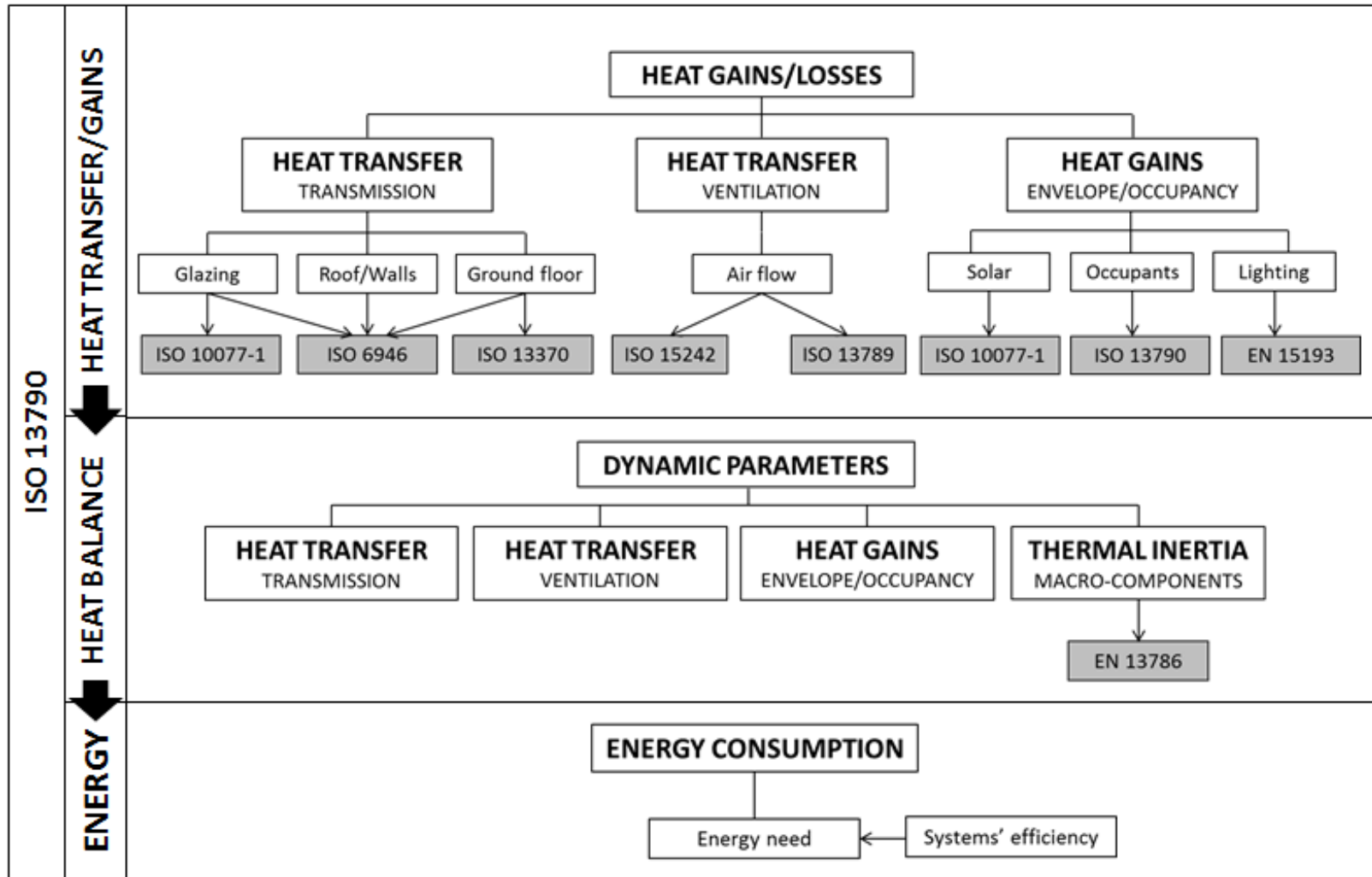
Energiatarbe sooja tarbevee valmistamiseks arvutatakse vastavalt **EN 15316-3-1 (2007)**.

ISO 13790 (2008), Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling, CEN – European committee for Standardization.

