



Lähes nollaenergiarakentaminen liikun- tahallissa

Case L-talo TAMK

Joonas Kivinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Talotekniikka
LVI

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikka
LVI

KIVINEN, JOONAS:

Lähes nollaenergiarakentaminen liikuntahallissa
Case L-talo TAMK

Opinnäytetyö 67 sivua, joista liitteitä 19 sivua
Toukokuu 2015

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä lähitulevaisuudessa voimaan astuviin lähes nollaenergiarakentamisen vaatimuksiin ja tavoitteisiin. Työssä selvitettiin mistä energiatehokkuuslaskenta koostuu ja tarkastellaan tarkemmin lähes nollaenergiarakennusta liikuntahallin LVI-järjestelmien kannalta.

Energian kallistunut hinta ja rakentamisratkaisuilla saavutettavat säästöt lisäävät kiinnostusta energiatehokkuuteen aiempaa enemmän. Myös järkivihreä ajattelu on lisääntynyt ja nykyään ymmärretään paremmin maapallon energiavarojen rajallinen määrä sekä ilmastonmuutoksen vaikutukset. Rakentamisessa on panostettava alusta loppuun asti huolelliseen suunnitteluun ja toteutukseen, jotta energiatehokkaan rakentamisen haasteisiin pystytään vastaamaan.

Case-kohteena toimi Tampereen ammattikorkeakoulun saneerattava ja laajennettava liikuntahalli. Suunnittelun vaatimuksina oli, että huolimatta laajennuksesta, rakennuksen ostoenergiankulutus ei saa kasvaa ja että E-luvussa pyritään tulevaan liikuntahallin nZEB-E-lukurajaan Rakennus mallinnettiin Ida Ice-ohjelmalla ja selvitettiin, toteutuuko nZEB-E-lukuvaatimus ja pystytäänkö uuden rakennuksen ostoenergiankulutus pitämään samalla tasolla, vaikka laajennus lähes kaksinkertaistaa pinta-alan.

FInZEB-hankeen kansallinen tulkinta Suomen lähes nollaenergiarakentamisesta on valmistunut. nZEB-E-lukurajat on nyt asetettu ja hankkeen raporteista käy ilmi, että lähes nollaenergiarakennukseen päästään myös ilman uusiutuvaa energiaa. Case-kohteen vertailussa jouduttiin aikataulusyistä yksinkertaistamaan uuden rakennuskokoonaisuuden energialaskentaa. Tutkimuksen lopputuloksena voidaan todeta, että vanhan rakennuksen ostoenergiankulutukseen verrattuna ostoenergia ei kasva, vaan pienenee uudessa rakennuksessa. E-lukurajan tavoitteeseen ei aivan päästä.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC

JOONAS KIVINEN:
Near Zero-Energy-Building in Gymnasium

Bachelor's thesis 67 pages, appendices 19 pages
May 2015

The purpose of this thesis is to clarify upcoming requirements of near zero-energy building and reasons behind them. Closer look at near zero-building is taken at gymnasium, specifically from the point of view of HVAC and energy calculation in general.

The high price of energy and possible savings gained by the building solutions energy efficiency makes it more interesting nowadays. Economic thinking of energy use and understanding the effects of global warming has increased. Carefully planned and execution, through the whole project is in great position to answer these challenges of energy efficient building.

The renovation of Tampere University of Applied Sciences gymnasium is used as a case study. There are two goals for the renovation. Firstly energy efficiency must be under the limit of nZEB-level of gymnasiums. Secondly the amount of energy cannot increase even if the area of the building doubles. The old existing building is modeled with Ida Ica-simulation program to be compared with the requirements.

The national definition of nZEB is made by FInZEB. NZEB levels are possible to reach without renewable energy. Because of the schedule the energy calculations of the new building were slightly simplified. As a result of comparing the old existing building and the new planned building the amount of energy does not increase, but rather decreases. The required level of energy efficiency is not reached according to the comparison.

Key words: nZEB, FInZEB, gymnasium

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	NZEB - LÄHES NOLLAENERGIARAKENTAMINEN.....	8
2.1	Tausta.....	8
2.2	Rakennusten energitehokkuusdirektiivi EPBD	8
2.3	Muita nZEBin määrittelyyn vaikuttavia direktiivejä	9
3	FInZEB-hanke	10
4	LÄHES NOLLAENERGIARAKENNUS SUOMESSA.....	12
4.1	Ominaisuudet	14
4.2	nZEB-E-lukutasot	16
4.3	Uusiutuvan energian taserajat.....	17
4.4	Uusituva energia	19
5	ENERGIATEHOKKUUS	20
5.1	nZEB-E-luku.....	20
5.2	Energiatodistus.....	21
5.2.1	Milloin energiatodistusta tarvitaan?.....	21
6	ENERGIATEHOKKUUSLASKENTA	23
6.1	Lämmitys	23
6.1.1	Lämmitysjärjestelmät.....	24
6.2	Jäähdytys.....	25
6.3	Ilmanvaihto	25
6.4	Ilmanvuotoluku	27
6.5	Lämmin käyttövesi	28
6.5.1	Jäteveden lämmöntalteenotto	29
6.6	Valaistus ja kuluttajalaitteet.....	30
7	CASE-KOHDE LÄHES NOLLAENERGIA LIKUNTAHALLI	32
7.1	Case-kohteen esittely	32
7.2	Tavoitteet	33
7.3	Suunnittelu ja ideointi	36
7.3.1	Lämmitys	36
7.3.2	Jäähdytys	37
7.3.3	Käyttövesi	38
7.3.4	Ilmanvaihto	38
7.3.5	Uusiutuva energia.....	39
7.3.6	Rakenne.....	40
7.3.7	Valaistus.....	40
7.4	Mallinnus	40

7.4.1 Vertailu.....	41
8 POHDINTA.....	43
LÄHTEET.....	46
LIITTEET	48
Liite 1. FInZEB-hankkeen ehdotukset nZEB-E-luvuista....	48
Liite 2. Energiatodistukset.....	60

ERITYISSANASTO

nZEB	Lähes nollaenergiarakentaminen
FInZEB	Hanke, joka määrittelee lähes nollaenergiarakennuksen (nZEB) käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla
EPBD-direktiivi	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi
RES-direktiivi	Uusiutuvan energian direktiivi
EED-direktiivi	Energiatehokkuusdirektiivi
UNFCCC	Yhdistyneiden kansakuntien ilmastonmuutoskonventti on kansainvälinen ilmastonmuutosta vastaan taisteleva sopimus
E-luku	Energiamuodoin painotettu ostoenergian kulutus nettoalaa kohti vuodessa
nZEB-E-LUKU	Sama kuin E-luku, mutta lukurajat tiukentuneet lähes nollaenergia rakentamisen myötä
RakMk D3, 2012	Määräykset ja ohjeet rakennusten energiatehokkuudesta
RakMK D5, 2012	Ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaan

1 JOHDANTO

Suomalainen rakentaminen on suuren muutoksen edessä, kun Euroopan unionin asettamat takarajat energiatehokkaasta rakentamisesta lähestyvät. Yhtenä EU:n viidestä yleis- tavoitteesta on pienentää vuoden 1990 tasosta kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosenttia sekä parantaa energiatehokkuutta 20 prosenttia ja lisätä uusiutuvista energialähteistä peräisin olevan energian osuus 20 prosenttiin. Osaltaan näihin tavoitteisiin pyritään niin sanotulla lähes nollaenergiarakentamisella, nZEBillä, jota ohjaa useampi direktiivi.

Näitä tavoitteita selvittämään ja kansallista määritelmää nZEBille tekemään Suomeen perustettiin vuonna 2013 FInZEB-hanke. Tässä vaiheessa hanke on saatettu loppuun ja määritelmät sekä ehdotukset on annettu eteenpäin ympäristöministeriölle pohjatiedoksi lähes nollaenergiarakennuksia käsittelevälle säädösvalmistelulle.

Aihe on erittäin ajankohtainen ja haastava. Se jakaa mielipiteitä ja herättää tunteita. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää lähes nollaenergiarakentamisen taustoja ja tavoitteita. Asiaa tarkastellaan tarkemmin liikuntatilojen LVI-tekniisten ratkaisujen kannalta ja case-kohteena toimii Tampereen Ammattikorkeakoulun liikuntatilojen peruskorjaus- ja laajennusprojekti. Työssä tutkitaan

2 NZEB - LÄHES NOLLAENERGIARAKENTAMINEN

2.1 Tausta

EU:n yhtenä viidestä yleistavoitteesta on ilmastonmuutoksen hillintä ja kestävä energia-politiikka, jonka tavoitteena on pienentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosenttia, parantaa energiatehokkuutta 20 prosenttia ja lisätä uusiutuvista energialähteistä peräisin olevan energian käyttöä 20 prosenttia. Rakentamiseen vaikuttamisella on suuri rooli tässä tavoitteessa, sillä 40 prosenttia EU:n kokonaisenergiankulutuksesta koostuu rakennuksista ja lisäksi niissä syntyy 35 prosenttia alueen kasvihuonekaasupäästöistä. Keskeisiä syitä rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen ovat ilmastonmuutoksen hillintä, energiariippuvuuden vähentäminen, energian kysynnän hallinta ja energian toimitusvarmuuden lisääminen, teknologian kehityksen edistäminen sekä työllisyyden ja aluekehityksen tukeminen. Lähes nollaenergiarakentamiseen päällimmäisenä vaikuttava direktiivi on rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD (2010/31/EU). Taustalla vaikuttavat myös uusiutuvan energian käytön direktiivi RES (2009/28/EY) ja energiatehokkuusdirektiivi EED (2012/27/EU).

2.2 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä EPBD edellytetään että 31.12.2018 jälkeen uudet rakennukset, jotka ovat viranomaiskäytössä ja omistuksessa ovat lähes nollaenergiarakennuksia. Tästä jatkumona 31.12.2020 jälkeen kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia.

Rakennukset aiheuttavat 40 prosenttia euroopan unionin kokonaisenergiankulutuksesta. Tämä ala laajenee, mikä nostaa väistämättä sen energiankulutusta. Energiankulutuksen vähentäminen ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käyttö rakennusalalla ovat näin ollen tärkeitä toimenpiteitä, joita tarvitaan euroopan unionin energiariippuvuuden ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Yhdessä uusiutuvista energialähteistä peräisin olevan energian lisääntyvän käytön kanssa energiankulutuksen vähentämistoimet mahdollistavat, että unioni noudattaa ilmastonmuutosta koskevaa Yhdistyneiden kansakuntien puitesopimukseen (UNFCCC) liitettyä Kioton pöytäkirjaa ja sekä pitkän aikavälin sitoumus-

taan säilyttää maailmanlaajuinen lämpötilan nousu alle 2 °C:ssa että sitoumustaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärää vuoteen 2020 mennessä vähintään 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta ja 30 prosenttia, jos saadaan aikaan kansainvälinen sopimus. (2010/31/EU.)

Tapa, jolla EPBD-direktiivi kuvaa "lähes nollaenergiarakennusta" jättää kuitenkin melko suuren tulkintavaran kansalliseen määrittelyyn. Sen yleisenä määritelmänä on että, rakennuksella tulee olla erittäin korkea energiatehokkuus. Rakennuksen lähes olematon tai erittäin vähäinen energiamäärä olisi hyvin laajalti katettavissa uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettava uusiutuvista lähteistä peräisin oleva energia.

2.3 Muita nZEBin määrittelyyn vaikuttavia direktiivejä

Uusiutuvan energian käytön edistämisdirektiivi RES edellyttää, että jäsenvaltioiden on 31.12.2014 mennessä rakennussäännöksissään ja -määräyksissään tai muulla tavalla vastaavin vaikutuksin tarvittaessa edellytettävä uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian vähimmäistasoa uusissa ja perusteellisesti kunnostettavissa olemassa olevissa rakennuksissa. Jäsenvaltioiden on sallittava mainittujen vähimmäistasojen saavuttaminen muun muassa kaukolämmöllä ja -jäähdytyksellä, joka tuotetaan käyttämällä merkittävää uusiutuvien energialähteiden määrää (FInZEB 2015).

Energiatehokkuusdirektiivi EED edellyttää yleisemmin mm. pitkän aikavälin strategiaa rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen koskien erityisesti rakennusten peruskorjausta. Direktiivin edellytyksistä tulee heijastuksia myös uudisrakentamiseen, joita voivat olla mm. julkisten hankintojen tekeminen, kun on kyse julkisen rakennuksen korjaamisesta, energiakulutuksen mittaamisesta, energiatehokkuudesta tiedottamista tai vaikka rakennusten energiakatselmuksista (FInZEB 2015).

3 FInZEB-hanke

EU:n tavoitteet ja direktiivit luovat yhteisen päämäärän, johon pyrkien kukin maa kansallisella tasolla itse määrittää toimenpiteet sovittujen tavoitteiden saavuttamiseksi. EPBD-direktiivin tulkinnanvaraisesta määritelmästä johtuen Suomeen perustettiin FinZEB-hanke joka määrittelee tavoitteensa seuraavasti.

Rakennusteollisuus RT ry:n, Talotekniikkateollisuus ry:n ja ympäristöministeriön toteuttaman FInZEB-hankkeen tavoitteena on luoda pohja kansalliselle tulkinnalle rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) lähes nollaenergiarakennuksia koskeviin määritelmiin. Näin kiinteistö- ja rakennusalan yhteinen näkemys saadaan hyödyksi vuonna 2015 käynnistyvään energiatehokkuuden säädösvalmisteluun. FInZEB-hankkeessa selvitettiin laskennallisten tarkastelujen ja selvitysten avulla riittävän haasteellisia, mutta teknisesti toimivia ja kustannustehokkaita ratkaisuja kansallisiin lähes nollaenergiarakennus (nZEB) -vaatimuksiin.

Hankkeessa hyödynnettiin energiasimulointien lisäksi pilottikohteista saatua palautetietoa ja pyrittiin laajaan yhteistyöhön käymällä läpi tuloksia työpajoissa eri sidosryhmien kanssa. Näin on luotu yhtenäinen näkemys kansallisesti sopivista raameista ja raja-arvoista, mutta teknologiat ja järjestelmät tavoitteiden saavuttamiseksi jäävät eri toimijoiden kehitettäväksi ja toteutettavaksi. (FInZEB 2015.)

FinZEB-hanke koostuu laajasta ja monipuolisesta rakennusalalla toimivista toimijoista, joiden tavoitteena on selvittää kuinka kansalliset vaatimukset tulisi asettaa riittävän haasteellisiksi, mutta kustannustehokkaasti, jotta direktiivit täyttyisivät. Hankkeen johdopäätöksille tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman laaja konsensus. Näin toimien eri näkökulmat lähes nollaenergiarakentamisen määrittämiseksi tulisivat mahdollisimman hyvin huomioitua. FInZEB-hankkeen vaiheet on esitetty kuvassa 1 (FInZEB 2015).



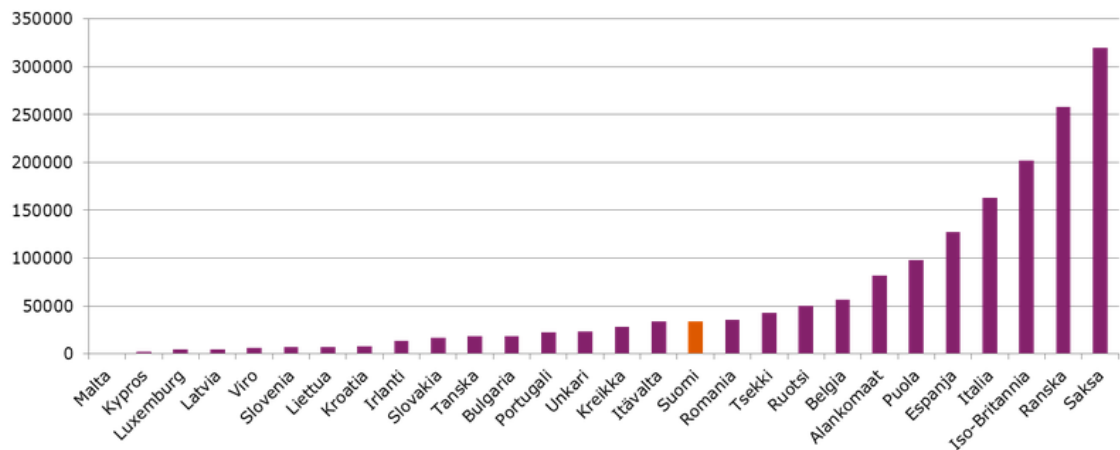
Kuva 1. FInZEB-hankkeen vaiheet

Hankkeen konkreettisimpana tuotoksena on julkaistu ehdotus lähes nollaenergiarakennusten E-luvuista, jotka on esitelty myöhemmin työssä. Hanke perustettiin vuonna 2013 ja se valmistui maaliskuun 31. päivää 2015. Hankkeen budjetti oli 280 000 € ja päärahoittajina toimivat Rakennustuotteiden Laatu Säätiö, TRT rahasto, Ympäristöministeriö ja Granlund Oy.

