

EKTK seminar 25.08.2015

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

**steep** | ESTI KÄIBANOUS-TOOSTUSKODA  
Support & Training for an Excellent Energy Efficiency Performance

## 5. Võimalused hoonete soojusvajaduse vähendamiseks ja ülevaade nendega seotud aspektidest

Jaanus Hallik  
Building numerics OÜ | TÜ EETLabor

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

**Olulised aspektid kõrge energiatõhususega hooneloomisel:**

1. väga hea soojustus;
2. hoonekarbi väga hea õhupidavus;
3. akende paigutus ja kvaliteet võimaldab päikeseenergia passiivset kasutust;
4. kõrge tõhususega soojatagastusega sündventilatsioon;
5. konstruktiivsete külmasildade vältimine; (täiendavad lahendused primaarenergia vajaduse vähendamiseks)
- 6.

EKTK seminar 25.08.2015

## Uue hooneloomise kavandamine

Energiaõhususe konseptsioon tuleb paika panna juba hooneloomise faasis ning ruumiprogramm ja mahu loomist tuleb loetada energiaarvutustega pöörates tähelepanu järgmistele aspektidele:

- Hoone vorm oleks võimalikult kompaktne
- Aknapindade suurus ja orientatsioon oleks vastavuses hooneloomisega (vabasoojus VS päikesekaitse)
- Hoone piirete soojuslähivus oleks väga madal - eeskätt avatähtede valikul ning avatähtede jaotuse kujundamisel.
- Külmasilad hooneloomisel peaksid olema arvatud ning optimeeritud
- Hoone tehnosüsteemid oleksid eluhoonete puhul võimalikult lihtsad ning kõrge tõhususega!
- Hoone tehnosüsteemid oleksid eluhoonete puhul paindlikult juhitavad ja samuti kõrge tõhususega!
- Hoone õhupidavuse tagamine oleks läbi mõeldud ning seda tuleb ehituse ajal kontrollida!

**Eesti kliimas on peamised soojuskadud seotud ventilatsioonisüsteemi ning avatähtedega!**

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

## Hoonete rekonstrueerimine

Enne rekonstrueerimise kavandamist tuleks energiaõhususe konseptsioon korraldada läbi mõelda, kuid paljud olulised aspektid (kompaktsus jne) ei ole enam muudetavad.

- Rekonstrueerimisel on seetõttu rõhk pigem tehnosüsteemide efektiivsuse olulisel parandamisel ning küttesüsteemi efektiivsuse olulisel suurendamisel (soojuspumpasüsteemide kasutamine).
- Palavuse vähendamiseks tuleks analüüsida täiendava päikesekaitse vajadust ning passiivsete jahutusmeetmete rakendamise võimalusi (loomulik ja õine tuulutamise jne).
- Piirete täiendaval soojustamisel tuleb pöörata erilist tähelepanu külmasildade mõju vähendamisele (olemasoleva konstruktsiooni puhul pole külmasildu täieliku võimalik vältida).
- Piirete rekonstrueerimisel tuleb erilist tähelepanu pöörata õhupidavuse tagamisele ja kontrollile!
- Hoone tehnosüsteemid oleksid eluhoonete puhul paindlikult juhitavad ja samuti kõrge tõhususega!

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

## Olulised aspektid tehnosüsteemide kavandamisel

Põhinõuded tehnosüsteemidele on eeskätt seotud projekteerimisprotsessiga:

- ventilatsioonil peab olema väga tõhus soojustagastus, temperatuuri suhtarv >0,8,
- ventilatsiooni elektritarbimine peab olema väike, SFP<1,5...2 kW/(m3/s),
- Eelistada tuleb vajaduspõhised ventilatsioonilahendused,
- soojusallikas peab olema suure kasuteguriga,
- eelistada tuleks taastuvatest energiaallikatest saadavat soojus- või elektrienergiat,
- kasutada väikese energiatarbega elektriseadmeid,
- kasutada väikese energiatarbega valgustust,
- oskusiikult kasutada valgustuseks päevavalgust,
- tehnosüsteemide adekvaatselt toimiv automaatika,
- maksimaalne taastuenergia kasutamine,
- jahutuseks kasutada maksimaalselt passiivseid meetmeid.
- Projekteerimisel tuleb minimeerida soojuse jaotamise ja hoidmisega seotud kadusid!**

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

## ventilatsioonil peab olema väga tõhus soojustagastus

- Seejuures on oluline hoida õhuvoolud tasakaalustatuna, kuna väikese väljatõmbe korral soojustagastuse tõhusus langeb (san. ruumide eraldi väljatõmbed jne).
- Kõrge tõhususega soojustagastuse puhul tuleb kindlasti lahendada soojusvaheti külmumise kaitse ning õhkkütte puhul ka õhkkütetektorifeeri külmumise kaitse.
- „Külmad“ või „soojad“ (kui agregaat on külm) torud tuleb piisavalt soojustada.
- Õhkkütte puhul tuleb ka „soojad“ torud piisavalt soojustada.

