

# Käytön ja tilasuunnittelun yhteisvaikutus energiatehokkuuteen

## COMBI WP2

Arkkitehti, projektitutkija Taru Lindberg

26.1.2017

# Esityksen sisältö

## Johdanto

- Tutkimusosion taustaa
- Tutkimusosion tavoitteet

## Aineisto ja tarkastelumenetelmä

- Tarkastelujen taustaa
- Tarkasteltavat tekijät, esimerkkejä
- Tarkastelumenetelmä
- Case: Jätkäsaaren peruskoulu

## Tulokset

- Alustavia laskentatuloksia
- Huomioita alustavista tuloksista
- Täydentävät arviointikeinot

## Yhteenveto



# Tutkimusosion taustaa

- Eri suunnittelualojen vuorovaikutteinen yhteistyö mahdollistaa tehokkaamman tilaohjelman sekä käytön suunnittelun rakennuksessa.
- Rakennuksen käytöllä on suuri merkitys rakennuksen todelliseen energiankulutukseen muodostaen eroa laskennallisen ja todellisen energiankulutuksen välillä.
- Rakennuksen käytön ja käyttöä vastaavien tilojen välisen suhteen vaikutuksesta energiatehokkuuteen ei ole löytynyt vastaavaa tutkimusta.



# Tutkimusosion tavoitteet

- Selvittää rakennuksen käytön ja sitä vastaavan tilasuunnittelun yhteisvaikutus energiatehokkuuteen.
- Selvittää tilasuunnittelun ja talotekniikan yhteisvaikutus energiatehokkuuteen.
- Arvioida E-luvun soveltuvuutta arkkitehtuurin suunnitteluratkaisuiden energiatehokkuuden arvioimiseksi.
- *Tutkimusosion tulokset esitetään Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) Rakentaminen ja teknologia -yksikön Talotekniikka-ryhmän kanssa yhteistyössä tehdyssä journaliartikkelissa ja työpaketin omassa julkaisussa.*



## Tarkastelujen taustaa

- Arkkitehtuurin suunnitteluratkaisujen vaikutusta energiatehokkuuteen ei usein voida arvioida E-luvulla, vaan tarvitaan täydentäviä arviointikeinoja.
- Rakennusten käyttöä tarkastellessa energiatehokkuus tulee suhteuttaa käyttöasteeseen (aikaan) sekä käyttäjien lukumäärään.
  - Käytön lisääntyessä rakennuksen energiankulutus kasvaa ja E-luku nousee, mutta energiankulutus henkilöä kohden pienenee ja käyttötehokkuus paranee.
- **Käyttötehokkuus** ilmaisee energiankulutuksen suhteessa henkilökäyttötunteihin.
- Uudet opetusmenetelmät ja koulurakennusten uudenlaiset, monipuolistuvat käyttötavat vaativat uudenlaista muuntojoustavaa tilasuunnittelua.

# Tarkasteltavat tekijät, esimerkkejä | 1

## Käyttöaste

- Pääkäyttöaste

- Tarkastellaan pääkäyttötuntien lisäämisen vaikutusta energiankulutukseen.

- Lisäkäyttöaste

- Tarkastellaan lisäkäyttötuntien lisäämisen vaikutusta energiankulutukseen.

- Henkilötiheys

- Tarkastellaan käyttäjien lukumäärän lisäämisen vaikutusta energiankulutukseen.

# Tarkasteltavat tekijät, esimerkkejä | 2

## Käyttövyöhykkeet

- Lisäkäyttövyöhykkeet

- Tarkastellaan lisäkäytössä olevien tilojen määrän (m<sup>2</sup>) vaikutusta energiankulutukseen.

- Pirstaleisuus

- Tarkastellaan lisäkäytössä olevien tilojen sijoittelun ja ryhmittelyn vaikutusta energiankulutukseen.



