

FinZEB -HANKE



Lähes nollaenergiarakennusten käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla

TAUSTARAPORTTI 6

AURINKOSÄHKÖTARKASTELOT

20.03.2015

Granlund Oy / Jarkko Kuronen, Lassi Loisa, Erja Reinikainen

Sisältö

1	Johdanto.....	3
2	FInZEB-taserajamäärittely.....	3
2.1	Lähellä tuotettu energia.....	3
2.2	Energian ulosmyynti.....	4
3	Aurinkosähkötarkastelut.....	4
3.1	Näkökulmat.....	4
3.2	Yhteenveto tuloksista.....	4
4	Tulevaisuuden energiamarkkina.....	5
5	Johtopäätökset.....	5

LIITE 1 Aurinkosähkötarkastelut

1 Johdanto

FInZEB-hankkeen Loppuraportin (Sisältö ja tulokset) lisäksi hankkeessa on laadittu useita teknisiä raportteja, jotka julkaistaan hankkeen www-sivuilla osana Taustaraporttia.

Tämä on Taustaraportin osa 6, Aurinkosähkötarkastelut.

Taustaraportti koostuu seuraavista osaraporteista:

1	Kustannuslaskenta – asuinkerrostalo ja toimisto	Optiplan Oy
2	Pientalojen kustannuslaskenta ja E-luku	Insinööritoimisto Vesitaito Oy
3	Kustannuslaskenta – koulut ja päiväkodit	Granlund Oy
4	Energiaa säästävät tekniset ratkaisut	Granlund Oy
5	Laskentasäännöt	Granlund Oy
6	Aurinkosähkötarkastelut	Granlund Oy
7	Tulevaisuuden sää ja sisälämpötilatarkastelut	Granlund Oy
8	Pilottikohteiden kokemuksia	Granlund Oy
9	Energiantuotantoketjut – aineistoselvitys	Granlund Oy
10	Valaistuksen laadullisten tekijöiden ja energialaskennan määrittely FInZEB-hankkeelle	Tampereen ammattikorkeakoulu

Rakennuskohtaisia uusiutuvan energian tuotantojärjestelmiä on toistaiseksi toteutettu varsin vähän niiden korkean kustannustason ja pitkiksi muodostuvien takaisinmaksuaikojen vuoksi. Tässä raportissa tarkastellaan aurinkosähkötarkastelujen toteutusmahdollisuuksia tyypillisessä asuinkerrostalossa ja toimistorakennuksessa sekä arvioidaan aurinkosähkön avulla saatavaa E-lukuhyötyä.

2 FInZEB-taserajamäärittely

Tässä kappaleessa on esitetty lyhennelmä FInZEB-loppuraportissa esitellystä taserajamäärittelystä.

2.1 Lähellä tuotettu energia

FInZEB-hankkeessa linjattiin, mikä on direktiivin mukaista ”lähellä tuotettua” uusiutuvaa energiaa sekä päätettiin esittää kohteessa tuotetun uusiutuvan energian ulosmyynnin sallimista, mikä ei ole mahdollista nykyisin voimassa olevin laskentasäännöin.

Ehdotusta laadittaessa periaatteena oli, että sopimustekninen ”kikkailu” haluttiin välttää. Rakennuslupavaiheessa tehty uusiutuvan energian hankintasopimus ei ole välttämättä pitkäaikainen eikä toteudu välttämättä rakennuksen valmistuessa. Energian hankintaan liittyviä sitoumuksia ei myöskään voida rakennuksen käyttäjien puolesta vielä lupavaiheessa tehdä. Tämä johti siihen päätelmään, että lähellä tuotetun energian tuotantojärjestelmän tulee olla rakennukseen liittyvä tekninen ominaisuus ja kiinteistön osa, ei käyttäjien ja sopimusten mukaan vaihtuva tilanne.

Päädettiin siihen, että lähellä tuotettu uusiutuva energia voidaan ottaa ostoenergiaa vähentävänä huomioon, mikäli se on kytketty energiamittarin ”sisäpuolelle”. Tämä tarkoittaa, että tontilla tai sen ulkopuolella sijaitseva tuottolaitteisto on suoraan kytketty rakennukseen siten, että ko.

energiämäärä on erikseen mitattavissa rakennuksessa. Lähituotanto ei siis tässä ehdotetussa järjestelyssä kulje yleisen energiaverkon kautta.

2.2 Energian ulosmyynti

FInZEB-hankkeessa ehdotetaan, että energian rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian ulosmyynnin tulisi olla mahdollista ja E-lukuhyödyn huomioiminen tulisi voida ottaa huomioon tietyin rajoituksin ja laskentasäännöin. Tämä voitaisiin ohjeistaa esimerkiksi määrittelemällä kuukausitason rajausta myynnille ja myös ”ulosmyynnin kerroin” varsinaisen energiamuotokertoimen lisäksi.

Ulos myytävää energiaa voitaisiin rajoittaa esimerkiksi rajaamalla kuukausittainen ulosvienti korkeintaan rakennuksen kuukausittaista kulutusta vastaavaksi. Uusiutuvan energian tuotanto ja hyödyntäminen rakennuksessa tulisi laskea tuntitasolla, jotta tuotannon ja kulutuksen mahdollinen eriaikaisuus tulee huomioiduksi. Vaikka tarkastelussa ovat energian kuukausitaseet, tulee laskennan kuitenkin tapahtua tunneittain.

Energian ulosviennin sallimisella halutaan antaa mahdollisuus uusiutuvan energian tuotannon lisäämiselle markkinalähtöisesti, mutta estämällä kuitenkin rakennuksen huonon energiatehokkuuden kompensointi ylisuurella uusiutuvan tuotannolla. Ulos myytävän energian erilainen kerroin huomioi energian eriarvoisuuden eri aikoina ja korreloi hintatekijöiden kanssa. Ulosmyyntiä tapahtuu todennäköisimmin kesällä, kun energian tarve on pienimmillään ja energian hinta alhaisimmillaan.

Järjestely vaatii erilaisten tilanteiden tarkastelua ja laskentasääntöjen kehittämistä.

