

Pääsuunnittelu ja energiatehokkuus

11. Pääsuunnittelijakoulutus

Elina Saarisalo

Pääsuunnittelu ja energiatehokkuus 11. Pääsuunnittelija - koulutusohjelma

Elina Saarisalo

Aalto-yliopiston julkaisusarja
CROSSOVER 12/2012

© Tekijä

ISBN 978-952-60-4493-4 (pdf)

ISSN-L 1799-4950

ISSN 1799-4969 (pdf)

Unigrafia Oy
Helsinki 2012

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
2	TARVESELVITYS JA HANKKEEN VALMISTELU	2
3	EHDOTUSSUUNNITTELU	5
4	YLEISSUUNNITTELU	8
5	RAKENNUSLUPATEHTÄVÄT	16
6	TOTEUTUSSUUNNITTELU JA RAKENNUSAIKAISET TEHTÄVÄT	22
7	VASTAAN- JA KÄYTTÖÖNOTTOVAIHE	23

1 Johdanto

Energiatehokkuuden parantaminen on keskeinen keino ilmastonmuutoksen torjunnassa. Tavoitteiden saavuttaminen edellyttää koko rakennus- ja kiinteistöklusterin ja palvelusektorin nopeaa uudistumista sekä kansalaisten aktivoitumista käytännön toimiin. Tähän tarvitaan mm. innovaatioita, hyviä esimerkkejä, kannusteita ja lainsäädäntöä. (Sitra:n energiaohjelma, 2011).

Uudisrakentamisen energiatehokkuuteen liittyvät määräykset ovat uudistumassa. 1.7.2012 voimaantulevassa määräysuudistuksessa tarkastelun kohteeksi tulee yksittäisten rakennusosien sijaan rakennuksen kokonaisenergiankulutus.

Vuonna 2021 tulevan määräysuudistuksen tavoitteena on lähes nollaenergiataso. Ratkaisut, joilla tuohon tasoon päästään, ovat olemassa, mutta ne eivät ole vielä kaikilta osin kustannustehokkaita. Kuitenkin nollaenergiarakentamisen periaatteita voidaan suositella noudatettaviksi kustannustehokkailta osin jo nyt.

Tutkielmatyössäni selvitän, mitä pääsuunnittelijan on hyvä tietää energiatehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä pystyäkseen johtamaan suunnittelutyötä, sekä mitä keinoja pääsuunnittelijalla on prosessin ohjaamiseen, jotta päästäisiin tavoiteltuun lopputulokseen.

2 TARVESELVITYS JA HANKKEEN VALMISTELU

2.1 Tavoitteiden määrittäminen energiankulutuksessa

Hankkeen valmisteluvaiheessa määritellään yhdessä rakennushankkeeseen ryhtyvän kanssa, minkälaiseen energiatehokkuuteen pyritään. Toivottavaa on, että pääsuunnittelija on valittu projektiin jo tässä vaiheessa.

Onko tavoitteena matalaenergia- vai passiivitalo? Mikäli energiatehokkuus on parempi kuin mitä määräykset vaativat, millä aikavälillä lisäkustannukset pitää saada takaisin? Mitä hyötyjä erityisen energiatehokkaasta ratkaisusta on (esim. mainosarvo, vaikutukset ihmisten mielikuviin rakennuttajasta)?

Myös päälinjaukset taloteknisistä ratkaisuista olisi hyvä tehdä jo suunnittelun valmisteluvaiheessa. Esimerkiksi uusiutuvan omavaraisenergian (aurinkolämpö, aurinkosähkö, tuulisähkö) käytöstä olisi hyvä päättää jo ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista, koska se vaikuttaa suunnitteluratkaisuihin alkaen tontinkäytöstä ja rakennusten suuntaamisesta.

Eri järjestelmistä johtuvat lisäaiheet rakennuksiin tulisi integroida osaksi kokonaisuutta sen sijaan että ne lisätään jälkeenpäin irrallisina, päälleliimattuina osina.

Mielestäni suunnittelussa ei kannata pyrkiä yksinomaan minimoimaan rakennuksen energiankulutusta (laatikon muotoisia rakennuksia joissa on mahdollisimman pienet ikkunat..), mutta suunnittelijoiden pitää olla tietoisia siitä, minkälaiseen energiatehokkuuteen heidän ratkaisunsa johtavat. Energiatehokkuuden voi myös ottaa suunnitteluratkaisuja ohjaavaksi johtotähdeksi, kuitenkin luovuutta rajoittamatta (esimerkkinä Synergiatalo Apila, arkkitehtitoimisto JKMM).



Synergiatalo Apila

Sitra:n rakennetun ympäristön ja energiatehokkuuden johtava asiantuntija Jarek Kurnitski linjaa kannattavan tavoitetason pientalorakentajille v. 2011 näin:

Kannattaa tehdä hyvä rakennusvaippa, eikä säästää lämmitysjärjestelmästä. Meidän oloissamme myös passiivitalossa tarvitaan kunnon lämmitysjärjestelmä, joka on yleensä vesikiertoinen lämpöpumpuilla, kaukolämmöllä tai pelletillä toimiva.

Tehokas lämmitysjärjestelmä on suurin yksittäinen energiatehokkuuteen vaikuttava tekijä. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto mahdollisimman tehokkaalla lämmön talteenotolla kannattaa, valinta tapahtuu lähinnä perusilmanvaihtokoneen ja energiatehokkaan ilmanvaihtokoneen välillä, jolloin 2000 euron hintaerolla saadaan 80-prosenttinen lämmön talteenoton hyötösuhde sekä sähköpihit puhaltimet.

Hyvä rakennusvaippa tarkoittaa hyvää ilmanpitävyyttä (lähinnä huolellista työsuoritusta), tavanomaista parempia ikkunoita ja parannettua lämmöneristystasoa. Aivan passiivitalon rakennusvaippaan asti meneminen ei vielä ole kustannustehokasta, mutta nykyisestä vähimmäistasosta puoleen väliin päästään hyvin pienillä lisäkustannuksilla. Lopuksi ei pidä unohtaa rakennuksen massoitteleva – turhia nurkkia on syytä välttää ja auringonsuojauksesta pitää huolehtia.

(Kurnitski, 2011, s.111)

2.2 Suunnittelijavalinnat

Mikäli pääsuunnittelija pystyy olemaan mukana erikoissuunnittelijoiden valintaprosessissa, kannattaa pyrkiä vaikuttamaan siihen, että erikoissuunnittelijoiden valinnassa painotetaan perehtyneisyyttä energiatehokkuuskysymyksiin. Erityisesti LVIS-suunnittelijoiden tulisi tuntea hyvin myös aivan uusimmat keinot, joilla energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa.