EN 15316-3-1 (2007), Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements), CEN – European committee for Standardization.

Energiatarbe arvutusmeetod

Kuukeskmiste meetod





Algoritm kasutusfaasi energiatarbe määramiseks

Peamised sisendid (inputs)

HOONE ASUKOHT → seotud kliimaga (konkreetne linn või piirkond):

- i) välisõhu temperatuur;
- ii) päikesekiirgus vastava ilmakaare suunalisele pinnale.

HOONE TÜÜP: elamu (üksikelamu, korterelamu), büroo, tööstushoone.

HOONE VÄLISPIIRDED (välissein, katus, põrand välisõhu kohal/põrand pinnasel, avatäited).

HOONE KUJU, SUURUS JA SUUND (pikkus, laius, kõrgus, korruste arv, liigendatus).

SISEKLIIMA: kütte ja jahutuse temperatuurid, ventilatsiooni õhuvooluhulgad.

TEHNOSÜSTEEMID sisekliima tagamiseks ja sooja tarbevee valmistamiseks.

Peamised väljundid (outputs)

Energiatarve kütteks, jahutuseks ja sooja tarbevee valmistamiseks.

Soojusbilanss läbi välispiirete (sein, katus, põrand, aknad/uksed).



Algoritm kasutusfaasi energiatarbe määramiseks

Tegevused, et arvutada energiatarvet ruumide kütteks: **HEATING**, $Q_{H,nd}$:

1) Soojusbilanss eeldades pidevat kütet:

a) $Q_{H,ht}$ Kõik soojuskaod (läbivus + ventilatsioon)

b) $Q_{H,gn}$ Kõik vabasoojused (sisemised + päike)

c) $\eta_{H,gn}$ Vabasoojuste utilisatsioonitegur

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

2) Parand tsüklilise kütte puhul:

a) Tsüklilise kütte vähendustegur ($a_{H,red}$)

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} Q_{H,nd,cont}$$



Algoritm kasutusfaasi energiatarbe määramiseks

Tegevused, et arvutada energiatarvet ruumide jahutamiseks **COOLING***, $Q_{C,nd}$:

1) Soojusbilanss eeldades pidevat jahutust:

a) $Q_{C,ht}$ Kõik soojuskaod (läbivus + ventilatsioon)

b) $Q_{C,gn}$ Kõik vabasoojused (sisemised + päike)