3 Aurinkosähkötarkastelut

3.1 Näkökulmat

FInZEB-hankkeessa selvitettiin aurinkosähköön liittyviä asioita useasta näkökulmasta:

- mikä ero aurinkosähkön hyödyntämispotentiaalissa on tehtäessä laskennallinen tarkastelu vuosi-, kuukausi- ja tuntitasolla
- mikä toteutettavissa oleva aurinkosähkön tuotannon määrä tyypillisissä asuinkerrostaloissa ja toimistorakennuksissa ja miten se vaikuttaa E-lukuun
- miten FInZEBissä määritelty taserajaehdotus ja energian ulosmyynnin huomioiminen vaikuttavat tyypillisessä asuinkerrostalossa ja toimistorakennuksessa
- kuinka kannattavaa on aurinkosähkön myynti verkkoon
- millaisia kannatusrakenteita aurinkopaneelit vaativat

Aurinkosähkötarkastelut on esitetty Liitteen 1 aineistossa.

3.2 Yhteenveto tuloksista

Aurinkosähkön toteuttamismahdollisuuksia selvittäessä on huomioitava rakentamispaikan erityispiirteet. Ympäröivät rakennukset ja puusto sekä rakennuksen oma geometria voivat vaikuttaa merkittävästi tuottoon.

Laskentatavalla (tunti-kuukausi-vuositaso) on oleellinen merkitys tuloksiin. Aurinkosähkön tuotannon ja hyödyntämisen tarkastelut tulisi aina tehdä tuntitason laskentaa käyttäen.

Tyypillisessä asuinkerrostalossa ja toimistorakennuksessa kohteeseen toteutettavissa oleva aurinkopaneelien määrä tuottaa sähköä pääsääntöisesti kohteen omaan käyttöön. Ulos myytäväksi jäävästä energiasta ei saada juuri lainkaan taloudellista hyötyä.

- Asuintalossa aurinkosähköä saadaan katolta ja julkisivusta **20 %** talon vuositarpeesta ja E-luku pienenee tarkastelutavasta riippuen **9,7–12,5 kWh/m²**
- Toimistotalossa aurinkosähköä saadaan katolta **21 %** talon vuositarpeesta ja E-luku pienenee tarkastelutavasta riippuen **10–13,5 kWh/m²**

Aurinkosähköjärjestelmässä paneelien kustannus ja paneelien tukirakenteiden kustannus ovat tällä hetkellä suurin piirtein samaa tasoa. Paneelit todennäköisesti halpenevat teknologian kehittyessä ja niiden käytön yleistyessä, mutta kannatinrakenteiden osalta näin tuskin tapahtuu. Kustannustarkasteluissa tulee ottaa huomioon vallitsevat olosuhteet sekä suomalainen rakentamistapa.

Aurinkosähkötarkastelut on esitetty Liitteen 1 aineistossa.

4 Tulevaisuuden energiamarkkina

Tässä kappaleessa on poimintoja FInZEB-hankkeessa toteutetusta Energiantuotantoketjustelvityksestä (Taustaraportti 9).

Miten nykyiset liiketoimintamallit ja sopimuskäytännöt sopeutuvat tilanteeseen, jossa jakeluverkkoon kytketään lisääntyvässä määrin hajautettua pientuotantoa? Koko toimintaketju joutuu sopeutumaan uuteen tilanteeseen, kun energiaa ei enää kulje vain yhteen suuntaan (suurista yksiköistä siirtoverkon kautta jakeluverkkoon ja kuluttajille). Jakeluverkon haltijoiden rooli tulee kasvamaan.

Kahdensuuntaisen energianmyynnin, nettolaskutuksen ja juridisten, taloudellisten, jne. esteiden poistaminen ja toiminnan vakiintuminen normaalikäytännöksi vie aikaa.

On olemassa vaara, että energiamarkkinat ja tariffit kehittyvät siten, että muutos johtaa epäoikeudenmukaiseen tilanteeseen eri asiakasryhmien välillä: ne joilla on varaa rakentaa omaa tuotantoa ja hankkia lämpöpumppuja tms. maksavat siirrostaan vähemmän, vaikka he itse asiassa aiheuttavat verkonkapasiteettitarpeen. Maksajat ovat ne, joilla ei ole mahdollisuuksia pienentää omaa energiankulutustaan. Tämä johtaa poliittisesti kestävämpään tilanteeseen.

Asiakkaiden osallistuminen nykyistä aktiivisemmin energiamarkkinoille sisältää paljon mahdollisuuksia. Sekä uusille tuotteille ja palveluille että myös mahdollisuuksia parantaa markkinoiden toimintaa. Oleellista tietenkä on, että ohjaus on sellaista, että se edistää markkinoiden toimintaa.

Kokonaisuus ja koko energiajärjestelmän sisältävä näkökulma tulee huomioida yksittäisen rakennuksen energiakäytön sijasta. Rakennusten energiankulutuksen ohjaaminen nzeb-tasoon tuo huomattavia seurannaisvaikutuksia.

100 kVA-kokoluokan verovelvollisuusvaatimus kohdistuu kohteisiin, joissa paneelimäärä ylittää noin 720 m² (enemmän kuin 500 kpl 200 W paneeleita). Tämän kokoisia järjestelmiä toteutuu todennäköisimmin liike- ja palvelurakennuksissa sekä alueratkaisuissa.

5 Johtopäätökset

FInZEB-hankkeessa ensisijaisena tavoitteena on ollut, että lähes nollaenergiarakennus ja sen energiaa käyttävät järjestelmät ovat energiatehokkaat ja tarpeeton kulutus on minimoitu. Tähän perustuen hankkeessa ehdotetut nZEB-E-lukutasot on mahdollista saavuttaa ilman paikalla tuotettua uusiutuvaa omavaraisenergiaa. Uusiutuvan energian tuotantoon ei haluta ohjata määrärausten kautta vaan sen toteutuminen jätetään markkinaehtoiseksi.