		<i>Muuttuja</i>	<i>Vakiot</i>	<i>Variantit</i>
Käyttöaste	<b>Pääkäyttöaste</b>	Rakennuksen käyttötunnit päivässä	- Itse rakennus - 5 päivää/viikko - Käyttöaste 0,6 - 900 henkilöä	- 8 tuntia/arkipäivä (standardikäyttö) - 10 tuntia/arkipäivä - 12 tuntia/arkipäivä - 24 tuntia/arkipäivä - 0 tuntia/arkipäivä (teoreettinen minimi)
	<b>Lisäkäyttöaste</b>	Rakennuksen lisäkäyttötunnit päivässä standardikäytön lisäksi	- Itse rakennus - 5 päivää/viikko - Käyttöaste 0,6 - 200 henkilöä illalla - Standardipääkäyttö	- 0 lisäkäyttötuntia/arkipäivä (standardikäyttö) - 2 lisäkäyttötuntia/arkipäivä - 6 lisäkäyttötuntia/arkipäivä - 16 lisäkäyttötuntia/arkipäivä
	<b>Henkilötiheys</b>	Oppilaiden lukumäärä	- Itse rakennus	- 1433 henkilöä (standardikäyttö) - 600 henkilöä - 900 henkilöä (Jätkäsaaren suunniteltu henkilömäärä) - 1600 henkilöä - 2866 henkilöä (teoreettinen tuplattu henkilömäärä)
Käyttövyöhykkeet	<b>Lisäkäyttövyöhykkeet</b>	Lisäkäytössä olevien tilojen määrä	- Standardipääkäyttö + 6 lisäkäyttötuntia/päivä - 200 henkilöä - klo 16:00 - 22:00	- Koko rakennus avoinna iltakäytölle - 1.krs ja atrium avoinna iltakäytölle - 1.krs avoinna iltakäytölle, ei atriumia - Vain yksi huone avoinna iltakäytölle (teoreettinen minimi)
	<b>Pirstaleisuus</b>	Lisäkäyttötilojen sijoittuminen rakennuksessa suhteessa toisiinsa	- Lisäkäytössä olevien tilojen pinta-ala yhteensä 1000 m2	- Lisäkäyttötilat yhtenä vyöhykkeenä - Lisäkäyttötilat kahtena vyöhykkeenä - Lisäkäyttötilat kolmena vyöhykkeenä - Lisäkäyttötilat neljänä vyöhykkeenä





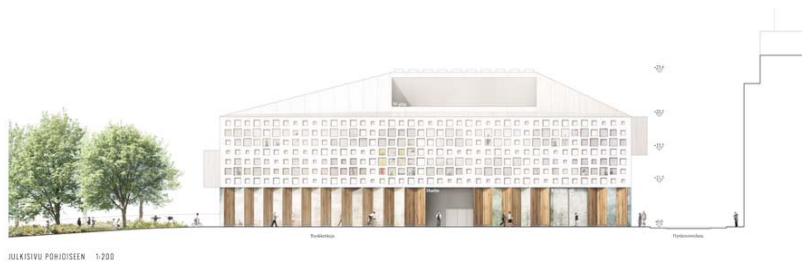
# Tarkastelumenetelmä

- Jokainen taulukossa esitetty variantti tarkastellaan kolmesta näkökulmasta:
  - Standardikäyttö
  - Talotekniikka: ilmanvaihto (mitoitettu vakioilmanvaihto ja tarpeenmukainen ilmanvaihto / CO<sub>2</sub>-ohjaus), lämmitys
  - Luonnonvalo ja valaistus (sähkö).
- Tulokset ilmaistaan E-luvun lisäksi suhteessa rakennuksen käyttöön.
- Saatuja simulointituloksia vertailemalla selvitetään, millä tekijöillä on vaikutusta energiatehokkuuteen ja kuinka paljon suhteessa toisiinsa.
- *Tulosten avulla muodostetaan ohjeistusta energiatehokkaiden ratkaisujen suunnittelemiseksi käytön ja tilaohjelman osalta.*



