# COMBI

COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF
NEARLY ZERO-ENERGY
MUNICIPAL SERVICE BUILDINGS

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Aalto-yliopisto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

BUSINESS FINLAND

Euroopan unioni

Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020

# PASSIIVISTEN SUUNNITTELURATKAISUJEN VAIKUTUS ENERGIATEHOKKUUTEEN JA HIILIJALANJÄLKEEN

## Arkkitehtisuunnittelun konseptipankki

Laatijat: Taru Lehtinen, Tampereen teknillinen yliopisto
Tapio Kaasalainen, Tampereen teknillinen yliopisto

# Sisällys

**Passiivisten suunnitteluratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen ja hiilijalanjälkeen: Arkkitehtisuunnittelun konseptipankki**


**Taustaa**

**Passiiviset suunnitteluratkaisut**

- Sijainti
- Rakennus
- Rakenteet
- Sisäolosuhteet

**Yhteenveto ja pohdintaa**

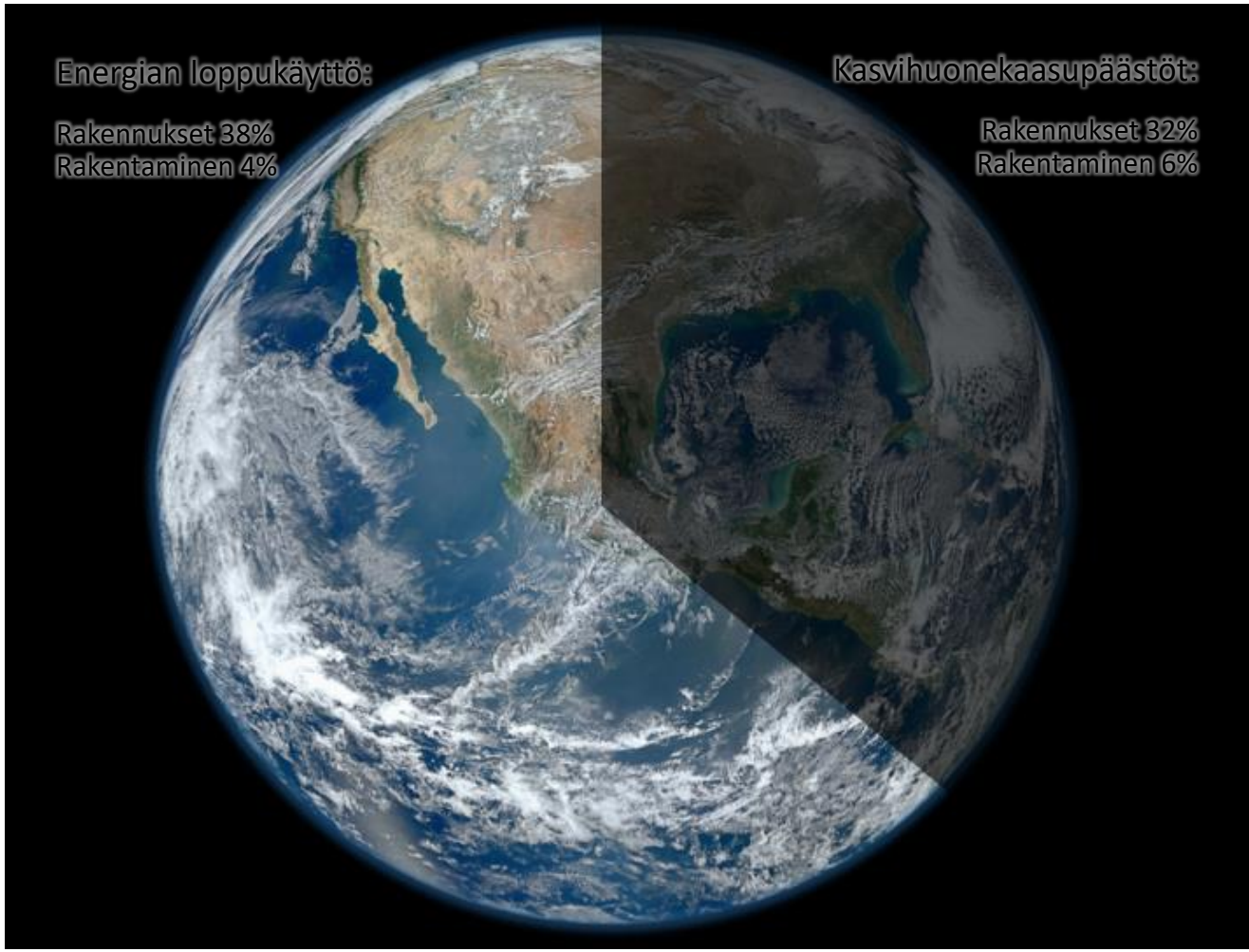
# Taustaa

Rakennusala vastaa
1/3 maailman energiankulutuksesta
1/3 maailman kasvihuonekaasupäästöistä

***Rakennusalan on muututtava ja kehityttävä merkittävästi***

*Mitä sinä voit tehdä ilmastonlämpenemisen estämiseksi?*

*Mitä sinä voit tehdä **arkkitehtina** ilmastonlämpenemisen estämiseksi?*



# Taustaa

Alun perin rakennukset heijastelivat vallitsevaa ilmastoa ja kulttuuria

Rakennukset pyrkivät vastaamaan taloteknisiin ominaisuuksiin arkkitehtuurin keinoin

Passiivisilla keinoilla voidaan optimoida talotekniikan määrä rakennuksessa

**Passiivisilla** keinoilla tarkoitetaan sellaisia arkkitehtonisia ja rakenneteknisiä suunnitteluratkaisuja, jotka eivät perustu teknisiin ratkaisuihin