TAUSTARAPORTTI 6, LIITE 1

Aurinkoenergiatarkastelut

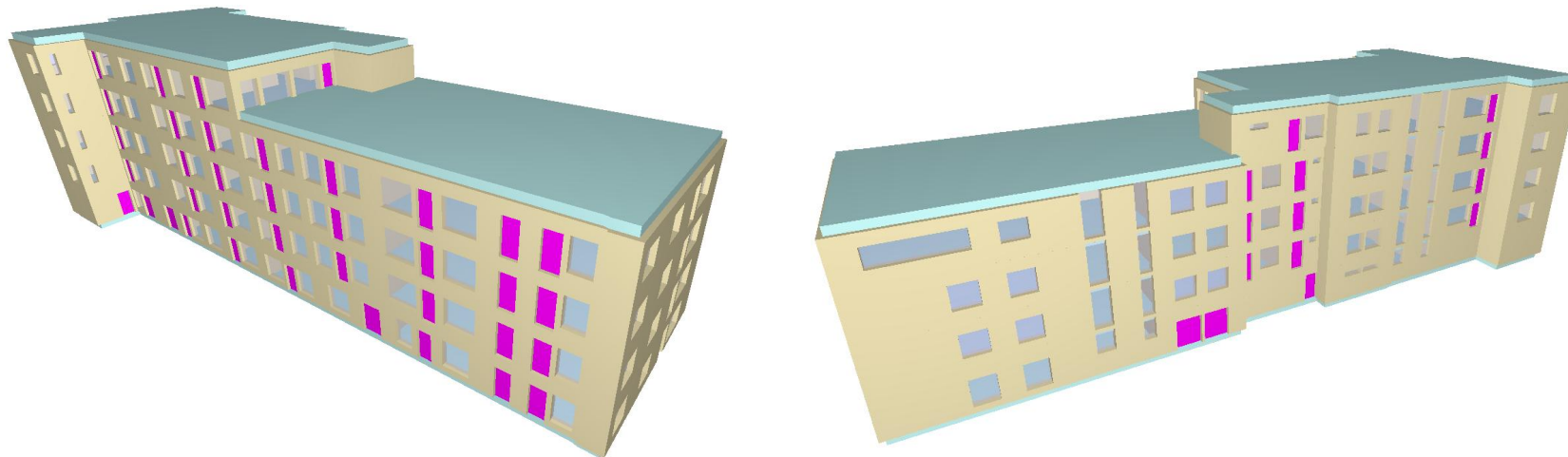
20.03.2015

Jarkko Kuronen / Lassi Loisa

Asuinkerrostalon aurinkosähköpotentiaalin riippuvuus laskentatavasta

Asuinkerrostalo esimerkissä

- Aurinkosähköesimerkissä esimerkkitalona uusi, vuoden 2012 lopussa rakennusluvan saanut kerrostalo
- E-luku on 126 kWh/m²
- Talon pinta-ala on 3300 m²
- Talon energiantarve E-lukulaskelmassa on 300 MWh/a lämmitystä ja 122 MWh/a sähköä



Aurinkosähkön laskentatavan vaikutus E-lukuun

1/2

- Esimerkkitalon E-luku saadaan vastaamaan energiatodistuksen A-luokkaa 75 kWh/m², kun tuotetaan aurinkosähköllä 85 % talon sähkönkulutuksesta.
- Seuraavan sivun esimerkki havainnollistaa miten aurinkosähkön laskentatapa vaikuttaa E-lukuun ja hyödynnettävään aurinkosähkömäärään
- Lähtökohtana esimerkissä on, että aurinkosähköä saadaan vuositasolla (1. rivi) aurinkopaneeleista ulos niin paljon, että se vastaa 85 % talon sähkönkulutuksesta ja tällä toimenpiteellä talo saa siis energialuokan A

Aurinkosähkön laskentatavan vaikutus E-lukuun 2/2

laskentatapa	Tuotanto paneeleista MWh/a	Hyödyntäminen talossa MWh/a	Ulosmyynti MWh/a	Ostosähkö ilman kertoimia MWh/a	Ostolämpö ilman kertoimia MWh/a	E-luku kertoimien kanssa kWh/m ² ,a
vuositase	103	103	0	19	300	74
kuukausitase	103	89	14	33	300	80
tuntitase	103	45	58	77	300	103
NZEB taseraja-ehdotuksella (kuukausitase) laskettu aurinkoesimerkki						
kuukausitase ulosmyynnillä	103	89	14	33	300	77
nzeb E-luku toimenpidepaketti ei ulosmyyntiä edellinen+sähkön ulosmyynti	96	80	0	33	169	114
	96	80	16	33	169	110

Taserajaehdotus sähkön myynnille

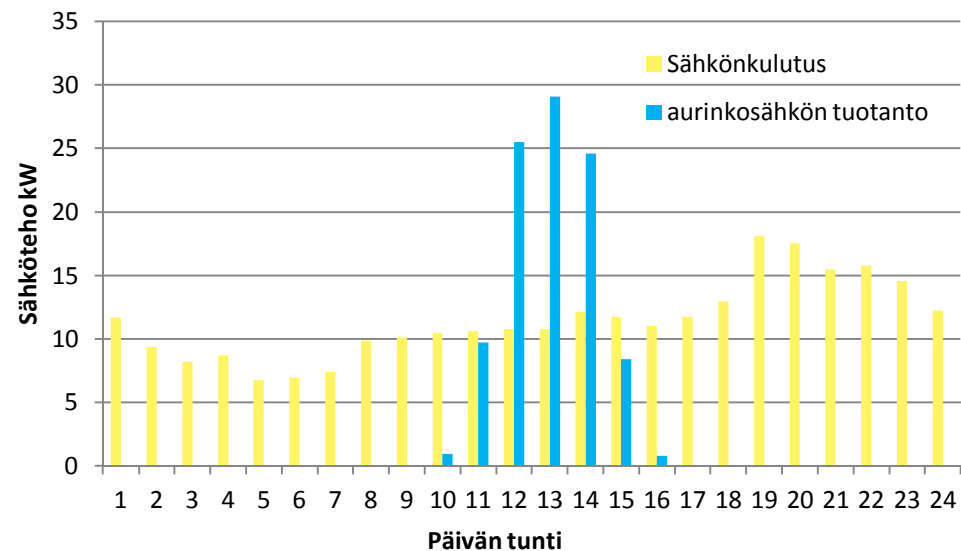
- Tontin raja on kokonaisenergiankulutuksen taseraja, energiamittareiden otaksutaan olevan tontin rajalla
 - Muualle viety sähkö otetaan huomioon seuraavin rajoituksin:
 - Lasketaan kuukausitaseesta niin, että ko. kuukauden huomioon otettava muualle viety sähkö ei voi olla suurempi kuin ko. kuukauden sähkönkulutus kohteessa standardikuorman ja – käytön säännöillä laskettuna
 - Muualle viedystä sähköstä otetaan E-luvun laskennassa huomioon 50%, eli lasketaan vähennys sähkön kertoimella (0,5*1,7)
 - Kaikki ulosvienti tapahtuu tontin rajalla olevien ”yleisten verkostomittarien” kautta
-