LVI-suunnittelijalta tulisi edellyttää osallistumista projektiin jo hankesuunnitteluvaiheessa, jotta ehdotussuunnitelmien vaihtoehtoja määriteltäessä osataan katsoa asiaa myös energiatehokkuuden kannalta.

Erikoissuunnittelijoilta tulisi myös ylipäänsä edellyttää osallistumista luonnossuunnitteluun ja eri vaihtoehtojen vertailemiseen luonnostasolla. Kokemukseni mukaan - varsinkin pienemmissä kohteissa - monet erikoissuunnittelijat osallistuvat suunnittelutyöhön vasta siinä vaiheessa kun 'arkkitehdin luonnoksiin ei tule enää suuria muutoksia'. Silloin on erittäin hankalaa löytää kokonaisuuden eli kaikkien suunnittelualojen kannalta optimaalisia ratkaisuja. Mielestäni talotekniikan luonnossuunnittelu ja energialaskenta kannattaisi sisällyttää

TATE -suunnittelusopimuksiin. (Ne ovat mukana talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelossa TATE 09:ssä.)

Uudessa RakMK A2 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat –ehdotuksessa (17.2.2011) LVI-suunnittelijan nimike on muutettu vastaavaksi talotekniikan suunnittelijaksi. Tämän vastuualueen voi jakaa niin, että yksi osa-alue kuuluu erilliselle energiatehokkuussuunnittelijalle.

Pääsuunnittelijan tulisi olla mukana arvioimassa, onko hankkeessa tarvetta käyttää erillistä energiakonsulttia, ja selvittää, minkälaista osaamista ja työmenetelmiä ko. erikoissuunnittelijalta vaaditaan.

Rakennesuunnittelijan vastuualueeseen on myös A2 –ehdotuksessa lisätty energiatehokkuuden huomioon ottaminen.

3 EHDOTUSSUUNNITTELU

3.1 Vaihtoehtoiset ratkaisumallit

Erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja olisi hyvä päästä vertailemaan energiatehokkuuden kannalta ensin 'massamallitasolla'. Sijoitusvaihtoehtoja tontilla sekä massoitteluvaihtoehtoja tulisi pystyä vertailemaan karkealla tasolla siinä vaiheessa kun rakennuksen volyymi on suurin piirtein selvillä, mutta sijoitus ja hahmo vielä lyömättä lukkoon. Näiden vertailujen pohjalta voitaisiin valita vaihtoehtoiset ehdotussuunnitelmat, jotka työstettäisiin pidemmälle ja joita voitaisiin vertailla tarkemmilla energialaskentatyökaluilla.

3.2 Energialaskenta

Toistaiseksi, etenkin pienissä rakennusprojekteissa, on rakennukset suunniteltu sekä arkkitehtisuunnittelun että LVIS- ja rakennesuunnittelun osalta ilman mitään energialaskentaa. Rakennuslupavaiheessa energialaskelmat on teetetty laskentaan erikoistuneella konsulttitoimistolla - sitten on nähty, mihin energialuokkaan rakennus sijoittuu. Mahdollisesti on korjattu esim. ilmavuotolukua tai LTO:n vuosihyötysuhdetta paremman luokan saavuttamiseksi.

Jotta energiankulutuksen optimointi voisi olla osa suunnitteluprosessia siinä kuin muutkin suunnittelutavoitteet – järkevä tilankäyttö, esteettisesti korkeatasoiset ratkaisut, kustannustehokkuus jne., pitää suunnittelijoilla olla jo luonnossuunnitteluvaiheessa käytössään energialaskentatyökaluja. Samanaikaisesti pitää pystyä arvioimaan kunkin vaihtoehdon kustannuksia, jotta energiatehokkuutta ei tavoitella hinnalla millä hyvänsä.

3.2.1 Arkkitehtien laskentaohjelmat

Arkkitehtisuunnittelun saralla, silloin kun suunnitellaan tietomallilla, yleisimmät suunnitteluohjelmat **Archicad** (EcoDesigner) ja **Autodesk Revit** (Ecotect Analysis) tarjoavat laskentaohjelmia varsinaisen ohjelman lisäosina. Myös Microstationilla on vastaavanlainen energialaskentalisuke olemassa, ja Nemetschek Allplan:lla laskentaominaisuus on jo perusohjelmassa.

Archicad:in Ecodesigner

Ohjelman avulla voi vertailla eri ominaisuuksien, esim. rakennuksen suuntaamisen tai ikkunapinta-alan muuttamisen, vaikutusta energiankulutukseen.

Ecodesignerin toiminta yleisesti: EcoDesigner nuuskii tietomallista perustiedot, joita suunnittelija voi halutessaan vielä tarkentaa. EcoDesigner kysyy energialaskelmaa varten esim. rakenteiden lämmönläpäisyarvot, rakennuksen aukkojen lämpötekniset ominaisuudet ja tiedot LVIS-järjestelmistä.

Mallin automaattinen analysointi: EcoDesigner tunnistaa rakennusosien sijainnin rakennuksessa sekä ryhmittää ne. Ryhmitetyt rakenteet esitetään omilla väreillään sekä pohjassa että 3D-ikkunassa. Suunnittelija voi ryhmittelyn jälkeen vielä muokata ja tarkentaa ryhmittelyä.

Sijaintipaikan sääolosuhteet: EcoDesigner hakee tietokannasta määritetyn paikan säätiedot, kuten lämpötila, kosteus, tuulen voimakkuus ja auringon säteily, ja käyttää niitä laskennassa.

Tarkemmat laskelmat yksityiskohtaisemmilla tiedoilla: Yllämainittujen automaattisten analysointien lisäksi suunnittelija voi tarkentaa energialaskentaa syöttämällä muun muassa rakenteiden materiaali- ja lämpöominaisuuksia EcoDesigneriin.

Energiaraportti: EcoDesigner tuottaa rakennuksen energiatarkastusraportin, joka esittää rakennuksen energiakulutuksen numeroina ja diagrammeina. Raportti on jaettu neljään osaan: rakennuksen perustiedot, energian kulutus, hiilijalanjälki ja kuukausittainen energiatase. (M.A.D. 2011)

Autodesk:in Ecotect Analysis

Revit:in (Autodesk) vastaus energiatehokkuuslaskentaan on oma ohjelma Ecotect Analysis. Sen avulla saadaan tietomallista (BIM) analysoitua ja simuloitua rakennuksen vuorovaikutus ympäristön kanssa. Lisäksi ylläpitosisopimuksen avulla saadaan käyttöön Autodesk Green Building Studio –webpohjainen ohjelmisto, jolla mm. saadaan määriteltyä rakennuksen energiakulutus ja kustannukset.