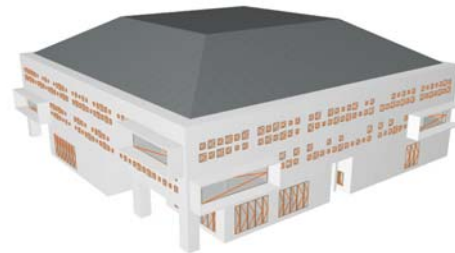
## Case: Jätkäsaaren peruskoulu

- Laskennat ja simuloinnit tehdään Jätkäsaaren peruskoulun tietomallin avulla.
- Arkkitehtitoimisto Aarti Ollila Ristola Arkkitehdit Oy.
- Kilpailuvoitto vuodelta 2015, valmistuu vuonna 2019.
- Uudenlaista avointa ja muuntojoustavaa oppimisympäristöä.
  - Taustalla vaikuttaa uusi opetussuunnitelma OPS2016, joka vaikuttaa vahvasti koulujen arkkitehti- ja tilasuunnitteluun.

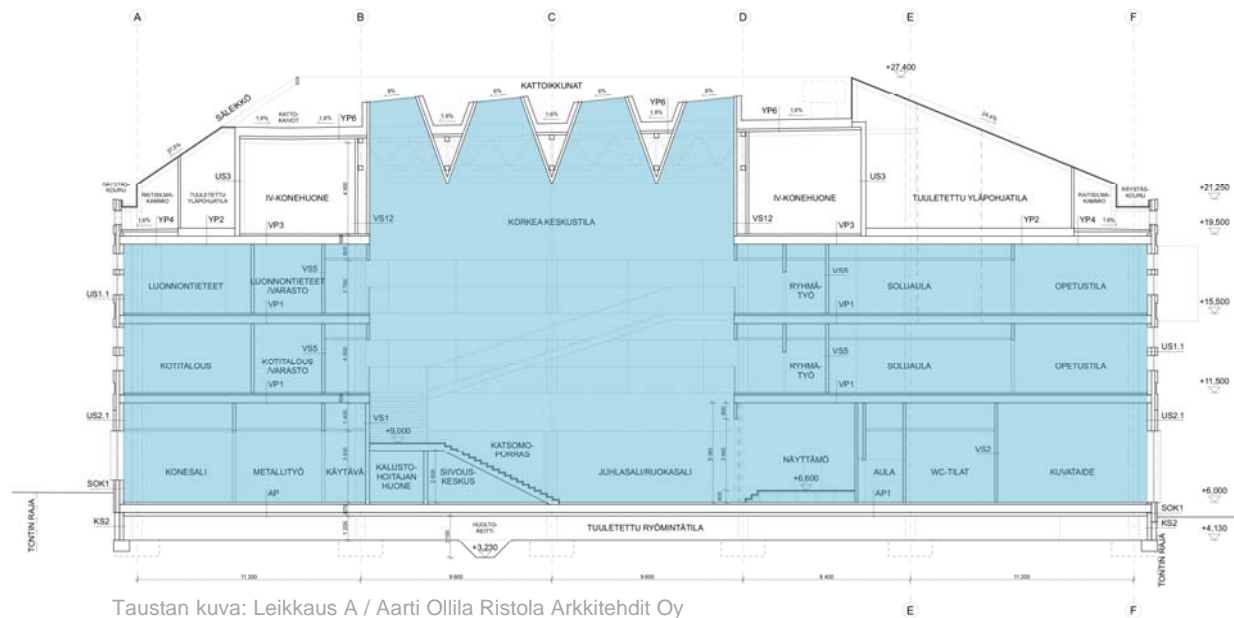


JULKISIVU POHJOISEEN 1:200

Kuva: Julkisivu pohjoiseen / Aarti Ollila Ristola Arkkitehdit Oy



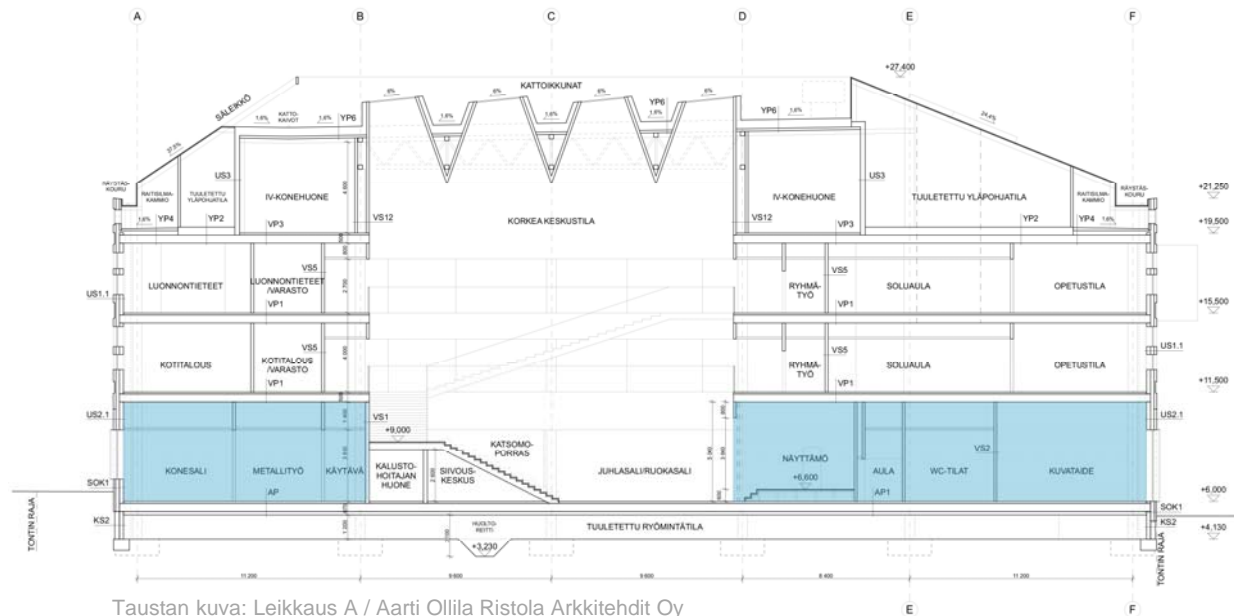
# Case: Lisäkäyttövyöhykkeet, *esimerkki*



Variantti 1: Koko rakennus lisäkäytössä (ei lisäkäyttövyöhykkeitä)