Aurinkosähkön tunti-laskenta tarkemmin

- Aurinkosähköllä saadaan tuotettua edellisessä esimerkissä 37 % vuoden sähköenergian käytöstä talossa tunti tunnilta laskettaessa (vuositaseena 85 %)
- Suurin mahdollinen aurinkoenergian suora osuus talon sähkönkulutuksesta on 65 %, joka vaatii jo 133 hehtaaria pelkkiä aurinkopaneeleita ja ainakin 2-kertaisen maa-alueen

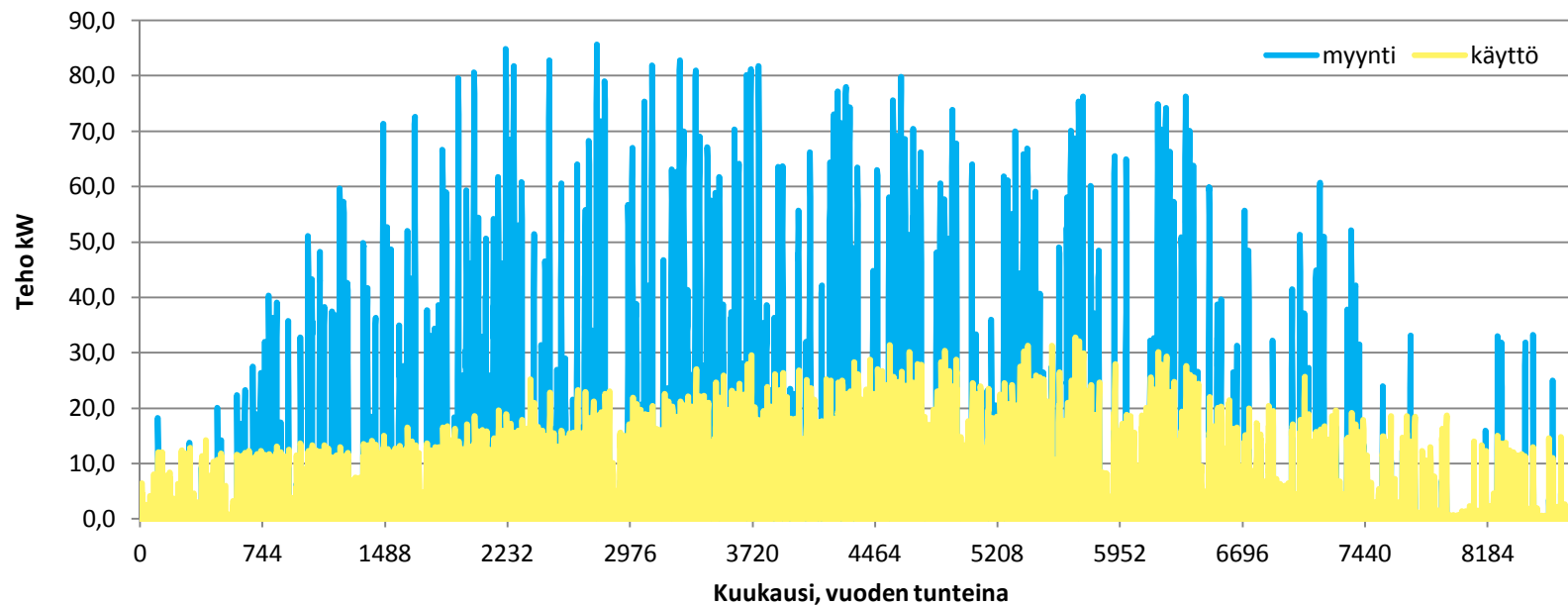
→ Talo tarvitsisi sähkövaraston, kulutus ja tuotanto eivät kohtaa

- Viereinen esimerkkikuva päivän sisäisestä tilanteesta tammikuun alusta
- Esimerkin sähkönkulutuksen jakautuminen on peräisin Helsingin energian muuntamomittauksesta kerrostaloalueelta yhden vuoden ajalta