Arkkitehtisuunnittelussa käytettävien ohjelmien analyysit ovat kuitenkin vain suuntaa antavia karkean tason vertailutyökaluja, **eikä niistä suoraan saada energiaselvitykseen tarvittavia laskelmia**. Tarkempaan ominaisuuksien vertailuun on käytettävissä energialaskentaan erikoistuneita laskentaohjelmia. Mikäli arkkitehtisuunnittelu tehdään 2D:nä, simuloinnin tekevät yritykset rakentavat suunnitelmista ensin 3D-mallin. Jos taas tietomalli on jo olemassa, useimmat yritykset pystyvät hyödyntämään sitä laskennassaan.

3.21 Energiasimuloinnit

Esimerkkeinä energialaskentaan erikoistuneista laskentaohjelmista seuraavat Insinööri-toimisto Olof Granlund Oy:n kehittämät ohjelmat:

Energiasimulointien avulla lasketaan rakennuksen lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergiankulutus jo suunnittelun alkuvaiheessa. Niiden avulla voidaan arvioida suunnittelun elinkaaritaloudellisuutta, vertailla julkisivuratkaisuja, järjestelmävaihtoehtoja ja laskea kulutustavoitteen ylläpitoa varten. Ohjelma ottaa huomioon mm. rakenteet, massiivisuuden, paikkakunnan sään, lämpökuormat ja käyttöajat. Se laskee tunneittain mm. vuotuisen energiankulutuksen, tilojen lämpötilat, niiden pysyvyyden sekä lämmitys- ja jäähdytystarpeet.

Olosuhdesimulointien avulla lasketaan mm. tilojen jäähdytystarpeet ja lämpötilakehitys sekä vertaillaan järjestelmiä ja ikkunasuojausratkaisuja. Niillä varmistetaan sisäilmastotavoitteiden saavuttaminen ja järjestelmien optimaalinen mitoitus.

Simulonnit tehdään RIUSKA™ -ohjelmistolla, joka on Granlundin kehittämä olosuhde- ja energiasimulointiohjelmisto. RIUSKA™ laskee tietomallin avulla rakennuksen ja sen tilojen lämpöteknisen käyttäytymisen erilaisissa kuormitus- ja sääolosuhteissa. (http://www.granlund.fi/palvelut/laskenta_ja_simulointi/energia-ja-olosuhdesimuloinnit/)

Muita energia- ja olosuhdesimulointeja tekeviä toimistoja ovat esim.

-Equa Simulation Finland Oy (<http://www.equa.fi/>)

-Inspecta (<http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Konsultointi/Talotekniset-palvelut/Energia--ja-olosuhdesimulointi/>)

4 YLEISSUUNNITTELU

Jotta pääsuunnittelija pystyy johtamaan eri suunnittelualojen yleissuunnittelua, hänellä pitää olla yleistietoa energiatehokkuuteen vaikuttavista taloteknisistä ratkaisuksista. Seuraavassa yleistä tietoa muutamista ratkaisuksista, joita RakMK D3 määräysuudistus kannustaa käyttämään.

4.1 Uusiutuva omavaraisenergia



Zero fossil emission community/Zedfactory, UK. Suunnitelma ilman fossiilisia energialähteitä toimivasta alueesta.

4.11 Aurinkoenergian hyötykäyttö

Suomenkin oloissa auringosta saadaan energiaa niin paljon, että sitä kannattaa hyödyntää. Lämpöä ja sähköä syntyy lähes ilman hiilidioksidipäästöjä ja itse energia on ilmaista.

Kun auringonsäteilyn sisältämää energiaa otetaan talteen erillisellä keräinjärjestelmällä, puhutaan aktiivisesta aurinkolämmityksestä.

Auringonsäteilyn voi siepata ja sen sisältämän energian muokata joko lämmöksi tai sähköksi. Teknisesti kyse on kahdesta aivan erilaisesta järjestelmästä. Itse keräinten ja paneelien sijoittaminen ja suuntaus noudattavat kuitenkin samoja periaatteita. Molemmissa tapauksissa auringon energia otetaan hyötykäyttöön säteilyä vastaanottavan pinnan avulla. Suurimman hyödyn saavuttamiseksi aurinkokeräin tai –sähköpaneeli sijoitetaan mahdollisimman aurinkoiselle paikalle.

Aurinkolämpö

Lämmitykseen aurinkoenergiaa käytetään meillä yhdessä jonkun toisen lämmitysmuodon kanssa. Näin vähennetään päästöjä ja alennetaan lämmityksen kokonaiskustannuksia.

Aurinkolämpö sopii yhteen lähes minkä tahansa muun lämmitysjärjestelmän kanssa. Aurinkolämmitys sopii myös pelkän käyttöveden lämmittämiseen. Tämä on toimiva ratkaisu esimerkiksi suoran sähkölämmityksen yhteydessä.

Kun aurinkoenergiaa kerätään talteen lämpönä, siihen tarvittavaa laitetta kutsutaan aurinkokeräimeksi tai aurinkolämpökeräimeksi. Aurinkokeräimen sisällä kiertää nestettä tai ilmaa, joka sitoo itseensä lämpöä auringonpaisteesta.

Käytettäessä aurinkokeräimiä huonetilojen lämmittämiseen, lämmönjako eri huoneisiin toimii parhaiten matalalämpöjärjestelmällä, kuten vesikiertoisena lattialämmityksenä, ilmalämmityksenä tai vesipatterilämmityksenä.

Aurinkosähkö

Aurinkoenergiasta voi tuottaa sähköä järjestelmällä, joka on kytkettynä sähköverkkoon, tai erillään siitä, kuten esim. kesämökillä.

Sähkön tuottamiseen tarvitaan aurinkosähköpaneelia, joka muodostuu sarjaan kytketyistä aurinkokennoista. Jokaisessa aurinkokennossa auringon sisältämä energia saa aikaan valosähköisen ilmiön. Auringon paistaessa aurinkosähköpaneeli tuottaa jatkuvaa tasavirtaa, joka voidaan muuntaa kotitalouksissa käytettäväksi vaihtovirraksi.

Sekä lämmitykseen että sähköntuotantoon tarvittavat laitteistot ovat pitkäikäisiä, ne kestävät tyypillisesti vuosikymmeniä. Niiden valmistukseen käytetään tavanomaisia, kierrätyskelpoisia materiaaleja, kuten kuparia tai alumiinia. Aurinkokeräimet ja

aurinkosähköpaneelit eivät juurikaan tarvitse huoltoa - huuhtelemista kuitenkin suositellaan siitepölykauden jälkeen.