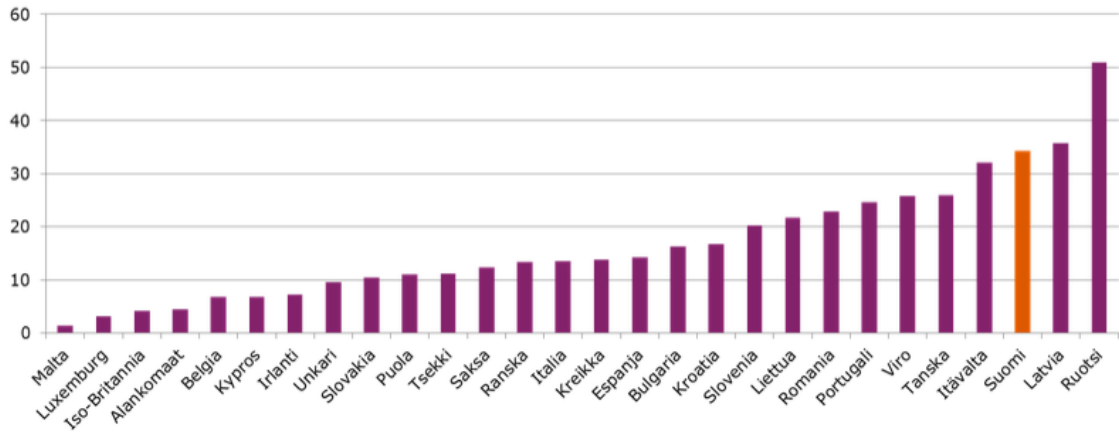
4 LÄHES NOLLAENERGIARAKENNUS SUOMESSA

Vaikka Suomi ei ole energiankulutukseltaan EU:n kärkimaita, huolimatta siitä, että se on pohjoisin jäsenmaa ja täällä vallitseva ilmasto on erittäin haastava, on energiatehokkaassa rakentamisessa nähtävissä selvät hyödyt. Kuten tekniikan tohtori Jarek Kurnitski esitelmässään Sitran Energiaohjelman päätösseminaarissa kertoo, EU:n kokonaisenergiankulutus on noin 14 % koko maailman energiankulutuksesta ja kasvihuonepäästöt noin 12 % koko maailman kasvihuonekaasupäästöistä. Energiatehokkaalla rakentamisella parannetaan energiaomavaraisuutta ja luodaan uusia työpaikkoja sekä mahdollisesti parannetaan talouskasvua vientimahdollisuuksien myötä. (Jarek Kurnitski 2012.)

Suomen energiankulutus ja sen uusiutuvan energian osuus kokonaiskulutuksesta on EU maiden kärkipäätä, kuten Energiateollisuus ry:n kuvaajista käy ilmi (kuvaajat 1-2).



Kuvaaja 1. Energian kokonaiskulutus EU:ssa 2012 yhteensä 1683 Mtoe



Kuvaaja 2. Uusiutuvan energian osuus kokonaiskulutuksesta EU:ssa 2012

FInZEB-hankkeessa selvitettiin laskennallisten tarkastelujen ja selvitysten avulla riittävän haasteellisia, mutta teknisesti toimivia kustannustehokkaita ratkaisuja kansallisiin lähes nollaenergiarakennus (nZEB) -vaatimuksiin. Hankkeen edetessä ilmeni, että jako pelkästään asuin- ja ei-asuinrakennuksiin ei ole riittävä, vaan jakoa on laajennettava. Tarkasteltaviksi kohteiksi valikoitui näin ollen seitsemää eri liike-, toimisto- ja palvelurakennustyyppiä-, asuinkerrostaloja ja erikokoisia pientaloja.

Hankkeen tarkastelussa osoittautui selvästi, että erilaisten rakennustyyppien energiaa säästävien toimenpiteiden kannattavuus on hyvinkin erilainen ja kannattavat toimenpiteet eroavat toisistaan. Kannattavimmiksi toimenpiteiksi muodostuivat ilmanvaihdon lämmöntalteenotto, ilmanvaihdon ja valaistuksen tarpeenmukainen ohjaus sekä ikkunoihin ja rakennuksen tiivyyteen kohdistuvat parannukset. Pääsääntöisesti kannattamattomaksitoimenpiteeksi muodostui rakenteiden parantaminen passiivienergiatasoon, mutta se voi olla yksi vaihtoehto lähes nollaenergiarakennukseen pyrittäessä. Paikallinen uusiutuvan energian tuotanto havaittiin nykyisillä lähtökohdilla harvoin taloudellisesti kannattavaksi, mutta sillä kyetään kuitenkin pienentämään ostoenergian tarvetta ja näin parantamaan E-lukuarvoa.

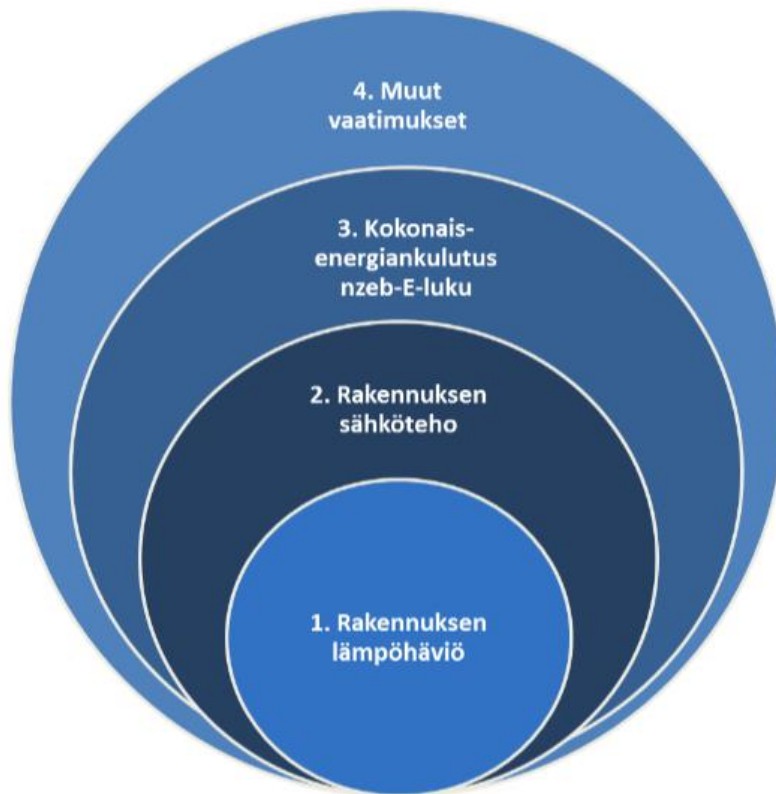
Uhkana lähes nollaenergiarakentamisessa on vaatimusten ja osaamisen kuilun kasvaminen. Monimutkaistuva tekniikka asettaa omat haasteensa ja lisää virhe- ja laaturiskien määrää. Huolen aiheena on myös rakentamisen kustannusten nousu. FInZEB-hankkeessa määritetyt lähes nollaenergiarakentamisen vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat on määritetty taulukossa 1.

Taulukko 1. FInZEB hankkeen määrittämä SWOT-taulukko

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • toimiva energiajärjestelmä • energiansäästön perinteet • aktiivinen tutkimus- ja kehitystoiminta • osapuolten yhteistyöhalu ja -kyky • määräysten vuorovaikutteinen valmistelu 	S	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • osaamisen puutteet • pirstoutunut arvoketju • investointien pitkät takaisinmaksuajat • normiohjaus vaikuttaa hitaasti rakennuskantaan 	W
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • uutta liiketoimintaa uusille markkinoille • vientimahdollisuudet paranevat • energiaomavaraisuus kohenee • energiankulutus ja päästöt pienenevät • rakentamisen laatu ja imago paranevat 	O	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> • vaatimusten ja osaamisen kuilu kasvaa • virhe- ja laaturiskit lisääntyvät • kohtuuttomat lisäkustannukset • soaoptimointi ja laskentakikkailu • määräysten alueelliset tulkintaerot 	T

4.1 Ominaisuudet

FInZEB-hankkeen yhtenä tuotoksena määriteltiin ehdotus ominaisuuksista (kuva 2), jotka lähes nollaenergiarakennuksen tulee täyttää. Rakennuksen pitää täyttää tietyt ehdot saavuttaakseen lähes nollaenergiarakennuksen tason ja tarkastelu tästä tehdään vaiheittain. Osa vaatimusten toteutumisesta on osoitettava jo rakennuslupaa haettaessa ja loppujen vaatimusten tulee täytyä käyttöönottotarkastukseen mennessä.



Kuva 2. FInZEB-hankkeen ehdotus lähes nollaenergiarakennuksen ominaisuuksista

Vaiheessa yksi, rakennuksen lämpöhäviötarkastelu, listataan rakenteiden, tiiviiden ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tarkoituksenmukaisuus ja varmistetaan, että ne täyttävät niiden vertailuarvot. Nykyisiä vertailuarvoja on osin mahdollista tiukentaa, esimerkiksi ikkunoiden U-arvon ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton suhteen.

Vaiheessa kaksi, lasketaan rakennuksen sähköteho, johon sisällytetään myös lämmitykseen käytetty sähkö. Laskelma esitetään rakennuslupavaiheessa ja näin pyritään rajoittamaan huipun käyttöaikaa teknologian ja automatiikan avulla.

Vaiheessa kolme lasketaan rakennuksen kokonaisenergiankulutus ja nZEB-E-luku, jotka esitetään jo haettaessa rakennuslupaa. Rakennuksien nZEB-E-luvut määritetään rakentamismääräyskokoelmassa. Tämä tarkoittaa nykyisestä käytännöstä kehitetyin E-luku-laskentasäännöin laskettavaa ja nykyisin energiamuotokertoimin painotettua osatoenergian kulutusta. Tärkeää on ymmärtää, että kyseinen luku on laskennallinen tunnusluku rakennukselle ja itse toteutuva energiankulutus on eri asia. Toteutuva kulutus on suurelta osin kiinni itse käyttäjästä, joka toiminnallaan luo rakennuksen käytön ja kuormat. Nämä ovat E-luvun laskennassa rakennustyypeittäin standardoituja arvoja.

Vaihe neljä, muut vaatimukset, koostuu esimerkiksi asuinrakennusten yllämpenemistarkastelusta, ilmanvaihtojärjestelmien sähkötehokkuuden tarkastelusta, uusiutuvan energian osuuden ostoenergiasta ja mahdollisen paikalla tuotetun uusiutuvan energian huomioivan RER-luvun laskennasta sekä alustavasta energiatodistuksesta. Käyttöön-oton yhteydessä esitetään rakennuksen tiiviysmittauksen tulokset, kohteen erityisominaisuudet huomioon otettava laskennallinen tavoite-energiankulutus sekä energiatodistus päivitetyn tiedoin. Mahdollisina lisäksi vaadittavina osoituksina voitaisiin vaatia esimerkiksi käytön ja ylläpidon energiatehokkuuden ohjeiden laadintaa, sekä osoitusta järjestelmien suunnitelman mukaisuudesta.

4.2 nZEB-E-lukutasot

Asiantuntijoiden laskentatarkasteluiden perusteella päädyttiin yhdeksän eri rakennustyyppin konkreettisiin ehdotuksiin nZEB-E-lukutasoista (taulukko 2), jotka ovat saavutettavissa realistisin teknisin ratkaisuin ja järkevillä kustannuksilla. Rakennustyypeille määritettiin energiaa säästävää "toimenpidepaketti" elinkaarikustannustarkasteluiden perusteella. Energialaskennat suoritettiin 2-3 esimerkkirakennukselle ja liitteessä 1 esitetyt tulokset ovat näiden laskelmien keskiarvoja. Tarkasteluissa otettiin huomioon kunkin rakennustyyppin osalta todennäköisimmät lämmitysenergiamuodot sekä elinkaaritarkastelut. Ehdotetut nZEB-E-lukurajat valittiin kaukolämmön energiamuodon perusteella, joka oli tarkasteluissa epäedullisin vaihtoehto.

Joissain rakennustyypeissä muutokset nykyiseen rakentamismääräysten mukaiseen vaatimustasoon ovat hyvinkin maltillisia, kuten esimerkiksi asuinkerrostaloissa, joissa muutos nykyisestä tasosta on vain -11 %, kun taas taas toimistorakennuksissa muutos on -47 %. Hankalimmaksi määritettäväksi hankkeessa muodostui energiaintensiivisten ja tekniikaltaan monimutkaisten rakennusten, kuten sairaaloiden ja suurten liikerakennusten kanssa toimiminen. Hankkeen ehdotelmassa todetaankin, että E-lukutyypin tarkastelu ei näiden osalta välttämättä toimi hanketta ohjaavana, vaan energiaa säästävät ratkaisut toteutetaan hankekohtaisten reunaehtojen perusteella. Tämä asia jää säädösvalmistelussa ratkaistavaksi. (FInZEB 2015.)

Taulukko 2. FInZEB-hankkeen ehdotukset nZEB-E-lukutasoiksi

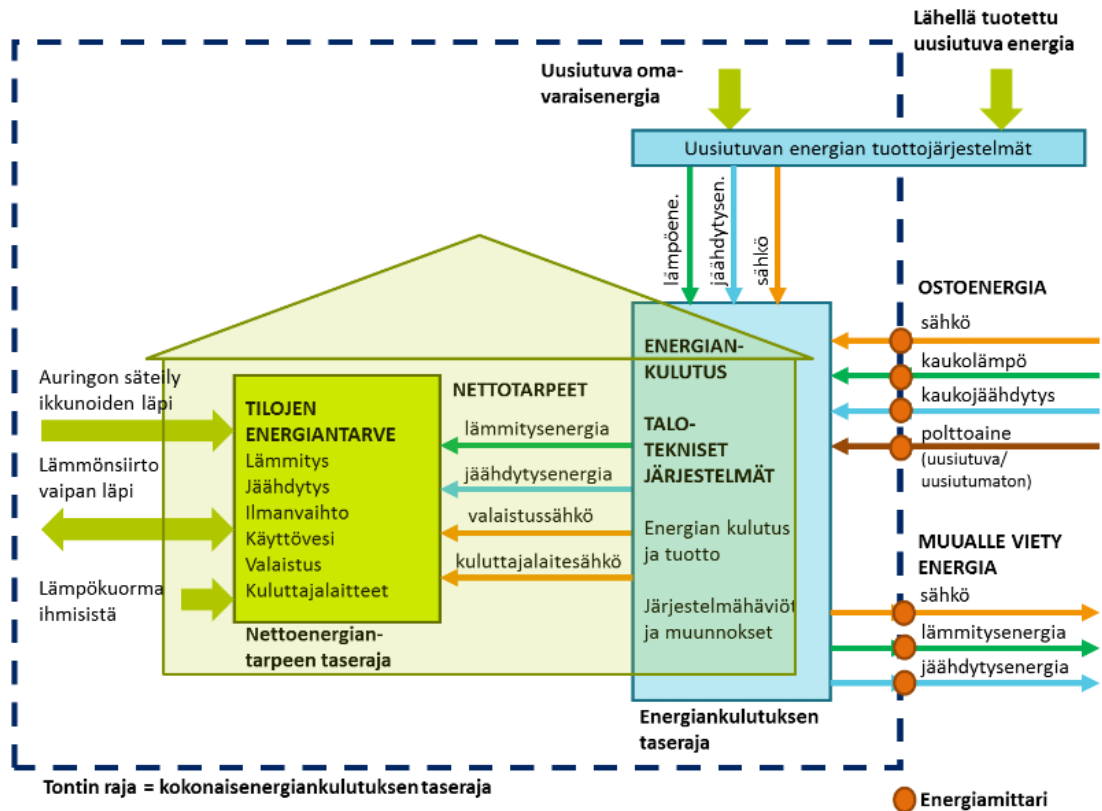
	E-lukuraja D3/2012	Ehdotus nZEB-E- luvulle	Muutos nykyisestä
Pientalot *	160...204	120...204	
Asuinkerrostalo	130	116	-11 %
Toimisto	170	90	- 47 %
Koulu	170	104	- 39 %
Päiväkoti	170	107	- 37 %
Liikerakennus	240	143	- 40 %
Liikuntahalli	170	115	- 32 %
Majoitusliikerakennus	240	182	- 24 %
Sairaala	450	418	- 7 %

