

EKTK seminar 25.08.2015

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

**steep**  
Support & Training for an Excellent Energy Efficiency Performance

EESTI KÄSIBANDUS-TOOSTUSKODA

### 4.3. Hoone õhupidavuse saavutamine ja tüüpilised veakohad. Kvaliteedikontroll ehitusplatsil

Jaanus Hallik  
Building numerics OÜ | TÜ EETLabor

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Design-Bid-Build

### Design-Build

[http://www.lagarbyggsels.se/files/Preseminari/Sesjon\\_5\\_-\\_Snjja\\_Geet\\_-\\_Collaboration\\_modkik\\_fiml.pdf](http://www.lagarbyggsels.se/files/Preseminari/Sesjon_5_-_Snjja_Geet_-_Collaboration_modkik_fiml.pdf)

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Team model

[http://www.lagarbyggsels.se/files/Preseminari/Sesjon\\_5\\_-\\_Snjja\\_Geet\\_-\\_Collaboration\\_modkik\\_fiml.pdf](http://www.lagarbyggsels.se/files/Preseminari/Sesjon_5_-_Snjja_Geet_-_Collaboration_modkik_fiml.pdf)

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Kvaliteedikontroll ja energiatõhusus

#### Tüüpiline olukord praegu

- osapooli on palju
- ajaliselt juhtub "väga kiiresti ja väga palju"
- kumuleeritud väikesed vead annavad kokku suure eksimuse
- need jäävad kajastamata - **kliendil on objekti suhtes vale ootus**

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Projekti ajagraafik

**Kvaliteedikontrolliks ei ole tihilugu aega ette nähtud**

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Kuidas tagada ehituse kvaliteeti kohapeal?

Täpne, piisavalt detailne ja täielik projekti dokumentatsioon (heade jooniste ja ehitustööde spetsifikatsioonidega) on esmatähtis eeltingimus, mis võimaldab tagada kvaliteeti ja ehitustööde nõuetekohast elluviimist.

Ainult põhjaliku ja täieliku dokumentatsiooni alusel saab kontrollida, kas tarnitud või paigaldatud materjalide ja komponentide kvaliteet vastab planeeritule.

Energiatõhusa hoone projekteerimisel peab hoone projekteerija koostama loendi, kus kirjeldatakse kõiki energiatõhususega seotud olulisemaid aspekte. See peab andma täieliku ülevaate vajalikest eeltingimustest (komponentide ja materjalide kvaliteet) ning kirjeldama kõiki vajalikke tegevusi, mis on vajalikud energiatõhusa hoone edukaks realiseerimiseks ning mida saavad jälgida kõik projektiga seotud isikud.

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Kuidas tagada ehituse kvaliteeti kohapeal?

Projekti elluviimise ajakavas (st planeerimise ja ehitustööde graafikus) puudub sageli aeg energiatõhususe alaseks kvaliteedikontrolliks. Seega peab energiatõhusa hoone rajamisel olema hästi ettevalmistatud ehitustööde ajakava koos kontaktisikute täieliku nimekirjaga.

Ehitustööde ajakavas peavad sisalduma põhilised kontrolltestide ajad, nt rõhutest, ventilatsioonisüsteemi esmane käivitus ja reguleerimine jne.

Ajagraafiku eest vastutav projektijuht peab olema vajalikelt tegevustest teadlik ning kontrolltestide läbiviimiseks korraldama ette valmistatud (õhulekete operatiivseks likvideerimiseks koos vastavate spetsialistidega jne).

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Kuidas tagada ehituse kvaliteeti kohapeal?

Vältimaks ehitusvigu ning projekteerijate ja ehitustöölise vahelist väärarvamist tuleb enne ehituse algust läbi viia:

- mitmeid seminare ning platsikoosolekuid (adekvaatse väljaõppe, kontrolli ja järelvalve tagamiseks) ning
- hoone spetsiifiliste komponentide näidispaigaldusi (akende seinakinnitusele õhupidavuse saavutamise jne).