c) $\eta_{C,ls}$ Kadude utilisatsioonitegur

Võrdlus küttega:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

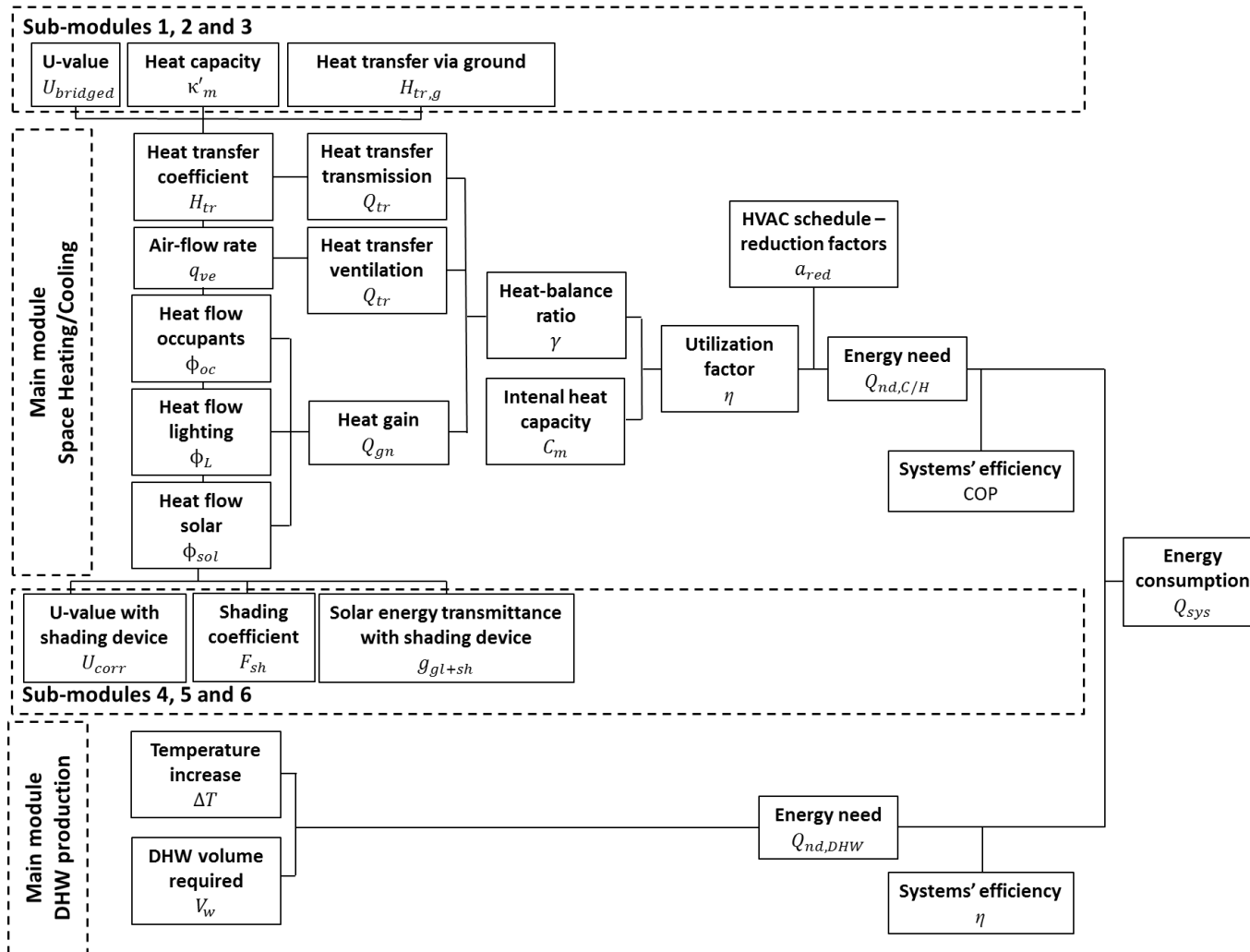
$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht}$$

2) Parand tsüklilise jahutuse puhul:

a) Tsüklilise jahutuse vähendustegur

* Sarnane lähenemine nagu kütte puhul

Algoritm kasutusfaasi energiatarbe määramiseks





2) Meetodi valideerimine

Energiavajaduse arvutus

Algoritm prognoosimaks energiavajadust ruumide kütteks/jahutuseks valideeriti ja selle täpsuses erinevatel tasemetel veendutud (**Santos et al. 2014**):

- Referentstsoon (**EN 15265:2007**);
- Referentskorter (**EN 15265:2007**);
- Elamu juhtumiuuring (case-study).

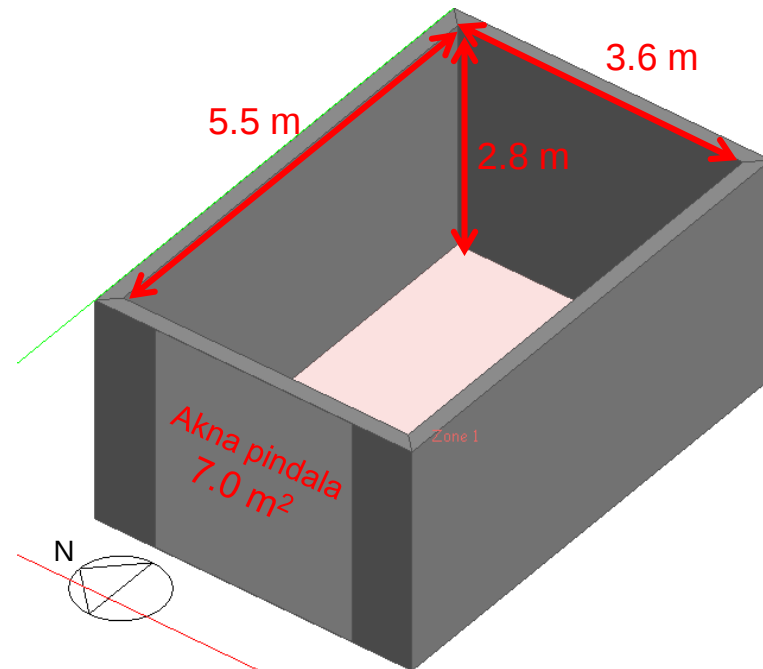
P. SANTOS; R. MARTINS; H. GERVÁSIO; L. SIMÕES DA SILVA, "Assessment of building operational energy at early stages of design – A monthly quasi-steady-state approach", **Energy and Buildings** (ISSN: 0378-7788), vol. 79, pp. 58–73, 2014.