Caution, condensation: vapour barrier required!

Source: [PH] Author: [PH]

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Külmade torude soojustamine, vigade vältimine

- Ebapiisava soojustamise ja tihendamise puhul oht kondenssi tekkeks.
- Soojustusvahust (armaflex) katted on üldjuhul parim lahendus. (Võimalikud on ka kombineeritud lahendused)
- Veakohti tuleks järjepidevalt jälgida ja parandada, kui on tekkinud.



Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Torude soojustuskihi kontroll ehitusjärelvalvel



E.C.1.4.171008 Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### ventilatsiooni elektritarbimine peab olema väike

SFP < 1,5...2 kW/(m<sup>3</sup>/s), elamutes võimalusel veelgi madalam. Selleks tuleb projekti optimeerida:

- Võimalikult madal rõhulang (lühikesed torud, vähe põlvi ja pööranguid, madalad õhu liikumise kiirused).
- Efektivsete alalisvoolumootoritega ventilatsiooniagregaadid.
- Paindlik ventilatsioonisüsteemi juhtimine -> isoonidepõhine juhtimine, vajadusepõhine juhtimine.
- Õhkkütte puhul kindlasti tsirkulatsioonisüsteemid, et vältida külmakaitsetega seotud energiakulu!

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Soojusallikas ja küttesüsteem peab olema suure kasuteguriga

Liginullenergiahoonete puhul on vajalik kõrge kasuteguriga soojusallikate kasutamine:

- Erinevad soojuspumpade kombineeritud madaltemperatuurse pindküttega (põranda või seinaküte), Gaasikondensaatkattad, kaugküte.
- Ruumilahenduse planeerimisel ja eriosade projekteerimisel tuleb torustikuga seotud soojuskadusid energiakulu minimeerida:
  - võimalikult lühike kütte jaotustorustik
  - Kütte torud soojustada külmas tsoonis soojustada paksusega ca 1.5 ... 2.0 toru nominaalsest diameetrist;
  - Efektivesed ringluspumpad ja läbimõeldud automaatika.
- Maasoojuspumpade puhul on ringluspumpade efektiivsus eriti oluline, kuna reaalse soojusenergiavajadus on väga väike.

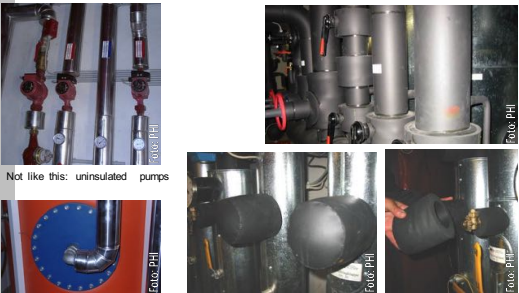
Samas on oluline tähele panna, et elamute puhul domineerib liginullenergiahoonete puhul tarbevee soojendamise vajadus ning küttevajadus on madal, millega tuleb tehnosüsteemide projekteerimisel arvestada!

Projektpõhine tasuvusanalüüs -> eelistada tuleks lihtsamaid süsteeme!

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Pumpade ja ühenduste täiendav soojustamine



Not like this: uninsulated pumps

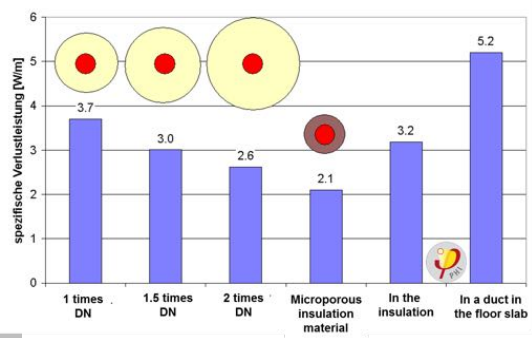
Not like this: uninsulated storage tank connection

Fittings covered by insulating mouldings. Prefabricated insulating mouldings are available by now.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Soojuskadu DN50 küttestorust (55 ° C/20 ° C)



Insulation Scenario	Specific Heat Loss [W/m]
1 times DN	3.7
1.5 times DN	3.0
2 times DN	2.6
Microporous insulation material	2.1
In the insulation	3.2
In a duct in the floor slab	5.2

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Näited

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Soojusallikas ja küttesüsteem peab olema suure kasuteguriga

Tarbeeesüsteemides hakkavad olulist rolli mängima ka standby soojuskaod!

