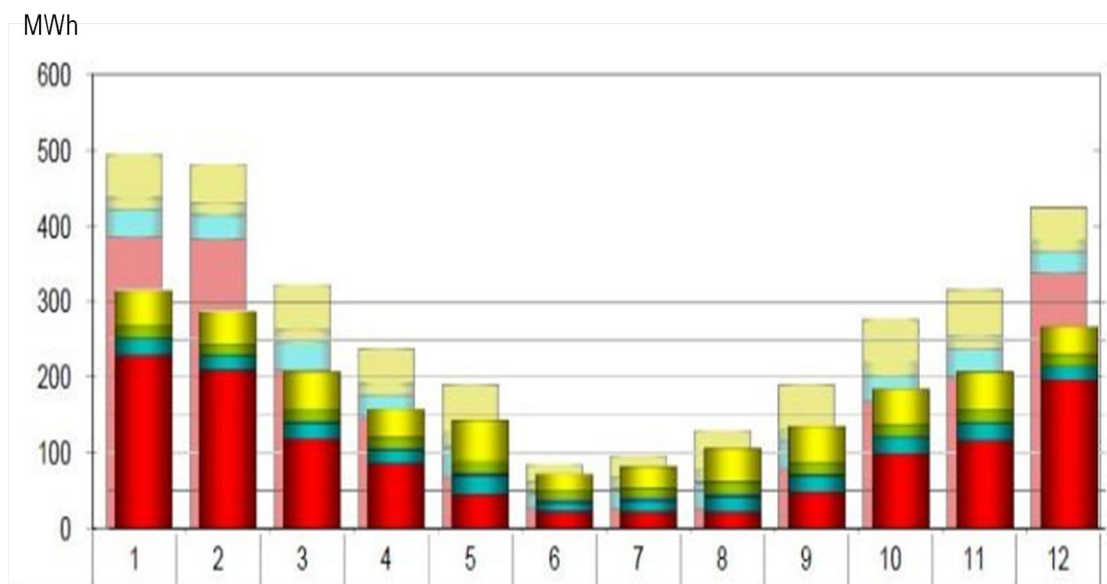




# LÄHES NOLLAENERGIARAKENTAMISEEN VALMISTAUTUMINEN

TOIMENPIDE-ESITYS PERUSTELUINEEN 21.1.2017



TAMPEREEN TILAKESKUS LIIKELAITOS • KIINTEISTÖKEHITYS

KÄYNTIOSOITE FRENCKELLINAUKIO 2K • POSTIOSOITE PL 487, 33100 TAMPERE • PUH 03 5656 611 • FAX 03 5656 6475, 03 5656



Hanke

**LÄHES NOLLAENERGIARAKENTAMISEEN VALMISTAUTUMINEN TILAKESKUKSEN KANNALTA**

---

Asiakirja

**TOIMENPIDE-ESITYS PERUSTELUINEEN**

---

**SISÄLLYSLUETTELO**

|                                                                                 |        |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Lähes nollaenergiarakentamiseen valmistautuminen Tilakeskuksen kannalta .....   | - 1 -  |
| Toimenpide-esitys perusteluineen .....                                          | - 1 -  |
| Esipuhe .....                                                                   | - 2 -  |
| Lähes nollaenergiarakentamiseen valmistautuminen Tilakeskuksen kannalta .....   | - 3 -  |
| Toimenpide-esitys perusteluineen .....                                          | - 3 -  |
| 1 Taustaa.....                                                                  | - 3 -  |
| 2 Tavoitteet.....                                                               | - 3 -  |
| 3 Lähes nollaenergiarakennus .....                                              | - 3 -  |
| 4 EU:n tavoitteet .....                                                         | - 4 -  |
| 5 Valmisteilla oleva lainsäädäntö.....                                          | - 4 -  |
| 6 Lähes nollaenergiarakentamisen määräyksiin kohdistettua kritiikkiä .....      | - 6 -  |
| 7 Kokemuksia Tilakeskuksen omista matalaenergiahankkeista .....                 | - 6 -  |
| 8 Toteutettujen kohteiden arviointi suhteessa tuleviin energiamääräyksiin ..... | - 11 - |
| 9 Johtopäätöksiä.....                                                           | - 16 - |
| 10 Toimenpide-esitys .....                                                      | - 18 - |
| Lähdeluettelo .....                                                             | - 20 - |

Selvityksen on laatinut Tampereen Tilakeskus Liikelaitoksessa hankepäälikkö Antti Lakka. Työ on samalla *Rakennuttamisen johtaminen RAPS* -koulutukseen liittyvä tutkielma, jonka on järjestänyt Kiinteistöalan Koulutuskeskus Kiinko vv. 2015-2016. Kurssijohtajana toimi Pirjo Honkaniemi ja tutkielmatyön ohjaajina professori emeritus Juhani Kiiras ja osastopäälikkö Jukka Forsman (HKR-Rakennuttaja).

Työhön on osallistunut useita Tilakeskuksen asiantuntijoita ja sitä varten on haastateltu joukko muita asiantuntijoita. Toimenpide-esitystä on työstetty työryhmässä, jonka työhön ovat osallistuneet seuraavat henkilöt: Erkki Saarivirta, Tapio Hyrkäs, Antti Tikka, Panu Hirvonen, Satu Lahdensivu, Tero Keisu, Timo Harjula, Jouko Toivonen, Kimmo Pajula ja Niko Rajantaus.

Kiitän tutkielmatyön ohjaajia sekä Tilakeskuksen ja muita haastateltuja asiantuntijoita kannustavasta tuesta ja asiantuntemuksesta, joka on tehnyt mahdolliseksi tämän selvityksen laatimisen.

Tampereella 21.1.2017

tekijä

Hanke

**LÄHES NOLLAENERGIARAKENTAMISEEN VALMISTAUTUMINEN TILAKESKUKSEN KANNALTA**

---

Asiakirja

**TOIMENPIDE-ESITYS PERUSTELUINEEN**

---

---

**1 Taustaa**

---

Ympäristöministeriö valmistelee lainsäädäntöä ja ohjeita, joilla Suomessa siirrytään uudisrakentamisessa lähes nollaenergiarakentamiseen. Määräysten on julkisessa rakentamisessa määrä tulla voimaan 1.1.2018 ja vuotta myöhemmin kaikessa rakentamisessa.

Energiamääräysten tiukentaminen on herättänyt alalla paljon keskustelua ja uuden tavoitetasen on pelätty olevan liiankin tiukka. Määräysten käyttöönotto on porrastettu siten, että ne tulevat ensin voimaan julkisessa rakentamisessa ja muu rakentaminen seuraa vuotta myöhemmin. Tämän vuoksi Tampereen Tilakeskus on yhdessä muiden julkisten rakennuttajien kanssa eturivissä toteuttamassa uutta rakentamistapaa. Myös Tilakeskuksessa on herännyt huoli, kuinka uusi vaatimustaso pystytään täyttämään ja miten uusiin määräyksiin tulisi valmistautua etukäteen.