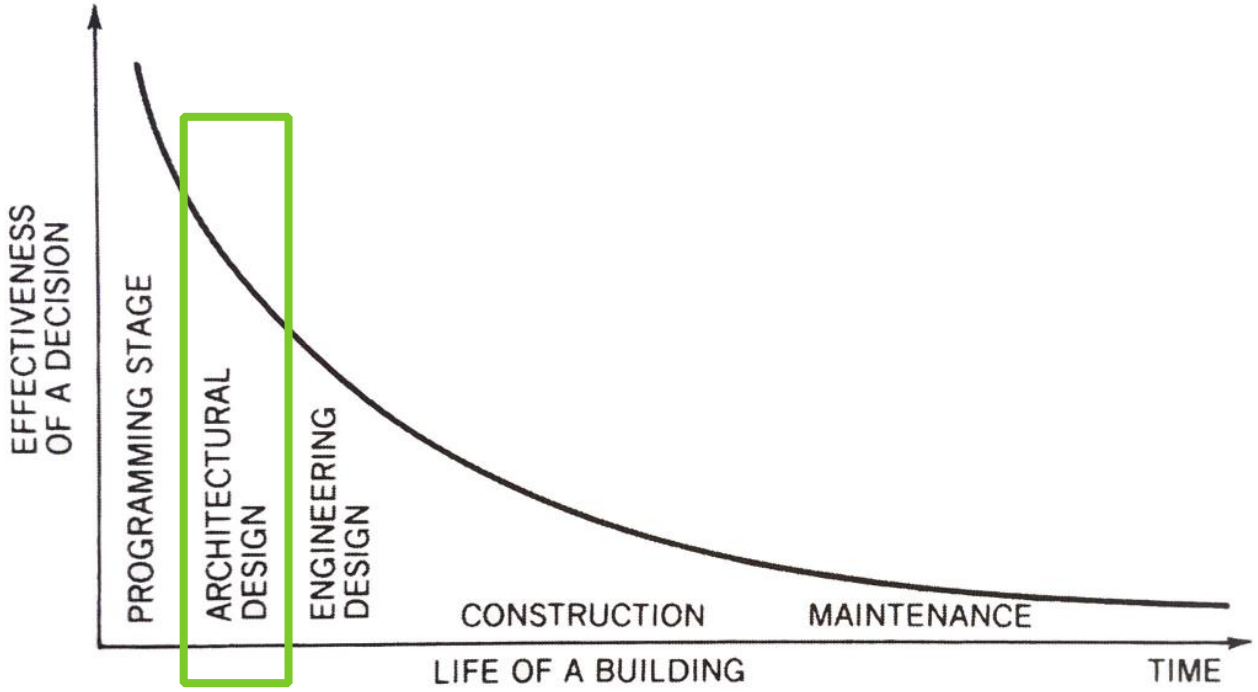
**Aktiiviset** keinot perustuvat teknologiaan

# Taustaa

Mitä varhaisemmassa vaiheessa rakennusprosessia suunnitteluratkaisu tehdään, sitä suurempi vaikutus sillä on ekologisuuteen

Arkkitehdin suunnitteluratkaisut tulevat heti tilaajan päätösten jälkeen

Arkkitehdin suunnitteluvastuu ekologisessa rakentamisessa on suuri




Kuva: Lechner 2015

# Taustaa

Suunnitteluprosessia voidaan kuvata kolmiportaisen pyramidin avulla:

1. Perussuunnitteluratkaisut, kuten paikan valinta, rakennuksen muoto ja suuntaus sekä ikkunasuunnittelu
2. Passiiviset keinot, kuten auringon lämpöenergian hyödyntäminen, massiivirakenteet, puskurivyöhykkeet ja luonnonvalon hyödyntäminen
3. Tekniset laitteet, kuten lämpöpumput, koneellinen ilmanvaihto, aurinkopaneelit ja valaistus

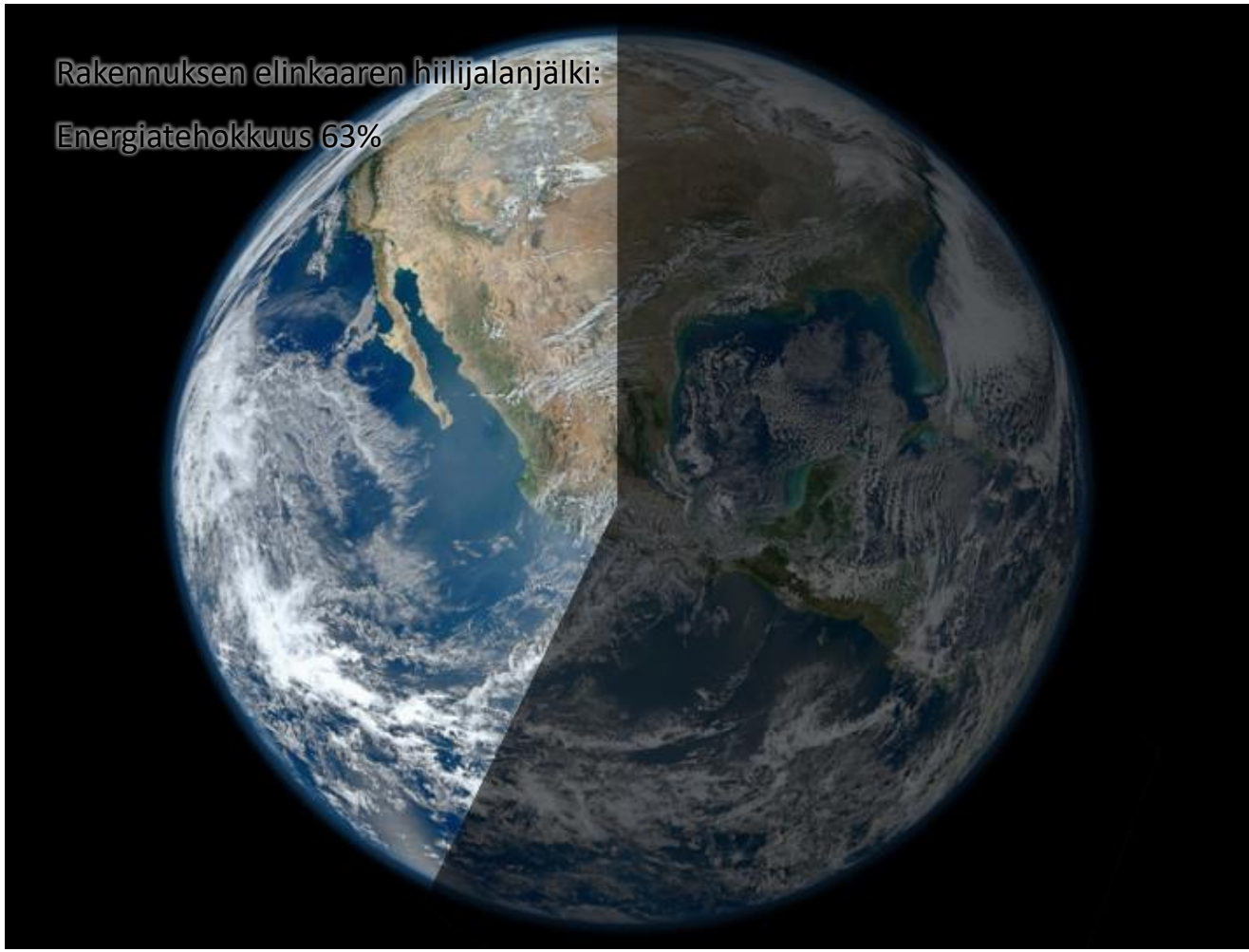
Kuva: Lechner 2015

# Taustaa

Pohjimmiltaan ekologinen rakentaminen on pitkälti politiikkaa

EU:n EPBD-direktiivin mukaan kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiataloja vuoteen 2020 mennessä