EN 15265 (2007), Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures. CEN - European Committee for Standardization.

Referentstsoon (EN 15265:2007)

Standard näeb tsoonile ette 12 arvutusolukorda

(Informatiivne)	Test 1 Referentsolukord Test 2 Suurem termiline massiivsus Test 3 Vabasoojused puuduvad Test 4 Päikesekaitse puudub
Itehnosüsteemide tsükliline töö	Test 5 = Test1 + Test 6 = Test2 + Test 7 = Test3 + Test 8 = Test4 + Tehnosüsteemide töö ainult 8h00-18h00 Esmaspäevast reedeni
Tehnosüsteemide tsükliline töö+ tuulutusvahega katus	Test 9 = Test5 + Test 10 = Test6 + Test 11 = Test7 + Test 12 = Test8 + Tuulutusvahega katus

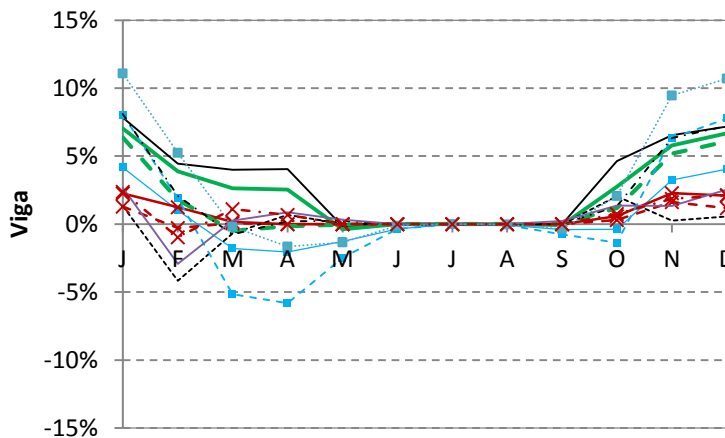


Need 12 arvutusolukorda võimaldavad näha parameetrite mõju energiatarbele, nt: varjestus, termiline massiivsus, tehnosüsteemide pidev/tsükliline töö, vabasoojused jne.

Referentstsoon (EN 15265:2007)

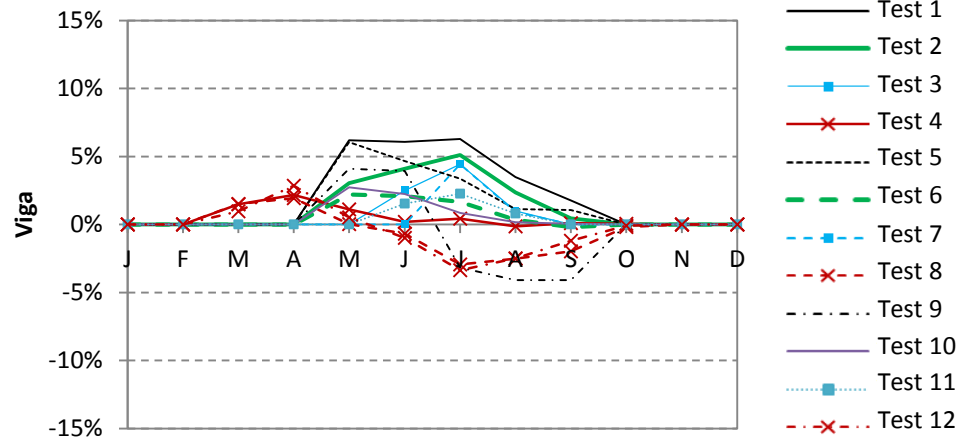
Algoritmi täpsus sõltub: arvutusolikorrast, kuust ning kas tegemist on kütte või jahutusrežiimiga