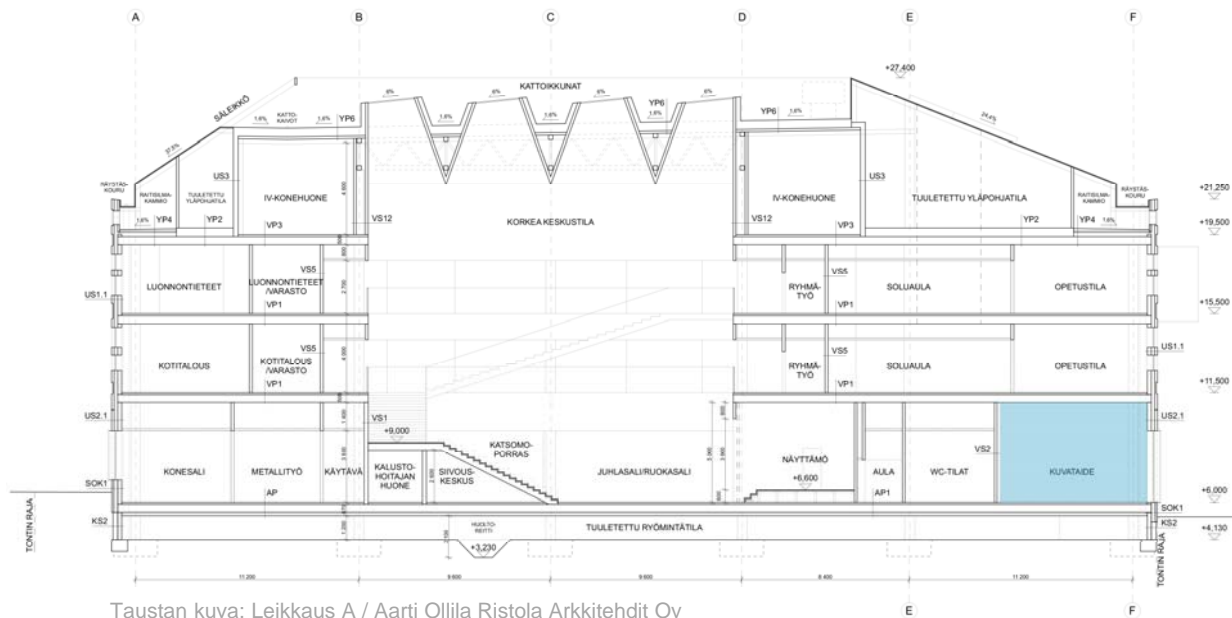


# Case: Lisäkäyttövyöhykkeet, *esimerkki*



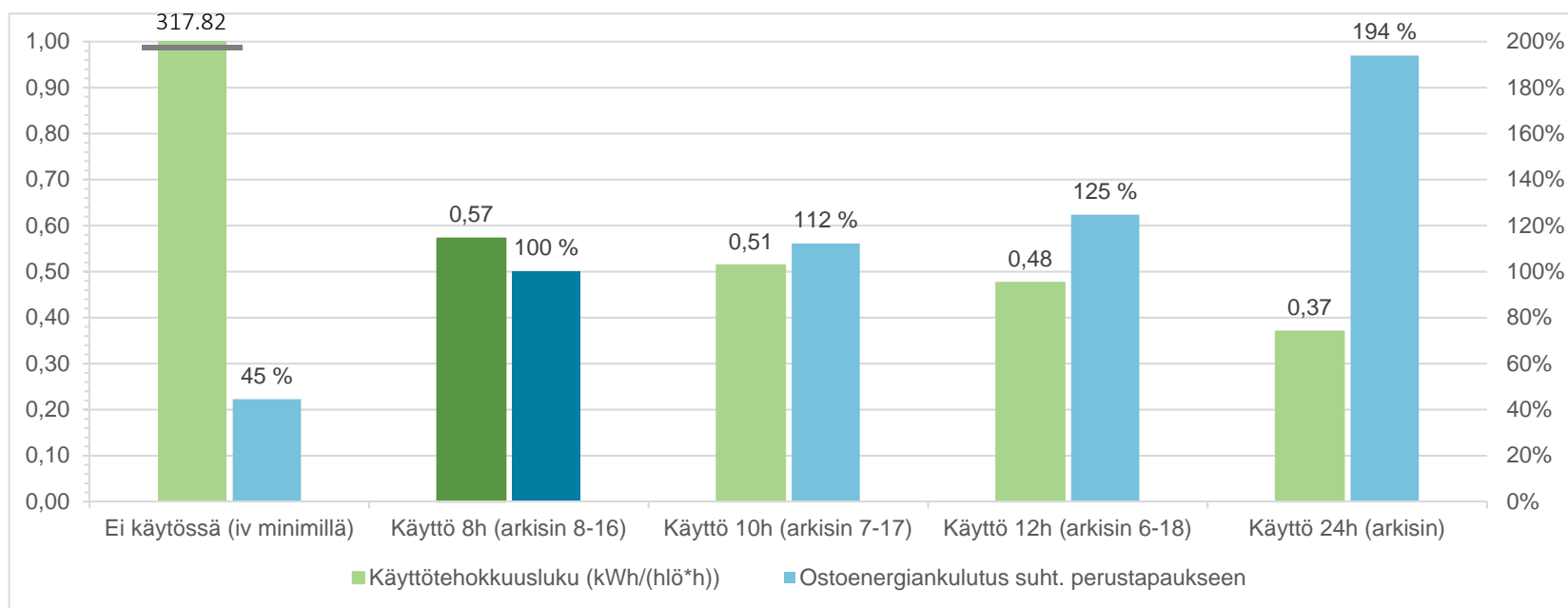
Variantti 3: Vain 1.krs lisäkäytössä, ei atriumia