Suomessa Ympäristöministeriö valmistelee, että vuonna 2025 kaikkien uusien rakennusten tulee olla elinkaaren hiilijalanjäljeltään nolla



# Passiiviset suunnitteluratkaisut

| SIJAINTI | RAKENNUS | RAKENTEET | SISÄOLOSUHTEET |
|---|---|---|---|
| Pienilmasto | Tilaohjelma | Materiaalit | Lämpötila |
| Tontti | Koko | Rakennusosat | Sisäilma |
| Kasvillisuus | Geometria | Liitokset | Valo |
| | Ikkunat ja ovet | | Vesi |
| | Varjostus | | Taloteknisten järjestelmien optimointi |

Kuva: Lindberg 2015

# Sijainti: Pienilmasto

Ekologisessa rakentamisessa luonnon ja ilmaston merkitys korostuu

***Vallitseva ilmasto suunnittelun lähtökohtana***

Lauhkeassa lämpövyöhykkeessä on piirteitä sekä kylmästä että lämpimästä vyöhykkeestä

Pienilmasto vaikuttaa mm. rakennuksen lämmitykseen ja luonnonvalon saamiseen

Pienilmaston vaikutus talon lämmitys- ja viilennystarpeeseen voi olla jopa 30%

Pienilmasto voidaan parantaa kasvillisuuden ja rakenteiden avulla

# Sijainti: Tontti

Yleis- ja asemakaavan tarkastelu ja tontin ominaisuuksiin tutustuminen on oleellista, jotta tontille voidaan rakentaa paras mahdollinen rakennus

Tontti ei aina ole optimi muotonsa tai suuntauksen ansiosta: Kaupungeissa kaava antaa harvoin mahdollisuutta rakennuksen moniin erilaisiin sijoitusvaihtoehtoihin tontilla

Myös alueen tulevaisuuden muutokset tulee huomioida

Optimaaliseen suuntaukseen vaikuttavat
- pienilmasto, topografia ja kasvillisuus
- liittyminen urbaaniin ympäristöön
- näkymät, maisemat ja yksityisyys

***Energiatehokkuuden yhteydessä tulee punnita arkkitehtuurin ja energia-tehokkuuden väliltä paras vaihtoehto***

Arkkitehtuuritoimisto Seppo Valjus Oy 2014: Solo Sokos Hotel Torni Tampere

# Sijainti: Kasvillisuus

Kasvillisuus mielletään yleensä rakennuksesta irrallisena

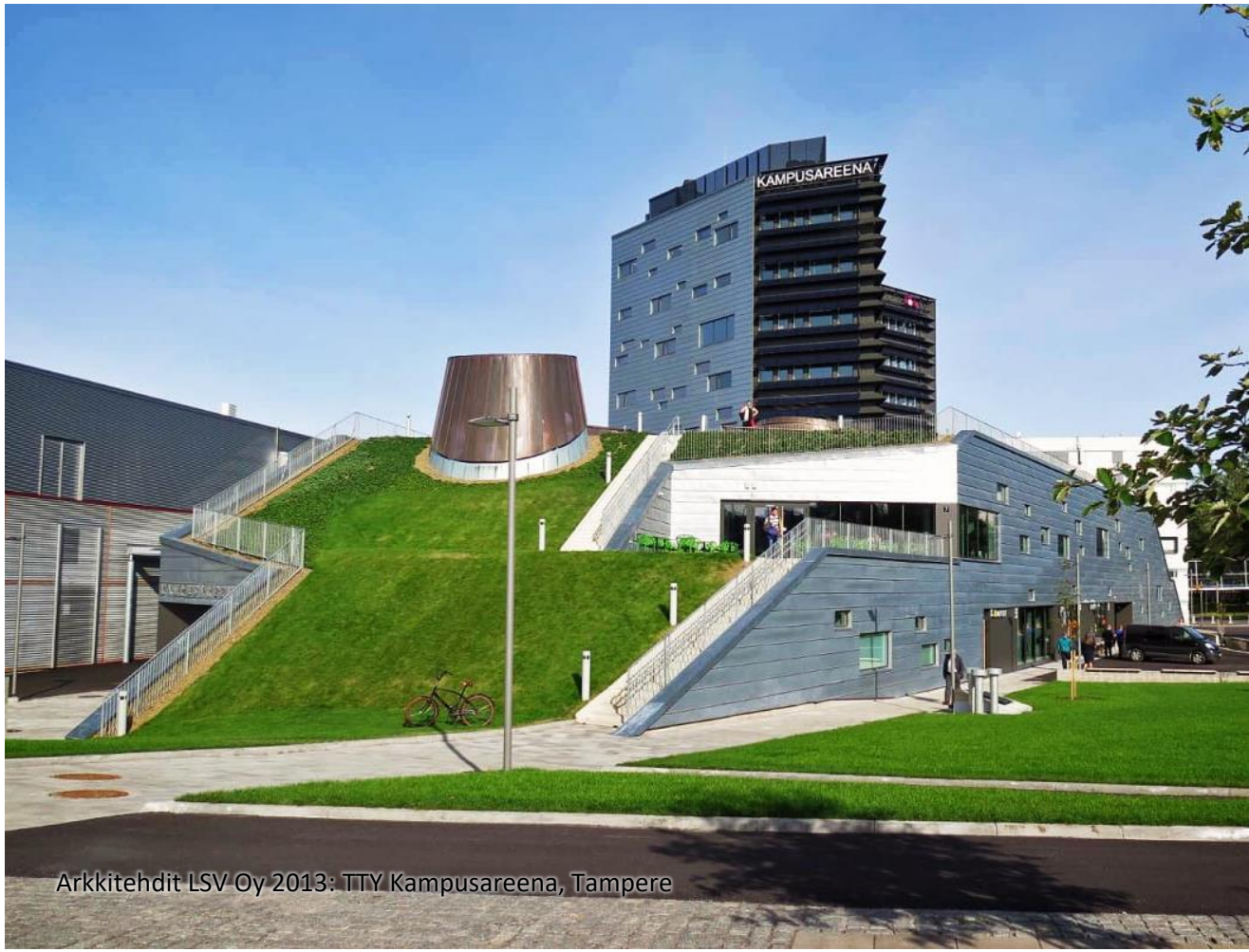
Monta merkitystä, kuten
- Viihtyisyyden parantaminen
- Luonnon moninaisuuden ylläpitäminen
- Pienilmaston muokkaaminen
- Rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen
- Ilmanpuhtauden parantaminen
- Hiilidioksidin sitominen