---

**2 Tavoitteet**

---

Tutkielman tavoitteena on selvittää valmisteilla olevien lähes nollaenergiarakentamisen määräysten vaikutuksia Tampereen Tilakeskuksen näkökulmasta ja esittää Tilakeskukselle toimenpide-ehdotukset valmistautumisesta uusien määräysten käyttöönottoon.

---

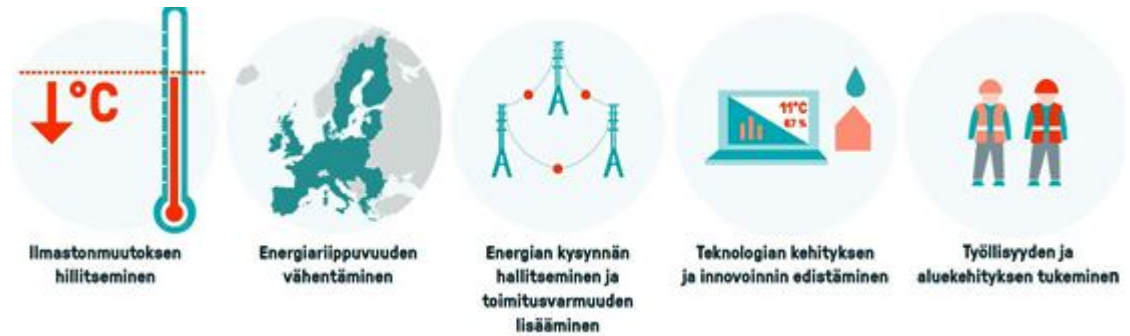
**3 Lähes nollaenergiarakennus**

---

Nollaenergiarakentamisen määritelmiä on useita ja niissä lähestytään samaa asiaa hiukan eri näkökulmista. Wikipedian määritelmän mukaan nollaenergiatalo tuottaa energiaa yhtä paljon kuin kuluttaa ja kokonaiskulutuksen summa vuositasolla on nolla. /20/

Ympäristöministeriön mukaan lähes nollaenergiarakennuksilla tarkoitetaan rakennuksia, joiden energiatehokkuus on erittäin korkea, ja joiden tarvitsema vähäinen energia katetaan hyvin laajalti uusiutuvalla energialla. /19/

Noin 40 prosenttia EU:n kokonaisenergiankulutuksesta kuluu rakennuksissa, minkä lisäksi niissä syntyy noin 35 prosenttia alueen kasvihuonekaasupäästöistä. Rakennusten energiatehokkuuden kehittäminen EU:ssa on tärkeää useasta syystä, joista tärkeimmät on esitetty kuvassa 1.



*Kuva 1. Syitä rakennusten energiatehokkuuden kehittämiseen EU:ssa./19/*

EU antoi rakennusten energiatehokkuutta koskevan direktiivin vuonna 2010. Sen tavoitteena on toisaalta vähentää rakennusten energiankäyttöä ja toisaalta edistää uusiutuvan energian käyttöä rakennuksissa.

Jatkossa EU:ssa rakennetaan entistä energiatehokkaampia rakennuksia: vuoden 2018 jälkeen viranomaisten käytössä ja omistuksessa olevien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia, ja vuoden 2020 loppuun mennessä kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia. Tavoitteen vaikuttavuus on suuri, sillä julkiset rakennukset kuluttavat ehkä noin 80-90 % kaupungin oman toiminnan energiankäytöstä. /19/

##### Maankäyttö- ja rakennuslain muutos

Ympäristöministeriö on valmistellut maankäyttö- ja rakennuslain muutosta lähes nollaenergiarakennuksiin siirtymiseksi uusissa rakennuksissa. Muutettavat asetukset ovat valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertomien lukuarvoista sekä ympäristöministeriön asetukset uuden rakennuksen energiatehokkuudesta ja uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta. Asetuksista on pyydetty lausuntoja 14.3.2016 ja hallituksen esitys eduskunnalle on päivätty 20.10.2016. /13, 14, 15, 16, 17, 18, 19/

##### Keskeinen sisältö

Energiamääräykset perustuvat energiantarpeen laskemiseen simuloimalla rakennuksen energiankulutusta määräyksissä esitetyllä tavalla. Näin saatu energiatarve muutetaan ns.

primäärienergiakertoimien avulla vertailukelpoiseksi E-luvuksi. Eri energialähteillä on erilainen kerroin riippuen siitä kuinka paljon sen tuottamiseen tarvitaan fossiilista energiaa. Rakennuksissa käytettävien energiamuodon uusien kertoimien lukuarvot ovat seuraavat (suluissa voimassa olevat): /13, 14, 15/

- Sähkö 1,20 (1,7)
- Kaukolämpö 0,50 (0,7)
- Kaukojäähdytys 0,28 (0,4)
- Fossiiliset polttoaineet 1,00
- Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,50

Kertoimien avulla suositetaan uusiutuvia energialähteitä ja pyritään siten ohjaamaan valintoja ympäristön kannalta kestävämpiin valintoihin. Laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku) on siis energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus muutamien tarkennuksin lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa. Lämmitetyllä nettoalalla  $A_{\text{netto}}$  (m<sup>2</sup>) tarkoitetaan lämmitettyjen kerrostasojen summaa kerrostasojen ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna. /14/

Rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisesti laskettu E-luku ei saa ylittää seuraavia raja-arvoja [kWhE/(m<sup>2</sup> vuosi)]:

|                                                                  |                               |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Luokka 1) Pienet asuinrakennukset                                | useita eri arvoja koon mukaan |
| Luokka 2) Vähintään kolmikerroksinen asuinkerrostalo             | 90                            |
| Luokka 3) Toimistorakennus, terveyskeskus                        | 100                           |
| Luokka 4) Liikerakennus, jne.                                    | 135                           |
| Luokka 5) Majoitusliikerakennus ja mm. palvelutalo               | 160                           |
| Luokka 6) Opetusrakennus ja päiväkot                             | 100                           |
| Luokka 7) Liikuntahalli (ei uimahallia, jäähalli)                | 100                           |
| Luokka 8) Sairaala                                               | 320                           |
| Luokka 9) Muu rakennus, mm. uimahalli, jäähalli, siirtokelpoinen | ei raja-arvoa                 |