Aurinkosähkön tuntilaskenta tarkemmin 2

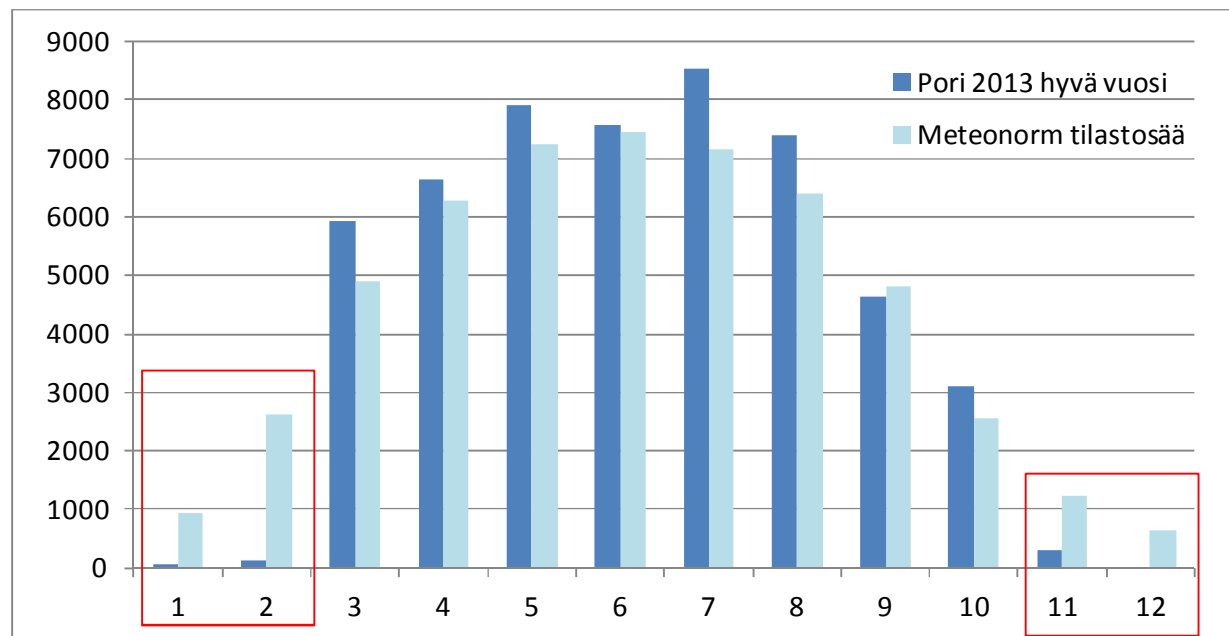
- Aurinkosähkön oma käyttö ja myynti kerrostalon tuntitase-esimerkissä koko vuoden aikana
- Sähköä joudutaan myymään hyvin paljon, koska sitä syntyy liikaa silloin kun ei tarvita ja liian vähän tai ei ollenkaan silloin kun tarve on suurin



Aurinkosähkön todellisuus Porin uimahallin katolla simuloituun verrattuna

- Katoille kinostuva tai kerääntyvä lumi poistaa helposti muutaman kuukauden koko sähköntuotannon, jos paneeleita ei puhdisteta kuten tässä esimerkissä – vastaa suunnilleen yhden kevätkuukauden sähköntuotantoa

Aurinkosähkön tuotanto
hyvänä vuonna 2013
Porin uimahallin katolla
Motivan
aurinkosähköseurannasta
ja vastaava simuloitu
kuukausituotanto



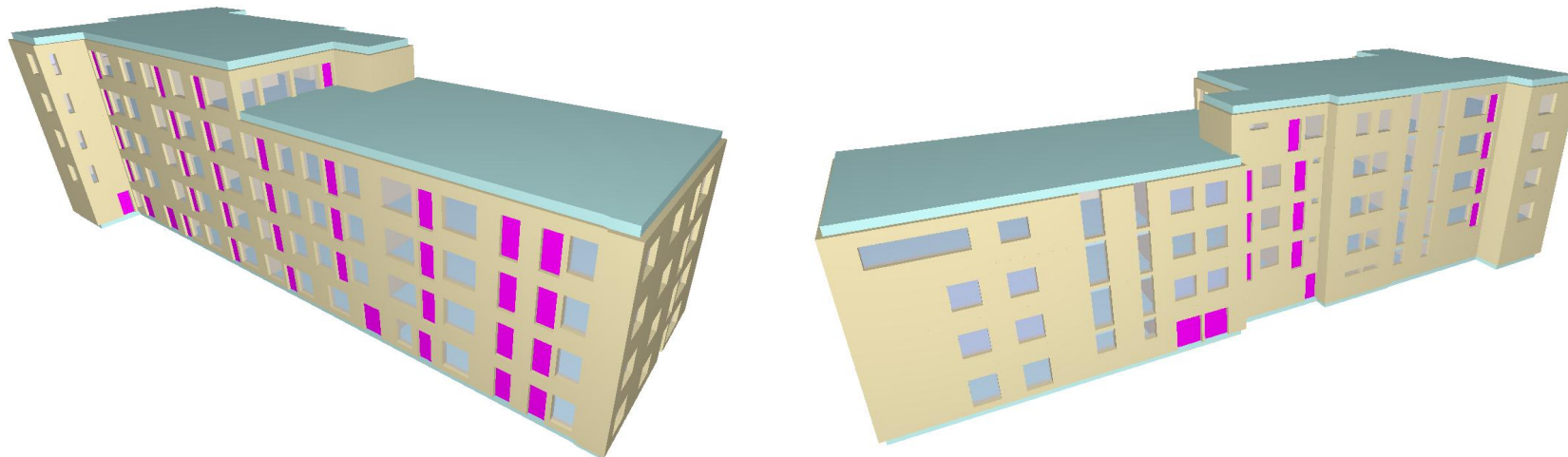
Aurinkosähköpotentialiaali asuinkerrostalossa ja toimistorakennuksessa katolla ja julkisivussa

Selvitystyön tausta

- Edellä tutkittiin miten paljon tarvitaan aurinkosähköä, jotta nykyaikaisesta kerrostalosta saadaan pelkällä aurinkosähköllä A-energiatohokkuusluokan talo – tässä selvityksessä ei otettu kantaa miten suuri määrä aurinkopaneeleita taloon liitettäisiin
- Tässä selvityksessä tutkittiin todellisen suunnittelun keinoin, miten paljon tyypillisen kerrostalon ja toimiston katoilta ja julkisivusta saadaan aurinkosähköä ja miten se vaikuttaa energiatodistuksen pohjana olevaan E-lukuun