***Kasvillisuudella on voimakas symbolinen merkitys ekologisuuteen***

Tärkeä varjostuksen lähde vaikuttaen lämmitys- ja viilennystarpeeseen: Etelään lehtipuita ja pohjoiseen havupuita

Toimii myös tuulensuojauksena:
Etä- ja lähisuojaus

Viherkattojen edut esiintyvät etenkin kaupunkiympäristössä



Arkkitehdit LSV Oy 2013: TTY Kampusareena, Tampere

# Rakennus: Tilaohjelma

Käytännössä tilaaja määrittelee rakennuksen käyttötarkoituksen, tilaohjelman ja koon

Tilaohjelmaa arvioimalla voidaan kyseenalaistaa joidenkin tilojen tarve tai koko

**Tilavyöhykkeet** yksinkertaistavat rakenne- ja talotekniikkasuunnittelua

**Muuntojoustavuus** on rakennuksen ja tilaohjelman keino ennakoida tulevaisuutta

Tiloja voidaan sijoittaa myös vaipan ulkopuolelle, kuten porrashuoneet ja varastot

Etelään suunnattu lasitettu parveke on yksi suosituimmista passiivisista keinoista asuinkerrostaloissa

***Tilaohjelmalla on käyttämätöntä potentiaalia tulevaisuuden energiatehokkaassa rakentamisessa***

Arkkitehtitoimisto Esa Ruskeepää Oy 2015: Opinmäen monitoimitalo, Espoo

# Rakennus: Koko

Rakennuksen koko vaikuttaa merkittävästi sekä energiatehokkuuteen että hiilijalanjälkeen

Energiatehokkuuden kannalta olisi järkevää tarkastella rakennuksen käyttöä ja tilavuutta neliömetrien sijaan

Laskennallisesti rakennuksen kokoa ei suhteuteta käyttäjien lukumäärään

Rakennuksen kokoa ja muotoa arvioidaan luonnossuunnitteluvaiheessa muotokertoimen avulla (A/V tai A/A)

Painotettu muotokerroin huomioi pohjaratkaisun tehokkuuden ja U-arvot

Marco Casagrande 2017: Tikku, (Helsinki)

# Rakennus: Geometria

Kylmässä ilmastossa rakennuksen tärkein ominaisuus on lämmön pitäminen

Muodon kompaktiutta kuvataan samalla muotokertoimella kuin kokoakin

***Pahimmillaan kuutiot muodostavat yksioikoista ja löyhää kaupunkikuvaa***

Rakennuksen muotokieltä voi rikastuttaa kylmillä rakenteilla ilman vaipan muotoilua

Rakennuksen monimuotoisuus on usein arkkitehtonisesti perusteltua tilaohjelman, pääsisäänkäynnin merkitsemisen tai säänsuojan vuoksi

Uusiutuvan energian tuottamisen integroiminen asettaa uusia vaatimuksia rakennuksen geometrialle

Josep Lluís Sert 1975: Fundacio Joan Miro, Barcelona

# Rakennus: Ikkunat & ovet

*Ikkuna on rakennuksen tärkein talotekninen komponentti (Vuolle)*

Merkittävä asumisviihtyisyyden kannalta: Ikkunoiden sijoittelun merkittävimmät tekijät ovat maisemat ja näkymät

Ikkunoilla on energiatehokkuuden kannalta ristikkäisiä vaikutuksia

Ikkunat tulisi suunnitella niiden käyttötarkoituksen mukaan

- Korkealla oleva vaakasuuntainen ikkuna valaistusta varten
- Keskellä seinää oleva suuri ikkuna näkymää
- Avattava pieni ikkuna tuuletusta varten

Ovien avautuminen puolilämpimään tilaan ulkotilan sijaan parantaa energiatehokkuutta

Ovien käyttöastetta ja siten todellista energia-tehokkuusvaikutusta on vaikea arvioida

Anttinen Oiva Arkkitehdit 2012: Kaisa-kirjasto, Helsinki

# Rakennus: Varjostus

Varjostus on yksi tärkeimmistä passiivisista energiatehokkaista keinoista: Ikkunoiden varjostus vaikuttaa sisälämpötilaan ja valaistukseen

Ikkunan ulkopuolinen varjostus voi estää jopa 80% auringon lämpökuormasta, kun taas sisäpuolinen estää vain 20%

Mitä kauempana varjostava kappale on, sitä tehokkaampi on sen viilentävä vaikutus

Ikkunoiden suuntaus, tuulisuus, lumisuus, rakennuksen arkkitehtuuri ja korkeus vaikuttavat varjostustyypin valintaan

Viherkasvillisuus on tärkeä varjostuksen lähde

Vaihtelevassa ilmastossamme dynaaminen aurinkosuojaus olisi paras varjostustyyppi

Jean Nouvel 1987: Arabi-instituutti, Pariisi

# Rakennus: Materiaalit

Materiaalien merkitys korostuu pyrittäessä vähähiiliseen rakentamiseen, mutta ne eivät juurikaan vaikuta energiatehokkuuteen

Kuten uusiutuvan energian, myös uusiutuvien materiaalien suosiminen on ekologista

- **Materiaalin päästökerroin** kuvaa, kuinka paljon materiaali tuottaa hiilidioksidia elinkaarensa aikana
- **Materiaalin hiilijalanjälki** on massa*päästökerroin
- **Rakennuksen hiilijalanjälki** kuvaa, kuinka paljon koko rakennus tuottaa hiilidioksidia koko elinkaarensa aikana

Rakenteiden yksinkertaistaminen (yksimateriaalisuus) voidaan nähdä keinona rakennuksen ja rakenteiden käyttäytymisen tuntemiseksi *(Baumschlager Eberle, Mattila)*

Materiaaleilla ja väreillä, kuten puulla ja vihreällä värillä, on symbolista merkitystä