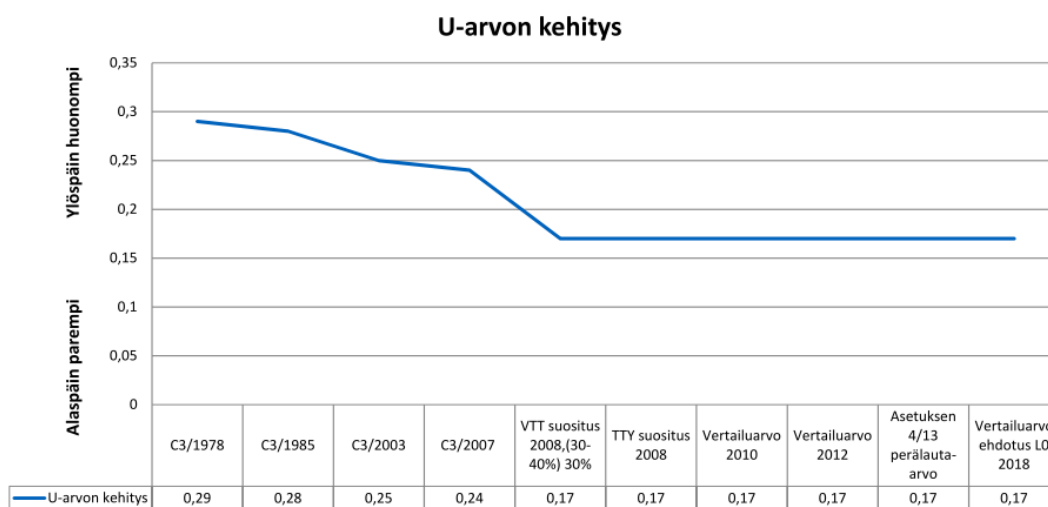
Uusien määräysten mukaan rakennuksen kelpoisuuden voi osoittaa myös ns. rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset täyttämällä. /4, 14/

#### Primäärienergiakerroin vipuvartena

Suuri primäärienergiakerroin toimii E-lukulaskennassa vipuvartena, minkä vuoksi pienikin energian tarpeen pieneneminen tai kasvu näkyy suurena muutoksena E-luvussa. Jos esimerkiksi kaukolämmön kulutusta onnistutaan pienentämään, vaikutus E-lukuun on pieni. Jos sen sijaan pienennetäänkin sähkön kulutusta, vaikutus on suurempi. /5/

Professori Juha Vinha Tampereen teknilliseltä yliopistolta on esittänyt kritiikkiä energiamääräysten kiristämistä kohtaan. Kritiikin kärkenä on se, että monien rakenteiden kosteustekninen toiminta ja vikasietoisuus heikkenevät lämpöeristyksen lisääntyessä. Vaikka ehjä oikein toteutettu rakenne toimiikin ongelmitta, voi vaurioitunut tai väärin toteutettu rakenne aiheuttaa sen kastumisen siten, että rakenne ei enää tuuletu ja toimi tarkoitetulla tavalla. Lausunnossa esitetään muitakin epäkohtia, joiden katsotaan johtuvan parantuneesta energiatehokkuudesta, kuten yllilämpöongelmat lämmityskauden ulkopuolella/kesäkaudella ja vaikeasti hallittavien, monimutkaisten taloteknisten järjestelmien lisääntyminen. Ympäristöministeriö sai asetusluonnoksiin runsaasti muitakin lausuntoja, joista osa oli keskenään ristiriitaisia. /9, 10, 11, 12/

Lausuntokierroksen jälkeen voidaan havaita, että lainsäätäjä ei lähtenyt enää kiristämään rakenteiden u-arvovaatimuksia vaan pitäytyi nykyisin käytössä olevissa viitearvoissa. Kuvassa 2 on esitetty seinien u-arvovaatimuksen kehittyminen viimeisen 40 vuoden aikana. /4/



*Kuva 2. Rakennusten lämmöneristämisen kehityksestä: esim ulkoseinän lämmönläpäisykertoimen (u-arvo) muutos vuodesta 1978 lähtien. /4/*

Tampereen kaupunki teki 2010 päätöksen, että kaikki sen omat uudisrakennukset toteutetaan energialuokkaan A<sub>2007</sub>. Päätös oli aikanaan rohkea, sillä tuolloin ei ollut tapana rakentaa niin vähän energiaa kuluttavia rakennuksia. Vaikeutena oli, että keinot tavoitteeseen pääsemiseksi piti kehittää hankekohtaisesti eikä rakennusosalalla yleisemmin



ollut kokemusta ja tietoa matalaenergiarakentamisesta. Pelkona olivat uuden rakentamistavan korkeat kustannukset.

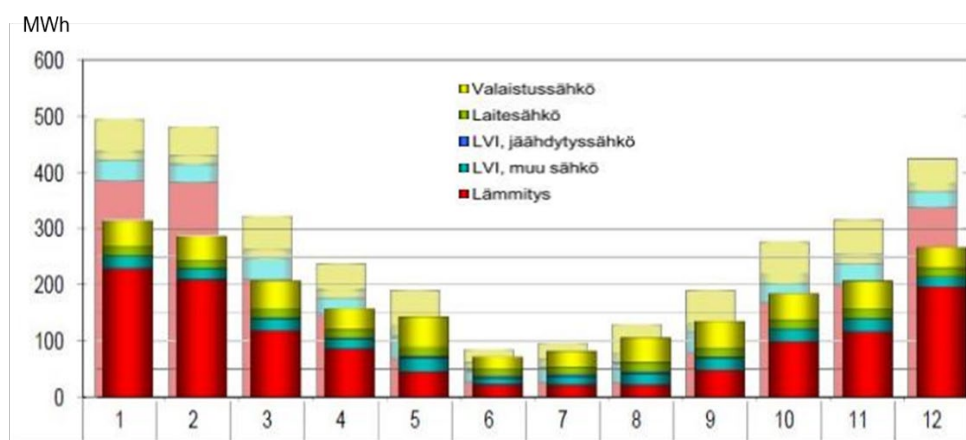
Ensimmäisten suuren mittakaavan energialuokka A<sub>2007</sub> -hankkeiden toteutussuunnittelu käynnistettiin syksyllä 2010 ja ne valmistuivat vuonna 2013. Näitä ovat Koukkuniemen Impivaara, Tipotien sosiaali- ja terveysasema sekä Vuores-talon 1. rakennusvaihe. Ensimmäinen tätäkin kunniahimoisempi energiatehokas rakennus oli vuonna 2012 toteutettu Luhtaan päiväkotito, joka täyttää passiivenergiatalon vaatimukset. Vähäisten energian häviöiden lisäksi rakennusta parannettiin varustamalla se aurinkopaneeleilla.

#### Vuores-talon energiankulutus 30 prosenttia vuoden 2010 määräystasoa pienempi

Yleensä ajatellaan, että uudisrakennus on hyvin rakennettu, kun se täyttää nykyaikaiset rakennusmääräykset. Vuonna 2011 tilanne oli vielä se, että Tilakeskus pystyi pienentämään energian kulutusta 30 prosenttia verrattuna voimassa olevaan vuoden 2010 määräystasoon ja rakennusmääräykset olivatkin vain minimivaatimus. Suurin vaikutus valituilla ratkaisulla on talvikuukausina (kuvat 3 ja 4).