- Sooja tarbevee jaotustorude soojustamine 1.5 x toru diameeter paksuses.
- Sooja tarbevee mahuti täiendav soojustamine objektil.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Heat distribution losses in PH-development Wiesbaden

Distribution losses approx. 17 % in relation to the total consumption

Heat distribution inside the thermal envelope and in a subsoil duct

E-C.2.2 20 1009 | Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Passive House apartment block

Frankfurt, „Living at St. Jacob“  
Architect: faktor10, Darmstadt  
Developer: ABG Frankfurt Holding

Block A (11 apartments)      Block B (9 apartments)

South-East elevation      View from the garden      Technical services room      Street view

E-C.2.2 21 1009 | Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Passive House apartment block

Frankfurt, „Living at St. Jacob“  
Architect: faktor10, Darmstadt  
Developer: ABG Frankfurt Holding

Heat distribution pipe for heating and hot water

Block B

Block A

Stair core with technical services room in the basement

E-C.2.2 22 1009 | Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Relation between useful heat and distribution losses

Frankfurt: Passive House at St. Jakob 2003/2004

Heat kWh/m<sup>2</sup>a

Calculated: per m<sup>2</sup> of living area

- I Generation losses B
- Distribution losses B
- Hot water B
- Pipes/useable
- Heating block B

E-C.2.2 23 1009 | Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### KOKKUVÕTTEKS

Liginullenergiahoone tasemel energiatõhususe saavutamine eeldab kompleksset ja terviklikku lähenemist alates hoone projekteerimisest kuni ehitamiseni ja hoone kasutamiseni ning haldamiseni välja.

Projekteerijad peavad ÜHTSE meeskonnana kavandama läbimõeldud ja efektiivse lahenduse kõikides hoone aspektides ... ning

... ehitaja peab kvaliteetselt realiseerima etteantud lahendused nähes ette vajalikud kontrolletapid tööde kvaliteedi jooksuks kontrolliks ja vastavuse tagamiseks!

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### KOKKUVÕTTEKS

- Uute hoonete kavandamisel tuleb piiretega seotud energiatõhususe meetmed rakendada tulevikku vaatavalt, sest oodatav eluiga on pikk (ca 30-40 a) ning vahepealne uuendamine ei ole majanduslikult tasuv.
- Uute hoonete tehnosüsteemidega seotud ET meetmete eluiga on lühem, mistõttu eelistada tuleks optimaalseid lahendusi.
- Olemasolevate hoonete rekonstrueerimisel ei ole piire täiendavad soojustamised jms analoogsed ET meetmed üldjuhul majanduslikult tasuvad ning eeskätt tuleks tegeleda valgustus ja elektrisüsteemi efektiivsemaks muutmise ja tehnosüsteemide kaasajastamise ning taastuenergia kasutusvõimaluste loomisega.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Lokaalsete taastuenergiastüsteemide rakendamine

Nii uute hoonete kavandamisel kui olemasolevate hoonete rekonstrueerimisel on tulevikus vajalik lokaalsete taastuenergiastüsteemide kasutamine.

Seetõttu on oluline uute hoonete arhitektuurse lahenduse loomisel näha ette võimalikud pinnad nt päikesepaneelide paigaldamiseks oluline on seejuures:

- Osalise varjutuse vältimine;
- Hoone energiakasutuse katmiseks vajaliku pindalaga alade loomine arhitektuuri
- Hoone või selle osade (nt katusepinna) orientatsiooni optimeerimine taastuenergia toomise efektiivsuse tõstmiseks.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Lokaalsed taastuenergiastüsteemid

**Lokaalne taastuenergia** – hoones või kinnistul päikese-, vee-, pinnase- või tuuleenergiast toodetud elekter või soojusenergia. Soojuspumpade puhul võetakse energiaallikast saadud taastuenergia energiaarvutuses arvesse soojuspumba soojusteguriga;

**Liginullenergiahoone** taseme saamiseks tuleb igal juhul lokaalselt toota **elektrienergiat**. Võimalik on kasutada ka elektri ja soojusenergia toomiseks kombineeritud süsteeme, aga siin on määravaks süsteemide tasuvus.

Lokaalselt sobivad elektri tootmiseks väiketuulikud ning PV päikesepaneelid. Neid saab vajadusel kombineerida soojuslike päikesepaneelide ehk päikesekollektoritega.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

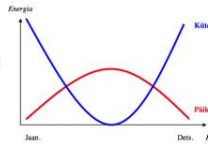
EKTK seminar 25.08.2015

### Päikesekollektorid e soojuslikud päikesepaneelid

Soojust tootvad päikesekollektorid jagunevad lame- ja vaakumpaneelideks. Korterelamute soojusvarustuseks võib kasutada mõlemat tüüpi paneele.

Võrreldes tavakorterelamutega on madalenergiaelamutes kütteperiood oluliselt lühem, st kütteperiood lõppeb varem ja algab hiljem. Korterelamu küttevajadus ja kollektorile tulev päikesekiirgus on aasta arvestuses vastasfaasis. Talvel on küttevajadus suur, aga päikesekiirgust vähe, suvel vastupidi.