4.3 Uusiutuvan energian taserajat

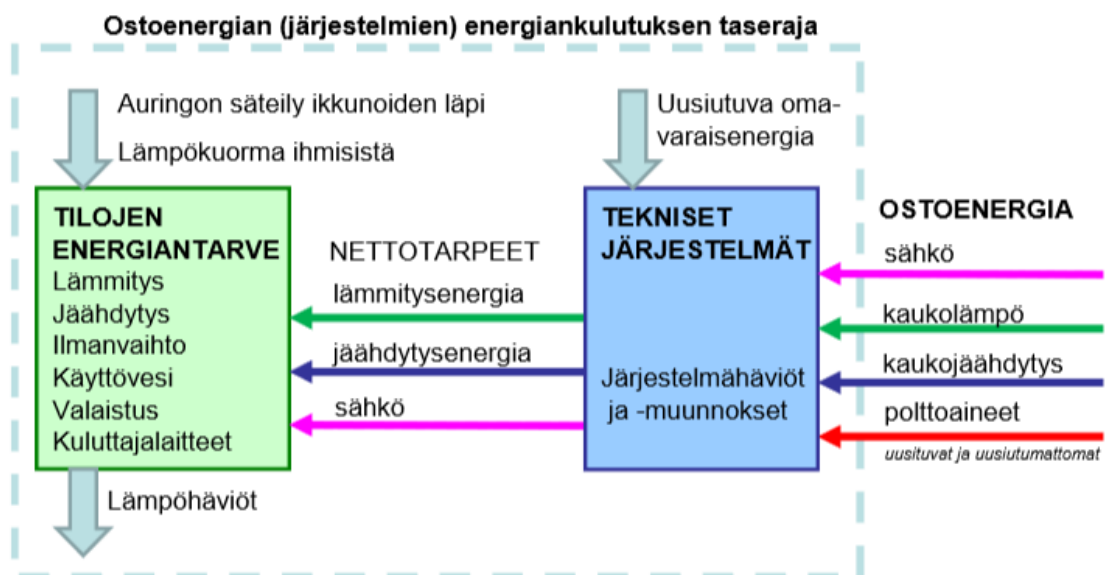
Lähes nollaenergiarakentamismäärittelyn myötä FInZEB-hankkeessa luotiin myös ehdotus uudesta muokatusta taserajasta (kuva 3). Vanhaan, toistaiseksi voimassa olevaan taserajaan (kuva 4) nähden, uuden taserajaehdotelman luonnin yhteydessä linjattiin, että lähellä tuotetuksi energiaksi voidaan huomioida sellainen energia, jonka tuottolaitteisto on kytketty energiamittarin "sisäpuolelle". Tämä tarkoittaa sitä, että tontilla tai sen ulkopuolella sijaitseva tuottolaitteisto on kytketty rakennukseen siten, että kyseinen energiamäärä on erikseen mitattavissa. Lähi tuotettu energia ei siis kulje yleisen energiaverkon kautta. Uusiutuvalla lähienergian tuotannolla voidaan positiivisesti vaikuttaa rakennuksen E-lukuun ostoenergian osalta.

Hankkeen ehdotelmana on myös, että rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian ulosmyyntiä muokattaisiin niin, että tietyin laskentasäännöin ja rajoituksin voitaisiin myös vaikuttaa positiivisesti rakennuksen E-lukuun. Ehdotuksena on esimerkiksi määrittää hyväksi luettavat kuukausitason rajat myynnille sekä "ulosmyynnin kerroin" varsinaisen energiakertoimen lisäksi. Tämä mahdollistaisi uusiutuvan energian tuotannon markkinalähtöisesti, mutta samalla pysyttäisi hankkeen pääideassa eli energiatehok-

kuudessa, kun liiallisella tuotannolla ei voida kompensoida rakennuksen muuten huonoa energiatehokkuutta.



Kuva 3. FInZEB-hankkeen ehdotus uudesta taserajasta



Kuva 4. Nykyinen taseraja

4.4 Uusituva energia

"Uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla" tarkoitetaan uusiutuvista, muista kuin fossiilisista lähteistä peräsin olevaa energiaa eli tuuli- ja aurinkoenergiaa, ilmalämpöenergiaa, geotermistä energiaa, hydrotermistä energiaa ja valtamerienergiaa, vesivoimaa, biomassaa, kaatopaikoilla ja jätevedenpuhdistamoissa syntyvää kaasua ja biokaasua. (2009/28/EY.)

"Biomassalla" tarkoitetaan maataloudesta (sekä kasvi- että eläinperäiset aineet mukaan lukien), metsätaloudesta ja niihin liittyviltä tuotannonaloilta, myös kalastuksesta ja vesiviljelystä, peräisin olevien biologista alkuperää olevien tuotteiden, jäteveden ja tähtien biohajoavaa osaa sekä teollisuus- ja yhdyskuntajätteiden biohajoavaa osaa. (2009/28/EY.)

5 ENERGIATEHOKKUUS

5.1 nZEB-E-luku

Lähes nollaenergiarakennuksen nZEB-E-luku lasketaan kuten tavanomainenkin E-luku, mutta lukutasot tavanomaisista E-luvuista ovat lähes nollaenergiarakennuksen myötä kiristyneet. Rakennuksen tai sen osan kokonaisenergiankulutus eli E-luku lasketaan energiatodistukseen Ympäristöministeriön asetus energiatodistuksesta liitteen 1 ohjeiden mukaan. Laskenta noudattaa pääosin ympäristöministeriön asetuksessa energiatehokkuudesta (2/11) esitettyjä sääntöjä, jotka on julkaistu Suomen rakentamismääräyskokoelmassa osassa D3. (YM asetus energiatodistuksesta 176/2013.) Lisäksi laskennassa käytetään apuna Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 annettuja ohjeita. Näistä on mahdollista poiketa tietyissä laskentaosioissa, kuten rakennuksen lämmön talteenoton vuosihyötysuhde, rakennuksen ilmatiiveys sekä valaistuksen ja ilmanvaihdon tarpeenmukaisuus, jos se pystytään osoittamaan laskemalla tai mittaamalla.

Rakennuksen tai sen osan kokonaisenergiankulutus eli E-luku ($\text{kWh}_E / (\text{m}^2\text{vuosi})$), määritetään laskemalla yhteen laskennallisen vuotuisen ostoenergian ja energiamuotojen tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden. (YM asetus energiatodistuksesta 176/2013.) Energiamuotojen kertoimet esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Energiamuotojen kertoimet

Energiamuoto	Kerroin
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Rakennuksen tai rakennuksen osan ostoenergiankulutus on laskettava RakMk D3:n mukaisesti säävyöhykkeen 1 eli Helsinki-Vantaan säätiedoilla. (YM asetus energiatodistuksesta 176/2013.) Näin toimien säilytetään rakennusten vertailtavuus samoihin sääolosuhteisiin nähden.

Rakennuksessa tuotetulle uusiutuvalla omavaraisenergialle ei ole kertoimia, koska omavaraisenergia pienentää ostoenergian tarvetta. Uusiutuvasta omavaraisenergiasta otetaan huomioon vain se osa, joka voidaan rakennuksessa käyttää hyödyksi, eli se osuus, joka pienentää ostoenergiantarvetta. (YM asetus energiatodistuksesta 176/2013.) NZEB-hankkeen ehdotelmana on, että nZEB-E-luvun laskennan osalta rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian ulosmyynnillä voisi tietyin rajoituksin ja laskentasäännöin vaikuttaa positiivisesti rakennuksen E-lukuun. Myytävälle energialle esitetään myös "ulosmyynnin kerrointa" varsinaisen energiamuotokertoimen lisäksi.

5.2 Energiatodistus

Lain rakennuksen energiatodistuksesta tarkoitus on lisäämällä mahdollisuuksia rakennusten energiatehokkuuden vertailuun edistää rakennusten energiatehokkuutta ja uusiutuvan energian käyttöä rakennuksissa. (Laki energiatodistuksesta 50/2013.) Energiatodistuksessa rakennukselle lasketaan standardikäytön mukainen E-luku, jonka perusteella rakennuksia voidaan verrata keskenään energiatehokkuuden perusteella. Näin pyritään nostamaan rakennusten energiatehokkuus osto- ja myyntitilanteessa yhdeksi tärkeäksi valintaperusteeksi. Vastaavanlainen käytäntö on vakiintunut käyttöön kodinkoneiden myynissä, joissa hyvä energialuokka on myyntivaltti. Samoin hyvä E-luku toimii myyntivalttina myös rakennuksille.

5.2.1 Milloin energiatodistusta tarvitaan?

Kun uutta rakennusta suunnitellaan on laadittava energiaselvitys. Suunnitelmien perusteella tehty energiaselvitys on aina päivitettävä ennen rakennuksen käyttöönottoa ja pääsuunnittelijan pitää varmentaa se. Energiaselvitys koostuu useista tarkasteluista, kuten energiatodistuksesta. Muita tarkasteluista ovat rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku), energialaskennan lähtötiedot ja tulokset, kesäaikainen huonelämpötila ja tarvittaessa jäähdytysteho, rakennuksen lämpöhäviöiden määräystenmukaisuus sekä rakennuksen lämmitysteho mitoitusilanteessa.

Haettaessa maankäyttö- ja rakennuslain 125§:n mukaista rakennuslupaa uudisrakentamista varten energiatodistuksella osoitetaan rakennuksen arvioitu energiatehokkuus.

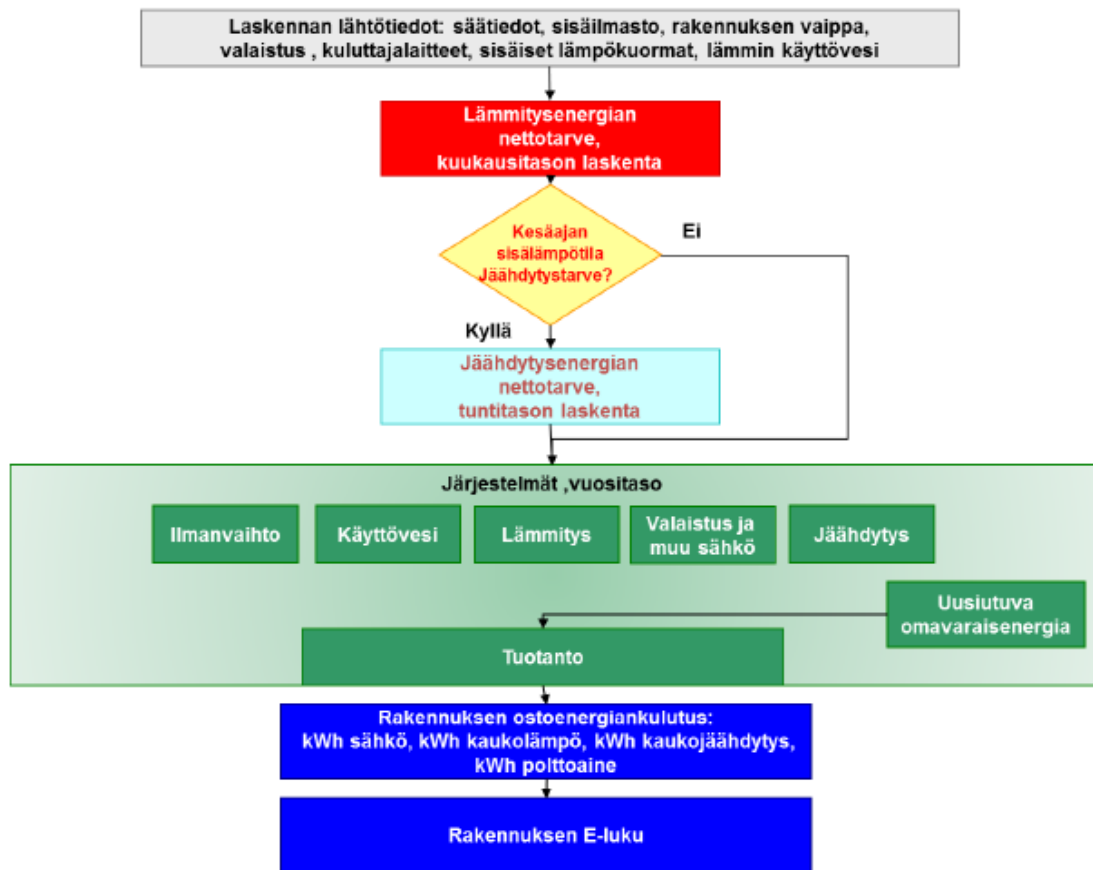
Todistus on korvattava täydennetyllä tai tarkennetulla todistuksella ennen rakennuksen käyttöönottoa, jos todistus on puutteellinen tai tiedot tarkentuvat hankkeen edetessä. Rakennus katsotaan otetuksi käyttöön, kun se on maankäyttö- ja rakennuslain 153§:8n 1 momentin mukaisessa loppukatselmuksessa hyväksytty käyttöönotettavaksi. Velvollisuudet eivät kuitenkaan koske tiettyjä tapauksia, kuten jos rakennuksen pinta-ala on enintään 50 neliometriä tai loma-asumiseen tarkoitettua rakennusta, jota ei käytetä majoituselinkeinojen harjoittamiseen. (Laki energiatodistuksesta 50/2013.)

Rakennusta, rakennuksen 4§:n 1 momentissa tarkoitettua osaa tai huoneistoa taikka niiden hallintaoikeutta myytäessä tai vuokratessa tulee esittelytilanteessa mahdollisen ostajan tai vuokralaisen nähtävillä olla voimassa oleva rakennuksen tai sen osan energiatodistus. Energiatodistus on annettava joko alkuperäisenä tai jäljennöksenä ostajalle tai vuokralaiselle. (Laki energiatodistuksesta 50/2013.)

Kun viranomainen tai laitos tarjoaa julkisia palveluja yleisön käynnin kohteena olevissa tiloissa, joiden kerrosala yhdessä rakennuksessa ylittää 250 neliometriä, voimassa olevassa rakennuksen energiatodistuksessa olevaa energiatehokkuutta kuvaava luokitteluasteikko on asetettava selvästi yleisön nähtäville alkuperäisenä tai jäljennöksenä. (Laki energiatodistuksesta 50/2013.)

6 ENERGIATEHOKKUUSLASKENTA

Rakennuksen energiantarve koostuu tilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarpeesta, käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytystarpeesta sekä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergiantarpeesta. (D5 2013.) Energiankulutuksen laskennan vaiheet esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Energiankulutuksen vaiheet

6.1 Lämmitys

Lämmitysenergian nettotarve saadaan lämmitysenergian tarpeen ja rakennukseen tulevan auringon säteilyn, poistoilmasta talteen otetun energian ja sisäisten lämpökuormien erotuksena. Lämmitysenergian nettotarvetta vastaava energia tuodaan lämmitysjärjestelmällä tiloihin, tuloilmaan ja käyttöveteen. (D5 2013.)

6.1.1 Lämmitysjärjestelmät

Lämmitysjärjestelmän energiankäyttö koostuu tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden valmistuksen energiankäytöstä. (D3 2012.)

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat lämmitysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä sekä ottamalla huomioon hyötysuhteet ja lämmitysjärjestelmään tuotettu omavaraisenergia. Lämmitysjärjestelmän energia eritellään sähkö- ja lämpöenergian osalta. (D5 2013.)