Kuva 3. Vuores-talon vuonna 2013 valmistunut 1. rakennusvaihe.



Kuva 4. Vuores-talon simuloitu energiankulutus eri kuukausina. Kulutusta pystyttiin pienentämään noin 30% verrattuna vuoden 2010 rakentamismääräyskokoelman vaatimusten mukaiseen ratkaisuun.

Vuores-taloon sijoittuu Vuoreksen koulu, terveyspalvelut, päiväkotiki ja lähes 1000 neliön palloiluhalli. Rakennuksen suunniteltu laajuus on noin 21.000 brm<sup>2</sup>, josta ensimmäisessä vaiheessa rakennettiin 11.000 brm<sup>2</sup>. Energiasimuloinnin mukaan koko rakennuksen energiankulutus pieneni esimerkiksi tammikuussa tasolta 500 MWh/kk tasolle 310 MWh/kk. Vuositasolla saavutettiin energiankulutuksessa 1000 MWh säästö.

Vuonna 2013 valmistuneessa Vuores-talon 1. vaiheessa päädyttiin seuraaviin teknisiin ratkaisuihin:

- u-arvot
  - ulkoseinä 0,17 W/m<sup>2</sup>K
  - yläpohja 0,09 W/m<sup>2</sup>K
  - alapohja 0,09 W/m<sup>2</sup>K
  - puuikkunat 0,8 W/m<sup>2</sup>K
  - met.ikkunat 1,0 W/m<sup>2</sup>K
  - ulko-ovet 1,7 W/m<sup>2</sup>K (tuulikaappi, ulompi ovi)
- vaipan ilmanvuotoluku n<sub>50</sub> 2,0 1/h
- ilmanvaihdon LTO
  - hygroskooppinen pyörivä vaihdin, hyötysuhde 90%
  - likaisissa tiloissa lämmön talteenotto levyvaihtimella
  - ilmanvaihdon ominaissähköteho 2 kW /(m<sup>3</sup>/s)
- valaistusteho 12 – 15 W/m<sup>2</sup>
- ikkunoiden aurinkosuojaus, g-arvo < 0,31

#### Haasteena pieni lämmitysteho

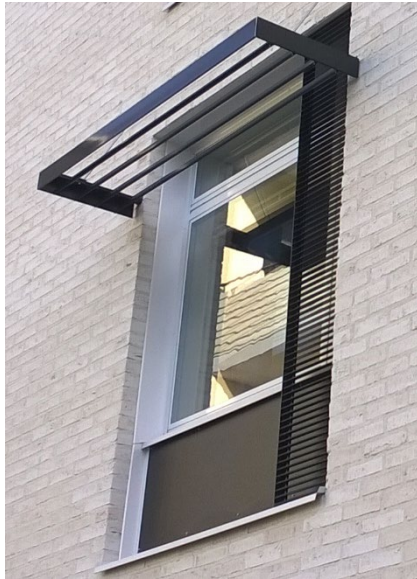
Matalaenergiataloissa on havaittu joukko ilmiöitä, joita täytyy jatkossa pystyä hallitsemaan nykyistä paremmin. Esimerkiksi tilojen lämpötilan tilapäinen alentaminen yöllä ei oikein toimi, koska lämpötila laskee aiempaa hitaammin ja pienitehoisilla lämmittimillä tilojen lämpötilan nostaminen takaisin normaaliksi vie totuttua enemmän aikaa.

Aiemmin rakenteisiin oli mahdollista jättää kylmäsiltoja, sillä kaikkiin tiloihin sijoitetut tehokkaat lämmittimet neutralisoivat niiden vaikutuksen. Uuden rakentamistavan mukaiset heikkotehoiset lämmittimet eivät kuitenkaan enää kompensoi kylmäsiltoja, joten niitä täytyy joko välttää tai sellaiset tilat pitää varustaa muista tiloista poikkeavilla tehokkailla lämmittimillä.

#### Tarvitaan tuotteistettua ratkaisua kylmäsiltojen välttämiseen

Nykyiset metallilasiseinien rakenteet soveltuvat huonosti matalaenergiarakentamiseen. Lasiseinän putkimainen metallirunko on sellaisenaan kylmäsilta ja parempia

tuotteistettuja ratkaisuja on ollut vaikea löytää. Myös metalliulko-ovien u-arvo oli viisi vuotta sitten tyypillisesti tasoa  $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ , mikä soveltuu huonosti matalaenergiataloon. Pääovella tilanne voidaan korjata tuulikaapin avulla. Erilaisille terassioville on kuitenkin edelleen tarvetta ja tuulikaapin virittäminen niihin on hankalaa.



*Kuva 5. Koukkuniemen Impivaaran aurinkosuojus, joka samalla estää uloimman ikkunalasin huurtumisen syksyllä tietyissä sääolosuhteissa.*

Matalaenergiarakentamisessa käytettävien ikkunoiden ulkopinnan huurtuminen pääsi yllättämään rakennuttajan Tampereellakin. Ilmiö oli kyllä tuttu, sillä vastaavia ikkunoita käytettiin jo pari vuosikymmentä sitten VTT:n koerakennuskohteissa pientaloissa. Nykyiset Tilakeskuksen rakennukset ovat kuitenkin korkeita eikä niiden edessä ole julkisivun jäähtymiseltä yöllä suojaavia puita tai räystäitä kuten asia on usein pientaloissa. Hyvä ratkaisu huurtumista vastaan on uloimman lasipinnan höyrynsuojakäsittely, joka on tuntunut toimivan uudemmissa kohteissa. Toinen hyvä ratkaisu on ikkunoiden ulkopuolelle asennettavat vaakasuuntaiset ritalät, joita sovellettiin Koukkuniemen Impivaarassa. Vaakasuuntainen ritalä suojaa myös keskikesällä auringon lämpökuormalta (kuva 5).