Asuinkerrostalo

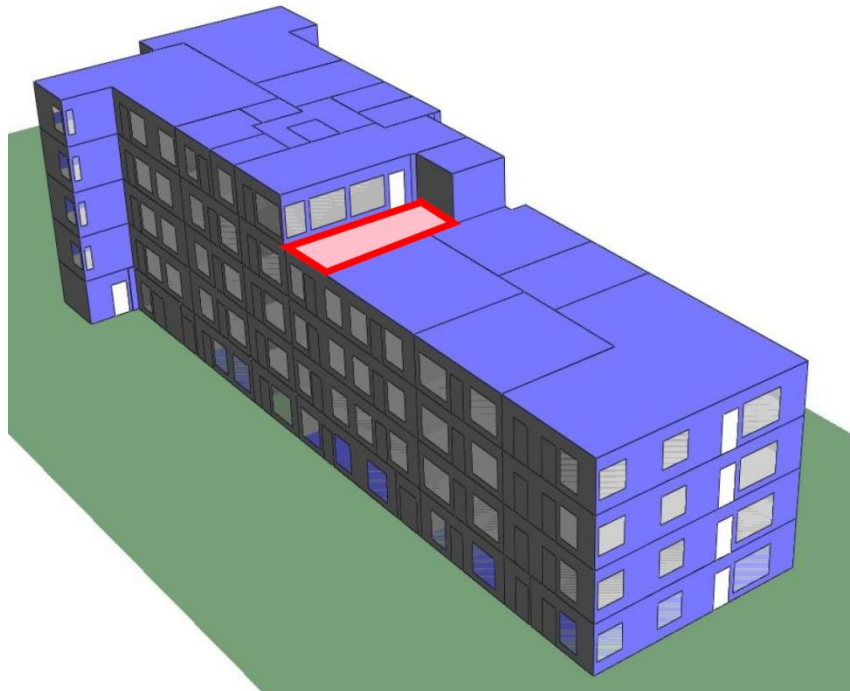
- Tarkasteltavana asuinrakennuksena on uusi, vuoden 2012 lopussa rakennusluvan saanut kerrostalo
- E-luku on 126 kWh/m²
- Talon pinta-ala on 3300 m²
- Talon energiantarve E-lukulaskelmassa on 300 MWh/a lämmitystä ja 122 MWh/a sähköä



Sähköntuotanto asuinkerrostalossa

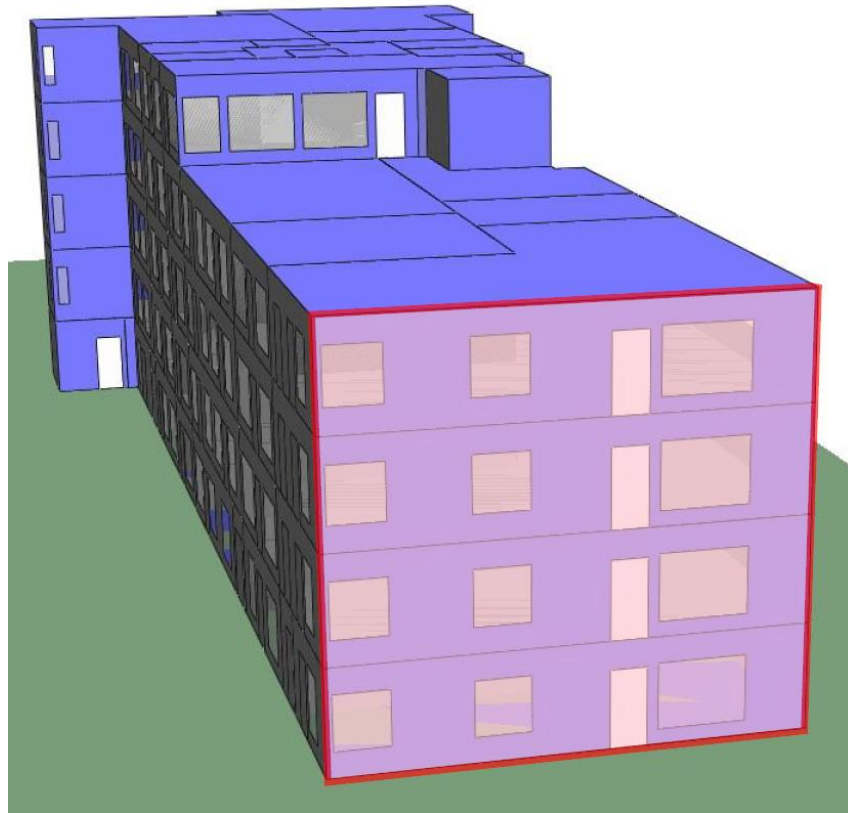
- Katon pinta-ala 761 m²
- Aurinkopaneeleille asennustilaa katolla: 242 m²
 - Vähennetty varjoon jäävä alue katolla ja sen jälkeen arvioitu, että kolmasosa jäljelle jäävästä pinta-alasta soveltuu aurinkopaneelien asennukseen katolla olevien erilaisten rakenteiden ja laitteiden sijoituksen perusteella.
 - Asuntokohtaisen ilmanvaihdon poistoilmalaitteet vaativat runsaasti tilaa katolla.

Sähköntuotanto asuinkerrostalossa



- Varjoon jäävä alue merkitty punaisella
- Aurinkopaneelien suuntaus etelää kohti
- Paneelien kallistus 42° vaakatasosta
- Aurinkopaneelien pinta-
alaksi oletettu 120 m^2
(50 % käytössä olevasta
kattopinta-alasta)

Sähköntuotanto asuinkerrostalossa



- Eteläjulkisivussa asennustilaa aurinkopaneeleille 124 m². Kokonaisalasta vähennetty ikkunoiden ja ovien pinta-alat.
- Eteläjulkisivu merkitty kuvaan punaisella.