Maksimaalne viga kuu kohta < 12%



a) Kütterežiim

Maksimaalne viga kuu kohta < 7%

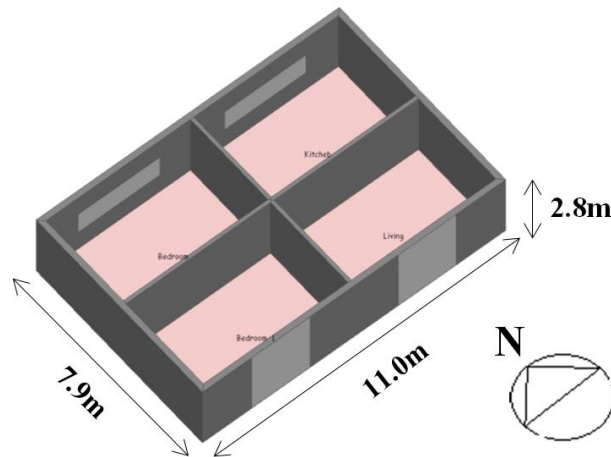


b) Jahutusrežiim

Ruumi kütmise/jahutuse algoritmi täpsus kuupõhises arvestuses: 12 arvutusolukorda (EN 15265:2007)

Referentskorter (EN 15265:2007)

Kuna kuupõhine algoritm vaatleb hoone kui terviku energiavajadust (mitte ühe tsooni või korteri oma) EN 15265 (2007) järgi, teostati valideerimine uute testarvutustega mis esindavad tüüpset, iseloomulikku kortermaja.



a) Hoone mudel (sisemõõtudega)

Element	Soojus-läbivus U [W/m ² .K]	Soojus-mahtuvus [J/m ² .K]
Välissein	0.493	81297
Sisesein	-	9146
Katus	0.243	6697
Põrand pinnasel	-	63380

Arvutus-olukord	Klaaspind/välissein [%]	Põhjasuunaline aken/välissein [%]	Lõunasuunaline aken/välissein [%]	Varjestus
T1	35	36	54	ON
T2				OFF
T3	25	20	40	ON
T4				OFF
T5	15	12	24	ON
T6				OFF

Parandustegurite valideerimisel kasutatud näidiskortermaja



Üksikelamu juhtumiuuring (case study)

Kahekorruseline terrassõrestikul üksikelamu Coimbras (Portugal).



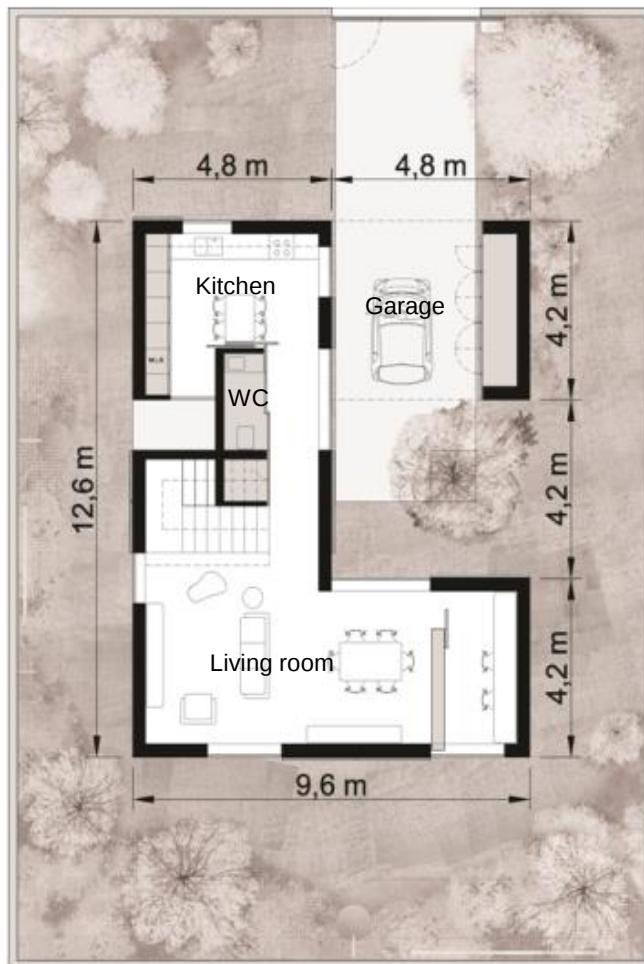
Vaade edelast



Vaade loodest

Üksikelamu juhtumiuuring (case study)