Eraldi väljaõpe tuleb korraldada ka objektijuhtidele, kelle ülesandeks on korraldada töid kohapeal ja õpetada välja teisi töölisi.

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Kuidas tagada ehituse kvaliteeti kohapeal?

#### Töölise ja nende juhendajate väljaõpe

- Organiseerige kõigile töötajatele workshop või seminar, et arutada energiatõhususe eesmärke ja nendega seotud protseduure ehituse faasis. Andke ülevaade võimalike ehituse käigus tehtavate vigade mõjust. Korraldage õhupidavusmaterjalide (teibid, membraanid jne) näidispaigaldus erinevate sõlmede puhul (näiteks akna-seina või seinala-ühendus). Vajadusel paluge abi spetsialistidelt.
- Pöörake tähelepanu elektri juhtimisele enne tema tööle asumist. Selgitage õhupidavuse tagamiseks vajalikke meetodeid ja põhimõtteid. **Elektrik (kaabelduste paigaldaja) peaks olema ka esialgse rõhutest juures.**
- Korraldage koolitus ka vastutavatele objektijuhtidele ja järelvalvajatele, et nad oskaks vajadusel ka teisi juhendada.

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Kuidas tagada ehituse kvaliteeti kohapeal?

#### **Ebakvaliteetsest ehitustööst tingitud külmasildade vältimine.**

Olemasolevate konstruktsioonide külmasildade hindamiseks on vajalik kontroll infrapuna termograafiaga vastavalt Euroopa standardile EN ISO 13187. Parima tulemuse saavutamiseks pidage termografeerimisel kinni järgmistest reeglitest:

- Uuritavad objektid ei tohiks olla avatud otsesele või hajusale päikesekiirgusele mõõtmise ajal ega 8h enne seda.
- Märgatavat temperatuurikõikumist ei tohiks olla mõõtmise ajal ega 8h enne seda.
- Uuritavad objektid ei tohiks olla avatud vihmale, lumele või kõrgele niiskusele mõõtmise ajal ega 8h enne seda. Niisked pinnad näivad aurumise tõttu termopiltidel jahedamad.

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Kuidas tagada ehituse kvaliteeti kohapeal?

- Tugevat tuult ei tohiks olla mõõtmise ajal ega 8h enne seda. Tuul põhjustab paikset pindade jahutamist ja seega mõjutab tulemust.
- Välisõhu ja siseõhu temperatuuride erinevus peaks olema vähemalt 10° C.
- Määrake pindade emissiivsus ja kalibreerige termokaamera vastavalt. Pinna emissiivsus on selle materjalist, karedusest ja temperatuurist, kuid ei ole selle nähtavast värvusest. Kasutada võib emissiivsusdiagramme (suhtuge ettevaatlikult madalatesse emissiivsussetesse).
- Vältige peegeldusi, valides sobiv võttenurk või kompenseerige nende esinemine termokaamera kalibreerimisega.
- Ventilatsioonid fassaadide väljast mõõtmise ei kanna endas infot.

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Kuidas tagada ehituse kvaliteeti kohapeal?

#### **Hoone välispiirde õhupidavuse kontroll ja täiustamine:**

- NB! Planeeri tööde järjekorda - nt teipige aknad enne paigaldamist, krohvige seinad peale kaablivõrkude lõikamist müüritisesse ja vedage juhtmed peale krohvimist.
- Peatage koheselt töö, kui ilmneb kõrvalekalle joonistest või tööjärjekorrast. Mõnel juhul peab õhupidavuse saavutamiseks kogu töö uuesti tegema.
- Kontrollige visuaalselt õhupidava kihhi üleminekuid (nt sein ja pörand vahel) ning torustiku ja kaablite läbiviike õhupidavast kihist kuni omate neile veel ligipääsu.
- Teostage rõhutest nii pea kui õhupidav kiht on valmis. Õhupidavust tuleks läbi viia enne siseviimistlust, et oleks võimalik kohene lekete parandus. Rõhutest (nn Blower-door test) peab olema vastavuses Euroopa standardiga EN 13829. Tüüpiliselt tehakse lekete kiiremaks määramiseks koos rõhutestiga ka termograafia.