Energiamuodoille annettujen kertoimien johdosta eri lämmitysmuodot saavat laskennassa eri painotuksen. Taulukossa 4 tilojen lämmitysenergian nettotarve on 10 kWh ja verrataan suoralla sähköllä tuotettua energiaa, jonka lämmönjakotapana on sähköinen lattialämmitys sekä maalämpöpumpulla tuotettua energiaa, jonka lämmönjakotapana on vesikiertoinen lattialämmitys.

Kuten edellä mainittiin, lämmitysjärjestelmän energiankulutus tilojen osalta lasketaan jakamalla tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitysjärjestelmän lämmönjaon- ja luovutuksen hyötysuhteella. Tämä tulos jaetaan vielä tuoton hyötysuhteella, kuten esimerkiksi lämpöpumpun vuoden keskimääräisellä lämpökertoimella (COP). Taulukossa 4 havainnollistetaan esimerkkitapaukset.

Taulukko 4. Havainnollistettu lämmitysmuotojen painotus energiamuotojen kertoimilla

Esimerkkitapaus	Lämmitystarve	Lämmönjakotavan hyötysuhde	Lämmön tuoton hyötysuhde	Energiamuodon kerroin	Laskennallinen energian kulutus
Sähköinen lattialämmitys	10 kWh	85 %	100 %	1,7	20
Maalämpöpumppu + vesikiertoinen lattialämmitys	10 kWh	80 %	SPF-luku 3	1,7	7,1

Lämmitysjärjestelmän vastaava energiankulutus ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden osalta lasketaan samalla tavalla jakamalla lämmitysenergian nettotarve tuoton hyötysuhteella. Laskennassa otetaan huomioon lisäksi myös lämpimän käyttöveden kiertojohton ja varaajien lämpöhäviöt. (D3 2012.)

6.2 Jäähdytys

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa D3 määrätään, että rakennus on suunniteltava niin, etteivät tilat lämpene haitallisesti. Ensisijaisesti on käytettävä rakenteellisia ja muita passiivisia keinoja yllämpenemisen hallitsemiseksi, mutta kesäajan huonelämpötilavaatimuksen täyttymiseksi voi olla tarpeen käyttää jäähdytysjärjestelmää, jolloin kokonaisenergiankulutukseen sisällytetään jäähdytysjärjestelmän energiankulutus. Jäähdytysenergian nettotarvetta vastaava energia tuodaan jäähdytysjärjestelmällä tuuloilmaan sekä tarvittaessa tiloihin.

Kesäajan huonelämpötila ei saa ylittää kohdan 3.2.1 taulukon 2 jäähdytysrajan arvoa enemmän kuin 150 astetuntia 1. kesäkuuta ja 31. elokuuta välisenä aikana kohdan 3.1 säätiedoilla, taulukon 3 sisäisillä lämpökuormilla ja suunnitelluilla ilmamäärillä laskettuna. (D3 2012.)

Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus lasketaan jäähdytyksen nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat jäähdytysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä, sekä ottamalla huomioon jäähdytyksen tuoton häviöt ja muunokset että jäähdytysjärjestelmään tuotettu omavaraisenergia. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus eritellään eri energiamuotojen osalta. (D5 2013.) Laskennassa otetaan huomioon myös apulaitteiden sähkönkulutus.

6.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon merkitystä rakennuksessa ei voi liikaa korostaa, sillä sen avulla luodaan terveelliset ja viihtyisät olosuhteet niin rakennukselle, kuin sen käyttäjille. Ilmanvaihdon tarkoituksena on vaihtaa muuten tiivin rakennuksen sisäilmaa, jotta ilma pysyy miellyttävänä ja ennen kaikkea terveellisenä. Rakennuksessa syntyy paljon epäpuhtauksia ja kosteutta, joita muodostuu muun muassa ihmisistä ja rakenteista sekä tilassa tehtävistä askareista, kuten esimerkiksi ruoanlaitosta.

Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus koostuu puhallinsähköstä ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutuksesta kuten, pumput, taajuusmuuttajat ja säätölaitteet.

Tuloilman lämmitys lasketaan lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen osana ja jäähdytyksen tarve lasketaan jäähdytyjärjestelmän energiankulutuksen osana. (D5 2013.) Ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenotolla talteenotettu energia lasketaan vähennettäväksi ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeesta.

Kokonaisenergiankulutuksen ilmanvaihdon osalta laskenta tehdään Suomen rakennusmääräyskokoelman D3 (2012) määräysten ja ohjeiden mukaisesti, josta laskennallista standardikäyttöä varten löytyy määritetyt arvot taulukoituna (taulukko 5 ja 6).

Taulukko 5. Energialaskennassa käytettävät huonelämpötilan asetusarvot ja käyttöajan ilmanvaihtomäärät. Ilmavirrat on annettu lämmitettyä nettoalaa kohti.

Käyttötarkoitusluokka	Ulkoilmavirta dm ³ /(s m ²)	Lämmitysraja °C	Jäähdytysraja °C
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	0,4	21	27
Asuinkerrostalo	0,5	21	27
Toimistorakennus	2	21	25
Liikerakennus	2	18	25
Majoitusliikerakennus	2	21	25
Opetusrakennus ja päiväkot	3	21	25
Liikuntahalli	2	18	25
Sairaala	4	22	25

Taulukko 6. Rakennusten standardikäyttö ja energianlaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti.

Käyttötarkoitusluokka	Kellonaika ^d	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Ihmiset ^a W/m ²
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 ^{b,c}	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 ^{b,c}	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 ^c	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 ^c	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 ^c	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 ^c	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 ^c	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 ^c	9	8

FinZEB-hankkeen tutkimusten perusteella huomattavaa säästöä oli saavutettavissa, kun ilmanvaihtoa ohjataan tarpeenmukaisesti ja panostetaan poistoilman lämmöntalteenoton tehokkuuteen.

Jos ilmanvaihto suunnitellaan ilman tarpeenmukaista ohjausta, suunnitellaan se toimimaan tietyn tavoitetason maksimiolosuhteisiin. Kun rakennuksen joka huoneessa ei kuitenkaan koko ajan olla läsnä ja tarvetta maksimi-ilmanvahdolle ei ole, syntyy energiahukkaa. Tässä tilanteessa tarpeenmukainen ilmanvaihto laskisi ilmamäärät minimiin niistä tiloista, joissa kuormaa ei synny säästäten energiaa. Tarpeenmukaisuutta voidaan ohjata esimerkiksi läsnäolotunnistimin ja erinäisin anturein, jotka mittaavat tilan lämpötilaa sekä hiilidioksidi- ja kosteuspitoisuutta.

Poistoilman mukana kulkeutuu huomattavan suuri energiamäärä rakennuksesta. Lämmön talteenoton hyötysuhteen parantamisella on suuri energiansäästöpotentiaali. Tällä hetkellä vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään ilmanvaihdon poistoilman lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen arvoa 45 %, jota ehdotetaan FInZEB-hankkeessa parannettavaksi.

Ilmanvaihdon energiatehokkuusvaatimus määritetään seuraavasti, koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään $1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. (D3, 2012.)

6.4 Ilmanvuotoluku

Ilmanvuotoluku q_{50} ($\text{m}^3/(\text{h m}^2)$) tarkoittaa rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissämmittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden. Rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja. (D3 2012.)

Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 (\text{m}^3/(\text{h m}^2))$. Ilmanvuotoluku voi ylittää arvon $4 (\text{m}^3/(\text{h m}^2))$, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä. Pienempi ilmanpitävyys voidaan osoittaa mittaamalla tai muulla menettelyllä. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään $4 (\text{m}^3/(\text{h m}^2))$. (D3 2012.)

Ilmanvuotolukuun pystytään vaikuttamaan suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Suuri osa läpivienneistä koostuu ikkunoista, ovista sekä talotekniikasta. Suunnittelun osalta voi-

daan vaikuttaa välttämällä suunnittelema laitteistoa sellaisille seinille, joissa ilmasulku on. Näin vältetään ylimääräisiltä läpivienneiltä. Ilmasulun aukkojen ja läpivientien sekä saumojen huolellinen tiivistys on tärkeää. Tätä varten on olemassa erinäisiä keinoja, kuten käyttötarkoitukseen suunniteltua teippiä. Taulukossa 7 on esitetty tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja.

Taulukko 7. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h	Tyypilliset q_{50} -luvut, $m^3/(h m^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0 – 3,0	Pientalot 1,0 – 3,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 – 1,5	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0 – 4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0 – 5,0	Pientalot 3,0 – 5,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 – 3,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0 – 8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0 – 10,0	Pientalot 5,0 – 10
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0 – 7,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0 – 20,0

6.5 Lämmin käyttövesi

Lämpimän käyttöveden nettoenergiantarpeena käytetään RakMk D3:n taulukon 8 arvoja. Lämpimän käyttöveden ostoenergiantarpeesta lasketaan nettoenergiantarpeesta ottamalla huomioon jakelun, kierron, varastoinnin ja tuoton häviöt. (YM asetus energiatoimistuksesta 176/2013.)

Taulukko 8. Energianlaskennassa käytettävät huonelämpötilan asetusarvot ja käyttöajan ilmanvaihtomäärät.

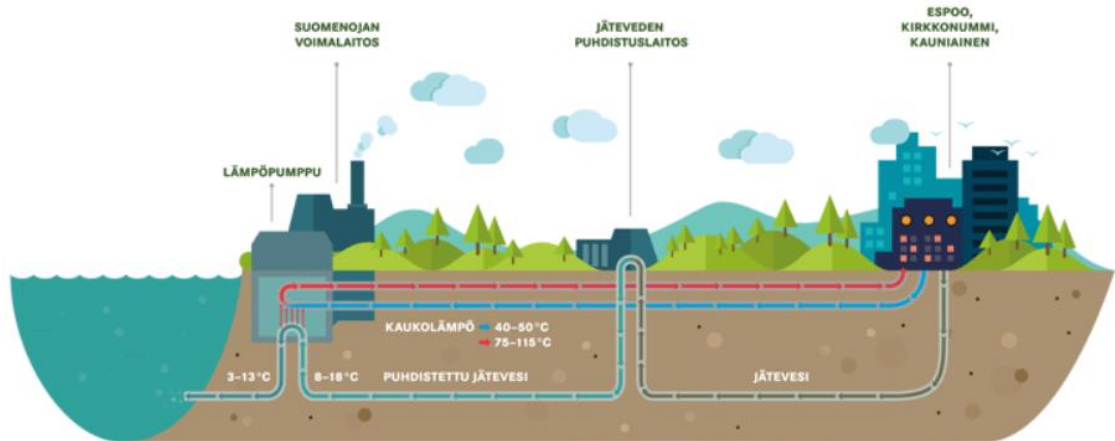
Käyttötarkoitusluokka	LKV:n ominaiskulutus $\text{dm}^3/(\text{m}^2 \text{ a})$	Lämmitysenergia $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalot, asuinkerrostalo	600	35
Toimistorakennus	103	6
Liikerakennus	68	4
Majoitusliikerakennus	685	40
Opetusrakennus ja päiväkot	188	11
Liikuntahalli	343	20
Sairaala	515	30

FlnZEB-hankkeen ehdotuksissa nZEB-E-lukurajoiksi ainoana E-luvun laskentasääntömuutoksena on lämpimän käyttöveden määrä vähentäminen, jonka vaikutukset on hankkeen tuloksissa erikseen näytetty (liite 1).

6.5.1 Jäteveden lämmöntalteenotto

Energiatehokkaan rakentamisen myötä on kiinnitetty paljon huomiota myös rakennuksesta poistuviin hukkaenergioihin. Ilmanvaihdon osalta tehokkaat lämmöntalteenottojärjestelmät ovat vähentäneet poistoilman mukana rakennuksesta kulkeutuvan energian määrää, mutta edelleen säästöpotentiaalia löytyy jäteveden mukana poistuvan energian talteenotosta.

Jätevedestä otetaan lämpöä talteen muun muassa teollisuudessa ja uimahalleissa, joissa jäteveden mukana kulkeutuu huomattavia määriä energiaa viemäriin. Myös tietyillä jätevedenpuhdistamoilla, kuten esimerkiksi Suomenojan jätevedenpuhdistamolla (kuva 6), otetaan lämpöä talteen jätevedestä keskitetysti. Suomenojan voimalaitoksen yhteyteen rakennetussa lämpöpumppulaitoksessa pumpataan lämpö talteen Espoon, Kauniaisten, Kirkkonummen ja Vantaan länsiosista tulevista puhdistetuista jätevesistä. Likainen vesi puhdistetaan jätevedenpuhdistamolla, pumpataan lämpöpumppulaitokselle noin 8-18 asteisena ja palautetaan puhdistamolle jäähtyneenä noin 3-13 asteisena, josta se ohjataan mereen. Fortum arvioi jätevedestä saatavan pumpattua noin 15 000 omakotitalon vuosikulutuksen verran lämpöä talteen.



Kuva 6. Havainnekuva jäteveden lämmöntalteenotosta

Jäteveden lämmöntalteenotto on järkevää, sillä se on lämpimän käyttöveden oheistuote eli täysin ilmaista, eikä siitä synny ylimääräisiä siirtokustannuksia. Jäteveden lämmöntalteenoton rajoitukseksi muodostuu talteenottolaitteiston takaisinmaksuaika, sillä esimerkiksi yksittäisestä omakotitalosta saatava jäteveden virtaama on suhteellisen pieni eikä jatkuva. Suurissa rakennuksissa, joissa virtaama pysyy suhteellisen jatkuvana, lämmöntalteenotolla saadaan suurempi hyöty ja näin ollen nopeampi takaisinmaksuaika. Pientalojen jäteveden lämmöntalteenotto ei siis vielä ole kannattavaa, mutta keskitehtyn lämmöntalteenottoratkaisuilla, kuten lämmöntalteenotolla jätevedenpuhdistamoilla saadaan niidenkin hukkalämpö hyödynnettyä. Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu energia voidaan vähentää lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarpeesta. (D5 2013.)

6.6 Valaistus ja kuluttajalaitteet

Energiatehokkuuslaskentaan rakennuksille on määritelty niiden standardikäyttö ja sitä vastaavat sisäiset lämpökuormat, jotka on määritelty Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa D3 kohdan 3.3.1 taulukossa 4.

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttö katsotaan samaksi niiden lämpökuormien kanssa, joten niiden vuotuinen energian käyttö W (kWh/m^2) sekä vuotuinen sisäinenlämpökuorma Q (kWh/m^2) lasketaan samalla kaavalla (kaava 1):

$$W = kP \frac{T_d T_w 8760}{24 \cdot 7 \cdot 1000}$$

Kaava 1.

Missä

W = vuotuinen energian käyttö kWh/m²

k = käyttöaste

P = lämpökuorma W/m²T_d = rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa hT_w = rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa d

Laskettaessa kokonaisenergiankulutusta voidaan valaistuksen osalta käyttää pienempää valaistustehoa, mutta valaistustason tulee säilyä. Mikäli näin toimitaan tulee valaistustasosta esittää erilliselvitys osana energianlaskennan lähtötietoja. Tilakohtaisia valaistustason ohjearvoja löytyy esimerkiksi standardista SFS-EN 12464-1.

Mikäli rakennuksessa on tarpeenmukainen valaistus sen osoittamiseksi energialaskennassa lasketaan valaistuksen käyttötunnit taulukon 6 mukaisilla käyttöajoilla. Näin toimittaessa valaistustehon laskennassa käytettävän mallin tulee olla tilakohtainen ja tilojen tulee täyttää niiden käyttötarkoituksen mukaiset valaistustasovaatimukset. Näin saadaan laskettua tilatyypikohtainen valaistustehontarve ja rakennustyyppikohtainen valaistusteho saadaan laskettua tyyppitilojen pintaloilla painotettuna keskiarvona ja tarpeenmukaisuus saadaan osoitettua.