Seetõttu ei saa Eesti kliimas kasutada päikesekollektoreid korterelamu põhilise kütteallikana. Päikesekollektorid sobivad igati korterelamu sooja tarbevee valmistamiseks. Aastasest tarbevee soojusest võib õigesti ja optimaalselt paigaldatud päikesekollektoritega katta ligikaudu 50...70%.



Allikas: Madalenergia- ja liginullenergiahoone teo kavandamine. Juhend korterelamute projekteerijatele, ehitajatele ja tellijatele

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Päikesekollektorid e soojuslikud päikesepaneelid

- Päikesekollektorsüsteemi kasuteguri suurendamiseks kasutatakse kihtlaadimispaake ja keerulisemat automaatikat.
- Eluhoonetes optimaalne kaldenurk ca 45 kraadi;
- Optimaalne orientatsioon lõunasuunda  $\pm 15$  kraadi;
- Päikesekollektorite kavandamisel korterelamu sooja tarbevee saamiseks võib esialgses lahenduses lähtuda järgmistest ligikaudsetest näitajatest:
  - ühe korteri kohta on vaja 2...4 m<sup>2</sup> päikesekollektori pinda;
  - ühe kollektor m<sup>2</sup> kohta on vaja ca 50...100 l akumulationipaagi mahtu.
- Korterelamutes, kus soojusallikateks on nii maasojuspump kui ka päikesekollektorid, on otstarbekas päikesekollektorite toodetud suvine liigsoojus juhtida soojuspumba maakollektoritesse.

Allikas: Madalenergia- ja liginullenergiahoone teo kavandamine. Juhend korterelamute projekteerijatele, ehitajatele ja tellijatele

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### Päikesekollektorid e soojuslikud päikesepaneelid

Praktilised aspektid:

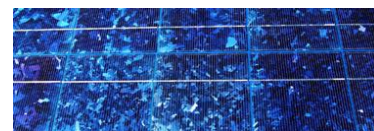
- Paneelitüübi valik sõltuvalt kasutada olevast pinnast. Piisava pinnala olemasolul ei ole vaakumpaneelil eluhoones tehnilist eelist.
- Konkreetse toote valiku puhul tuleb jälgida kollektori aktiivpinnala suurust,
- Sõltuvalt süsteemist võib akumuleerimispaak vajada objektil täiendavat soojustamist.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### (Photovoltaic) PV päikesepaneelid

- Ühest ruutmeetrist paneeli pinnast on ideaaltingimustel (selge ilm ja päikesekiired on risti paneeli pinnaga) võimalik saada elektrit suurusjärgus kuni 150 W. Õige orientatsiooniga ( $180 \pm 15$  kraadi, kaldenurk 40 kraadi) paigaldatud paneeli üheruutmeetrisest pinnast saab Eesti oludes elektrienergiat suurusjärgus 100...150 kWh aastas
- Toodetud elektrienergia kasutatakse osaliselt kohe hoones ning ülejääk puhverdatakse üldjuhul elektrivõrku, mida on võimalik hiljem tarbida – toimub nõ tsaarveldus elektrimüüjaga.

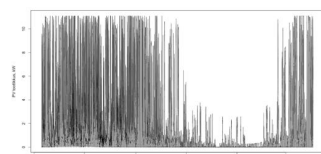


Allikas: Madalenergia - ja ligi nullenergiahoone tekkimise kavandamine. Juhend korterelamute projektseisjatele, ehitajatele ja tellijatele

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### Päikeseelektri jaam 12.94 kW Põlvas



**66 paneeli (ca 90 m<sup>2</sup>),  
11 kW inverter, müük  
elektrivõrku.  
Aastane toodang ca  
11000 – 13000 kWh**



Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### (Photovoltaic) PV päikesepaneelid

Praktilised aspektid:

- Konkreetsete süsteemi valikul tuleb silmas pidada:
  - Paneelide nimivõimsused erinevad;
  - Inverteri võimsuse sobivus paneelide hulga;
  - Inverteri tehniliste omaduste sobivus elektrivõrguga ühendamisel – so vajalik sertifikaatide olemasolu ja vastavus etteantud nõuetele.

PV päikesepaneelid on väga tundlikud **osalisele varjutusele** – ühe paneelijaada 5% varjutamine vähendab kogu jada tootlikkust oluliselt (mõningatel andmetel ca 70-80% võrra). Seega tähelepanu tiheasustusaladel!

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

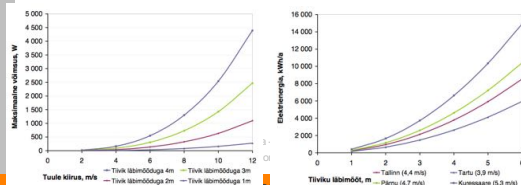
EKT seminar 25.08.2015

### Tuulikud

Tuulegeneraatorite võimsus ja tootlikkus sõltub peamiselt kolmest parameetrist:

- tuule kiirus;
- tiiviku mõõtmed (väiketuulikutel 1 - 4 m);
- tuulegeneraatori kasutegur (20% ... 40%).