Sähköntuotanto asuinkerrostalossa

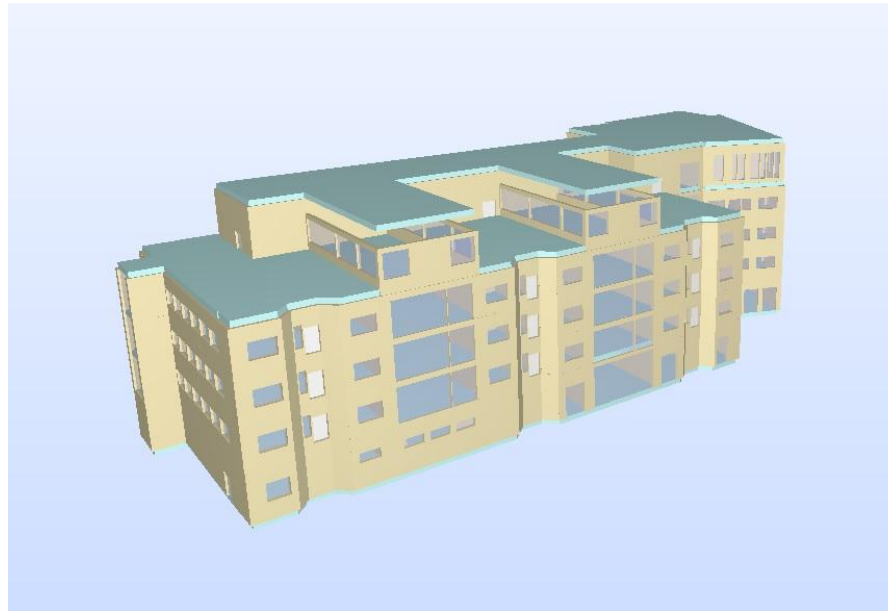
- Sähköntuotanto katolla: 14,0 MWh/a
- Sähköntuotanto eteläjulkisivussa: 10,3 MWh/a
- Jos taloon saadaan jonkinlainen sähkövarasto (akku) tai aurinkosähkö lasketaan suoraan talon ostosähköä vähentäväksi tuotannoksi niin **E-luku pienenee enintään 12,5 kWh/m²**
- Tuntitason suorassa energiankulutus/tuotanto – vertailussa ilman varastointia/myyntiä E-luku **pienenee enintään 9,7 kWh/m²**

Sähköntuotanto asuinkerrostalossa – NZEB taserajaehdotus

- Sähköä tuotetaan auringosta kuukausitaseena laskettuna jokaisena kuukautena vähemmän kuin sitä tarvitaan talossa
 - Sähköä ei mene ollenkaan myyntiin, ei E-lukuvaikutusta tätä kautta
- E-luku pienenee aurinkosähkön tuotannon verran eli 12,5 kWh/m²

Toimistorakennus

- Tarkasteltava toimistorakennus on vuoden syksyllä 2011 valmistunut toimistorakennus
- E-luku on 107 kWh/m²
- Rakennuksena bruttopinta-ala on 6313 m²
- Talon energiantarve E-lukulaskelmassa on 202 MWh/a (39,8 kWh/m²/a) lämmitystä ja 239 MWh/a (47,1 kWh/m²/a) sähköä



Sähköntuotanto toimistorakennuksessa

- Katon pinta-ala 1638 m²
- Aurinkopaneeleille asennustilaa katolla 870 m²
 - Katon kokonaispinta-alasta vähennetty matalat katto-osat, korkean lasiseinän taakse jäävä ala sekä LVI-laitteiden varjostamat alat – loppu osa katosta on käytettävissä aurinkopaneelien asennukseen

Sähköntuotanto toimistorakennuksessa



- Varjoon jäävät tai muuten aurinkopaneelien asennukseen sopimattomat alueet merkitty kuvaan punaisella
- Aurinkopaneelien suuntaus etelää kohti
- Paneelien kallistus 42° vaakatasosta

Sähköntuotanto toimistorakennuksessa

- Aurinkopaneelien pinta-alaksi oletettu 430 m² (50 % kattopinta-alasta)
- Sähköntuotanto katolla: 50,3 MWh/a
- Jos taloon saadaan jonkinlainen sähkövarasto (akku) tai aurinkosähkö lasketaan suoraan talon ostosähköä vähentäväksi tuotannoksi niin **E-luku pienenee enintään 13,5 kWh/m²**
- Tuntitason suorassa energiankulutus/tuotanto – vertailussa ilman varastointia/myyntiä E-luku **pienenee enintään 10,1 kWh/m²**

Yhteenveto tuloksista

- Asuintalossa aurinkosähköä saadaan katolta ja julkisivusta **20 %** talon vuositarpeesta ja E-luku pienenee tarkastelutavasta riippuen **9,7–12,5 kWh/m²**
- Toimistotalossa aurinkosähköä saadaan katolta **21 %** talon vuositarpeesta ja E-luku pienenee tarkastelutavasta riippuen **10–13,5 kWh/m²**
- Luvut esittävät keskimääräisen rakennuksen keskimääräisiä lukuja todellisen suunnittelutyön kautta – esimerkiksi tunnetusti kannattamattomat asennuspaikat on jätetty pois kuten talojen itäseinä

Sähkön myynti verkkoon

Sähkön myynti verkkoon

Asuinkerrostalo

- Sähköntuotto: 24,3 MWh/a
- Sähköverkkoon myytävissä oleva sähkö: 5,52 MWh/a
- Sähkön hankinnan kustannukset: 17 013 €/a
- Sähkön myynnistä saatava tuotto: 156,47 €/a

Sähkön myynti verkkoon

Asuinkerrostalo, oletukset

- Rakennus sijaitsee Helsingin Energian jakeluverkon alueella
- Aurinkosähköjärjestelmän kapasiteetti pienempi kuin 50 kW
- Energiayhtiö maksaa sähköstä spot-hinnan
- Perusmaksu 0 €/kk ja toimitusmaksu 0,00 €/kWh
- Suoritettava korvaus enintään 19,99 €/kk

Sähkön myynti verkkoon

Toimistorakennus

- Sähköntuotto: 50,3 MWh/a
- Sähköverkkoon myytävissä oleva sähkö: 12,8 MWh/a
- Sähkön hankinnan kustannukset: 24 770 €/a
- Sähkön myynnistä aiheutuva tappio: 143,21 €/a
 - Tappio johtuu kiinteistä kuukausimaksuista

Sähkön myynti verkkoon

Toimistorakennus, oletukset

- Rakennus sijaitsee Helsingin Energian jakeluverkon alueella
- Aurinkosähköjärjestelmän kapasiteetti välillä 50 – 400 kW
- Energiayhtiö maksaa sähköstä spot-hinnan, josta vähennetään viisi prosenttia
- Perusmaksu 4 €/kk ja palvelumaksu 50 €/kk