Keräinten ja paneelien sijoitus

Katolle sijoitettaessa paneelit ja keräimet voi upottaa rakenteeseen huomaamattomaksi osaksi kattoa. On myös olemassa keräimiä, jotka asennetaan suoraan kattoruoteiden päälle ja jotka samalla toimivat vesikatteena. Muuta kattomateriaalia säästyy keräinalta, eikä läpivientejäkään vesikatton läpi tarvita.



Freiburg, Saksa

Keräimet tai paneelit suunnataan mahdollisimman etelään. Auringon korkeus vaihtelee paljon vuodenaikojen mukaan. Aurinkoenergelaitteiston asennuskulma suhteessa vaakatasoon riippuu siitä, milloin laitteistoa käytetään. Kun laitteistoa käytetään ympäri vuoden, ihanteellinen asennuskulma on 30-60 astetta. Vain kesäkäyttöön tarkoitettujen laitteiston asennuskulma on 15-45 astetta. Tietoja auringonsäteilyn määrästä eri puolella Suomea saa ilmatieteen laitokselta Helsingistä tai sen aluetoimistoilta.

Myös esim. rakennuksen ulkoseinä voi muuttua energiaa tuottavaksi talon osaksi, ja esim. parvekkeen kaide voi olla erittäin hyvä aurinkopaneelin paikka. Kun asennetaan keräimiä tai paneeleja talon pystypinnoille, pitää kuitenkin huolehtia,

etteivät ne mihinkään aikaan päivästä jää varjoon esimerkiksi räystäään alle - etenkin keskikesällä, kun aurinko on korkeimmillaan.

Aurinkopaneeleja voi käyttää myös esimerkiksi toimistorakennuksissa varjostimina auringon häikäisyvaikutuksen estämiseksi. Uudenlaiset tekniset ratkaisut mahdollistavat myös lasin korvaamisen aurinkopaneelilla. Paneelien tekniikka voidaan piilottaa pois näkyvistä, jolloin lopputulos näyttää lähes samalta kuin pelkkä lasi.

Passiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen

Rakennuksen sijainnilla, arkkitehtuurilla ja rakenteilla voidaan optimoida auringonsäteilyn lämmittävää vaikutusta.

Rakennusmassan paras suuntaus on suoraan etelään. Vuoden aikana talon eteläseinään lankeaa 2-3-kertainen määrä auringonsäteilyä pohjoisseinään verrattuna ja noin 1,5-kertainen määrä itä- ja länsiseiniin verrattuna.

Rakenteellinen aurinkosuojaus yllälämmön estämiseksi (esim. räystäät, katokset, pergolat, säleiköt) kannattaa sijoittaa niin, että ne varjostavat keskikesällä, mutta eivät estä matalalta paistavan kevättalven auringon säteilyä huonetiloihin.

Aurinkoenergian hyödyntäminen passiivisesti edellyttää isoa ikkunapinta-alaa eteläjulkisivussa. Ikkunoiden takana olevien huonetilojen seinät ja muut rakenteet toimivat tällöin aurinkokeräimenä ja varastoivat lämpöä. Käytettyjen rakennusmateriaalien lämmönvarastointikyvyystä (massiivisuudesta) riippuu, kuinka paljon sisälle tulevasta aurinkolämmöstä sitoutuu. Päivällä rakenteisiin sitoutuu aurinkoenergiaa, yöllä ne luovuttavat lämmön huonetiloihin.

4.12 Lämpöpumput

Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpulla hyödynnetään maahan tai veteen varastoitunutta auringon energiaa. Tyypillisesti maalämpöpumppu tuottaa käyttämäänsä sähköön verrattuna kolminkertaisen määrän maahan tai vesistöön sitoutunutta energiaa.

Lämpö otetaan yleensä syvästä porakaivosta tai pintamaahan asennetusta pitkästä vaakaputkistosta. Lämpö voidaan ottaa myös vedestä. Vaakaputkisto on hieman edullisempi hankkia kuin porakaivo. Porakaivoa voidaan kuitenkin käyttää myös viilennykseen.

Maalämpöpumpun hyötysuhde on sitä parempi, mitä pienempi on lämpötilaero lämmönlähteen, esimerkiksi maaperän, ja lämpöä luovuttavan patterin tai putkiston välillä. Lämpöpumppu soveltuukin hyvin vesikiertoiseen lattialämmitykseen, sillä huonetta lämmitävä pinta on suurempi kuin lämmityspattereiden, eikä lattialämmitysputkistoissa kiertävän veden tarvitse olla niin lämmintä kuin patteriverkostossa.

Maalämpöpumppu tuottaa lämmitysenergiaa suhteellisen edullisesti (noin kolmasosa sähkön hinnasta), mutta järjestelmän hankintahinta on melko korkea. Energiakustannusten noustessa maalämpöpumppu tulee kuitenkin kannattavaksi vaihtoehdoksi yhä pienemmissä rakennuksissa. (Motiva, 2008)

Maalämpöä energiapaaluista

Eräs eri suunnittelualojen välisistä energiatehokkuusajattelun mukanaan tuomista innovaatioista on energiapaalut: tavallisten teräsputkipaalujen - jotka tietynlaisissa maaperäolosuhteissa joka tapauksessa tarvitaan - sisälle asennetaan muoviputkea, jossa kiertää vesi ja etanolin muodostama jäätymätön liuos. Sitten paalu valetaan täyteen betonia. Eristetyt lämmönkeruuputket johdetaan paalusta jakotukkikaivoihin ja edelleen lämmönjakohuoneeseen, jossa sijaitsee lämpöpumppu, jolla lämpö tai jäähditys tuotetaan (Pakkanen, 2011). Näin siis paalut toimivat vastaavasti kuin porakaivot, joita yleensä käytetään kun halutaan hyödyntää maaperään sitoutunutta energiaa.

Ilmalämpöpumput

Ilmalämpöpumppu hyödyntää ilman ilmaista energiaa. Pumppuja on kolmenlaisia: lisälämmityslaitteeksi sopiva ilma-ilmalämpöpumppu, sekä koko rakennuksen lämmitystarpeen hoitavat ilma-vesilämpöpumppu ja poistoilmalämpöpumppu.