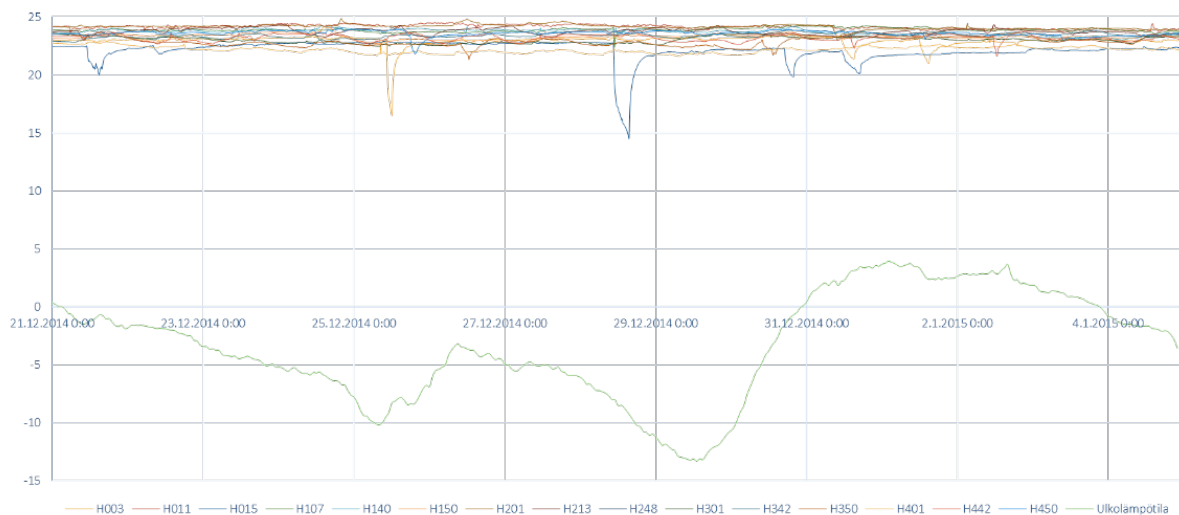
#### Haasteena liika lämmittäminen

Aiemmin kannettiin huolta lämmön riittävydestä kovimpien talven pakkasten aikana, mutta nyt tätä huolta ei enää ole. Sen sijaan haasteena on riittävän nopea reagoiminen lämmöntarpeen muutoksiin syksyllä ja keväällä. Sellaisissa uusissa kohteissa, joissa lämmityksen säätö ei toimi kunnolla, on jopa vedetty virheellisiä johtopäätöksiä liiallisesta energiatehokkuudesta. Uusi energiatehokas rakentamistapa ei kuitenkaan itsessään lisää jäähdytystarvetta. Varsinainen syy sisälämpötilan liialliseen kohoamiseen on rakennuksen liiallinen lämmittäminen. Tätä tehdään edelleenkin keskitetyn ilmanvaihdon avulla ja matalaenergiataloon huonosti soveltuvan lämmitysjärjestelmän kautta.

Koska lämmityspatterit ovat matalaenergiataloissa suurimman osan vuodesta kylmiä, ei niiden avulla enää pystytä säätämään tilojen lämpötilaa kuin keskitalvella. Muuna aikana matalaenergiatalon lämmitys tapahtuu pääosin lämpökuormien ja ilmanvaihtojärjestelmän avulla. Kun lämmitys tehdään keskitetysti IV-koneella, ei rakennuksen lämpötilaa ole enää mahdollista säätää tilakohtaisesti.

Myös lattialämmityksessä on huonot puolensa. Se varaa lämmityskaudella lämpöä lattiaan, mikä parantaa pakkaskaudella tilojen lämpöolosuhteita. Ongelmaksi lattialämmitys muodostuu syksyllä ja keväällä, kun lämmöntarve saattaa kadota nopeasti esim. auringonpaisteen tai tilaan saapuneiden henkilöiden vuoksi. Tällöin lattia luovuttaa lämpöä pitkään ja aiheuttaa yllämpöä ja jäähdyststarvetta. Lisäksi lattialämmitys rajoittaa muuntojoustavuutta.

Koukkuniemen Impivaarassa säätöongelmaa ratkottiin ilmanvaihtolämmityksen avulla. Ideana oli saavuttaa nopea reagointikyky lämmitys- ja jäähdyststarpeeseen jättämällä lämmityspatterit ja lattialämmitys pois ja korvaamalla ne huonekohtaisella tuloilmakanavaan sijoitetulla kanavalämmittimellä. Yllämpötilanteessa termostaatti lopettaa lämmittämisen välittömästi ja viileä tuloilma aloittaa tarvittaessa tilan jäähdytyksen. Suurin etu on siinä, että matalaenergiataloa ei enää lämmitetä liikaa hitaasti reagoivan lämmitysratkaisun vuoksi. Ratkaisu myös estää tilojen liiallisen lämmittämisen keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän kautta (kuva 6).



*Kuva 6. Koukkuniemen Impivaaran asuinhuoneiden lämpötilat lämmityskaudella 24.12.2014 - 4.1.2015. Ilmanvaihtolämmitys tuottaa asuntoihin varsin tasaisen lämpötilan 22,5-24,5 C.*

Vuonna 2014 valmistunut Kansainvälisen koulun FISTA:n laajennus on kooltaan 3 185 brm<sup>2</sup> ja sen ulkovaipan rakenteissa ja talotekniikassa noudatettiin pitkälti samoja ratkaisuja kuin pari vuotta aiemmin valmistuneessa Vuores-talossa (kuva 3). Myös FISTA:n laajennuksen energiatehokkuuden suunnittelun painopisteenä oli lämmönhävöiden pienentäminen kaikilla käytettävissä olevilla osa-alueilla. Suurin potentiaali oli talotekniikan parantamisessa, missä suuri rooli oli ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton virittämisessä huippuunsa. Myös sähkön käyttöä tehostettiin moottoreissa ja valaisimissa sekä valojen läsnäolotunnistimilla ja luonnonvalon tunnistimilla. Lämpöhäviöitä pienennettiin myös rakenneteknisin ratkaisuin. Ratkaisuun ei sisälly omaa uusituvan energian tuotantoa, kuten aurinkopaneeleja. Käyttämällä talotekniset ja rakennetekniset keinot hyväksi päästiin tasolle E-luku = 111 kWhE/(m<sup>2</sup> vuosi), mikä vastaa energialuokkaa B<sub>2013</sub>. Myös aiemmin asetettu energialuokan A<sub>2007</sub> -tavoite toteutui (kuva 7).



Kuva 7.

*Vuonna 2015 valmistuneen Kansainvälisen koulun FISTA:n laajennus, kuvassa oikealla alhaalla. Arkkitehtitoimisto A. von Boehm Oy*

---

## 8 Toteutettujen kohteiden arviointi suhteessa tuleviin energiamääräyksiin

---

Ensimmäisten matalaenergiakohteiden suunnitteluvaiheessa ei ollut vielä käytettävissä vuonna 2013 voimaan astuneita energiamääräyksiä ja E-luvun laskentaa perustuvaa rakennusten energialuokitusta. Tilakeskuksen myöhemmin toteuttamien uudisrakennusten rakentamistapa on pitkälti samankaltainen kuin aiempienkin, mutta niistä on käytettävissä uudet E-lukulaskelmat, joita voi nyt hyödyntää rakennusten arvioimisessa suhteessa tulossa oleviin lähes nollaenergiarakentamisen määräyksiin.

Taulukossa 1 on esitetty vuonna 2015 valmistuneen Kansainvälisen koulun FISTA:n laajennuksen E-luku laskettuna nykyisten primäärienergiakertoimien mukaan.