# Case: Lisäkäyttövyöhykkeet, *esimerkki*



Variantti 4: Vain yksi huone lisäkäytössä (teoreettinen minimi)

## Alustavia laskentatuloksia, *esimerkki*



Käyttöaste: käyttötehokkuusluku vs. ostoenergiankulutus

# Huomioita alustavista tuloksista | 1

- **Pääkäyttöaste**
  - Perusopetuslain mukaan vuodessa on 190 työpäivää, jonka perusteella koulurakennusten käyttöaste on suhteellisen vähäinen.
  - Perinteiset koulut ovat muuttumassa kortteli- ja monitoimitaloiksi muuttaen peruskoulujen tilasuunnittelun periaatteita.
- **Lisäkäyttöaste**
  - Standardikäytössä ei huomioida koulurakennusten lisäkäyttöä.
  - Lisäkäyttöasteen tarkasteluja voidaan soveltaa peruskouluissa ilta-, viikonloppu-, kesä- ja loma-ajan käyttöön ja näiden johdonmukaiseen käytön suunnitteluun.





## Huomioita alustavista tuloksista | 2

- **Henkilötiheys**
  - Jätkäsaaren peruskoulussa on standardikäytön mukaan laskennallisesti 1 442 henkilöä, vaikka koulu suunnitellaan noin 900 henkilölle. Laskennallisen ja todellisen henkilötiheyden välillä on suuri ero.
  - Jätkäsaaren peruskoulussa (7 500 m<sup>2</sup>) ja Bryngsen skolessa Oslossa (11 600 m<sup>2</sup>) on molemmissa 900 henkilöä. Tilasuunnittelulla on siten merkitystä.
- **Lisäkäyttövyöhykkeet**
  - Standardikäytössä ei huomioida lisäkäyttötilojen määrän (m<sup>2</sup>) rajaamisen vaikutusta energiatehokkuuteen.
  - Lisäkäyttövyöhykkeiden suunnittelulla osana tilasuunnittelua on potentiaalia energian säästämiseksi muiden tilojen talotekniikan ollessa tällöin minimitasolla.



## Huomioita alustavista tuloksista | 3

- **Pirstaleisuus**

- Standardikäytön mukaisessa laskennassa ei huomioida tilojen vyöhykkeistämistä eli ryhmittelyä käytön tai olosuhteiden mukaan.
- Voidaan tarkastella edelleen märkätila-, lämpö-, valaistus- ja luonnonvalovyöhykkeiden kautta tapauskohtaisemmin.



## Huomioita alustavista tuloksista | 4

- Millaisilla tilallisilla keinoilla voidaan parantaa energiatehokkuutta?  
*Esimerkkejä ja jatkotutkimusaiheita*
  - Rajaamalla vain osa rakennusta lisäkäytölle.
  - Suunnittelemalla tilaohjelma tukemaan systemaattisesti lisäkäyttöä.
  - Parantamalla tilankäytön tehokkuutta ja tilojen monikäyttöisyyttä.
- Todelliset ja standardikäytön mukaiset arvot voivat poiketa merkittävästi toisistaan, mikä tulisi huomioida entistä paremmin energialaskelmissa.
  - Tarvitaan täydentäviä arviointikeinoja.