Ilma-ilmalämpöpumppu

Ilma-ilmalämpöpumppu on täydentävä lämmitysjärjestelmä, joka ottaa lämpöä ulkoilmasta ja lämmitää tai jäädyttää huoneilmaa. Ilma-ilmalämpöpumppu ei lämmitä käyttövetä eikä sitä voida liittää vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään. Ilma-ilmalämpöpumpun rinnalle vaaditaan aina täystehomitoitettu päälämmitysjärjestelmä, sillä sen avulla ei pystytä Suomessa kattamaan talven kylmimmän kauden lämmitystehontarvetta. Ilma-ilmalämpöpumpun käyttö onärkevintä suoran sähkölämmityksen rinnalla, jolloin sähköä säästyy keväällä ja syksyllä.

Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu siirtää lämpöä ulkoilmasta vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään ja lämmittää myös lämpimän käyttöveden. Jäähdytykseen se ei sovellu.

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan hoitaa koko rakennuksen lämmitystarve, -15...-20 asteeseen saakka. Sitä kylmemmillä ilmoilla tarvitaan sähkövastuksia, jotka sisältyvät järjestelmään.

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan säästää noin 40-60 prosenttia lämmitysenergiatarpeesta verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. Hankintakustannus on maalämpöpumppua edullisempi.

Poistoilmalämpöpumppu

Rakennuksen ilmanvaihtolaitteiston lämmöntalteenotto voidaan korvata poistoilmalämpöpumpulla. Pumppu siis käyttää lämmönlähteenä rakennuksesta koneellisesti poistettavaa ilmanvaihtoilmaa. Lämpöpumppu ottaa lämpimän poistoilman sisältämän energian talteen, ja siirtää sen rakennuksen muihin tiloihin puhallettavaan tuloilmaan, lämpimän käyttöveden lämmittämiseen ja lämmitysjärjestelmän käyttöön.

Lämpöpumppujen vertailu

Lämpöpumppujen valinta on ollut vaikeaa, koska erityisesti ilma-vesi tyyppisten lämpöpumppujen toiminnasta Suomen oloissa ei ole ollut juuri mitään mittaustietoa. Sitran energiaohjelman ansiosta on nyt saatu lämpöpumppujen testausvalmius Suomeen. Mittausvalmius saatiin yhdistämällä MTT Vakolan mittausfasiliteetit ja Aalto-yliopiston osaaminen. Testitulokset on julkaistu TM Rakennusmaailman numeroissa 9/2010 ja 6/2011.

Nyrkkisääntönä ilma-vesi lämpöpumpun lämpökertoimena voi pitää kakkosta, kun maalämpöpumpussa se on kolmonen. Yhdellä kilowattitunnilla sähköllä pystyy tuottamaan siis vastaavasti kaksi tai kolme kilowattituntia lämpöä, mikä on uusiutuvaa, joko ulkoilmasta tai maaperästä otettua. (Sitra, uutinen 5.7.2011. Saatavissa: <http://www.sitra.fi/fi/Ajankohtaista/lampopumput.htm>)

4.2 Energiatehokas valaistus

EU:n komission asetus 245/2009 ohjaa valaistusta niin, että kohteisiin valittaisiin kulloinkin käyttötarkoitukseltaan parasta mahdollista teknologiaa. Tärkeimmät muutokset valaistushankintojen kannalta ovat:

- hehkulamput poistuvat markkinoilta vaiheittain vuoteen 2012 mennessä
- elohopealamppujen tuonti markkinoille kielletään vuodesta 2015 alkaen
- uusissa loistelamppuvalaisimissa on oltava elektroniset liitäntälaitteet vuodesta 2017 alkaen

Energiatehokkaat valaisintyypit

Sisävalaistuksessa käytetään yleisesti loistelamppuja (loisteputket, pienoisloistelamput), joiden valotehokkuus on parhaimmillaan 80-100 lm/W.

Halogeenilamppu on paranneltu hehkulamppu eikä kovin energiatehokas.

Ulkovalaistuksessa yleiset elohopealamput (40-60 lm/W) ovat siis poistumassa markkinoilta. Korvaavia valonlähteitä ovat suurpainenatriumlamput 80-130 lm/W, joiden valo on oranssia, sekä valkoista valoa tuottavat monimetallilamput (70-90 lm/W). Monimetallilamppuja käytetään myös sisävalaistuksessa.

Kehittyvä lediteknikka tarjonnee lähitulevaisuudessa varteenotettavan vaihtoehdon sekä sisä- että ulkovalaistukseen.

Valaistuksenohjausratkaisut

Ohjausjärjestelmän valinta vaikuttaa paljon valaistuksen kokonaisenergiankäyttöön. On/off kytkimen lisäksi valaistusta kannattaa ohjata keskitetyn automaation avulla.

-läsnäolotunnistin sytyttää valot tarvittaessa ja sammuttaa valot silloin, kun tiloissa ei ole kukaan

-vakiovalo-ohjaus vähentää valaistusta luonnonvalon riittävyuden mukaan

-perinteinen ohjaustapa on aikakytkin

-ulkovalaistuksen ohjaukseen käytetään aikaohjelman lisäksi hämäräkytkintä

LENI –luku on rakennuksen vuotuista valaistusenergiaa kuvaava luku, joka ilmoitetaan muodossa kWh/m²/vuosi. LENI-luku lasketaan koko rakennuksen valaistukselle.(Motiva 2011)

4.3 Rakennesuunnitteluratkaisut

Keskeisiä asioita rakennesuunnittelussa ovat u-arvoltaan parempien rakennetyyppien kehittäminen sekä rakenteiden suunnittelu siten, että päästään hyvään ilmatiiveyteen.

Rakennusfysiikan kannalta rakenteiden u-arvojen parantaminen ei ole ongelmatonta. Vaarana on erityisesti kastepisteen muodostuminen rakenteen sisälle. Rakennesuunnittelijan tulee kiinnittää erityistä huomiota sellaisten rakenteiden kosteusteknisen toiminnan varmistamiseen, joista ei ole vielä kokemusta.

Myös alapohjan alapuolisten tilojen kuivana pysyminen on varmistettava tilanteessa, jossa lattian kautta ei vuoda lämpöä sen alapuolelle. Erityisesti kesäauringon paistaessa lämpimästi rakennukseen voi syntyä tilanteita, jolloin alapohjan alle oleviin tiloihin pääsee lämmennyt, kostea ilma, joka sitten tiivistyy kylmien rakenteiden pintaan (Pitkäranta, 2011).