*Taulukko 1. FISTA:n laajennuksen E-lukulaskelma vuoden 2013 asetuksen mukaan*

|                      |                                           | <u>Nykyinen E-luku</u>        |                                                          |                                    |
|----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|
|                      | Energia<br>kWh/<br>(m <sup>2</sup> vuosi) | Energia-<br>muodon<br>kerroin | Painotettu<br>energia<br>kWhE/<br>(m <sup>2</sup> vuosi) | Nykyinen<br>raja-arvo<br>(50/2013) |
| Sähkö                | 48                                        | 1,7                           | 81,6                                                     |                                    |
| Kaukolämpö           | 43                                        | 0,7                           | 30,1                                                     |                                    |
| Kokonais-<br>energia |                                           |                               | 111,7                                                    | 91...130<br>-> luokka B            |

E-luku voidaan muuttaa uusien lähes nollaenergiämääräysten mukaiseksi melko yksinkertaisesti vaihtamalla nykyiset primäärienergian kertoimet uusiin. Taulukossa 2 on esitetty FISTA:n laajennuksen E-luku laskettuna uuden asetusluonnoksen mukaisilla primäärienergiakertoimilla. Näin laskettu E-luku = 79 kWhE/(m<sup>2</sup> vuosi) alittaa selvästi 15.9.2016 esitetyn asetusluonnoksen opetusrakennuksen raja-arvon, E-luku < 100 kWhE/(m<sup>2</sup> vuosi). /13/

*Taulukko 2. FISTA:n laajennuksen E-lukulaskelma lähes nollaenergiarakentamisen asetusluonnoksen mukaan /13/*

|                      |                                           | <u>Ehdotettu E-luku</u>       |                                                          |                                 |
|----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                      | Energia<br>kWh/<br>(m <sup>2</sup> vuosi) | Energia-<br>muodon<br>kerroin | Painotettu<br>energia<br>kWhE/<br>(m <sup>2</sup> vuosi) | Asetus-<br>luonnos<br>15.9.2016 |
| Sähkö                | 48                                        | 1,2                           | 57,6                                                     |                                 |
| Kaukolämpö           | 43                                        | 0,5                           | 21,5                                                     |                                 |
| Kokonais-<br>energia |                                           |                               | 79,1                                                     | <u>Opetusrak.</u><br>< 100      |

Kansainvälinen koulu FISTA ei ole poikkeus vaan Tilakeskuksen vuoden 2015 jälkeen valmistuneet ja rakenteilla olevat uudisrakennukset alittavat yleisemminkin 15.9.2016 esitetyn asetusluonnoksen E-luvun raja-arvot. Taulukkoon 3 on koottu joitakin Tilakeskuksen kohteita, joista on käytettävissä nykyinen E-luku ja joista on laskettavissa asetusluonnoksen mukainen E-luku ja tätä voidaan sitten verrata asetettuun raja-arvoon.





*Taulukko 3. Tilakeskuksen uudisrakennuskohteiden E-lukuja laskettuna nykyisillä ja uuden asetusluonnoksen mukaisilla primäärienergiakertoimilla. /13/*

| Kohde                                                              | E-luku<br>2013<br>kWhE/<br>(m <sup>2</sup> vuosi) | Energia-<br>luokka | E-luku<br>2018<br>kWhE/<br>(m <sup>2</sup> vuosi) | Raja-arvo 2018 |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------|----------------|
| FISTA, opetusrakennus.<br>valmistunut 2015                         | 111                                               | B                  | 79                                                | < 100          |
| Vehmaisten koulu ja pvk, opetusrakennus.<br>valmistunut 2016       | 126                                               | B                  | 89                                                | < 100          |
| Klassillisen lukion laajennus, opetusrakennus.<br>valmistunut 2016 | 167                                               | C                  | 119                                               | < 100 ei täyty |
| Koukkuniemen Toukolan uudisrakennus,<br>ryhmäkoti, valmistuu 2017  | 209                                               | C                  | 148                                               | < 160          |
| Tesoman yhtenäiskoulu ja pvk, opetusrakennus.<br>valmistuu 2018    | 126                                               | B                  | 89                                                | < 100          |

Poikkeuksen rakennetuissa kohteissa muodostaa korkeatasoista arkkitehtuuria edustava Klassillisen lukion laajennus, joka ei näillä näkymin tule täyttämään lähes nollaenergiarakentamisen vaatimustasoa. Rakennuksessa on noudatettu samaa uutta rakentamistapaa kuin muissakin taulukon 3 kohteissa. Selitys rakennuksen korkealle E-luvulle löytyy geometriasta ja rakennuspaikan edellyttämästä arkkitehtuurista. Rakennus on paviljonkimainen ja se liittyy toisiinsa vuonna 1905 valmistuneen Klassillisen lyseon ja vuonna 1964 valmistuneen lyseon laajennuksen. Näiden väliin oli tarpeen rakentaa esteetön yhdyskäytävä, hissit, uusi pääsisääntuloaula sekä lisää oleskelutilaa kaksinkertaistuvalla lukion oppilasmäärälle säilytyslokerikkoineen. Rakennuksen geometrian vuoksi siinä on runsaasti ulkovaippaa suhteessa lattiapinta-alaan. Myös julkisivulasin määrä on poikkeuksellisen suuri suhteessa rakennuksen laajuuteen. Tähän on vaikuttanut sijainti keskustassa arvopaikalla ja kaupunkikuvallisen näkökohdat (kuva 8).



*Kuva 8. Klassillisen lukion paviljonkimainen laajennos, jonka on suunnitellut rakennusarkkitehti Hannu Silvennoinen.*

Rakennuksen tekniset ratkaisut vastaavat hyvin lähes nollaenergiarakentamisen vaatimustasoa:

- u-arvo ulkoseinät 0,17 W/m<sup>2</sup>K



- u-arvo yläpohja 0,09 W/m<sup>2</sup>K
- u-arvo ulko-ovet 1,0 W/m<sup>2</sup>K W/m<sup>2</sup>K
- u-arvo ikkunat 0,8 – 0,9 W/m<sup>2</sup>K
- LTO-laitteen hyötysuhde 79% (vuosihyötysuhde)
- ikkunoiden aurinkosuojaus g=0,3-0,33 (g-arvo) + kiinteitä aurinkosuoja

Verrattaessa kohdetta FISTA:n laajennukseen, voidaan havaita, että Klassillisen lukion kaukolämmön kulutus on noin 126% korkeampi neliölle. Myös sähkön kulutus on 26% korkeampi neliölle kuin FISTA:ssa.

Klassillisen lukion lasijulkisivun u-arvo on erittäin hyvä, lähes paras mitä lasiteollisuus pystyy toimittamaan. Tavanomaiseen umpiseinään verrattuna sen lämmön läpäisy on kuitenkin viisinkertainen. Hyvää lasijulkisivua voikin tämän ominaisuuden suhteen verrata eristämättömään tiiliseinään, jonka lämmönläpäisy on samaa suuruusluokkaa lasin kanssa, noin 0,6- 0,8 W/m<sup>2</sup>K. Onkin selvää, että eristämättömällä tiiliseinällä varustettu rakennus ei tule täyttämään lähes nollaenergiarakentamisen vaatimuksia.