Aurinkopaneelien jalustat

Aurinkopaneelien jalustat

Asennustavat paneelien kattoasennuksessa

- Harjakatolle lappeen suuntaisesti
 - Paneeli lähes kiinni katossa
- Tasakatot, paneelit mahdollista kallistaa
 - Kelluva painoperustainen asennus
 - Pilareilla kattoon kiinnittyvä asennus

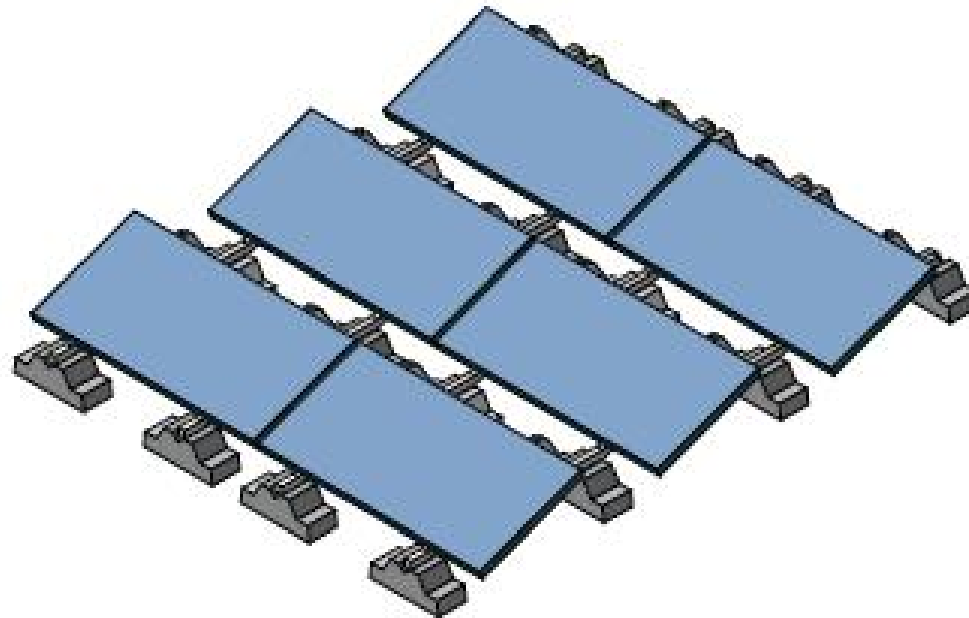
Aurinkopaneelien jalustat

Kelluva painoperusteinen asennus

- Asennuskohteet usein jo olemassa olevia kohteita
- Katon pitää kestää painojen aiheuttama lisäkuorma
- Tuulikuorman minimointi
 - Aurinkopaneelien alareuna tavallisesti lähellä kattopintaa, esim. 20-30 cm etäisyydellä
 - Kallistuskulma usein selvästi pienempi kuin energiantuoton kannalta optimi, 40 % vaakatasosta
- Katon huoltotyöt vaikeutuvat painojen takia

Aurinkopaneelien jalustat

Kelluva painoperusteinen asennus, © Finnwind Oy



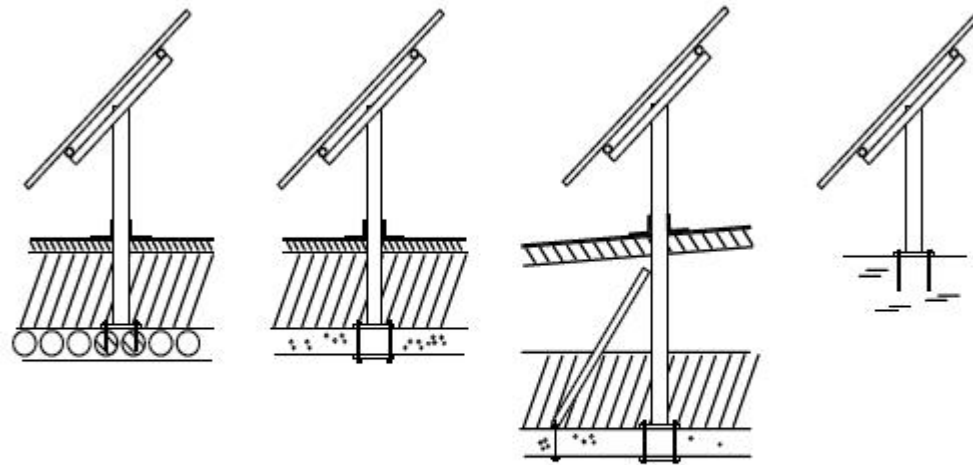
Aurinkopaneelien jalustat

Pilareilla kattoon kiinnittyvä asennus

- Käytetään erityisesti uudiskohteissa
- Tarvitaan läpiviennit vesikaton läpi, huomioitava olosuhteet
- Tuulikuorma helposti hallittavissa
 - Aurinkopaneelien kallistus optimikulmaan mahdollista
 - Paneelien etäisyys kattopinnasta vapaasti määriteltävissä, esim. 40-50 cm:n etäisyys mahdollinen
- Katon huoltotyöt tavallisesti helpompia painoperusteiseen asennukseen verrattuna

Aurinkopaneelien jalustat

Pilareilla kattoon kiinnittyvä asennus, © Finnwind Oy



1. Ontelolaatan päälle rakennettu tasakatto
2. Betonilaatan (TT-laatta) päälle rakennettu tasakatto
3. Laatan päälle rakennettu katto kun korkea tuulettuva yläpohja
4. jne.

Aurinkopaneelien jalustat

Jalustojen ja telineiden investointikustannukset

- Harjakattoasennus: 15-20 % laitekustannuksista
- Tasakattoasennus
 - Kelluva painoperusteinen asennus: 15-20 % laitekustannuksista
 - Pilareilla kattoon kiinnittyvä asennus: noin 40 % laitekustannuksista