1. korruse plaan



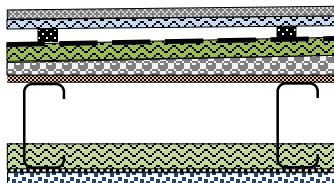
2. korruse plaan



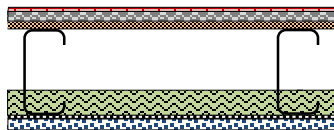
Üksikelamu juhtumiuuring (case study)

Läbipaistmatud välispiirded:

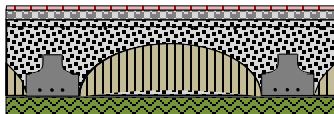
Katus



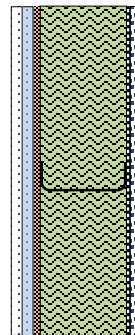
Vahelagi



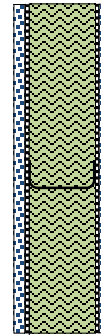
Põrand pinnasel



Välissein



Sisesein



Soojuslikud näitajad:

Element	Soojus-läbivus U, [W/m ² .K]	Soojus-mahtuvus [J/m ² .K]
Katus	0.37	13435
Vahelagi	-	61062
Põrand pinnasel	0.60	65957
Välissein	0.29	13391
Sisesein	-	26782

Läbipaistvad välispiirded:

Soojuslikud näitajad:

Materjalid	Soojus-läbivus U [W/m ² .K]	SHGC
PVC raam ja kahekordne pakett (8+6 mm, õhkvahe 14 mm)	2.60	0.78

SHGC – Päikeseenergia läbivus

Üksikelamu juhtumiuuring (case study)

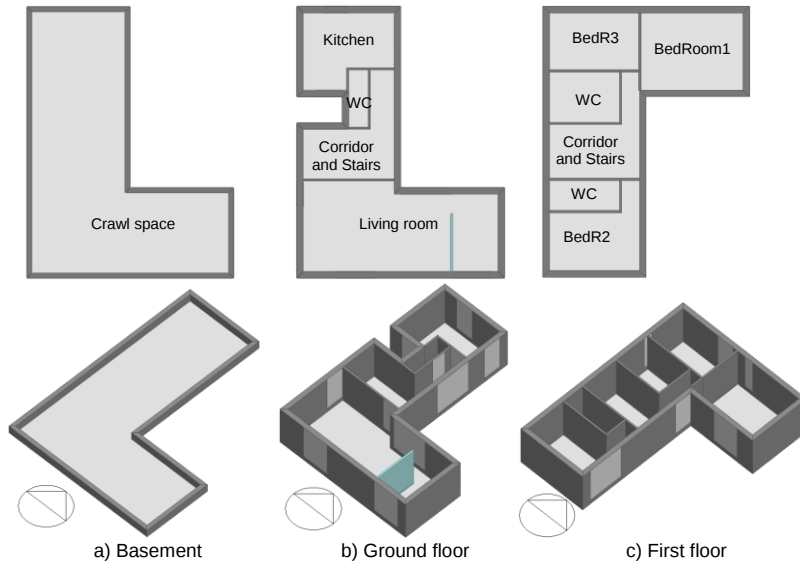
Tulemused arvutati dünaamilise simulatsioonitarkvaraga.