### Asetettu uusi vaatimustaso ei ole liian tiukka

Vuodesta 2011 lähtien Tampereen Tilakeskus Liikelaitoksen suuret uudisrakennuskohteet täyttävät yhtä poikkeusta lukuun ottamatta uusien vuonna 2018 voimaan astuvien energiamääräysten vaatimukset. Tätä taustaa vasten asetettu uusi vaatimustaso ei vaikuta kovin tiukalta. Tampereen Tilakeskus ei ole ainoa, jonka kohteet ovat täyttäneet jo vuosia lähes nollaenergiarakentamisen vaatimustason. Ainakin Helsingin kaupungin HKR-rakennuttajan uudiskohteet ovat täyttäneet tulevan vaatimustason vuodesta 2008 alkaen. Yksityisellä puolella ainakin Rakennusliike Reponen Oy:n MERA-konseptin mukaiset asuinkerrostalot ovat täyttäneen uudet vaatimukset jo vuosia. /2, 22/

### Haasteita

Energiakulutuksen tarpeen vähentäminen ei sinällään ole isoimpia haasteita uudessa rakentamistavassa, sillä asetettu vaatimustaso pystytään hyvin saavuttamaan erilaisin teknisin keinoin. Haasteeksi on ilmaantunut joukko uuteen rakentamistapaan liittyviä uusia ilmiöitä. Ne eivät ole insinöörielle kovin vaikeita käsiteltäviä ja osa niistä on jo ratkaistu. Osan ratkaiseminen edellyttää irtaantumista joistakin aiemmin hyvänä pidetyistä käytännöistä. Uuden rakentamistavan haasteita ovat seuraavat:

- perinteiset lämmitys- ja säätöratkaisut reagoivat huonosti lämpötilavaihteluihin -> valitaan vain erityisestä syystä lämmönjakotavaksi lattialämmitys ja patterilämmitys
- energiatehokasta rakennusta yllä lämmitetään syksyllä ja keväällä -> vältettävä kivi- ja kph-lattioiden liiallista lämmittämistä ja tuloilman liiallista lämmittämistä keskitetyllä IV-koneella
- yöajan lämpötilan alennus ei oikein toimi, sillä matalaenergiatalon lämmitystekhot ovat niin pieniä, että lämpötilaa on aamun tunteina vaikea palauttaa jälleen normaaliksi -> vältettävä tilapäistä lämpötilan alentamista
- rakenteiden yksityiskohtiin huomiota ja kylmäsiilat pois -> näitä ovat parvekkeet, katokset, lasijulkisivut jne.
- kaupunkikuvavaatimuksiin tarvitaan liikkumavaraa -> esimerkkejä ovat aurinkosuojat, lasipaviljongit, rakennus pilarien varassa

Tämä selvitys kohdistuu ensisijassa uudisrakentamiseen. Tilakeskuksen kokemuksista voidaan kuitenkin myös havaita, että lähes nollaenergiarakennuksen toteuttaminen perusparannuskohteessa on erittäin haastavaa. Esteeksi nousee tekijöitä, joihin ei perusparannuksessa voida vaikuttaa. Näitä ovat mm. rakennuksen muoto eli ulkovaipan suuri määrä suhteessa kerrosalaan ja runsas lasinkäyttö julkisivuissa.

Perusparannushankkeiden energiatehokkuuden parantamisessa korostuukin talotekniikan kehittäminen.

### Kehitettävä uudelleen mahdollisuus tilakohtaiseen lämmönsäätöön

Nykyisten matalaenergiatalojen lämpötilaa on mahdollista säätää keskitalvella lämmityspattereiden ollessa päällä. Muuna aikana patterit ovat kylmät ja tiloja lämmitetään ilmanvaihdon kautta keskitetysti. Tällöin ei ole enää mahdollisuutta tilakohtaiseen lämpötilan säätöön. Ilmanvaihtojärjestelmän rooli lämmitysjärjestelmänä täytyy tunnistaa ja sitä pitää kehittää sellaiseen suuntaa, että myös tilakohtainen lämpötilan säätäminen on mahdollista. Ensimmäinen askel on alentaa ilmanvaihdon tuloilman lämpötilaa radikaalisti lukuun ottamatta keskitalven kylmimpiä kuukausia. Lisäksi voi olla, että vedon tunteen välttämiseksi ikkunan alle sijoitettavat lämmityspatterit on korvattava ilmanvaihtojärjestelmään integroiduilla tilakohtaisilla tuloilmapattereilla.

### Huomio sähkön kulutukseen

E-lukulaskelman kannalta on edullista pyrkiä vapaakiertosiin energialähteisiin, kuten vapaakiertoinen maalämpö ja maakylmä sekä yöaikainen jäähdytys tuulettamalla.

Vesikiertoiset aurinkokeräimet korvaavat kaukolämpöä, minkä vaikutus E-lukuun on pieni. Vastaavasti aurinkopaneelit korvaavat sähköä, minkä vaikutus E-lukuun on suuri.

### Tarkastelun painopiste tulevaisuuden ratkaisuihin

Tarkastelun painopiste pitää rakennuslalla siirtää 1990-luvulla vakiintuneiden ratkaisujen soveltamisesta 2010-luvulla tarvittavien lähes nollaenergiarakentamisen ratkaisujen kehittämiseen. Lähes nollaenergiarakentamisessa suurin potentiaali on energiahäviöiden pienentämisessä ja turhan lämmittämisen vähentämisessä - ei ehkä niinkään omassa energiantuotannossa.

Tilakeskus on jo saavuttanut tarvittavan alhaisen energiankulutustason. Uuden rakentamistavan edelleen kehittämisen painopiste on liiallisen lämmittämisen vähentämisessä ja sovellettavien ratkaisujen yksinkertaistamisessa.

Vuoden 2017 aikana Tampereen Tilakeskus on aktiivinen lähes nollaenergiarakentamisen kehittäjä ja toteutettavasta kehitysohjelmasta on valmisteltu seuraava tiekartta.

#### Tavoitetilä 1.1.2018

Tilakeskus on kehittänyt uuteen rakentamistapaan perustuvan energiatehokkaan ja kustannustehokkaan lähes nollaenergiarakentamisen konseptin, joka on dokumentoitu suunnitteluohjeisiin. Tilakeskuksella on selkeä oma tahtotila, millaisia rakennuksia se haluaa jatkossa rakentaa ja miten lähes nollaenergiarakentamisen määräykset täytetään.

#### Tehtävä 1. Parannustoimenpiteet nykyisiin käytäntöihin

Kehitetään ja otetaan käyttöön aiempaa parempia käytäntöjä. Näitä ovat esimerkiksi TAPRE-hankkeen mukaisen takuuajana tehtävän toimivuustarkastelun edelleen kehittäminen ja suunnittelijoiden ottaminen mukaan pitämään käytönopastusta tekniselle henkilökunnalle.