## Täydentävä arviointikeino: Tilatehokkuus

- Tilatehokkuuden arvioimiseksi on olemassa monenlaisia laskentakeinoja energiatehokkuuslaskelmien rinnalle, esimerkiksi:
  - Ohjelma-alan suhde bruttoalaan
  - Liikennealan suhde hyötyalaan.
- Tilatehokkuus jää usein energiatehokkuustarkastelujen ulkopuolelle, kun energiatehokkuuden yksikkönä on energiankulutus/neliömetri.
- Tilatehokkuuden avulla voidaan mm.
  - Arvioida tilaohjelman järkevyyttä, pienentää ympäristökuormaa ja vähentää investointi- sekä ylläpitokustannuksia.
  - Lisäksi se toimii arkkitehtisuunnittelun apuna sekä tilaajan päätösten tukena.



## Täydentävä arviointikeino: Käyttötehokkuus

- Käyttötehokkuus = energiankulutus / henkilökäyttötunti.
- Käyttötehokkuusluku kuvaa energiatehokkuutta suhteessa rakennuksen käyttöön niin ajassa kuin käyttäjien lukumäärässäkin.
- Käyttötehokkuusluku auttaa mm.
  - Arvioimaan tilaohjelman järkevyyttä ja pienentämään energiankulutusta.
  - Lisäksi se toimii arkkitehtisuunnittelun apuna sekä tilaajan päätösten tukena.

$$P_{käyttö} = \frac{E}{(\tau_{hlö} t_v)}$$

jossa

$P_{käyttö}$	käyttötehokkuus, kWh/(kpl*h)
$E$	energiankulutus, kWh
$\tau_{hlö}$	henkilöiden lukumäärä, kpl
$t_v$	käyttöaika, tuntia vuodessa, h



## Täydentävä arviointikeino: **Laatutekijät**

- Laskennallisten tekijöiden lisäksi tuloksia tulee heijastella laatutekijöihin: Energia-, tila- ja käyttötehokkuus tulee saavuttaa laadusta tinkimättä.
- Suunnittelua ohjaavat laatutekijät määritellään yhteistyössä heti hankkeen alussa.
- Laatutekijöitä ovat mm. viihtyisyys, käyttökelpoisuus, orientoitavuus, näyttävyys.
  - Myös energiatehokkuus voidaan nähdä yhtenä laatutekijänä tai tavoitteena.
  - Esim. *Viihtyisyys  $\approx$  Valoisuus (lux) + tilavuus (m<sup>3</sup>) + lämpötila (°C) + sisäilman laatu (ppm) jne.*



## Yhteenveto

- Eri suunnittelualojen vuorovaikutteinen yhteistyö mahdollistaa tehokkaamman tilaohjelman sekä käytön suunnittelun rakennuksessa.
- Käytön suunnittelulla ja sen mukaisilla arkkitehtuurin tilaratkaisuilla voidaan vähentää rakennuksen energiankulutusta.
  - Rakennuksen käytön ja käyttöä vastaavien tilojen välisen suhteen vaikutuksesta energiatehokkuuteen ei ole löytynyt vastaavaa tutkimusta.
- Arkkitehtuurin vaikutusta energiatehokkuuteen tulisi arvioida esimerkiksi käyttötehokkuuden, tilatehokkuuden ja laatutekijöiden kautta.
  - **Käyttötehokkuus = energiankulutus / henkilökäyttötunti.**



# Kiitos!

Tampereen teknillinen yliopisto  
Arkkitehtuurin laitos  
Asuntosuunnittelun tutkimusryhmä, ASUTUT

## COMBI WP2-tutkimusryhmä

Markku Hedman, professori, vastuhenkilö, [markku.hedman@tut.fi](mailto:markku.hedman@tut.fi)

Tapio Kaasalainen, projektipäällikkö, [tapio.kaasalainen@tut.fi](mailto:tapio.kaasalainen@tut.fi)

Malin Moisio, projektitutkija, [malin.moisio@tut.fi](mailto:malin.moisio@tut.fi)

Taru Lindberg, projektitutkija, [taru.lindberg@tut.fi](mailto:taru.lindberg@tut.fi)