OOPEAA 2015: Puukuokka, Jyväskylä

# Rakennus: Rakennusosat

Hyvä lämmöneristys ja ilmatiiveys ovat energiatehokkuuden perustekijöitä

Arkkitehtisuunnittelussa paksut rakenteet voidaan huomioida ikkunasyvennyksissä, viisteissä tai ikkunan varjostuksessa

Ns. hengittävien rakenteiden mahdollisuudet jakavat ammattilaisten mielipiteitä

Yhä eristävämmät rakenteet lisäävät materiaalin määrää ja hiilidioksidipäästöjä:

Kun tulevaisuudessa otetaan hiilijalanjäljen laskenta mukaan ekologisen rakentamisen tarkasteluun ja laskentaan, kehitys johtanee energiatehokkuuden ja hiilijalanjäljen ratkaisujen väliseen tasapainoon

***Energiatehokkuus vs. materiaalitehokkuus***

Baumschlager Eberle 2013: 2226, Lustenau, Itävalta

# Rakennus: Liitokset

Liitoskohdat, niiden ilmatiiveys ja kylmäsillat ovat tärkeä osa vaipan lämmöneristävyyttä

Toistettavuus on perinteisesti eduksi

Toteutuksen merkitys korostuu työmaalla

Arkkitehti voi vaikuttaa liitoskohtien yksinkertaistamiseen tai lukumäärään suunnittelullaan sekä  yhteistyöllä muiden suunnittelijoiden kanssa

Arkkitehtien tilavyöhykkeet vaikuttavat sekä kylmäsiltoihin että läpivienteihin

BIG Architects 2008: Bjerket, Kööpenhamina

# Sisäolosuhteet: Lämpötila

Lämmitys perustuu 1) lämmön pitämiseen, 2) passiivisiin keinoihin ja 3) mekaaniseen lämmitykseen

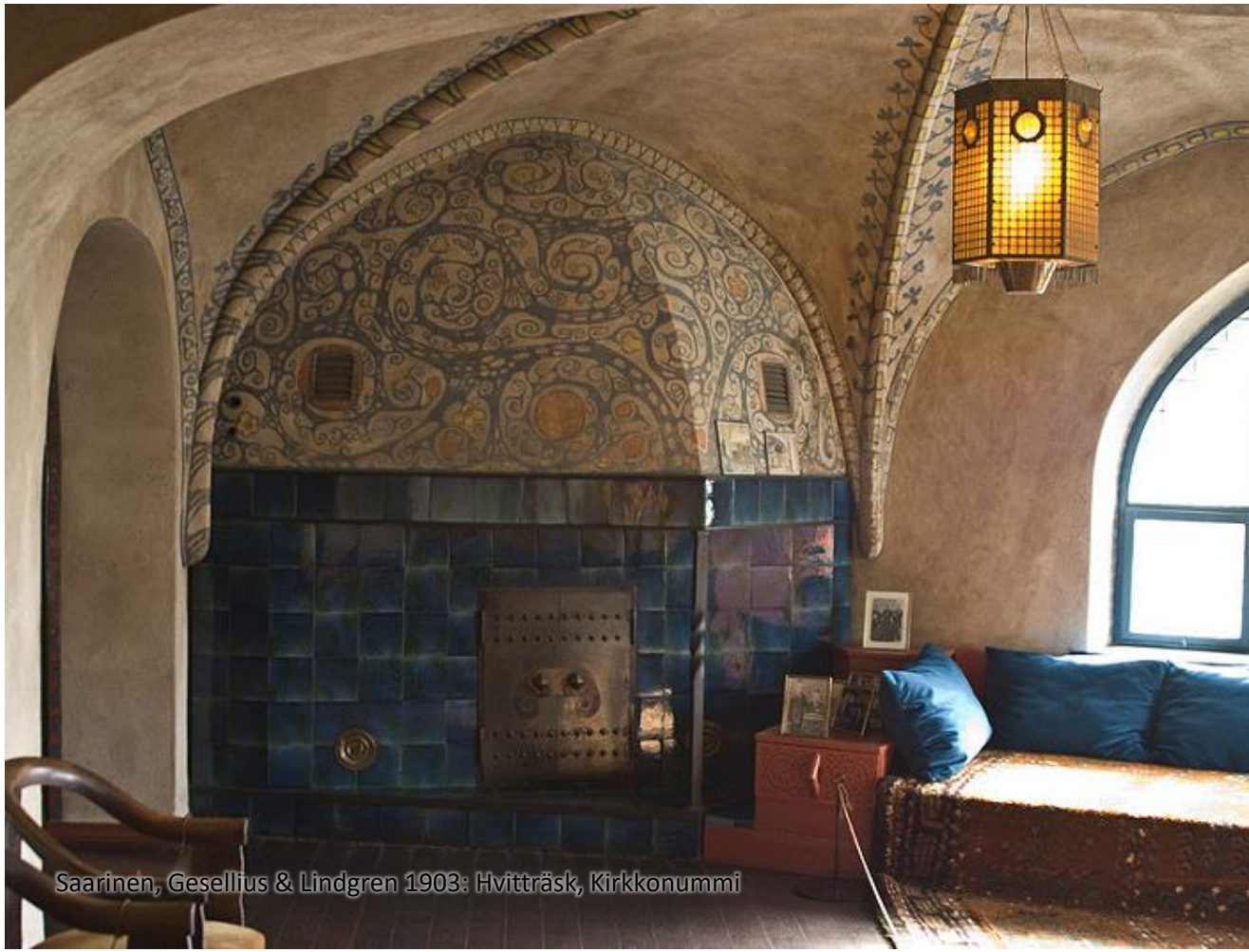
Viilennys perustuu 1) ylikuumenemisen estämiseen, 2) passiivisen viilennykseen ja 3) mekaaniseen viilennykseen

Auringon lämpöenergian hyödyntäminen on keskeistä, sillä se vaikuttaa rakennukseen joka tapauksessa – toisaalta sen kääntöpuolena on tilojen ylikuumeneminen

Terminen massa tasaa lämpötilaeroja vuorokaudenaikojen välillä

Suomessa koneellinen viilennys voidaan välttää useimmissa rakennustyypeissä

***Viilennyksen voidaan ajatella olevan eräänlainen arkkitehtuurin onnistumisen indikaattori***


Saarinen, Gesellius & Lindgren 1903: Hvitträsk, Kirkkonummi

# Sisäolosuhteet: Sisäilma

Ilmanvaihto ja sisäilman laatu ovat tällä hetkellä keskiössä energiatehokkuuden yhteydessä