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Kuidas tagada ehituse kvaliteeti kohapeal?

**Hoone välispiirde õhupidavuse kontroll ja täustamine:**

- Kõikide lekete avastamiseks peab rõhutest olema läbi viidud nii üle- kui ka alarõhu tingimustes.
- Lekked tuleb tuvastada, kui hoone on rõhu all. Lekete leidmiseks kasutage suitsugeneraatorit, anemomeetrit või termografeerimist.
- Soovitud õhupidavuse saavutamiseks parandage leitud lekked. Vajadusel paluge abi spetsialistidelt või õhupidavustoodete müüjiga tegelevatelt inimestelt. Juhul kui loodetud tulemust ei ole võimalik saavutada, uuendage ka energiabilansi mudeleid, et näha suurenenud õhuhetuskordsuse mõju.
- Tagage, et õhupidavus säiliks, kui kommunikatsioone vms lisatakse hilisemates ehitusetappides.

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Näiteid: õhupidavus ja kaabeldustööd



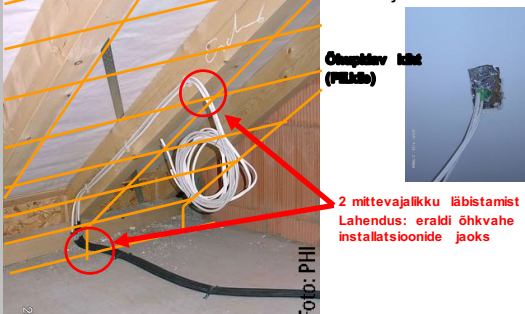
Mis tagajärjed kaasnevad sellise lahendusega, mida teeksid järelevalve spetsialisti või tööliste koordineerijana?

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Õhupidavus ja kaabeldustööd

- eemalda kaabel, liisa tihenduskraed
- või kasuta eraldi õhkvahet kaabelduse jaoks



Õhupidav liht (Välis)

2 mittevajaliku läbistamist  
Lahendus: eraldi õhkvahet installatsioonide jaoks

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Veakohad tellismüüritise puhul



Mitte niimoodi!  
Pind tuleb eelnevalt krohvida

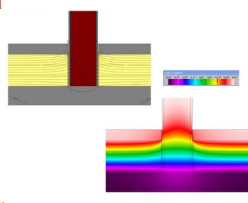
Building numerics OU | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Külmasillad - projekteerimisviga

Kus on viga?

Mida oleks saanud paremini teha?



$\Psi_e$  (bez. auf  $U_m$ ) = 0,110 W/mK

Indoor air temperature	= 20.0 °C
Outdoor air temperature	= 10.0 °C
Lowest surface temperature	= 18.7 °C
Temperature factor $f_{2D}$	= 0,870

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

EKTK seminar 25.08.2015

### Õhupidavus - tüüpvead

#### Kuidas hindad Pildil olevat situatsiooni?



Mitte niimoodi!

Torude ja kaabelduse viimine õhupidavast kihist väljapoole tekitab ebavajalikud läbiviigud õhupidavast kihist

Mida nüüd teha?  
Mida oleks saanud alguses paremini teha?

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

EKTK seminar 25.08.2015

**Õhupidavus - tüüpvead**

**Mitte niimoodi!**

Kuidas hindad situatsiooni?  
Kas midagi peaks muutma?

2004 / 6/25 / 9:55am Foto: PHH

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

EKTK seminar 25.08.2015

**Õhupidavus - tüüpvead**

**Mida tuleks edasi teha?**

Eemalda metallkarkass ja juhtmed, krohvi süvendi põhi, paigalda juhtmed ning kinnita aurutõke uuesti krohvitud pinnale.