Hyvissä rakennusohjeissa yhdistyvät tutkijoiden, suunnittelijoiden sekä rakentajien näkemykset ja kokemukset toimiviksi kokonaisuuksiksi. Yksi loppuun asti mietitty rakenneratkaisu voi olla arvokkaampi kuin sata detaljia. (Lindberg, 2009)

5 RAKENNUSLUPATEHTÄVÄT

5.1 Energiaselvitys

Uudisrakentamisen energiamääräykset annettiin 30.3.2011 ja ne tulevat voimaan 1.7.2012. RakMK D3 2012:n ns. kokonaisenergiatarkastelu muuttaa rakentamisen energiatehokkuuden ohjausta; aikaisemmin vaatimuksia on asetettu rakennuksen lämpöhäviöille (rakennuksen vaippa, vuotoilma ja ilmanvaihto). Jatkossa tarkastellaan rakennuksen koko vuotuista energiankulutusta, jolle asetetaan yläraja. Määräysuudistuksella parannetaan uudisrakentamisen energiatehokkuutta keskimäärin noin 20% aikaisempaan määräystasoon verrattuna.

D3:a sovelletaan **uusiin rakennuksiin**, joissa käytetään energiaa tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen sekä lisäksi mahdollisesti myös jäähdytykseen.

Energiankulutusta laskettaessa otetaan huomioon myös lämmitystapa. Määräysuudistus kannustaa kaukolämmön sekä uusiutuvien energialähteiden käyttöön. Määräysuudistus lisää myös eri energiamuotojen ja eri energiatehokkaiden ratkaisujen välistä kilpailua (Kalliomäki, 2011).

Kokonaisenergiakulutus esitetään E-luvulla, joka lasketaan rakennukseen ostettavien energioiden ja energiamuotojen kertoimien tulona ja ilmaistaan kWh/m² vuodessa – yksiköllä. Uusi tapa jättää keinot vaaditun energiatehokkuuden saavuttamiseksi vapaaksi.

Pääsuunnittelija huolehtii, että **energiaselvitys** tehdään ja allekirjoittaa sen. Energiaselvitys liitetään rakennuslupahakemukseen. Sen avulla osoitetaan, että suunnittelukohde täyttää RakMK D3 määräykset.

(Kaikki energiatehokkuusmääräykset kootaan yhteen määräyskokoelman osaan D3; siihen siirretään myös aikaisemmat energiatehokkuusvaatimukset osista C3 ja D2.)

Energiaselvitys on myös päivitettävä ja pääsuunnittelijan on varmennettava se ennen rakennuksen käyttöönottoa (RakMK D3 2012).

5.2 Energiaselvityksen sisältö

Energiaselvitys sisältää yleensä seuraavat tarkastelut:

- 1) rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku)
- 2) energialaskennan lähtötiedot ja tulokset
- 3) kesäaikainen huonelämpötila ja tarvittaessa jäähdytysteho;
- 4) rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus
- 5) rakennuksen lämmitysteho mitoitustilanteessa; sekä
- 6) rakennuksen energiatodistus.

1) E-luku

E-luvun laskemiseksi pitää laskea **ostoenergian kulutus**, eli kuinka paljon sähköä, kaukolämpöä tai polttoainetta tarvitaan vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden (lämmitetty nettoala = lämmitetystä bruttoalasta vähennetään ulkoseinien rakennusosa-ala).

Ostoenergiat kerrotaan **energiamuotojen kertoimilla** ja tulot lasketaan yhteen E-luvuksi.

Energiamuotojen kertoimet ovat seuraavat:

-sähkö	1,7
-kaukolämpö	0,7
-kaukojäähdytys	0,4
-fossiiliset polttoaineet	1,0
-rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Kertoimet ovat samansuuntaisia energian hintojen kanssa, mutta varsinaisesti niiden määrittämisen perusta on ollut uusiutumattomien luonnonvarojen käyttäminen.

E-lukuvaatimukset

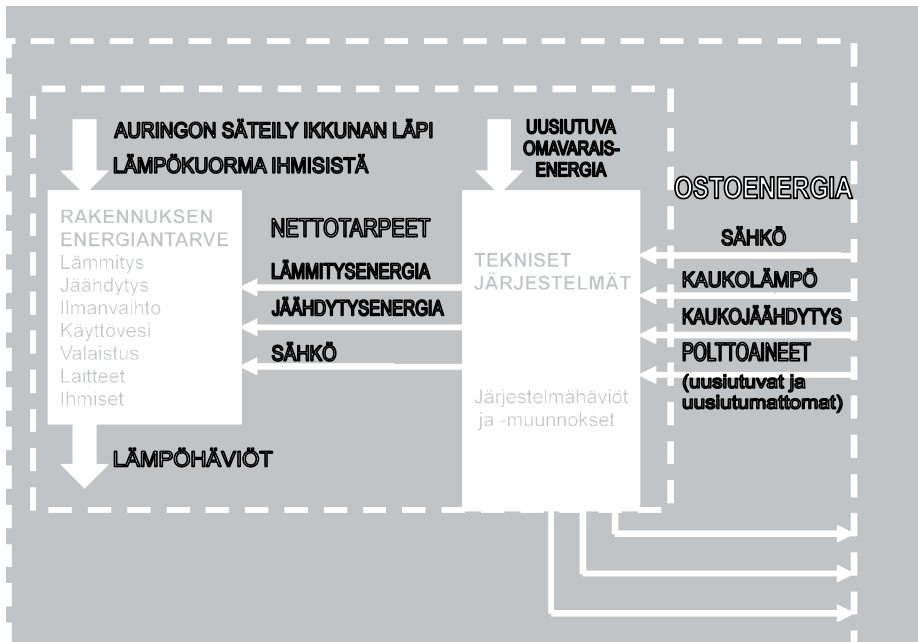
Energiatehokkuuden vaatimus riippuu rakennustyyppistä ja pientalojen kyseen ollessa myös talon koosta:

Rakennustyyppi	E-luvun yläraja vuodessa
pientalo	130-229 kWh/m ² , riippuen rakennuksen koosta ja materiaalista
rivi- ja ketjutalo	150 kWh/m ²
asuinkerrostalo	130 kWh/m ²
toimistorakennus	170 kWh/m ²
liikerakennus	240 kWh/m ²
majoitusliikerakennus	240 kWh/m ²
opetusrakennus ja päiväkot	170 kWh/m ²
liikuntahalli (pois lukien uima- ja jäähalli)	170 kWh/m ²
sairaala	450 kWh/m ²
muut rakennukset ja määräaikaiset rakennukset	E-luku on laskettava mutta sille ei ole asetettu vaatimusta

Energialuvun laskeminen

Ostoenergia

Energiankulutuksen määrittämiseksi tarvitaan yhtenäinen tapa, jolla voidaan laskea yhteen eri energialähteistä peräisin oleva energia. Rakennusten käyttämiä eri energialähteitä ovat esimerkiksi sähkö, kaukolämpö, öljy, kaasu, puu, pelletti ja hake. Näistä sähkö ja kaukolämpö ovat suoraan hyödynnettävissä olevaa energiaa. Sen sijaan polttoaineet joudutaan polttamaan lämmöksi, joten on laskettava, kuinka paljon esimerkiksi öljylitrasta saadaan energiaa, kun se poltetaan öljykattilassa. Saatavaan lämmön määrään vaikuttaa polton hyötysuhde, sillä osa energiasta menee hukkaan polton yhteydessä.