Tuulegeneraatorid võivad olla horisontaal- ja vertikaalteljelise tiivikuga. Levinuimad on vertikaalpaigaldusega tiivikud. Väiketuulikutel tootlikkus on suhteliselt madal!



Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### Tootlikkuse arvutamise võimalused

- Väiketuulikutel ligikaudset tootlikkust saab arvestada kasutades eeltoodud graafikuid, kuid lokaalselt (majalähedases tsoonis) võivad tuuleolud sõltuvalt paljudest teguritest erineda piirkonna keskmistest. Kokkuvõttes on tootlikkus igal juhul madal.
- Soojuslike päikeseküttesüsteemide korral sõltub tootlikkus süsteemist, kuhu need integreeritakse. Keerukate süsteemide tootlikkust saab arvutada erinevate rakendustarkvarade abil (Tsol, Polysun jne). Ligikaudse tootlikkuse arvutamiseks saab kasutada ka "Hoonete energiatarbimise arvutamise meetodika" määramises toodud lihtsustatud arvutusvalemeid. Tootlikkuse ligikaudne arvutus on lisatud ka mitmesse hoonete energiakulu arvutustarkvaradesse.
- PV päikesepaneelide tootlikkuse arvutamiseks kasutatakse üldjuhul rahvusvahelist kiirusandmete andmebaasi rakendust PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>).

EKTK seminar 25.08.2015

### Roll niginullenergiahoone saavutamisel

- Määrava tähtsusega nõutava taseme saavutamisel, kuna piirmäärad on väga ranged.
- Enamike hoonetüüpide puhul tuleb **kogu** kütte ja tarbevee vajaduse mahus toota lokaalsete tasstuvenergiüsteemide abil energiat. Mitmete hoonetüüpide tuleb lisaks katta ka osa tarbeelektri vajadusest.
- Toota on vaja seda rohkem, mida kehvema energiatõhususega on hoone!

Hoone kasutusotstarve	DHW Netograafootade, (l/s)	Üsteemi kütminelektrivajadus kWh/a)	Soojusallika kaalumistegur: 1			Lignuli-energia-hoone piirmäär
			Ventilatsioonisüsteemi kütminelektrivajadus kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	ruumide kütte kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	ruumide jahutus kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	
Välkeelamu	;	3,4	0,0	0,0	91,5	50,0
Konferentsi	;	4,0	0,0	0,0	107,2	100,0
Büroohoone, raamatukogu ja teadushoone	+	16,0	0,0	0,0	125,8	100,0
Kaubandushoone ja terminal	-	16,0	0,0	0,0	185,8	130,0
Majutushoone	;	12,0	0,0	0,0	161,3	130,0
Tööstus- ja teenindushoone	;	16,0	0,0	0,0	145,1	130,0
Ävalik hoone	;	16,0	0,0	0,0	155,3	120,0
Haridushoone (ja koolilaste lasteasutus)	+	16,0	0,0	0,0	165,4	90,0
Koolilaste lasteasutus	+	24,1	0,0	0,0	143,5	100,0
Tervishoiuhoone	;	32,1	0,0	0,0	304,9	270,0

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Energiatõhususmeetmete tasuvus

- Mitteeluhoonete puhul on väga raske välja tuua – sest on väga projektispetsiifiline.
- Arvutusmeetoditena on levinud:
  - Diskonteeritud tasuvusaja meetod (eeskätt lühemate tasuvusaegade vajaduse puhul)
  - Tulu sisenormi meetod komplekssete energiasäästumeetmete kogumite võrdlemiseks
  - Eluhoonete on kasutusel ka tulu sisenormi meetodile lähedane nõ "kokku hoitud energiaühiku ekvivalentmaksumus e" meetodika, mis võimaldab analüüsitava elua piires kokku hoitava energia tänasesse päeva diskonteeritud maksumust hinnata ühe ühiku (kWh) kohta ning seda seejärel võimalike energiakanalite maksumusega võrrelda.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Influencing costs over a building's total life-cycle

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Influence of the design on the construction costs

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

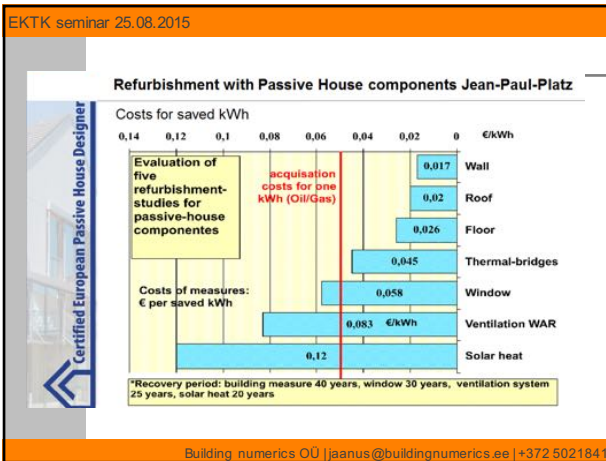
Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### kompaktsus ja ehitusmaksumus