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

EKTK seminar 25.08.2015

**Külmasillad - tüüpvead**

**Mida tuleks muuta ja mis on probleemiks?**

10 mm laiune pragu  
=  $\Psi$ -väärtus 0.017 W/mK

U-väärtus + 13% → X

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

EKTK seminar 25.08.2015

**Õhupidavus - tüüpvead**

**Kuidas reageerida ?**

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

EKTK seminar 25.08.2015

**Õhupidavus - tüüpvead**

**Mis on valesti?**

- tasanda aknapale eelnevalt krohviga (lase kuivada)
- kleebi akna külge õhupidavuse teip ning kleebi krohvi külge. Krohvi üle.
- või: vii õhupidav kiht kiviseina välisküljele

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

EKTK seminar 25.08.2015

**Külmasillad - tüüpvead**

**Soojustusplaadid peavad olema ühendatud ilma pragudeta**

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

EKT seminar 25.08.2015

## Külmasildade vältimine ja vähendamine

## Külmasillaefekti vähendamine sokkisõlmes



MFH Sophienhof, Frankfurt, FAAC Technik GmbH

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

EKT seminar 25.08.2015

## Õhupidavuse tagamine

Krohvi aknapaeld ja  
installatsioonide  
tagused pinnad enne  
nende paigaldamist

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

EKT seminar 25.08.2015

## Õhupidavuse tagamine – tööde järjekord

Paigalda õhupidav  
membraan/kile üle seina (siin  
sisesein) enne  
katuskonstruktsiooni sellele  
toetamist.Nii saab mõlema ruumi  
katuslae aurutõkke omavahel  
õhupidavalt ühendada.

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

EKT seminar 25.08.2015

## Ehitusplatsil: toodete vastavuse kontroll



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

EKT seminar 25.08.2015

## Ehitusplatsil: akende ettevalmistamine paigalduseks



1. Projektile vastavuse kontroll
2. Õhupidava aknateibi kinnitamine  
aknalengi külge enne akende  
paigaldamist hõlbustab oluliselt  
akende tõendamist.

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

EKT seminar 25.08.2015

Kui aken juba ees:  
Pro Clima [http://www.youtube.com/watch?v=G-rD\\_bfoSQ4](http://www.youtube.com/watch?v=G-rD_bfoSQ4)  
SIGA: <http://www.youtube.com/watch?v=5Q96tfAteq&list=PL1FEF4BBDC46F853A>  
jne...



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

EKTk seminar 25.08.2015

**Ehitusplatsil: akende paigaldamine**

Paigaldus soojustuse kihti (vähendab külmasildu)

Aluspinnad leipide kinnitamiseks peavad olema puhtad ning vajadusel krunditud.

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

EKTk seminar 25.08.2015

**Õhupidavuse kontroll ja lekkekohtade lokaliseerimine**

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

EKTk seminar 25.08.2015

**Õhupidavuse projekteerimine ja realiseerimine (aknad)**

- Avatäite õhupidavuse eest vastutab tootja.
- Avatäite seinakinnituse eest vastutavad projekteerija ja ehitaja
- Projekteerimisel:
  - Joonised, kuidas õhupidavuse tagamise üldpinnad detailses sõlmes aknalengiga kokku viiakse.
  - Vajadusel tööde järjekorra kirjeldus õhupidavuse lahendamiseks vastavalt joonisele.
  - Kasutada tuleb aias püsivaid materjale – ehk akna puhul spetsiaalsed telbid (tolerants ja hea nake!)
  - Näidislahendusi leiab õhupidavustoodete tootjate (ISOVER, SIGA, Pro Clima jne) veebilehtedel ja laiemalt veebis:
- Realiseerimisel: sõltuvalt lahendusest puhasta/krundi pinnad ja kontrolli rõhutestiga lõpptulemust.

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

EKTk seminar 25.08.2015

**Õhupidavuse saavutamine – ebastandardised lahendused**

Juba veetud juhtmekimpude läbiviigu tihendamiseks saab kasutada vedela seguga täidetud toru, mille saab hiljem sobiliku kraega aurutõkke külge kinnitada.

Standardlahendus oleks mitmeauguline kummimatt.



Photo:Manufacturer

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