Rakennuksen netto-ostoenergiakulutuksen taseraja ja sen muodostuminen nettoenergiantarpeista, taloteknisten järjestelmien energiankulutuksesta, uusiutuvan omavaraisenergian sekä muusta paikallisesta energian tuotosta ja muualle viedystä energiasta. Uusiutuva omavaraisenergia voi olla esimerkiksi aurinkolämpöä, tuuli- tai aurinkosähköä. (RakMK D3 2012)

Rakennuksen ostoenergiakulutus koostuu

- lämmitysjärjestelmien
- ilmanvaihtojärjestelmien
- jäähdytysjärjestelmien
- sähkölaitteiden
- valaistuksen energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltynä, mistä on otettu huomioon vähennykset paikallisesti tuotetusta energiasta.

Ohessa esimerkkinä pientalon energialaskelma eri lämmitystavoilla (RakMK D3 2010 määräysten mukainen rakennus).

	ENERGIAN NETTOTARVE	sähkölämmitys	maalämpö	kaukolämpö	pelletti
tilojen lämmitys	48	56,5	16,1	60,1	80,7
ilmanvaihdon lämmitys	6	6	1,7	6,4	8,6
lämpimän käyttöveden lämmitys	35	43,6	17,1	41,5	54,3
puhaltimet ja pumput	7	7	7	10	10
valaistus	7	7	7	7	7
kotitaloussähkö	16	16	16	16	16
OSTOENERGIA YHTEENSÄ	119	136	65	141	177
E-luku		231	110	132	128

Nykyistä rakentamiskäytäntöä vastaavan uuden 150 m² pientalon energialaskelma eri lämmitystavoilla. Kaikki arvot ovat ominaiskulutuksia, yksikkönä kWh/(m²a). (Kurnitski, 2011)

Energian nettotarve

Energian nettotarpeet laskevat erikoissuunnittelijat. Osan lähtötiedoista saa suunnitelmista, osan RakMK D3:sta (valaistus, kotitaloussähkö, käyttöveden lämmitysenergian nettotarve).

Nettotarpeesta ostoenergiantarpeeseen

Lämmitystapana on esimerkkilaskelman kaikissa vaihtoehdoissa lattialämmitys, jonka hyötysuhde on 0,85. Sähkölämmityksessä nettotarve 48 kWh/(m²a) jaetaan tällä hyötysuhteella, jolloin päästään arvoon 56,5 kWh/(m²a). Maalämmön tapauksessa tämä 56,5 kWh/(m²a) kulutus jaetaan keskimääräisellä vuotuisella lämpökertoimella 3,5. Kaukolämmön ja pelletin tapauksessa kulutus lisääntyy johtuen kaukolämmön lämmönjakokeskuksen ja kattilan hyötysuhteista, jotka ovat alle yhden. Hyötysuhteet, lämpökertoimet ja lämpöhäviöt vaikuttavat myös ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen energiantarpeeseen. Sähkön tapauksessa (valaistus ja kotitaloussähkö) ei ole häviöitä, eli luvut pysyvät samoina.

Ostoenergiat lasketaan yhteen ja kerrotaan energiamuotojen kertoimilla, jolloin saadaan E-luku. Esimerkkitapauksessa sähkölämmitys on ainoa, jolla E-luvun vaatimusta 162 kWh/(m²a) ei täytetä.

Uusiutuva omavaraisenergia (= paikallisista uusiutuvista energialähteistä tuotettua energiaa, kuten esimerkiksi aurinkolämpö, tuuli- tai aurinkosähkö tai lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia) **vähentävät** ostoenergiaa.

Energialaskelman tekeminen on ohjeistettu RakMK osassa D5 (valmistuu syksyllä 2011, luonnosversio on saatavilla ympäristöministeriön kotisivulta: www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset, Uudistumassa olevat rakentamismääräyskokoelman osat)

2) Energialaskennan lähtötiedot ja tulokset

E-luvun laskennan lähtötiedot ja tulokset esitetään RakMK D3 2012:n liitteenä olevien taulukoiden avulla.

3) Kesäaikainen huonelämpötila ja tarvittaessa jäähdytysteho

Määräys: Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että tilat eivät lämpene haitallisesti. Tilojen yllilämpenemisen estämiseksi käytetään ensisijaisesti rakenteellisia ja muita passiivisia keinoja sekä yöllä tehostettua ilmanvaihtoa.

Selostus: Rakenteellisia ja passiivisia keinoja ovat esimerkiksi auringonsuojausratkaisut, lasipintojen koko ja suuntaus sekä rakennuksen massoittelu.

Kesäajan huonelämpötila ei saa ylittää tiettyjä raja-arvoja. Mikäli vaatimuksen täyttämiseksi joudutaan käyttämään jäähdytysjärjestelmää, kokonaisenergiankulutukseen sisällytetään jäähdytysjärjestelmän energiankulutus.

Vaatimuksenmukaisuus osoitetaan lämpötilalaskennalla.

4) Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus

2010 lämmönläpäisykertoimien eli U-arvojen vertailuarvot ovat lähes muuttumattomina mukana 2012 D3:ssa, vaikka ne olisivat pitkälti kompensoitavissa esim. paremmalla lämmön talteenotolla tai ilmanpitävyydellä. Näin varmistetaan, että

rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat rakenteelliset ratkaisut ovat riittävän hyviä.

Lämpöhäviön määräystenmukaisuus osoitetaan tasauslaskelmalla.

Rakennusvaipan ilmanpitävyys pitää osoittaa mittaamalla tai muilla menetelmillä. Jos sitä ei mitenkään osoiteta, käytetään ilmavuotolukua 4 ($\text{m}^3/(\text{h m}^2)$), joka on melko huono ja vaikeasti kompensoitavissa muilla toimenpiteillä.

5) Rakennuksen lämmitysteho mitoitustilanteessa

Vaatimuksenmukaisuus osoitetaan lämmitysteholaskelmalla.

6) Rakennuksen energiatodistus.

Vuoden 2010 D3:ssa ollut vaatimus energiatodistuksesta säilyy ennallaan.