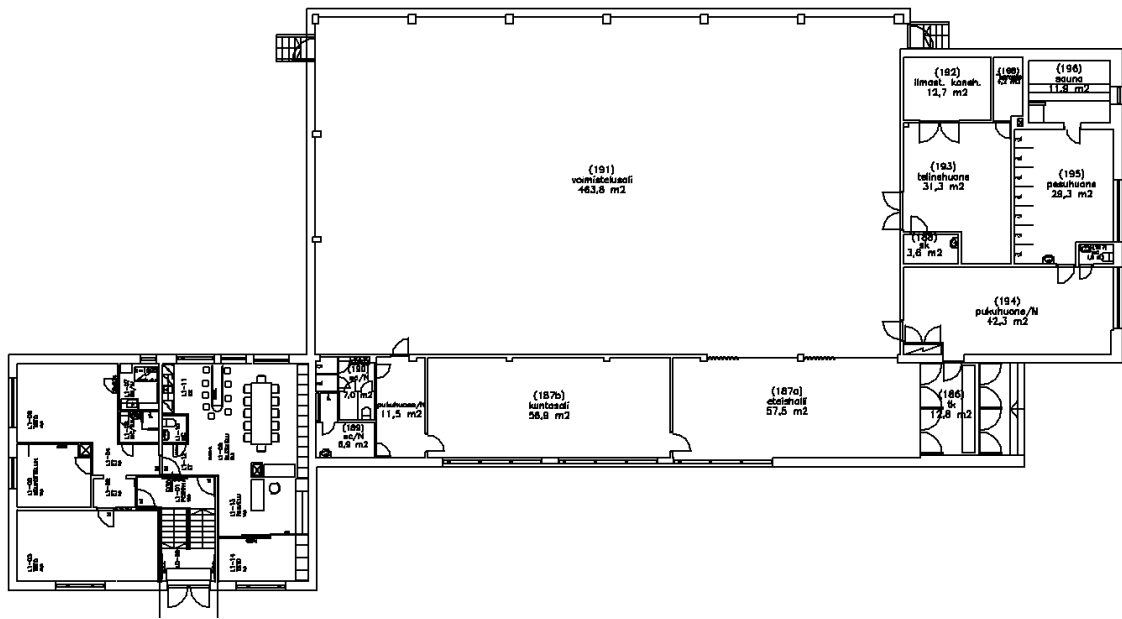
7 CASE-KOHDE LÄHES NOLLAENERGIA LIIKUNTAHALLI

7.1 Case-kohteen esittely

Opinnäytetyön case-kohteena toimii Tampereen ammattikorkeakoulun L-talon peruskorjaus- ja laajennushanke, joka sijaitsee Kaupin kaupunginosassa Tampereella.

Liikuntahalli L-talo on rakennettu 1975-1976 ja sen yhteydessä on aikanaan asuinkäyttöön rakennettu kaksikerroksinen, kolmen asunnon asuinrakennus, joka ovat nykyään poistettu asuinkäytöstä ja muutettu toimistotiloiksi. Vanhan asuinrakennuksen alakerrassa on asukkaille rakennetut sauna-, pesu- ja pukuhuonetilat sekä varastot, jotka on nykyään muutettu opiskelijatoiminnan käyttöön. Pinta-ala liikuntahallissa on kokonaisuudessaan noin 1155 m², josta liikuntasalin osuus on 464 m², kuntosalin osuus 57 m² sekä pukuhuone- ja pesutilojen osuus noin 140 m². Loput tilat ovat aula- ja varastotiloja. Liikuntasalin osalta rakennus on 7 m korkea. Vanhan asuinrakennuksen, nykyisen toimisto- ja oppilaskunnan tilojen pinta-ala yläkerrassa on 140 m² ja alakerrassa 138 m².

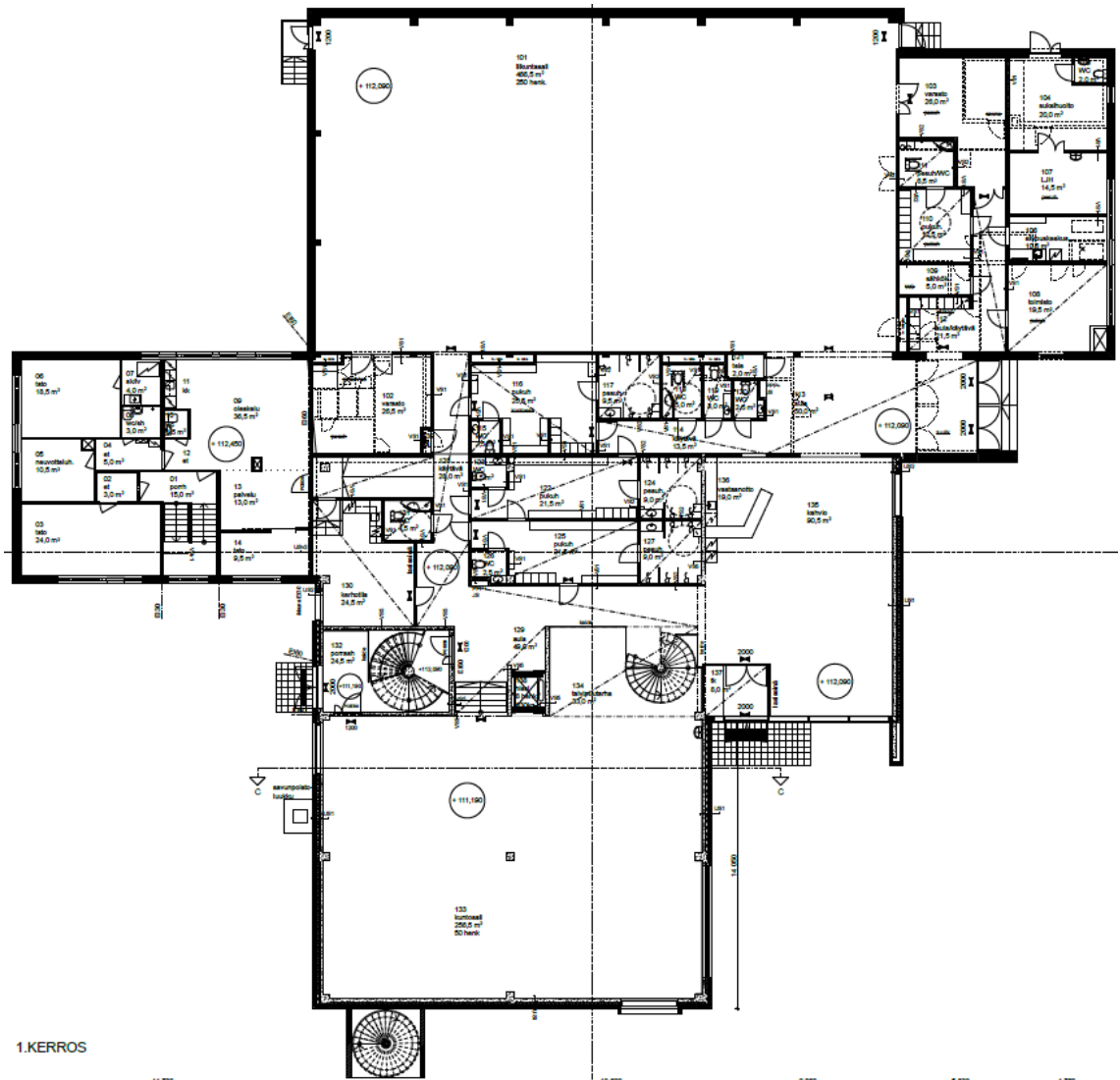
Peruskorjaus- ja laajennusprojektin taustalla suurimpana syynä on, että rakennus alkaa olla teknisen käyttöikänsä päässä. Toinen syy on Tampereen ammattikorkeakoulun kuuluminen tamperelaisten korkeakoulujen väliseen yhteistyöverkkoon Unipoli Tampereeseen. Unipolin kautta eri koulujen opiskelijat ja henkilökunta voivat käyttää siihen kuuluvien koulujen palveluita, kuten esimerkiksi liikuntapalveluita. TAMKIn liikuntatilat ovat muiden koulujen tarjoamiin liikuntatiloihin ja palveluihin nähden heikot, joten edellytyksenä yhteistyöverkkoon kuulumiselle on parantaa palveluita. Olemassa olevan rakennuksen pohjakuva kuvassa 7.



Kuva 7. Olemassa olevan rakennuksen pohjakuva

7.2 Tavoitteet

Vaikka L-talon saneeraus- ja laajennushanke ajoittuu vielä ennen nZEB-säädösten voimaan tuloa, haluttiin suunnittelussa ottaa huomioon nZEB-direktiivin tuomat haasteet ja mahdollisuudet. Hanke toimii siis omalla osa-alueellaan, eli liikuntahallien osalta eräänlaisena pioneerikohteena, jossa pyritään toteuttamaan sellaisia ratkaisuja, jotka mallintavat nZEB-rakennusta. Näistä ratkaisuista saadaan sekä opetusta että rakentamista hyödyntävää mittaustietoa. E-luvun osalta pyritään siis FInZEB-hankkeessa ehdotettuun liikuntahallin nZEB-E-lukuarvoon 115 kWh/m^2 . Lisäksi määritettiin vaateeksi, että uuden kokonaisuuden, eli vanhan saneerattavan osan ja uuden laajennusosan yhteinen osatoenergiankulutus ei saa kasvaa verrattuna vanhaan olemassa olevaan kiinteistöön, vaikka koko rakennuksen kerrosala laajenee 1155 neliömetristä 2366 neliömetriin. Arkitehdin pohjakuvat uudesta kokonaisuudesta sekä asemakuva esitetty kuvissa 8-10.



Kuva 8. Tulevan rakennuskokonaisuuden 1. kerroksen pohjakuva (Arkkitehtitoimisto Helamaa ja Heiskanen Oy)



Kuva 10. Tulevan rakennuskokonaisuuden asemakuva (Arkkitehtitoimisto Helamaa ja Heiskanen Oy)

7.3 Suunnittelu ja ideointi

Suunnittelussa haluttiin jättää tilaa innovatiivisille ja energiaa säästäville ratkaisuille pyrittäessä energiatehokkaaseen kokonaisuuteen. Lähtötietojen ja tavoitteiden pohjalta pidettiin valitun suunnittelutoimiston kanssa useita suunnittelu- ja ideointipalavereita, joissa vaihdettiin ideoita, karsittiin soveltumattomia ratkaisuja ja päädyttiin toteutettaviin ratkaisuihin.

Ideointi- ja suunnittelupalaverit olivat antoisia kokemuksia, joissa selkeni, että mahdollisuuksia energiatehokkaaseen rakentamiseen on paljon. Seuraavassa esitelty palaverissa syntyneitä ideoita kyseiseen projektiin liittyen.

7.3.1 Lämmitys

Lämmityksen osalta jalansijaa ideoinnissa saivat poistoilma- ja maalämpöpumppu sekä kaukolämpö. Poistoilmalämpöpumppua puolsi se, että rakennuksessa tullaan peseytymään paljon. Suihkujen suuresta käytöstä johtuen, saataisiin poistoilmalämpöpumpulle tavallista kosteampaa ja lämpimämpää ilmaa, joka sisältää paljon energiaa. Mutta, koska suihkujen käyttö ei kuitenkaan ole jatkuvaa ja tasaista, tarvittaisiin rinnalle toinen

lämmitysjärjestelmä, mikä nostaisi investointikustannukset liian korkeiksi poistoilma-lämpöpumpun osalta.

Parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui näin ollen maalämpöpumppu, joka on uusiutuvan energian muoto. Peruslämmitys hoidetaan maalämpöpumpulla, jonka priimaamiseen käytetään olemassa olevia kaukolämpöputkia. Koska vanhojen asuinrakennuskäyttöön aikanaan rakennettujen tilojen osalta ei vaihdeta pattereita ne tarvitsevat rakennukseen muilta osin uusittaviin pattereihin nähden korkeamman lämpöistä vettä. Näin siksi, että vanhat patterit ovat mitoitettu aikanaan korkeammalla lämpötilalla ja ovat siten pienempiä, eli niissä on vähemmän lämmönluovutus-pinta-alaa, kuin matalalämpöpatterit vaati-sivat. Siksi niiden lämmitysveden lämpötilaa nostetaan kaukolämmöllä priimaamalla. Lisäksi käyttöveden tuotto ja ilmanvaihtokoneiden pattereiden lämmittäminen vaativat maalämmöllä tuotetun lämmitysveden priimaamista kaukolämmöllä.

7.3.2 Jäähdytys

Jäähdytystarve on minimoitava. Energiatohokkuussysteistä jäähdytetään vain niitä tiloja, jotka sitä edellyttävät. Tätä varten rakennus on simuloitava, jonka avulla jäähdytyste-hontarve määritetään. Ensisijaisesti käytetään varjostusta tai vastaavaa ratkaisua. Aktii-visella aurinkosuojauksella saadaan optimoitua hyödynnettävä luonnonvalon ja aurin-gon säteilyenergian määrä, sekä minimoitua jäähdytyskaudella auringon säteilystä ai-heutuva jäähdytyksentarve. Ikkunoiden sijoittelulla ja suuntauksella on huomattava merkitys tässä. Aktiivinen aurinkosuojaus on mahdollista toteuttaa esimerkiksi mar-kiiseilla ja automaattisesti säätyvillä sälekaihtimilla.

Tampereelle rakennettavan kaukojäähdytyksen hyödyntäminen olisi muuten tullut ky-symykseen, mutta verkoston rakennus on vielä kesken eikä saatavilla ole liittymää kau-kojäähdytysverkkoon. Mahdollisia ratkaisuja jäähdytystarpeen kattamiseksi on hyödyn-tää ilmanvaihdon kesäajan tuuletusta, maalämmön maapiiristä saatavaa maakylmää, ilmanvaihtokoneeseen integroitua jäähdytystä lämpöpumppujärjestelmällä, tai tarpeen vaatiessa kompressorikojeikkoa. Rakennuksen simuloinnin jälkeen selvisi, että jäähdy-tyksen osalta riittää pelkkä tuloilman jäähdytys. Tilakohtaista jäähdytystä ei siis tarvita.

7.3.3 Käyttövesi

Käyttöveden ja viemäröinnin osalta energiatehokkuutta parantavia ideoita heräsi veden käytön ja jäteveden lämmöntalteenoton osalta. Kalusteiksi valitaan vettä säästävät kalusteet, kuten esimerkiksi painonapilliset sekoittajat ja vettä säästävät suihkusuuttimet. Lisäksi käyttövesi säädetään niin, että suihkuista saa vain rajoitetun lämpöistä vettä, mikä laskee lämmityskustannuksia. Jäteveden lämmöntalteenotto on varteenotettava vaihtoehto, josta saatava lämpö voitaisiin ohjata lämmittämään vaikka maapiirin keruunestettä. Jäteveden lämmöntalteenotto kuitenkin karsiutui pois elinkaarikustannusten perusteella, koska lämpimän käyttöveden lämpötilaa rajoitetaan ja kalusteet ovat vettä säästäviä, jolloin jätevesivirtaama ja lämpötila ovat kohteessa tavallista alhaisemmat.

7.3.4 Ilmanvaihto

Ilmastointi herätti paljon keskustelua ja hyviä ideoita. Tarpeenmukainen ohjaus valikoitui ensimmäiseksi kriteeriksi, jota ohjataan VOC-anturein ja läsnäolotunnistimin. 7 metriä korkean palloiluhallin ilmanvaihto toteutetaan syrjäyttävällä ilmanjakotavalla, jolla päästään huomattavasti pienempiin ilmavirtoihin kuin perinteisellä sekoittavalla ilmanjakotavallan. Syrjäyttävällä ilmanjakotavalla ilmanvaihdon päätelaitteet tuodaan alas lattian läheisyyteen, joista ilma puhalletaan suoraan oleskeluvyöhykkeelle matalalla ilman nopeudella ja tuloilma "työntää" lämmennyttilä ilmaa tieltään edelleen poistoilmanaviin. Hyvänä ideana nousi toteuttaa ilmastointikoneiden ilmanottoaukot niin, että ilmanotto voidaan toteuttaa valinnaisesti kahdesta paikasta. Kesäisin, jolloin ulkoilma on haluttua sisäänpuhallusilmaa lämpimämpää, raitisilma otetaan rakennuksen pohjoispuolelta, jossa ilma on mahdollisimman viileää. Talvisin, kun taas ulkoilma on haluttua sisäänpuhallusilmaa kylmempää, raitisilma otetaan rakennuksen eteläpuolelta, jossa ilma on mahdollisimman lämmintä. Näin ollen pelkällä ilmanoton ohjauksella voidaan parantaa energiatehokkuutta pienentämällä ulkoilman ja sisäänpuhallusilman lämpötilaeroa. Kyseinen ilmanottoratkaisu osoittautui investoinnin takaisinmaksun osalta taloudellisesti kannattamattomaksi, joten se karsiutui pois.