Ilmanvaihdon ratkaisut ovat laskennallisesti yksi merkittävimmistä, ellei merkittävin energiatehokkuustekijä

Ikkunan avaaminen on perinteisin luonnollisen ilmanvaihdon keino

Painovoimainen ilmanvaihto aiheuttaa skeptisyyttä ja jakaa mielipiteitä

Ilmanvaihtokanavien lyhyt reititys ja tilavaraukset ovat osa arkkitehtisuunnittelua

Arkkitehti voi vaikuttaa sisäilman ja siivottavuuteen kiintokalusteiden suunnittelulla

Bill Dunster Architects 2002: BedZED, Lontoo

# Sisäolosuhteet: Valo

*Ilman valoa ja varjoa ei arkkitehtuuria ole*
*(Leiviskä)*

Luonnonvaloa ei voi korvata keino-valaistuksella: Luonnonvalolla on vaikutusta viihtyisyyteen, terveyteen ja virkeyteen

Luonnonvalon tuominen sisätiloihin sekä näkymien avaaminen ulos ovat ikkunan tärkeimmät tehtävät

Luonnonvalon hyödyntäminen on arkkitehdin, ei valaistus- tai sähkösuunnittelijan vastuulla

Valaistus perustuu 1) tilan geometriaan ja pintamateriaaleihin, 2) luonnonvaloon ja 3) sähkövalaistukseen

Luonnonvalovyöhykkeiden suunnittelu valoisaan, puolivaloisaan ja pimeään vyöhykkeeseen käyttötarkoituksen mukaisesti

Juha Leiviskä ja Pekka Kivisalo 2002: Hyvän Paimenen kirkko, Helsinki. Kuva: Arno de la Chapelle

# Sisäolosuhteet: Vesi

Vajaa puolet kaikista kotitalouksissa käytetyistä vedestä on lämmintä ja yleensä kaikki vesi on puhdistettua

Lämpimän käyttöveden lämmitystarvetta voitaisiin leikata jopa 50–60% pienentäen lämmitysenergiankulutusta

Maailmalla veden säästäminen on keskeistä ekologisuudessa ja resurssitehokkuudessa

Ulkoisena vedenkäsittelymuotona hulevesien käsittely on arkkitehtien suunnittelutehtävä

Sadeveden kerääminen kattomuodon, räystäiden, kourujen tai viherrakenteiden avulla voisi viestittää ekologisuudesta

Käyttäjillä on suuri vaikutus vedenkulutukseen: Veden käyttö on yksi suurimmista mukavuustekijöistä

Puolalaisten opiskelijoiden kilpailuehdotus 2010: Capture the rain

# Sisäolosuhteet: Talotekniset järjestelmien optimointi

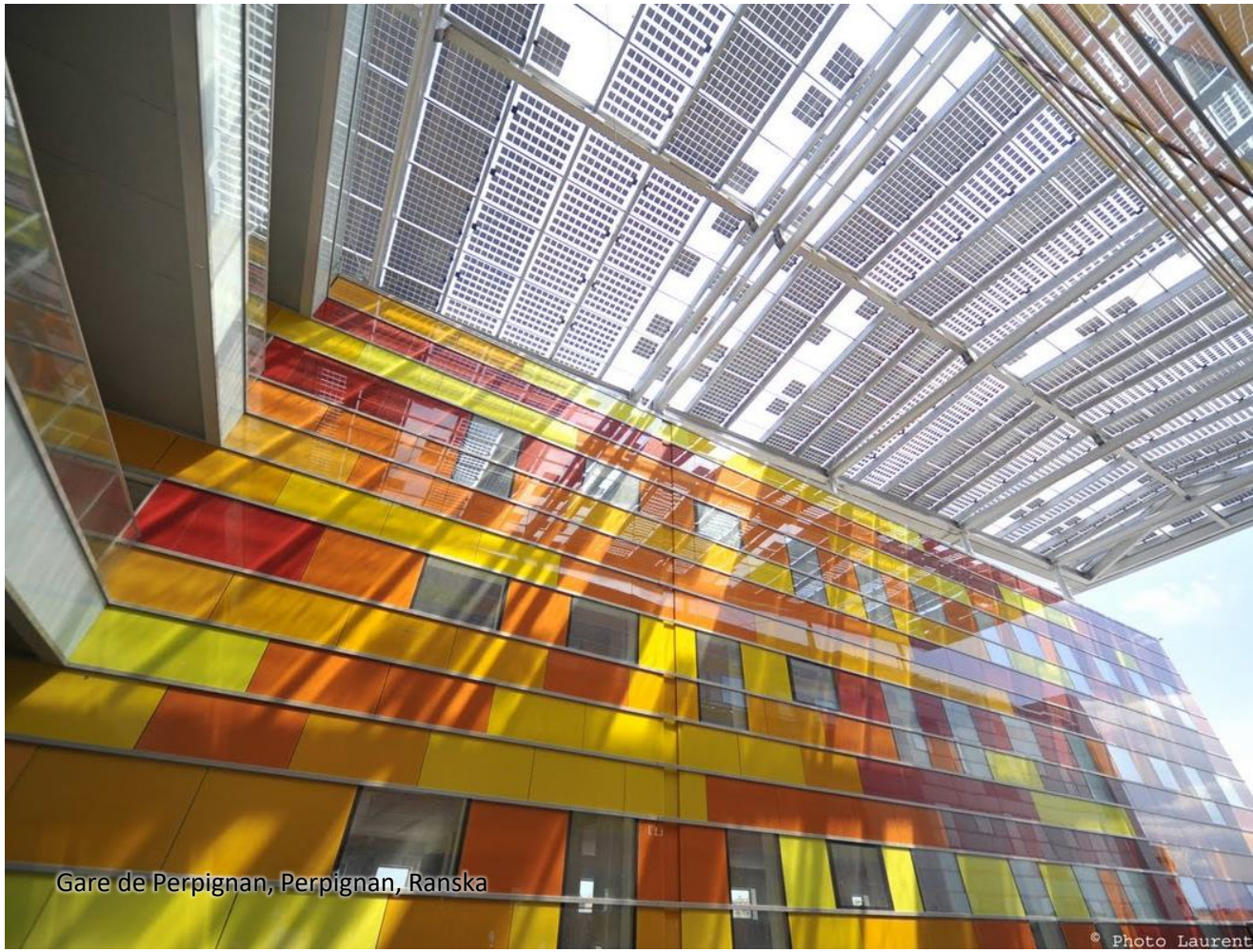
Passiivisilla keinoilla voidaan optimoida talotekniikan tarve ja määrä vaikuttaen energiatehokkuuteen ja hiilijalanjälkeen