Treibersburg et al. 2010

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841



EKTK seminar 25.08.2015

### Hoone "Targa" juhtimise võimalik mõju

Energiaõhusus e seisukohast puudutab hoone "tark" juhtimine eeskätt:

- Valgustuste ja elektriseadmete kasutuspõhist juhtimist
- Hoone küttesüsteemi ajalist juhtimist hoone tegeliku ja muutliku kasutuse põhjal
- Hoone ventilatsioonisüsteemi ajalist ja kasutuspõhist juhtimist

Kui palju see hoone energiaõhusust parendada võib?

- Tugevalt sõltuv hoone energiaõhususe tasemest
- Tugevalt sõltuv hoone kasutusest (kasutusajad ja selle ühtlus)
- Tugevalt sõltuv hoone kasutusest (vabasoojused ja jahutusvajadus)

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Näide. Hüpotetiline kontorihoone

Simuleeriti võrdlevalt õhkkütte ja radiaatorkütte korral tehnosüsteemide energiaarvumist (kokku 4 varianti).

Kõigi variantide puhul on hoone geomeetria, asend ning hoone välispiirete parameetrid ühesugused.

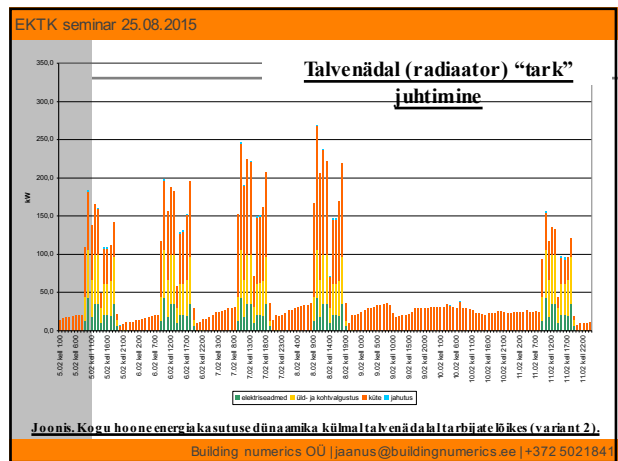
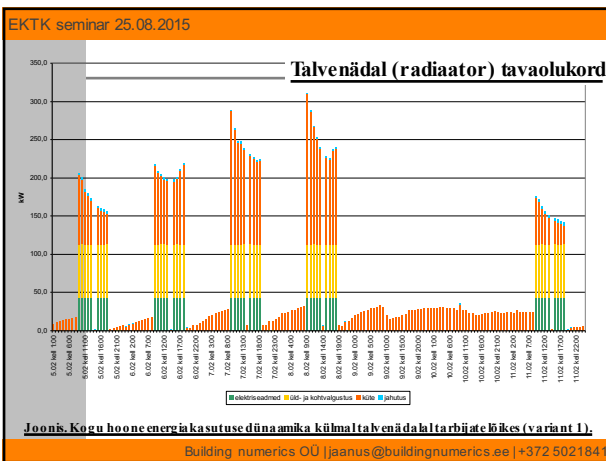
- Variandid 1 ja 3. Seadmed ja valgustid töötavad kogu tööpäeva jooksul ning ventilatsiooni-, kütte- ja jahutussüsteemid töötavad kogu tööpäeva normaalrežiimis (so tegelikku ruumisviibimist ei arvestata)
- Variandid 2 ja 4. Seadmete ja valgustite töö järgib inimeste tegelikku ruumisviibimist ning ventilatsiooni-, kütte- ja jahutussüsteemid lülituvad inimeste ruumist lahkumisel ökonoomsele režiimile.