Ilmanvaihtokoneiden yhteiseen raitisilmakanavaan asennetaan patteri, joka toimii lämmityskaudella esilämmityspatterina saaden lämmitysenergiansa porakaivojen maapii-

reistä. Sama patteri toimii jäähdytyskaudella jäähdytyspatterina saaden jäähdytysenergi-ansa myös porakaivojen maapiireistä.

Ilmastointikoneiden osalta koneet jaetaan kolmeen eri ryhmään, liikuntasalit omanaan, kahviot ja aulat omanaan sekä sosiaalitalat omanaan. Kahvion ja aulojen sekä sosiaalitalojen koneet varustetaan levylämmönsiirtimin, joilla päästään 50-60 prosentin lämpötilasuhteeseen. Liikuntasalien ilmastointikone varustetaan pyörivällä lämmönsiirtimellä, jolla päästään 70-85 prosentin lämpötilasuhteeseen. Pyörivässä, regeneratiivisessa lämmönsiirtimessä tulo- ja poistoilman välillä pyörivä lämmöntalteenottokiekko varaa poistoilman lämpöenergiaa itseensä ja pyörähtäessään siirtää varautuneen lämpöenergian tuloilmaan. Parempaan lämpötilasuhteeseen päästävää pyörivää lämmöntalteenottoa ei voida käyttää muita tiloja palvelevissa koneissa, koska tilojen poistoilmaluokka on kolme eikä pyörivän lämmöntalteenoton mahdollista ilmavirtojen sekoittumista sallita.

7.3.5 Uusiutuva energia

Uusiutuva energia koostuu aurinko-, tuuli-, vesi-, ja bioenergiasta, maalämmöstä sekä aalloista ja vuoroveden liikkeestä saatavasta energiasta. Kohteen sijainnista johtuen vesienergia sekä aalloista ja vuoroveden liikkeestä saatava energia, joita ei Suomessa ole saatavissa lukeutuivat pois samoin kuin tuulivoima. Tuulivoimaa on kokeellisesti kehitetty koulun toisessa rakennuksessa, joka on osoittautunut kohteessa kannattamattomaksi, johtuen muun muassa sijainnista. Myöskään bioenergian käytölle ei nähty edellytyksiä. Näin ollen käytettäviksi energiamuodoiksi valikoitui maalämpö sekä aurinkoenergia.

Aurinkoenergian tuotantoon löytyy tilaa lähes kaikkien rakennusten katoilta, kuten myös L-talon katolta. Aurinkolämmitysjärjestelmällä, joka voidaan yhdistää kaikkiin päälämmitysmuotoihin, kerätään aurinkosäteilyn lämpöä aurinkokennoilla rakennuksen katolla ja lämmitetään vettä varaajassa. Aurinkosähköä tuottamalla vähennetään osastoenergiankulutusta sähkön osalta, mutta varaudutaan varauksin myös tuottamaan sähköä ulosmyytäväksi teknisten ja poliittisten ratkaisuiden kehittyessä sen mahdollistavampaan suuntaan.

7.3.6 Rakenne

Rakenteellisesti vanhan liikuntasalin osalta vaihdetaan vain ovet ja ikkunat U-arvoltaan paremmiksi. Vanhan asuinkäytöstä poistetun toimiston osalta ei tehdä rakenteellisesti mitään parannuksia. Uusi osa rakennetaan uudisrakentamista koskevien määräysten mukaisesti.

7.3.7 Valaistus

Työssä keskitytään LVI-tekniisten ratkaisuiden esittelyyn, mutta valaistuksen merkityksen korostuminen lähes nollaenergiarakennuksessa ja varsinkin suuremmissa kohteissa ansaitsee mainnan. L-talon osalta valaistus tullaan toteuttamaan led-paneelin, joita ohjataan ohjausjärjestelmällä, kuten esimerkiksi Dali-järjestelmällä. Ohjausperusteina läsnäolo ja päivänvalo-ohjaus.

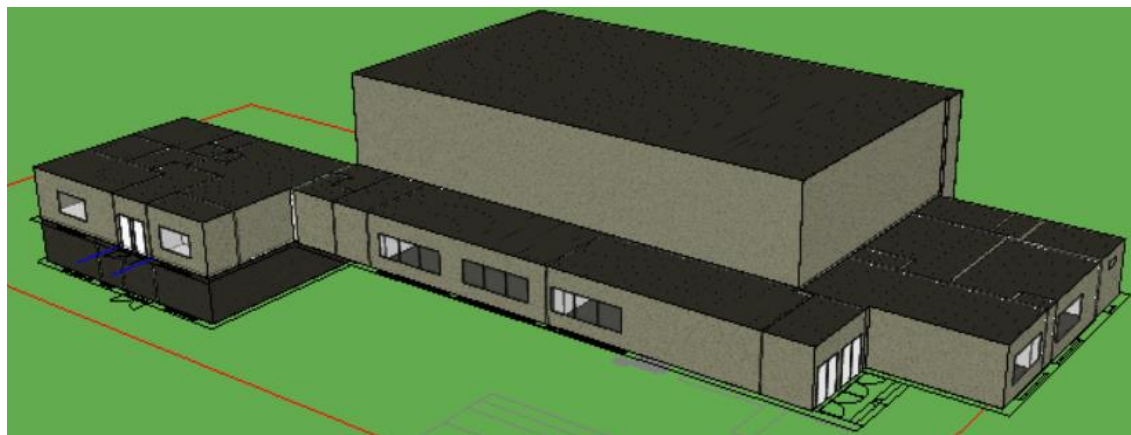
Hyvänä ideana nousi valaistuksen värilämpötilan säätö, sillä ihminen kokee eri värilämpötilan valaistuksen eri lailla. Matalammat värilämpötilat koetaan miellyttävän kodikkaina ja lämpiminä, jolloin tilan konkreettista lämpöä voidaan rajoittaa. Näin voidaan saavuttaa lämmityskustannusten kautta energiansäästöä.

7.4 Mallinnus

Tavoitteena on siis pyrkiä uuden rakennuskokonaisuuden osalta tulevaan nZEB-E-lukurajaan, joka on liikuntahallille 115 kWh/m²/vuosi. Lisäksi määritettiin, että rakennuskokonaisuuden ostoenergian kulutus ei saa kasvaa, vaikka pinta-ala yli kaksinkertaistuu verrattuna vanhaan rakennukseen. Tätä varten vanha rakennus mallinnettiin, käyttäen Ida Ice-mallinnusohjelmaa, jolla saadaan mallinnettua lähtötilanne mahdollisimman tarkasti, saataen näin ostoenergiankulutuksen vertailuarvo uudelle rakennukselle.

Ida Ice-ohjelma simuloi rakennuksen Suomen rakentamismääräyskokoelman määräysten ja ohjeiden mukaisesti vertailuvuodelle, jonka perusteella ohjelma laskee ostoenergiankulutuksen rakennukselle. Rakennuksen tiedot, joita energianlaskennassa tarvitaan,

kuten sijainti, rakenteiden U-arvot ja käytettävät järjestelmät syötetään ohjelmaan ja rakennus mallinnetaan. Ohjelma sisältää valmiita vyöhykkeitä, joihin on syötetty eri rakennuksille standardikäytön mukaisia arvoja, kuten ilmamäärät, lämpötilat, valaistuksen ja sisäiset lämpökuormat. Kuvassa 11 on kuvakaappaus vanhan rakennuksen mallinnuksesta.



Kuva 11. Kuvakaappaus olemassa olevan rakennuksen Ida Ice-mallinnuksesta

Ida Ice- ohjelma luo mallinnetusta rakennuksesta muun muassa energiatodistuksen, jonka tietoja vertailussa käytetään. Alkuperäisenä tarkoituksena opinnäytetyössä oli verrata lähtötilannetta suunnittelutoimiston tekemään uuden rakennuskokonaisuuden mallinnukseen, mutta suunnittelun aikataulusta johtuen uuden osan mallinnus ei ehtinyt vertailtavaksi, joten vertailu suoritettiin yhdistämällä suunnittelutoimiston uudisosalle tekemä energiatodistus sekä muokatun, olemassa olevan rakennuksen energiatodistus. Olemassa olevaa rakennusta muokattiin ottaen huomioon sen järjestelmämuutokset, rakenteelliset parannukset sekä liityminen laajennusosaan. Yhdistäessä energiatodistuksia laskentaa piti osin yksinkertaistaa, joten uuden rakennuksen tiedoissa saattaa olla virhemarginaalia. Käytetyt energiatodistukset esitetty liitteessä 2.

7.4.1 Vertailu

Vanha liikuntahallirakennus on energiatehokkuudeltaan heikko. Rakenteiden U-arvot ovat huonot, joka tarkoittaa suurta lämmitysenergian tarvetta. Liikuntahallin päädyssä kaksikerroksisessa toimisto- ja opiskelijakäytössä olevassa osassa on kaksi pienempää

ilmanvaihtokonetta joissa on ristivirtalämmöntalteenotot, mutta liikuntasalia palvelee tulo- ja poistoilmakone ilman lämmöntalteenottoa. Tämä $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ilmaa vaihtava kone on oletettavasti rakennuksen suurin energian kuluttaja.

Lähtökohtaisesti siis energiansäästöpotentiaalia rakennuksesta löytyy paljon, mutta kuten vertailu osoittaa (taulukko 9.), ei E-luvun osalta työssä tehtyjen laskelmien perusteella saavuteta tavoitetasoa $115 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$, vaan uudeksi energialuvuksi rakennukselle tulee $142 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$. Ostoenergian osalta tavoitteena on, ettei ostoenergian tarve saisi kasvaa. Tämä tavoite täyttyy ja paranee reilusti, sillä ostoenergian tarve vähenee lähes 100 000 kWh vuodessa.

Taulukko 9. Olemassa olevan rakennuksen ja tulevan rakennuskokonaisuuden vertailu

Rakennus	Pinta-ala m ²	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi	E-luku kWh _E /(m ² vuosi)
Olemassa oleva	1060	390124	339112	321
Tuleva	2356	190519	338049	142

Ostoenergia siis saadaan jopa laskemaan verrattuna vanhaan rakennukseen, mutta E-luvun osalta tavoitteesta jäädään laskemien mukaan $27 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$. Vanhan osan talotekniikka päivitetään kokonaisuudessaan lukuunottamatta toimisto- ja opiskelijatilojen lämmönjakojärjestelmää. Vanhan osan ovet ja ikkunat vaihdetaan myös paremmiksi, mutta laskelmien perusteella vanhan osan päivityksellä ja laajennuksen hyvällä energiatehokkuudella ei saada riittävästi kompensoitua vanhan osan rakenteiden huonoja U-arvoja.

8 POHDINTA

FInZEB-hankkeen myötä lähes nollaenergiarakennuksen kansallinen määritelmä Suomessa on valmis. Hankkeen perusteellisen taustatyön, laskelmien sekä pilottikohteiden kokemusten perusteella tavoitetasoehdotukset lähes nollaenergiarakennukselle on annettu Ympäristöministeriön käyttöön lakisäädöstelyä varten. Hankkeeseen osallistui rakennusosalta laajasti toimijoita, joten näkökulmia eri tulokulmista päätelmien teossa oli monipuolisesti.

Teknitaloudellisessa mielessä hanke onnistui hyvin määrittämään riittävän haasteellisia, mutta taloudellisessa mielessä kannattavia ratkaisuja lähes nollaenergiarakennukselle. Tämä on tärkeää, jotta rakentamis- ja ylläpitokustannuksin ei pyritä päättömästi parantamaan energiatehokkuutta, vaan huomioidaan myös investointien takaisinmaksuajat. Näin ollen uudet vaatimukset on rakennuksen käyttäjien ja rakennuttajien helpompi hyväksyä, kun on mahdollista vaikuttaa rakennuksen ostoenergiankulutukseen energiatehokkuuden avulla, eikä vain pyritä E-luvun osalta kauniisiin lukuihin. Poliittiset päättäjät ovat ennen kaikkea kiinnostuneista E-luvusta, kun taas rakennuksen käyttäjiä kiinnostaa ostoenergia.

Eri rakennustyypeille muodostui hyvin erisuuruisia parannusehdotuksia tämän hetkistä E-luvuista. Suomessa esimerkiksi asuinkerrostalojen kohdalla nykyinen energiatehokkuus on niin hyvä, että nZEB-E-lukuehdotuksen parannus on vain 11 prosenttia nykyisestä E-luvusta. Toimistorakennusten osalta energiatehokkuuden parantamispotentiaalia sen sijaan löytyy enemmän ja parannus nykyisestä tasosta on 47 prosenttia. Huomion arvoista on, että esimerkiksi toimistorakennuksen nZEB-E-lukuvaatimuksella 90 kWh_E/(m²vuosi) päästään olemassa olevien E-lukurajojen osalta vain B-luokkaan. Hankkeessa määritettiin tavoitetasot sellaisiksi, että niihin voidaan päästä myös ilman uusiutuvan energian tuotantoa. Tarvittava tekniikka onkin siis jo olemassa, mikä mahdollistaa lähes nollaenergiarakennuksen vaatimuksien täyttymiseksi monia eri vaihtoehtoja eikä sulje pois mitään ratkaisuja, joka on erittäin hyvä uutinen. Uusiutuvan energian tuotannolla toki voidaan parantaa rakennuksen energiatehokkuutta, eli kompensoida tietyn rajoin jonkin toisen ratkaisun heikompa energiatehokkuutta. Näin on jätetty tilaa eri ratkaisuille suunniteltaessa lähes nollaenergiarakennusta. Uudet määritykset eivät ole siis karanneet käsistä liian optimaalisiin tavoittein. Määritelmä lähes nollaener-

giarakennus onkin hieman harhaan johtava, sillä uudet nZEB-E-lukurajat ovat pienimmilläänkin lähempänä sataa kuin nollaa. Nimi on saanut julkisuudessa arvostelua ja on ehdotettukin, että sen suomenkielinen nimi olisi jokin muu korkea energiatehokkuutta kuvaava nimi.

Mielenkiinnolla alalla seurataan hankkeen etenemistä ja poliittisten päätösten mahdollisia muutoksia. Sähkön energiamuotokertoimen muutoksen osalta ainakin on ollut keskustelua poliittisten päättäjien osalta. Taustatyö lähes nollaenergiarakentamisen määrittäisen osalta on hyvin tehty, mutta käytäntöön sovellettaessa tapana on yleensä ilmaantua vielä tiettyjä muuttujia. Esimerkiksi aurinkoenergian hyödyntämisen osalta nähtäväksi jää, kumpi saa enemmän jalansijaa tulevaisuudessa, yksittäiset pienlaitokset esimerkiksi rakennuksien katoilla vai keskitetyt ratkaisut. Joka tapauksessa energiatehokkaan rakentamisen hyödyt ovat selvät ilmaston muutoksen vastaisessa taistelussa sekä epävakaassa maailmassa energian omavaraisuuden lisäämisessä.

Selvää on, että energiatehokkaalla rakentamisella pyritään hyvään. Suden kuoppana on, että kuilu suunnittelun, toteutuksen ja loppukäyttäjän välillä kasvaa. Suunnittelun kehityksessä myös toteutuksen tulisi seurata. Ei riitä että suunnitellaan hyvin toimiva kokonaisuus, vaan toteutuksen pitää ymmärtää noudattaa huolellisuutta joka osa-alueella rakennuksen alusta loppuun, jotta saadaan toimiva kokonaisuus. Lisäksi monimutkaistuvan tekniikan johdosta kuilu loppukäyttäjän osalta saattaa kasvaa. Jos rakennusta ei osata käyttää oikein, joka pahimmassa tapauksessa romuttaa rakennuksen oikean energiatehokkuuden, päädytään tilanteeseen jossa rakennuksen laskennallinen E-luku on hyvä, mutta toteutuva ostoenergiankulutus on jotain aivan muuta. Tässä loppukäyttäjien opastuksella on suuri rooli. Oikealla käytöllä rakennus toimii energiatehokkaasti ja ymmärryksen lisääntyessä käyttäjän voi omalla toiminnallaan vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen positiivisesti.