Teknisille tiloille ja talotekniikkakuiluille tulee suunnitella asianmukaiset tilavaraukset tulevaisuuden tarpeet huomioiden

Tulevaisuudessa on huomioitava myös uusiutuvan energian tuottamisen optimointi, sekä integroiminen osaksi arkkitehtuuria ja rakenteita (materiaalitehokkuus)

- **Aurinkoenergian** tuottamista voidaan optimoida rakennuksen suuntauksella, kattomuodolla ja kallistuskulmalla sekä rakenteiden kantavuudella
- **Tuulivoiman** hyödyntäminen vaatii tuulisen sijainnin, korkean rakennustyypin ja rakenteiden tärähdyksenkeston

Tilasuunnittelulla ja vyöhykkeillä vaikutetaan talotekniikan optimointiin merkittävästi



Gare de Perpignan, Perpignan, Ranska

# Yhteenveto ja pohdintaa

Rakennusalan on kehitettävä energia-tehokkuutta ja hiilijalanjälkeä merkittävästi

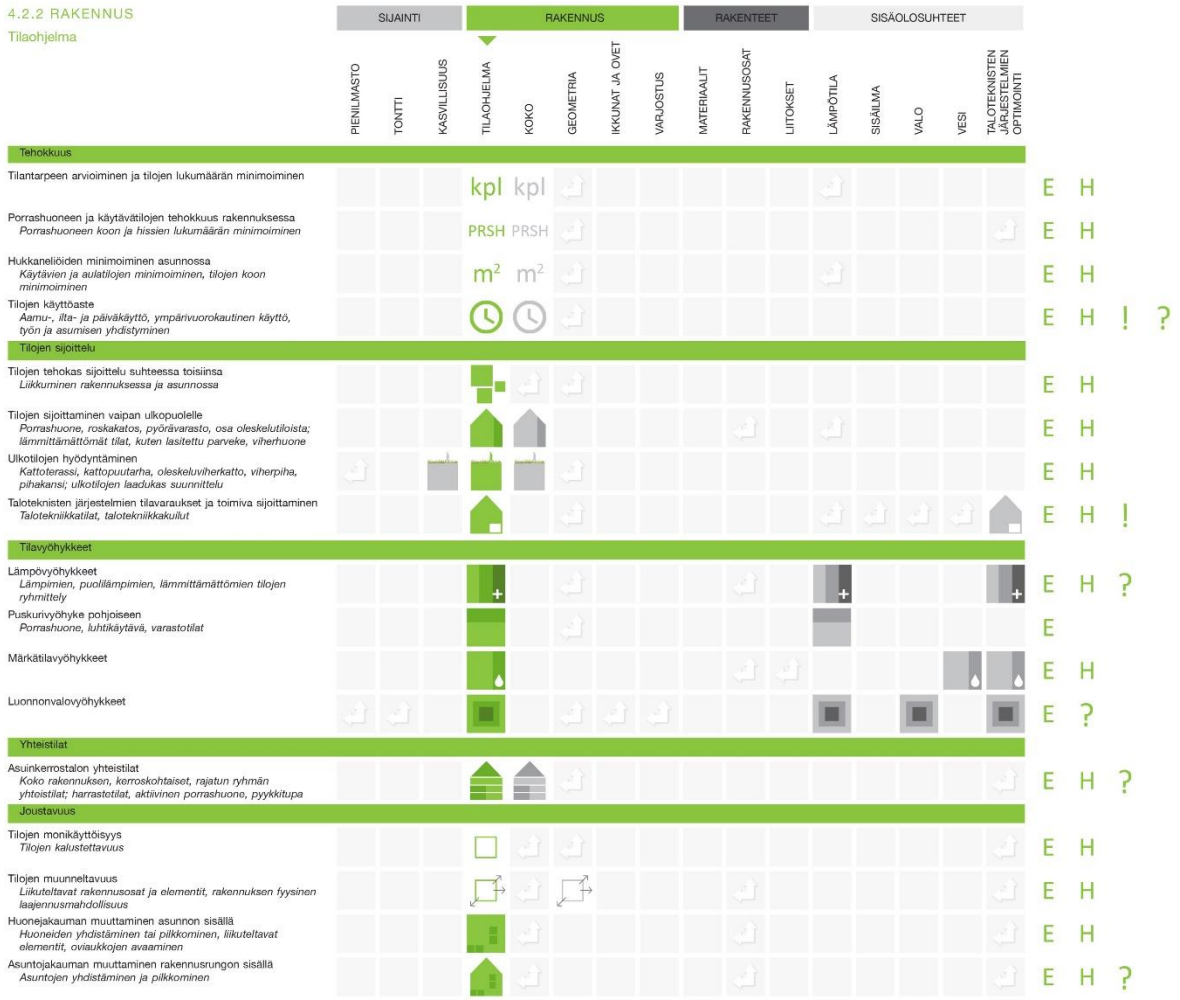
Ainoastaan energiatehokkuuden tavoittelu ei johda parhaaseen mahdolliseen loppu-tulokseen kokonaisvaltaisen ekologisuuden kannalta, vaan on huomioitava muutkin näkökulmat

Ekologista rakentamista voidaan toteuttaa hyvin erilaisilla käytännön ratkaisuilla

Rakennus on osatekijöidensä muodostama kompleksinen kokonaisuus, eikä sitä voi optimoida optimoimalla sen yksittäisiä osasia

Passiivisilla suunnitteluratkaisuilla on vaikutusta rakennuksen sisäolosuhteisiin

Arkkitehtuurin tilaohjelmalla on hyödyntä-mätöntä potentiaalia energiatehokkuudessa




Energiatehokkaan arkkitehtisuunnittelun konseptipankki. Kuva: Lindberg 2015

# Lähteet


**Akateemikko Juha Leiviskän haastattelu**, 2012. http://www.helmet.fi/fi-FI/Kirjastot_ja_palvelut/Vallilan_kirjasto/Juttuja_kirjastosta/Akateemikko_Juha_Leiviskan_haastattelu(2623) (19.10.2015).

Bionova Oy., 2017. **Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa.**

Euroopan parlamentti & Euroopan unionin neuvosto 2012. **Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU, annettu 25 päivänä lokakuuta 2012, energiatehokkuudesta, direktiivien 2009/125/EY ja 2010/30/EU muuttamisesta sekä direktiivien 2004/8/EY ja 2006/32/EY kumoamisesta.** Euroopan unionin virallinen lehti, I, L315, Direktiivit. Saatavissa: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:FI:PDF (6.10.2015).