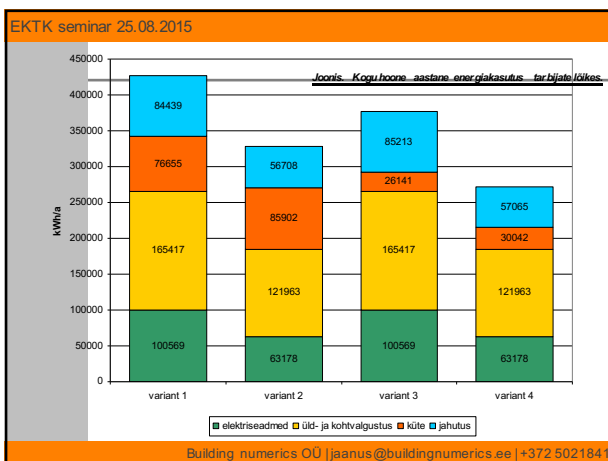
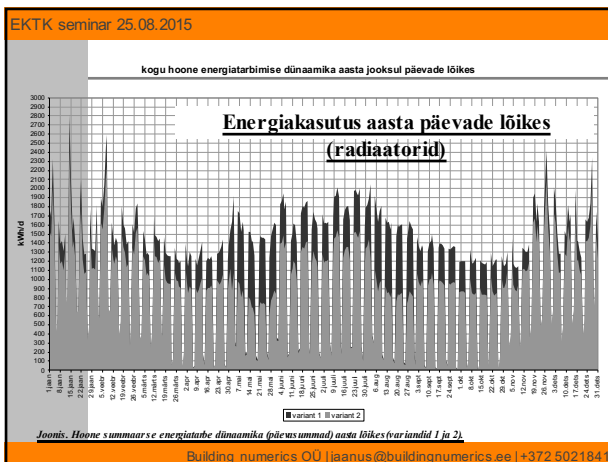
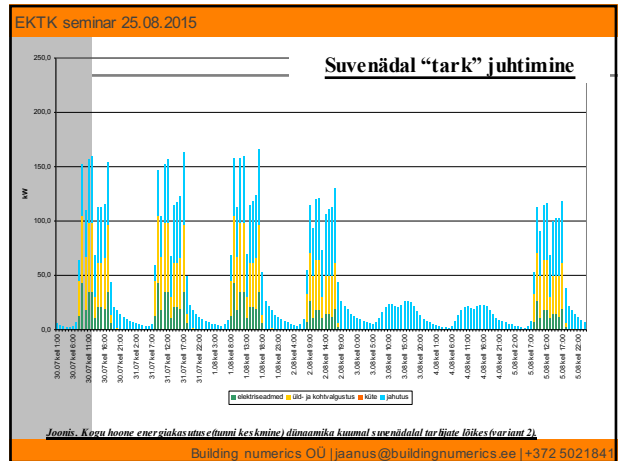
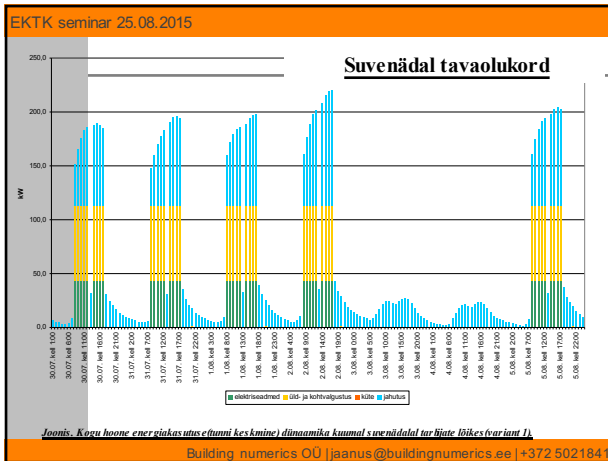
Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

- Küttesüsteem oli kõigi variantide lõikes seadistatud normaalrežiimil hoidma sisetemperatuuri 20 ° C ning ökonoomsel režiimil 17 ° C (erandina lülitub küttesüsteem sisse serveriruumis õhutemperatuuri langemisel alla 15 ° C).
- Jahutusseadmed olid seadistatud lülituma töösse ruumide temperatuuri tõusmisel üle 24 ° C (erandina lülitub jahutus sisse serveriruumis õhutemperatuuri tõusmisel üle 17 ° C). Variantide 1 ja 3 korral töötab jahutus igal tööpäeval 8-18. Variantide 2 ja 4 puhul lülitub jahutus ruumides sisse ja välja sõltuvalt detailselt inimeste ruumis viibimist päeva jooksul.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841





EKTK seminar 25.08.2015

### Näide. Hüpototeetiline kontorihoone

Tulemus:

- elektriseadmeid ning hoone tehnosüsteeme arukalt juhtides väheneb kirjeldatud hoone puhul hoone summaarne energiasutus us radiaatorküttega variantide korral teoreetiliselt ca 23 % ja õhkküttega variantide korral teoreetiliselt ca 28 %.
- Energiakasutuse vähenemine toimub peamiselt suvise jahutusvajaduse vähenemise ning elektriseadmete ja valgustite lühema tööperioodi arvelt. Kütteperioodil toob utiliseeritava vabaenergia (seadmete ja valgustuse soojuseralduse osa hoone soojabilansis) vähenemine kaasa küttevajaduse suurenemise ning summaarne energiatarbimine palju ei muutu.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841



EKT seminar 25.08.2015

## Näide. Korterimaja Tallinnas

Eesmärk hinnata:

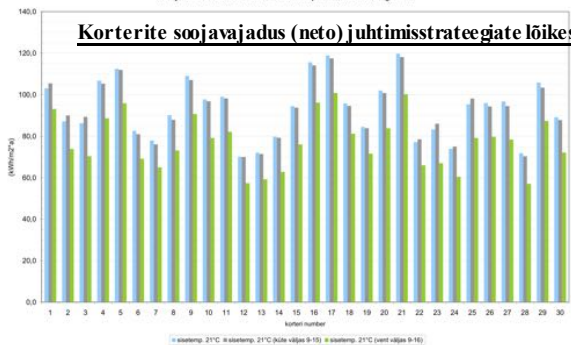
- Tehnosüsteemide "aruka" juhtimise mõju ruumide energiapajadusele korterite lõikes
- maksimumtemperatuure ja jahutusvõimsusi korterite kaupa



Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

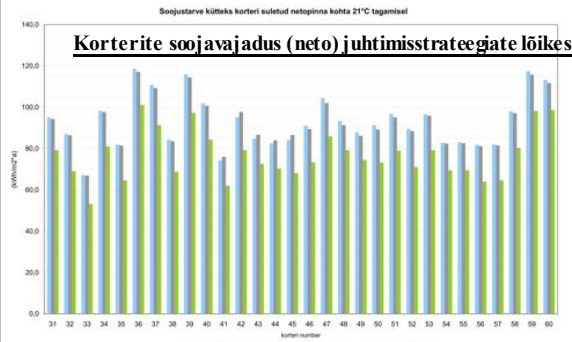
## Korterite soojavajadus (neto) juhtimisstrateegiate lõikes



Soojustarve küllaks korteri sisetud netopinna kohta 21°C tagamiseks  
■ soojusp. 21°C ■ soojusp. 21°C (süüvõlga 9-15) ■ soojusp. 21°C (süüvõlga 9-15)  
 Joonis 9. Korterite kütteenergia netotarbed sisetemperatuuri 21 °C korral variantide 2.2.1 ja 2.2 lõikes (korterid nr 1 - 30).  
 Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

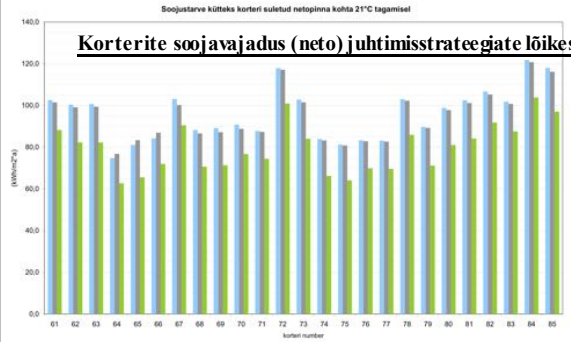
## Korterite soojavajadus (neto) juhtimisstrateegiate lõikes



Soojustarve küllaks korteri sisetud netopinna kohta 21°C tagamiseks  
■ soojusp. 21°C ■ soojusp. 21°C (süüvõlga 9-15) ■ soojusp. 21°C (süüvõlga 9-15)  
 Joonis 10. Korterite kütteenergia netotarbed sisetemperatuuri 21 °C korral variantide 2.2.1 ja 2.2 lõikes (korterid nr 30 - 61).  
 Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

## Korterite soojavajadus (neto) juhtimisstrateegiate lõikes



Soojustarve küllaks korteri sisetud netopinna kohta 21°C tagamiseks  
■ soojusp. 21°C ■ soojusp. 21°C (süüvõlga 9-15) ■ soojusp. 21°C (süüvõlga 9-15)  
 Joonis 11. Korterite kütteenergia netotarbed sisetemperatuuri 21 °C korral variantide 2.2.1 ja 2.2 lõikes (korterid nr 61 - 85).  
 Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

## Tehnosüsteemide juhtimise mõjust energiatõhusate hoonete korral

- Hoone kütte- ja jahutusvajadus on ENERGIATÕHUSAS hoones passiivsete meetmetega viidud optimaalse miinimumini.
- Tehnosüsteemid peavad olema tõhusad, et hoida nii lõppenergiavajadus kui ka primaarenergiavajadus madalad.
- Tehnosüsteemide ajaline juhtimine ei ole energiatõhusate eluhoonete puhul olulise mõjuga, sest:
  - transmissioonikaod on niigi väga madalad ja hoone jahtub väga aeglaselt
  - Ventileerimisest tingitud kaod on suhteliselt madalad, kuna kasutatakse kõrgtõhusat ventilatsioonisüsteemi.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

## Tehnosüsteemide juhtimise mõjust energiatõhusate hoonete korral

- Mitteleluhoonete puhul võib ventilatsioonisüsteemide töö ajaline juhtimine olla määrava tähtsusega liginullenergiahoone kriteeriumite täitmisel.
- Oluline kui normatiivsed õhuhulgad on suured: hotellid, avalikud hooned jne.
- Võimalikud lahendused: Ventilatsioonisüsteemi paindlikkuse suurendamine tsoneerimise ja deentralsete süsteemide abil; juhtimine CO2 ja õhuniiskuse andurite järgi vms.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841