Mudel jaotati kümneks tsooniks:



3D vaade DsB mudelist



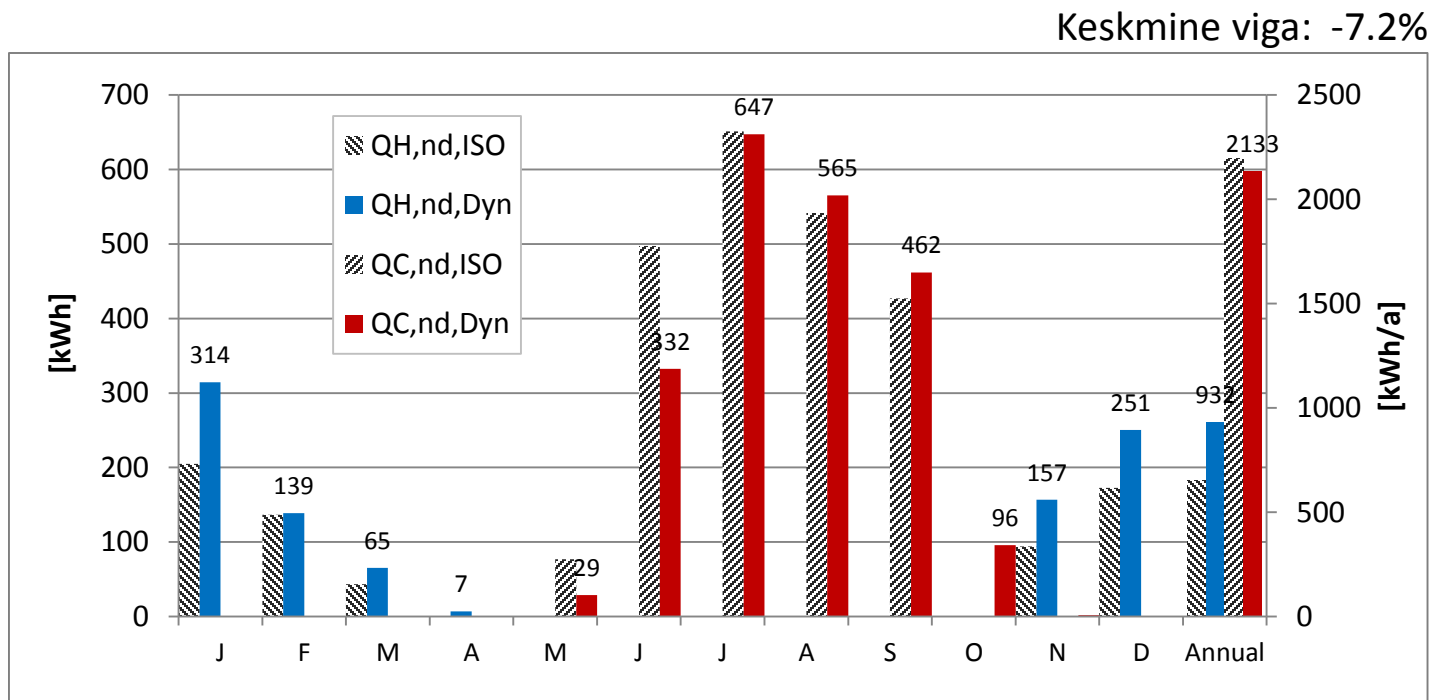
Hoone plaanid



Varjud 10. augustil

Üksikelamu juhtumiuuring (case study)

Tulemused:



Hoone energiavajadus ruumide kütteks ja jahutuseks:
dünaamiline arvutus (Dyn) vs kuupõhine algoritm (ISO)



3) Kokkuvõte

- Elutsükli analüüsis on olulised nii kasutusfaasi energia kui ka materjalide asjastatud energia.
- Kasutusfaasi energiatarbe täpne prognoosimine on keerukas ning sõltub paljudest parameetritest.
- Energiavajaduse hindamiseks ruumide kütteks, jahutuseks ja sooja tarbevee valmistamiseks kasutati lihtsustatud algoritmi arvestades rahvusvahelisi standardeid.
- Kuupõhise meetodi täpsuses (ISO 13790) veenduti võrdlusarvutuse abil dünaamilise simulatsioonitarkvaraga.
- Tulemuste võrdlus võimaldab järeldada sellise lähenemise mõistlikku täpsust (keskmine viga <10%).