**Lechner, N., 2015. Heating, cooling, lighting – Sustainable design methods for architects**, 4. painos, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, ISBN 978-1-118-58242-8, 702 s.

**Luonnontieteellinen keskusmuseo LUOMUS 2015. Viides ulottuvuus – viherkatot osaksi kaupunkia.** Saatavissa: https://www.luomus.fi/fi/viides-ulottuvuus-viherkatot-osaksi-kaupunkia (19.10.2015).

Lylykangas, K., Andersson, A., Kiuru, J., Nieminen, J. & Päätalo, J., 2015. **Rakenteellinen energiatehokkuus - Opas. Opas.** 189 s. Saatavissa: http://www.ym.fi/download/noname/%7B5FC38D98-2847-475E-88AD-5D39DCB-3346B%7D/11186 (6.10.2015).

Mattila, L., 2014. **Tulevaisuuden kerrostalo.** Aalto yliopisto, Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, Arkkitehtuurin laitos, Diplomityö, 76 s. Saatavissa: http://archinfo.fi/2015/01/diplomitoita-lars-erik-mattilan-tulevaisuuden-kerrostalo-aalto-yliopisto-2014/ (19.10.2015).

Rakentajan ekolaskuri, 2012. **Ekorakentajan opas.** Saatavissa: http://www.rakentajanekolaskuri.fi/taustatietoa.php (19.10.2015).

# Lähteet

Vehviläinen, I., Pesola, A., Heljo, J., Vihola, J., Kalenoja, H., Jääskeläinen, S., Lahti, P., Mäkelä, K. & Ristimäki, M., 2010. **Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt**, Sitran selvityksiä 39. Gaia Consulting Oy, Tampereen teknillinen yliopisto, Liikenne- ja viestintäministeriö, VTT, Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Sitra, Helsinki, ISSN 1796-7104, 125 s. Saatavissa http://era17.fi/wp-content/uploads/2010/10/sitran_selvityksia_39.pdf (6.10.2015).

Vikberg, H., 2014. **Valoisa asunto, Luonnonvalon hyödyntäminen suomalaisissa kerrostaloasun noissa.** Aalto-yliopisto, Arkkitehtuurin laitos, Diplomityö. Espoo, 120 s.

Vuolle, M., 8.10.2015. **Rakennusten energiaseminaari FINVAC.**

**Kuvat:**

Kuvat, s. 4 & 8 (muokattu): https://www.pexels.com/photo/planet-earth-close-up-photo-45208/ (27.11.2018).

Kuva, s. 5: https://www.pexels.com/photo/house-covered-in-snow-1004682/ (27.11.2018).

Kuvat, s. 6 & 7 (muokattu): Lechner, N. 2015: Heating, cooling, lighting – Sustainable design methods for architects, 4. painos, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, ISBN 978-1-118-58242-8, 702 s.

Kuva, s. 10: https://www.pexels.com/photo/water-rain-wet-drops-69927/ (27.11.2018).

Kuva, s. 11. https://eventolehti.fi/artikkelit/solo-sokos-hotel-torni-tampere-palkittiin-travel-hospitality-awardsissa/ (27.11.2018).

Kuva, s. 12: https://yle.fi/uutiset/3-8868572 (27.11.2018).

Kuva, s. 13: Arkkitehtilehti 4/2015 – Guggenheim, koulut. Opinmäki, Espoo.

# Lähteet


Kuva, s. 14: https://www.helsinkidesignweek.com/fi/ilmio/tikku-installaatio-myytavana-yleisimmin-kysytyt-kysymykset/ (27.11.2018).

Kuva, s. 15: https://www.barcelona.com/barcelona_city_tours/attractions/joan-miro-foundation-tickets-/ (27.11.2018).

Kuva, s. 16: https://www.atl.fi/arvoa-arkkitehtuurista/kaisa-talo/ (27.11.2018).

Kuva, s 17: https://www.archdaily.com/510226/light-matters-mashrabiyas-translating-tradition-into-dynamic-facades/5383c39ec07a8044af00004a-light-matters-mashrabiyas-translating-tradition-into-dynamic-facades-photo (27.11.2018).

Kuva, s. 18: https://www.archdaily.com/614915/puukuokka-housing-block-oopeaa/551ac6aae58ecea37b00010d-puukuokka_hires_8-jpg (27.11.2018).

Kuva, s. 19: https://wienerberger.nl/service/pers/winnaars-wienerberger-brick-award-2016-bekend (27.11.2018).

Kuva, s. 20: https://www.archdaily.com/15022/mountain-dwellings-big/500f380728ba0d0cc7002179-mountain-dwellings-big-image (27.11.2018).

Kuva, s. 21: https://www.spottinghistory.com/view/161/hvittrask/ (27.11.2018).

Kuva, s. 22: https://www.bioregional.com/bedzed/ (27.11.2018).

Kuva, s. 23: http://archinfo.fi/2016/03/valon-ja-humaanisuuden-arkkitehti-juha-leiviska-80-vuotta/ (27.11.2018).

Kuva, s. 24: https://ecofriend.com/capture-the-rain-skyscraper-harvests-rainwater-to-the-maximum.html (27.11.2018).

Kuva, s. 25: https://www.electricondemand.com/what-is-bipv/ (27.11.2018).

# Kiitos!

**Lisätietoja esityksen sisällöstä**


| | | |
|---|---|---|
| Taru Lehtinen | Tampereen yliopisto | taru.lehtinen@tuni.fi |
| Tapio Kaasalainen | Tampereen yliopisto | tapio.kaasalainen@tuni.fi |


COMBI-tuloskortti: Passiivisten suunnitteluratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen ja hiilijalanjälkeen – Arkkitehtisuunnittelun konseptipankki

Julkaisu: Lindberg, T., 2015. Vihreä asuinkerrostalo – Selvitys ekologisen asuinkerrostalon passiivisista suunnitteluratkaisuista energiatehokkuuden ja hiilijalanjäljen näkökulmista

**Lisätietoja COMBI-hankkeesta**


| | | | |
|---|---|---|---|
| Juha Vinha | Tampereen yliopisto | juha.vinha@tuni.fi | 040 849 0296 |


https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/tutkimusprojektit/combi


Tämän teoksen suhteen noudatetaan lisenssiä Creative Commons Nimeä-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen.
Lisenssiin voit tutustua osoitteessa https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fi