#### Tehtävä 2. Energiatehokkuustavoite

Tampereen kaupungin vuonna 2010 asetettu energiatehokkuustavoite on energialuokka A<sub>2007</sub>. Tämä on tarpeen päivittää nykyisten määräysten mukaiseksi ja sopivan tiukaksi siten, että se toimii välitavoitteena ennen vuonna 2018 voimaan astuvia uusia rakennusmääräyksiä.

#### Tehtävä 3. Parhaat käytännöt

Perehdytään lähes nollaenergiarakentamisen parhaisiin käytäntöihin tutustumalla jo rakennettuihin kohteisiin ja pyritään omaksumaan niitä omaan käyttöön.

#### Tehtävä 4. Tilakohtainen lämmönsäätö

Tilakohtaisen lämmönsäädön palauttamisen tavoitteena on vähentää tilojen liiallista lämpenemisestä, vähentää energiankulutusta ja parantaa sisäilmaolosuhteita. Tavoitteeseen pyritään kehittämällä lämmitysjärjestelmää ja ilmanvaihtojärjestelmää sekä niiden ohjausperiaatteita yhtenä kokonaisuutena siten, että tilakohtaisen lämpötilan säädön mahdollisuutta saadaan parannettua. Selvitetään, missä määrin tilakohtaista lämmönsäätöä on mahdollista palauttaa rakennuksiin muuttamalla tuloilman lämpötilan säätämisperiaatteita. Lisäksi selvitetään, missä määrin lämmityspattereita on vedontunteen eliminoimiseksi tarpeen siirtää ikkunoiden alta tuloilmakanaviin.

#### Tehtävä 5. Sähköä säästävät energialähteet

Selvitetään ja analysoidaan sähköä säästävät vaihtoehtoiset energialähteet, joilla voidaan korvata ja vähentää korkean primäärienergiakertoimen sähköä. Näitä ovat mm. vapaakiertoinen maalämpö ja maakylmä, yötuleetus sekä aurinkopaneelit. Tuloksena

muodostetaan käsitys, millaisissa olosuhteissa mitäkin järjestelmää kannattaa selvittää tarkemmin kohdekohtaisesti.

#### Tehtävä 6. Suunnitteluohjeen uudistaminen

Laaditaan päivitetty suunnitteluohje, jossa otetaan huomioon lähes nollaenergiarakentamisen määräykset ja kuvataan Tilakeskuksen uusi rakentamistapa.

#### Tehtävä 7. Suunnitteluohjelman uudistaminen

Pilotoidaan uutta rakentamistapaa soveltuvan rakennushankkeen toteutussuunnittelussa siten, että hankkeen suunnitteluohjelmaa voidaan jatkossa käyttää tulevilla hankkeilla mallina. Suunnitteluohjelmassa mm. edellytetään suunnittelijoilta aiempaa suurempaa panosta ehdotussuunnitteluun ja ehdotusten arvioimiseen.

#### Haastattelut ja tilaisuudet

1. Mikko Saari, VTT Expert Services Oy. 23.9.2016
2. Jukka Forsman ja Ulla Soidinaho, HKR-rakennuttaja. 23.9.2016
3. Heikki Virkkunen ja Alma Koivu, Vesitaito Oy. 27.9.2016
4. Teppo Lehtinen, Ympäristöministeriö, esitys FinVac-seminaarissa 20.9.2016
5. Tapio Hyrkäs, esitys Tampereen Tilakeskuksen sisäisessä työpajassa 29.11.2016
6. Lakka Antti. Lähes nollaenergiarakentaminen tilaajan näkökulmasta. Esitys Rakennustarkastusyhdistyksen syyspäivässä 6.10.2016. Tampereella.

#### Julkaisut

7. Lakka Antti. Käytännön matalaenergiarakentamista Vuoreksessa. Rakennettu Ympäristö -lehti 2/2015. ss. 16 - 18.
8. Ojanen Tuomo, Airaksinen Miimu ja Tuomaala Pekka, Energiatehokkaiden uudisrakennusten rakenteiden kosteustekninen toimivuus. Asiakasraportti 16.11.2016, VTT-CR-04862-16. Julkaistu YM:n www-sivuilla:  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BCD61A994-7B55-4691-A396-E1469BE9DBF8%7D/123273>
9. Vinha Juha. Lausunto rakennusten energiatehokkuuslainsäädännön muutosesityksestä 14.3.2016. Lausunto nro TRT/2449/2016. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos. Julkaistu YM:n sivuilla.
10. Vinha Juha, Maltti on valttia Suomellekin nollaenergiatavoitteita asetettaessa. Rakennuslehti 13.2.2015, numero 6, sivu 2. Helsinki 2015.
11. Lausuntoyhteenveto – HE maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta. Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. 7.7.2016. Julkaistu YM:n sivuilla:  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BFEB81E7D-9A93-4F44-9D60-F910E5699D9B%7D/119907>
12. Avainministeriötkin kriittisiä nollaenergiarakentamiselle. Rakennuslehti 2.9.2016, numero 26, sivut 10-11. Helsinki 2016.

#### Asetusluonnokset

13. Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertomien lukuarvoista, Luonnos 12.9.2016.
14. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Luonnos 15.9.2016.

15. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Luonnos 12.9.2016.
16. Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista, Luonnos 14.3.2016.
17. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Luonnos 14.3.2016.
18. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Luonnos 14.3.2016.

#### WWW-sivuja

19. Ympäristöministeriön www-sivut koskien lähes nollaenergiarakentamisen lainsäädännön valmistelua. <http://www.ym.fi/lahesnollaenergiarakentaminen>
20. Nollaenergiatalo Wikipediassa. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Nollaenergiatalo#Eri\\_m.C3.A4.C3.A4ritelmi.C3.A4](https://fi.wikipedia.org/wiki/Nollaenergiatalo#Eri_m.C3.A4.C3.A4ritelmi.C3.A4)
21. Eduskunnan www-sivut liittyen hallituksen esitykseen eduskunnalle laiksi maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta, valiokuntien asiantuntijalausunnot. [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE\\_220+2016\\_asiantuntijalausunnot.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE_220+2016_asiantuntijalausunnot.aspx)
22. VTT:n uutinen liittyen Rakennusliike Reposen MERA-konseptiin, 4.10.2016 [http://www.vttexpertservices.fi/ajankohtaista/uutiset/news201610\\_rakennusliike\\_reponen\\_energiatehokas\\_rakentaminen](http://www.vttexpertservices.fi/ajankohtaista/uutiset/news201610_rakennusliike_reponen_energiatehokas_rakentaminen)
23. Rakennusteollisuus RT ry:n tiedote 5.2.2015 liittyen FinZEB-hankkeen valmistumiseen (varsinainen www.finzeb.fi on suljettu) <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2015/FinZEB-kiteytti-lahes-nollaenergiarakennusten-ominaisuudet/>