Energiatodistus kertoo rakennuksen energiatehokkuuden verrattuna muihin vastaaviin rakennuksiin. Siinä käytetään asteikkoa A-G (paras on A-luokka).

Energiatehokkuus määritellään uudisrakennuksissa laskennallisesti.

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen energiatodistuksesta (765/2007) säädetään energiatehokkuuden laskentamenetelmät sekä erillisen energiatodistuksen laatijan pätevyysvaatimukset.

6 TOTEUTUSSUUNNITTELU JA RAKENNUSAIKAISET TEHTÄVÄT

Energiatehokkuuden tavoittelemisen johtaa väistämättä uusiin innovatiivisiin ratkaisuihin, joista ei ole kokemusta. Toteutussuunnitteluvaiheessa pääsuunnittelijan tulee pitää huolta siitä, että ratkaisuihin ei tule liian vaikeita toteuttaa. On myös huomioitava, että rakentamisessa tulee väistämättä olemaan eri tasoisia virheitä ja epätarkkuutta. Suunnitteluratkaisujen tulisi olla niin selkeitä ja riskittömiä, että ne kestäisivät myös osin virheellisen toteutuksen ja toimisivat silti oikein.

Rakentamisen aikana pääsuunnittelijan tehtävänä on huolehtia, että erikoissuunnittelijat valvovat riittävästi ja oikea-aikaisesti työmaata. Erityisen riskialttiita ovat kokeelliset ratkaisut, joista kannattaakin vaatia urakoitsijalta mallikatselmukset (pääsuunnittelijan tehtävänä on varmistaa, että katselmukset

pidetään). Myös erityistä huolellisuutta vaativat, jatkuvasti toistuvat työsuoritukset – kuten ilmatiiveyteen vaikuttavat läpiviennit – kannattaa ao. suunnittelijoiden käydä huolella läpi **itse tekijöiden kanssa**.

Pääsuunnittelija pitää myös huolen siitä, että huoltokirjatiedot tulevat kootuksi suunnittelijoilta, urakoitsijoilta, tavarantoimittajilta ja tilaajalta.

7 VASTAAN- JA KÄYTTÖÖNOTTOVAIHE

Käyttöönottovaiheessa pääsuunnittelija valvoo, että rakennuksen energiatehokkuus on asetettujen tavoitteiden ja suunnitelmien mukainen.

Käytön opastuksella on erittäin suuri merkitys siinä, miten hyvin energiatehokkaat järjestelmät saadaan hyödynnettyä. Käyttöohjeet tulisi laatia niin yksinkertaisiksi, että käyttäjien vaihtuessa myös uudet ihmiset viitsisivät niihin perehtyä (pääsuunnittelijan tehtävänä on varmistaa, että tarpeelliset käytön rajoitukset ja opastukset on järjestetty asianmukaisesti RakMK A1 10.5 mukaan). Hyvä motivaattori käyttöohjeiden noudattamiseen voisi olla energiankulutus – mikäli sitä saataisiin jatkuvasti seurattua, ja kunkin järjestelmän tavoitekulutus olisi tiedossa, saattaisi intoa säätöihin ja suodattimen vaihtoihin löytyä ihan tavallisiltakin rakennusten käyttäjiltä.

Viitteet:

Ahti-Virtanen, J. 2010. Näin rakennat energiatehokkaan talon. Talotekniikka 5/2010. s. 26-27. ISSN 12365173.

Kalliomäki P. 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta, muistio 28.3.2011.

Kurnitski, J. 2011. Energiämääräykset 2012. TM Rakennusmaailma 6/11. s.108-111. ISSN 1459-1839.

Lappalainen, M. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja. Helsinki: Rakennustieto Oy. 200 s. ISBN 978-951-682-945-9

Lindberg, Ralf. 2009. Helsingin kaupungin seminaari 'Ergiatehokas arki' 17.12.2009. Seminaariesitys.

Motiva Oy/ Aurinkoteknillinen yhdistys ry. 2010. Auringosta lämpöä ja sähköä.

Motiva Oy/ Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry. 2009. Lämpöä ilmassa.

Motiva Oy/ Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry. 2008. Lämpöä omasta maasta.

Pakkanen, S. 2011. Energiapaalujen toimivuutta testataan Jyväskylässä. Rakennuslehti 24/2011. s.12-13.ISSN 0033-9121.

Pitkäranta, E.2011. Suullinen lähde, arkkitehti.

Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. A2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. Ehdotus 17.2.2011.

Motiva Oy 2011. Kokonaistaloudelliset valaistushankinnat. Saatavana: http://www.motiva.fi/julkaisut/hankinnat/kokonaistaloudelliset_valaistushankinnat.1622.shtml

Kuvalähteet:

sivu 2:

Viikin Synergiatalo, Suomen ympäristökeskuksen ekotehokas toimitalo,
suunnittelukilpailu 5.5.2010-8.10.2010, arvostelupöytäkirjan kuvaliite,
kilpailuehdotukset. Saatavana:
https://www2.senaatti.fi/88238/fi/file/Kilpailuehdotukset_Synergiatalo_Apila.pdf

sivu 8 ja sivu 10:

Energiatehokkuus rakennusvalvonnan näkökulmasta/
Helsingin rakennusvalvonta, Pirjo Pekkarinen-Kanerva 2010. Saatavana:
<http://www.teeparannus.fi/attachements/2010-02-16T14-38-0613206.pdf>

11. Pääsuunnittelijakoulutus on suunnittelun ja johtamisen koulutusohjelma, jonka tavoitteena on tukea pääsuunnittelutehtävissä toimivien asiantuntijoiden edellytyksiä ja valmiuksia vastata tulevaisuuden osaamisvaatimukseen. Koulutuksen laajuus on 17 opintopistettä. Aalto University Professional Development - Aalto PRO - valmentaa sekä uusia että kokeneita osaajia edelläkävijöiksi alallaan. Aalto PRO:n koulutukset ovat yhdistelmä käytännön osaamista ja uusinta tutkimustietoa. Oppijakeskeisyys on koulutuksissa avainroolissa. Aalto PRO tarjoaa monipuolisen valikoiman koulutuspalveluita ja laajan osaamisverkoston.

ISBN 978-952-60-4493-4 (pdf)
ISSN-L 1799-4950
ISSN 1799-4969 (pdf)

Aalto-yliopisto

Aalto University Professional Development - Aalto PRO
www.aalto.fi

**KAUPPA +
TALOUS**

**TAIDE +
MUOTOILU +
ARKKITEHTUURI**

**TIEDE +
TEKNOLOGIA**

CROSSOVER

**DOCTORAL
DISSERTATIONS**