Opinnäytetyön yhtenä tarkoituksena oli tutkia ja verrata uuden sekä vanhan rakennuksen E-lukuja ja ostoenergiankulutusta. Tilaaja, eli koulu määrittä, että uuden rakennuksen E-luku pitää pysyä alle liikuntahallin nZEB-E-lukurajan $115 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$, eikä ostoenergiakulutus saa kasvaa huolimatta pinta-alan tuplaantumisesta. Vertailua varten vanha rakennus mallinnettiin Ida Ice-ohjelmalla, jolla pystyttiin simuloimaan olemassa olevan rakennuksen E-luku ja ostoenergiankulutus. Näitä arvoja piti verrata uuden rakennuksen vastaaviin arvoihin, mutta suunnittelun aikataulusta johtuen vertailtavaksi

saatiin vain laajennusosan E-luku sekä ostoenergiankulutus. Tästä johtuen vertailua varten laskettiin uuden rakennuskokonaisuuden vastaavat arvot muokkaamalla vanha rakennus vastaamaan tulevaa tilannetta, sekä yhdistämällä sen ja laajennuksen energiatoistukset. Tutkimuksen perusteella uuden nZEB-E-luvun osalta ei aivan päästä tavoitteeseen $115 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$, vaan uudeksi arvoksi tulee $142 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$. Ostoenergiankulutuksen osalta tavoite täyttyy ja kulutus jopa vähenee 100 000 kWh vuodessa.

Olemassa olevan kohteen mallinnus onnistui hyvin. Mallinnus tuotti paljon työtä johtuen siitä, että Ida Ice-simulointiohjelma oli entuudestaan vieras. Vanhan osan mallinnuksen tuloksissa on mahdollisesti pientä virhemarginaalia. Tämä johtui lähtötietojen, kuten seinärakenteiden tiedoista, joissa oli hieman epäselvyyksiä. Uuden rakennuskokonaisuuden yhdistetyissä tiedoissa virhemarginaalia voi olla enemmän, johtuen energiatoistusten yhdistämistä varten tehdyistä laskuyksinkertaistuksista. Kokonaisuudessaan opinnäytetyö onnistui hyvin. Aihe oli hyvin laaja sekä simulointi haastavaa entuudestaan tuntemattomalla ohjelmalla. Työn ansiosta molemmat tulivat tutuiksi. Haastetta toi lisäksi opinnäytetyön kanssa samaan aikaan käynnissä ollut FInZEB-hanke, joka valmistui vain hieman ennen opinnäytetyön valmistumista sekä case-kohteen suunnittelu, joka jatkuu vielä opinnäytetyön valmistumisen jälkeen. Työn ansiosta sain laajan kuvan rakennusten energiatehokkuudesta ja poliittisista vaikutteista. Opin myös käyttämään Ida Ice-ohjelmaa yllättävän hyvin.

LÄHTEET

EU:n energiafaktat 2014. Energiateollisuus RY. Luettu 18.3.2015.

<http://energia.fi/eu-asiat/eun-energiafaktat>

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD). 2010/31/EU: Euroopan Parlamentti, Euroopan neuvosto.

Energiatehokkuusdirektiivi (EED). 2012/27/EU. Euroopan Parlamentti, Euroopan Neuvosto.

Direktiivi uusiutuvista energianlähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (RES). 2009/28/EY. Euroopan Parlamentti, Euroopan neuvosto.

Hankekuvaus lyhyesti. 2014. FInZEB-hanke. Luettu 15.3.2015.

http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2014/11/FInZEB_esittelykalvot_20141028.pdf

FInZEB-hankkeen yhteenveto. 2014. FInZEB-hanke. Luettu 15.3.2015.

http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2015/04/FInZEB_yhteenveto_lop.pdf

Lähes nollaenergiarakennuksen käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla loppuraportti. 2015. FInZEB-hanke. Luettu 16.4.2015.

http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2015/04/FInZEB_loppuraportti.pdf

Lämpöä kerätään talteen jopa jätevedestä 2015. Fortum. Luettu 20.3.2015

<http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/kaukolampo/tutustu-kaukolampoon/tulevaisuuden-lampo/suomenoja/pages/default.aspx>

Kurnitski, J. Tekniikan tohtori. Nollaenergiarakentamisesta kehityksen veturi. 2012. Suomen Rakennusmedia Oy. Luettu 18.3.2015

<http://www.slideshare.net/SitraEnergia/sitra-jarek-kurnitski-201267>

Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013.

RakMk D3. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RakMk D5. 2012 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013.

Uusiutuvan energian käytön edistämistä rakennuksissa RES-direktiivin mukaisesti selvitetään 2014. Ympäristöministeriö. Luettu 20.3.2015.

<http://www.ym.fi/fi->

[FI/Ajankohtaista/Uutiset/Uusiutuvan_energian_kayton_edistamista_r%2831244%29](http://www.ym.fi/fi-)

Energiatehokkuusdirektiivin toimeenpano 2015. Työ- ja elinkeinoministeriö. Luettu 20.3.2015.

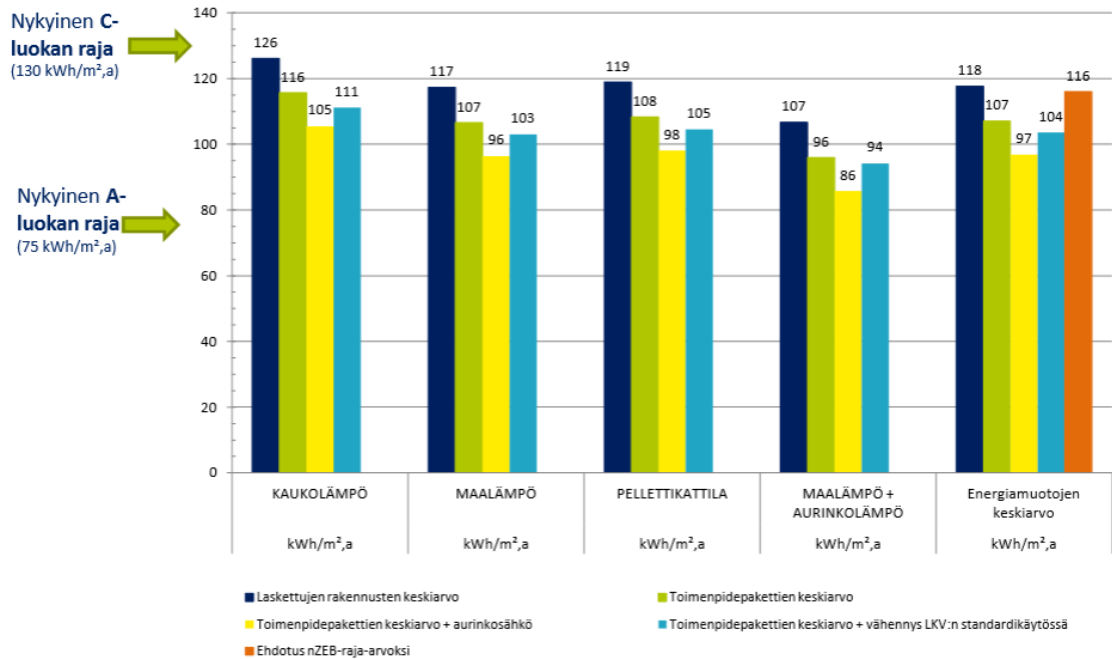
http://www.tem.fi/energia/energiatehokkuus/energiatehokkuusdirektiivin_toimeenpano

LIITTEET

Liite 1. FInZEB-hankkeen ehdotukset nZEB-E-luvuista

1(12)

ASUINKERROSTALOT: FInZEB-E-luku



ASUINKERROSTALOT:

Perustapaus	Toimenpidepaketti 1	Toimenpidepaketti 2	Toimenpidepaketti 3	Toimenpidepaketti 4
<ul style="list-style-type: none"> • Lämmön jakelun hyötysuhde 85 % • Ikkuna: U-arvo 1 W/m²K, g-arvo 58 % • Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet • LTO-vuosihyötysuhde 69 % • Tuloilmavirta 0,4 dm³/s,m² • Tuloilman jälkilämmitys: sähkö • Valaistus 11 W/m² 	<ul style="list-style-type: none"> • Lämmön jakelun hyötysuhde 95 % • Ikkuna: U-arvo 0,8 W/m²K, g-arvo 39 % • Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet • LTO-vuosihyötysuhde 78 % • Tuloilmavirta 0,4 dm³/s,m² • Tuloilman jälkilämmitys: sähkö • Valaistus 9 W/m² 	<ul style="list-style-type: none"> • Lämmön jakelun hyötysuhde 95 % • Ikkuna: U-arvo 0,6 W/m²K, g-arvo 24 % • Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet • LTO-vuosihyötysuhde 78 % • Tuloilmavirta 0,4 dm³/s,m² • Tuloilman jälkilämmitys: sähkö • Valaistus 9 W/m² 	<ul style="list-style-type: none"> • Lämmön jakelun hyötysuhde 95 % • Ikkuna: U-arvo 0,8 W/m²K, g-arvo 39 % • Keskitetty ilmanvaihto • LTO-vuosihyötysuhde 65 % • Tuloilmavirta 0,5 dm³/s,m² • Tuloilman jälkilämmitys: vesikiert. • Valaistus 9 W/m² 	<ul style="list-style-type: none"> • Lämmön jakelun hyötysuhde 95 % • Ikkuna: U-arvo 0,6 W/m²K, g-arvo 24 % • Keskitetty ilmanvaihto • LTO-vuosihyötysuhde 65 % • Tuloilmavirta 0,5 dm³/s,m² • Tuloilman jälkilämmitys: vesikiert. • Valaistus 9 W/m²

- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srnk D5:n mukaiset.

- Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille

- Maalämpö-aurinkolämpöhybridissä 50 % LKV:n energiantarpeesta tuotetaan aurinkolämmöllä, loput lämmöntarpeesta maalämpöpumpulla.

- Perustapauksessa ilmanvaihdon jälkilämmitys sähköpattereilla ja kylpyhuoneissa sähköinen mukavuuslattialämmitys

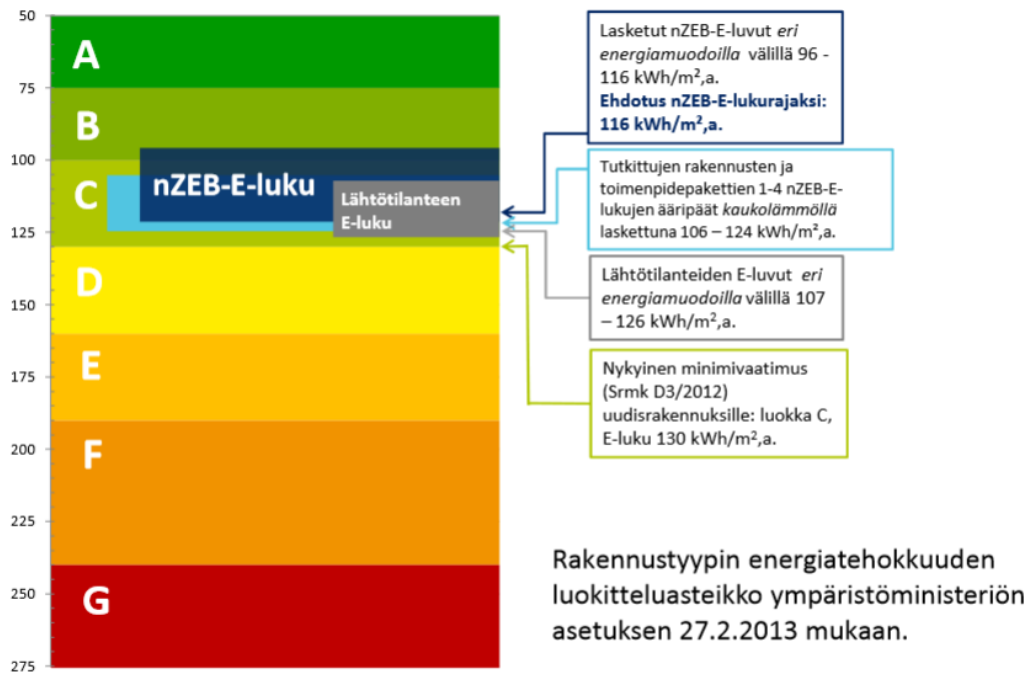
- Asuinkerrostalossa maalämpöpumpun hyötysuhde muita rakennustyyppiä alhaisempi 3,0 suuresta lämpimän käyttöveden kulutuksesta johtuen

- Aurinkosähköllä energiamäärä, joka on määritetty katolle mahtuvan paneelialan perusteella: 6 kWh/m²,a

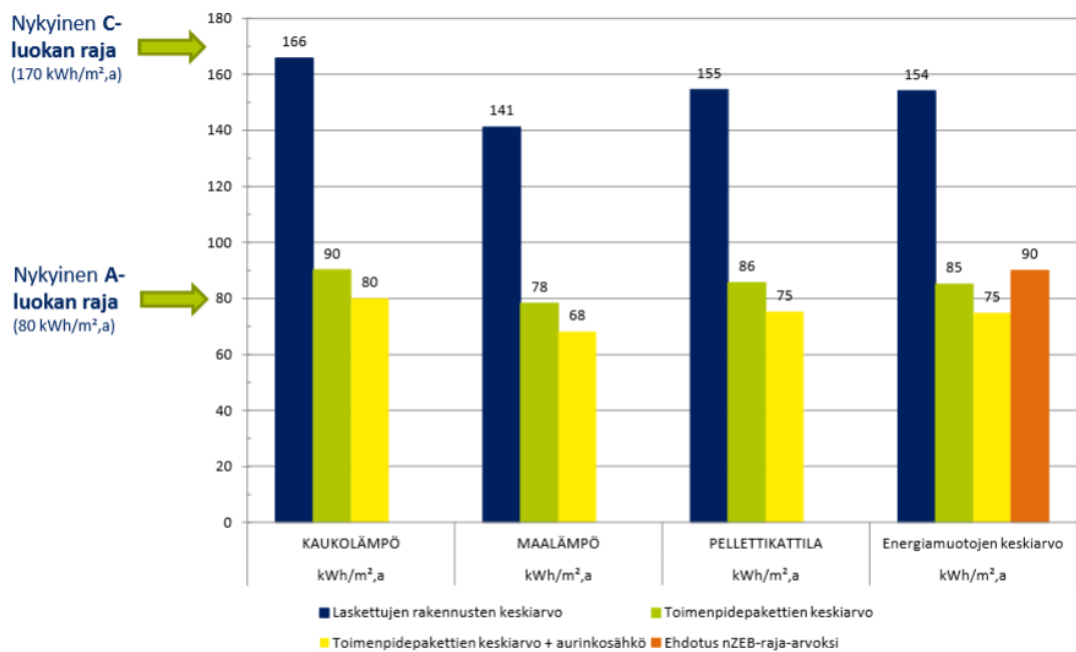
- Lämpimän käyttöveden standardikäytön vähennys 600 → 500 dm³/m²,a

Vuosihyötysuhde	
Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpökerron	3
Maalämpö, kylmäkerron	5,5
Pellettikattila	0,84
Kompressorijäähd.	2,5

ASUINKERROSTALOT: FinZEB-E-luku



TOIMISTOT: FinZEB-E-luku



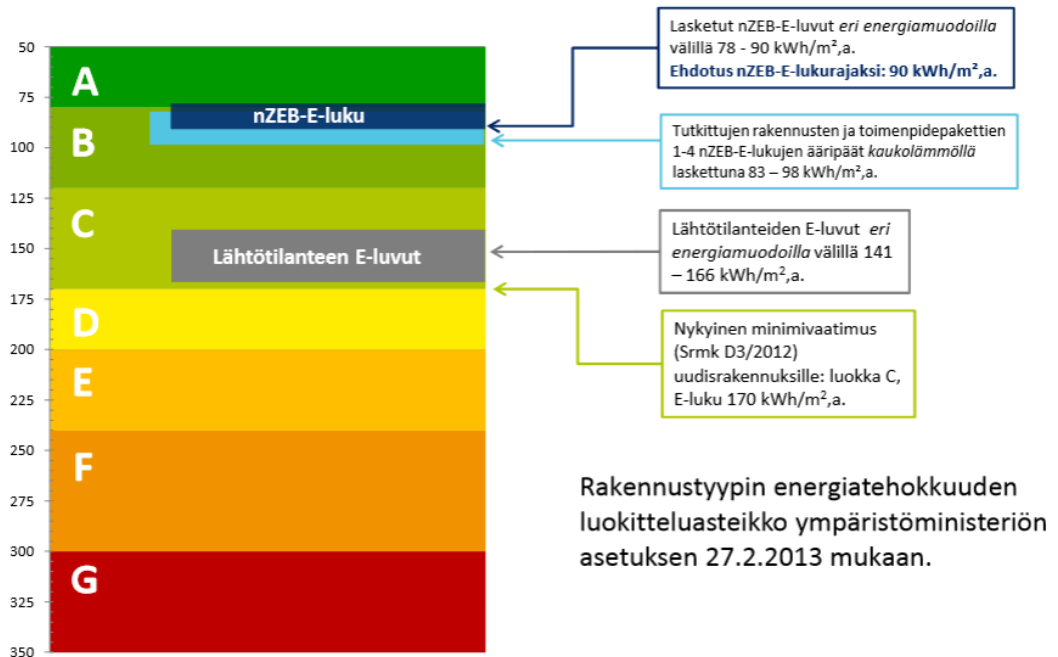
TOIMISTOT:

Perustapaus	Toimenpidepaketti 1	Toimenpidepaketti 2	Toimenpidepaketti 3	Toimenpidepaketti 4
<ul style="list-style-type: none"> Ikkuna: U-arvo 1 W/m²K, g-arvo 58 % LTO-vuosihyötysuhde 45 % Valaistus 11 W/m² Tuloilmavirta 2 dm³/s,m² Tiiveys q₅₀ = 4 m³/h,m² 	<ul style="list-style-type: none"> Ikkuna: U-arvo 0,8 W/m²K, g-arvo 39 % LTO-vuosihyötysuhde 72 % Valaistus 7 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto Tiiveys q₅₀ = 2,3 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h) Kylmäsiilat -25 % 	<ul style="list-style-type: none"> Ikkuna: U-arvo 0,6 W/m²K, g-arvo 24 % LTO-vuosihyötysuhde 72 % Valaistus 7 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto Tiiveys q₅₀ = 2,3 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h) Kylmäsiilat -25 % 	<ul style="list-style-type: none"> Ikkuna: U-arvo 0,8 W/m²K, g-arvo 39 % LTO-vuosihyötysuhde 81 % Valaistus 7 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto Tiiveys q₅₀ = 2,3 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h) Kylmäsiilat -25 % 	<ul style="list-style-type: none"> Ikkuna: U-arvo 0,8 W/m²K, g-arvo 39 % LTO-vuosihyötysuhde 81 % Valaistus 7 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto Tiiveys q₅₀ = 2,3 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h) Kylmäsiilat -25 %

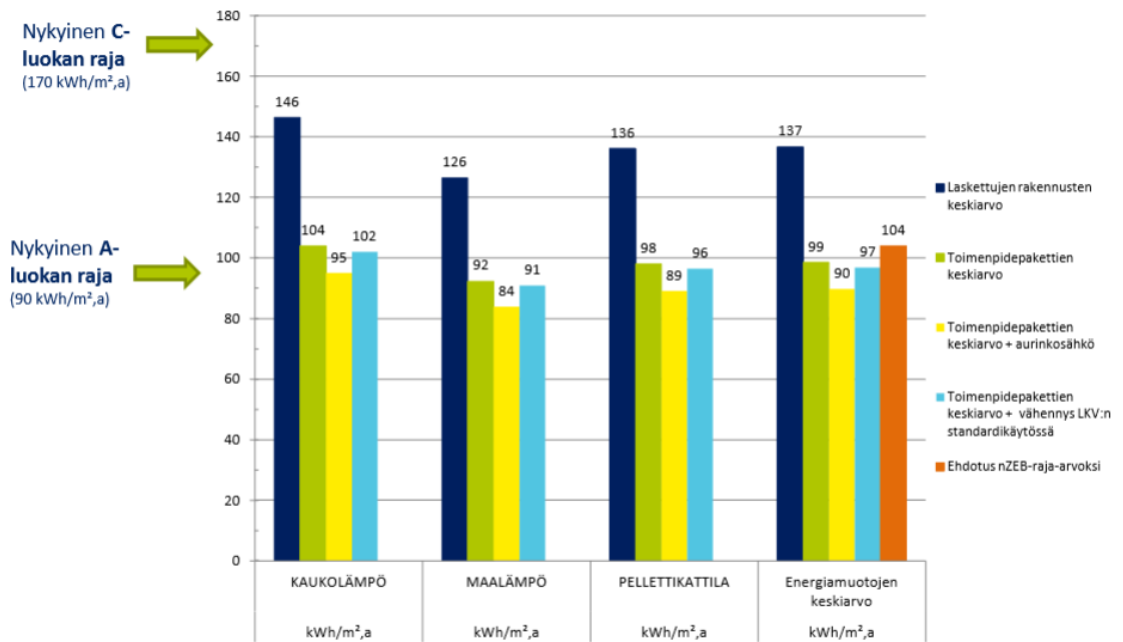
- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srmk D5:n mukaiset.
 - Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
 - Aurinkosähköllä energiamäärä, joka on määritetty katolle mahtuvan paneelialan perusteella: 6 kWh/m²,a

Vuosihyötysuhde	
Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpöeroin	3,5
Maalämpö, kylmäeroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Kompressorijäähd.	2,5

TOIMISTOT: FinZEB-E-luku



KOULUT: FinZEB-E-luku



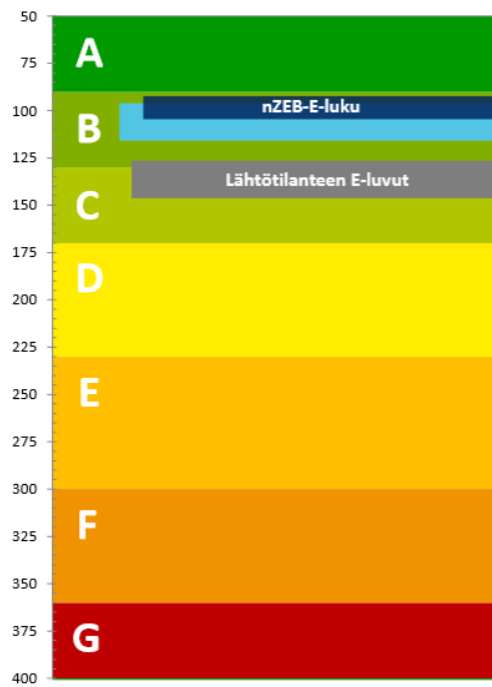
KOULUT:

Perustapaus	Toimenpidepaketti 1	Toimenpidepaketti 2
<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosisyötysuhde 60 % Valaistus 12 W/m² Tuloilmavirta 3 dm³/s,m² Tiiveys n₅₀ = 0,6 1/h 	<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosisyötysuhde 85 % Valaistus 12 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto 	<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosisyötysuhde 85 % Valaistus 8 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto

- Vuosisyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srnk D5:n mukaiset.
 - Maalämpöpumpun vuosisyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
 - Lämpimän käyttöveden standardikäytön vähennys 188 → 145 dm³/m²,a
 - Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 10 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 6 kWh/m²,a

Vuosisyötysuhde	
Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpöeroin	3,5
Maalämpö, kylmäeroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Kompressorijäähd.	2,5

KOULUT: FinZEB-E-luku



Lasketut nZEB-E-luvut eri energiamuodoilla välillä 92 – 104 kWh/m²,a.
Ehdotus nZEB-E-lukurajaksi: **104 kWh/m²,a.**

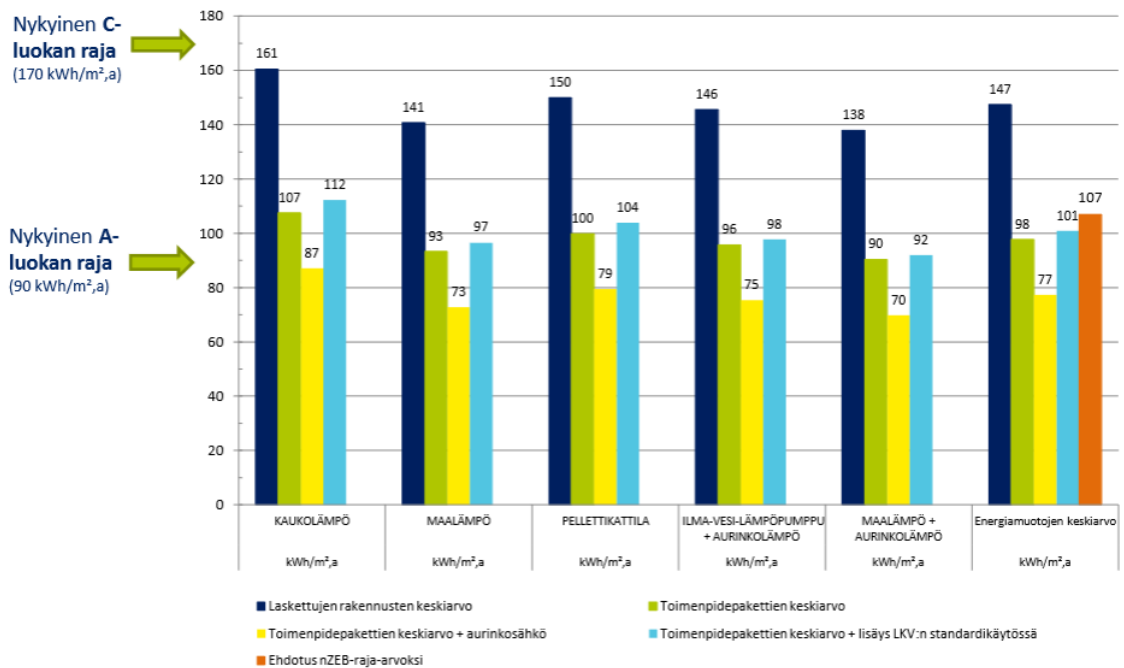
Tutkittujen rakennusten ja toimenpidepakettien 1-2 nZEB-E-lukujen ääripäät kaukolämmöllä laskettuna 96 – 113 kWh/m²,a.

Lähtötilanteiden E-luvut eri energiamuodoilla välillä 126 – 146 kWh/m²,a.

Nykyinen minimivaatimus (Srmk D3/2012) uudisrakennuksille: luokka C, E-luku 170 kWh/m²,a.

Rakennustyyppien energiatehokkuuden luokitteluasteikko ympäristöministeriön asetuksen 27.2.2013 mukaan.

PÄIVÄKODIT: FinZEB-E-luku



PÄIVÄKODIT:

Perustapaus	Toimenpidepaketti 1	Toimenpidepaketti 2
<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 60 % Valaistus 18 W/m² Tuloilmavirta 3 dm³/s,m² Tiiveys n₅₀ = 0,6 1/h 	<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 85 % Valaistus 12 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto 	<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 85 % Valaistus 8 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto

- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srmk D5:n mukaiset.

- Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille

- Ilma-vesilämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu kaupalliselle tuotteelle sen teknisistä tiedoista

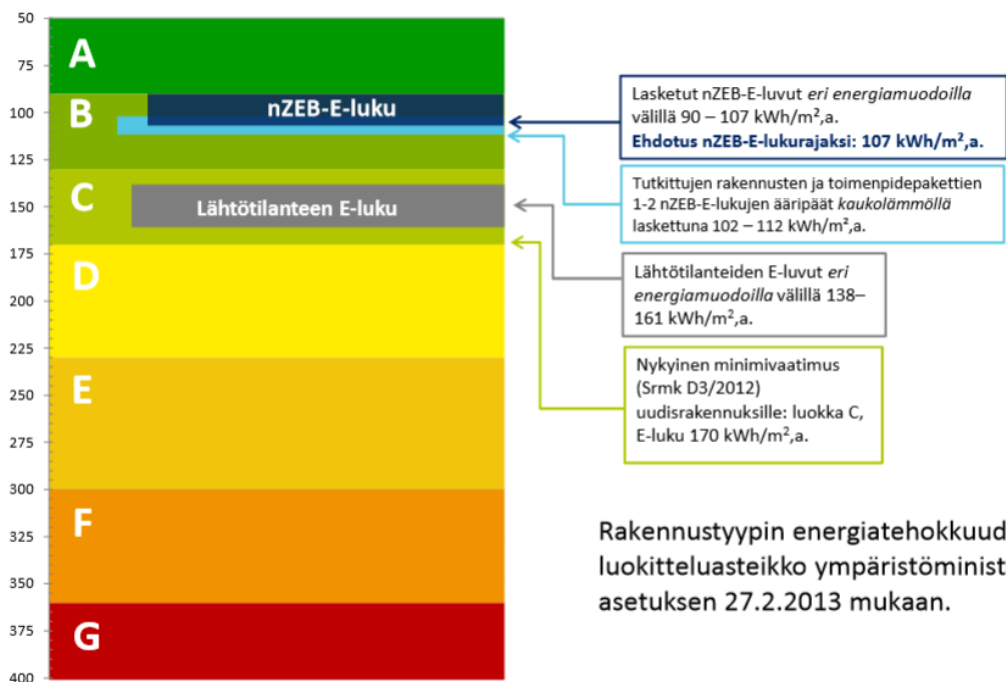
- Lämpöpumppu-aurinkolämpöhybrideissä 50 % LKV:n energiantarpeesta tuotetaan aurinkolämmöllä, loput lämmöntarpeesta lämpöpumpulla.

- Lämpimän käyttöveden standardikäytön lisäys 188 → 293 dm³/m²,a

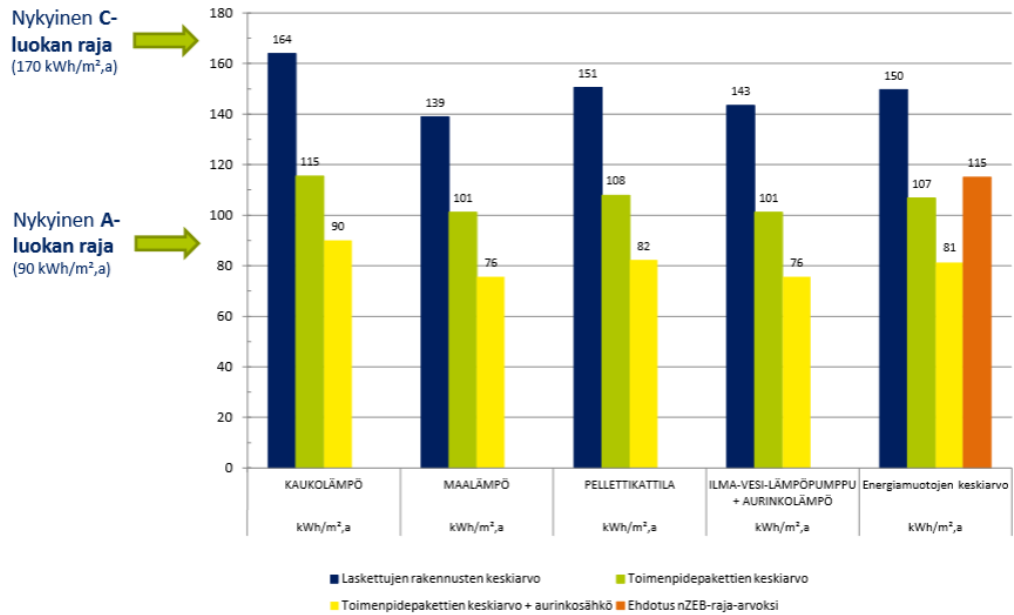
- Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 20 % perustapauksen sähkökulutuksesta. 12 kWh/m²,a

Vuosihyötysuhteet	
Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpöeroin	3,5
Maalämpö, kylmäeroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Ilma-vesilämpöpumppu	2,9
Kompressorijäähd.	2,5

PÄIVÄKODIT: FinZEB-E-luku



LIIKUNTAHALLIT: FlnZEB-E-luku



LIIKUNTAHALLIT:

Perustapaus

- LTO-vuosihyötysuhde 65 %
- Valaistus 10 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus
- Tuloilmavirta 2 dm³/s,m²
- Tiiveys n₅₀ = 0,6 1/h
- SFP-luku 1,5 kW/(m²/s)
- Kylmäsilat -25 %

Toimenpidepaketti 1

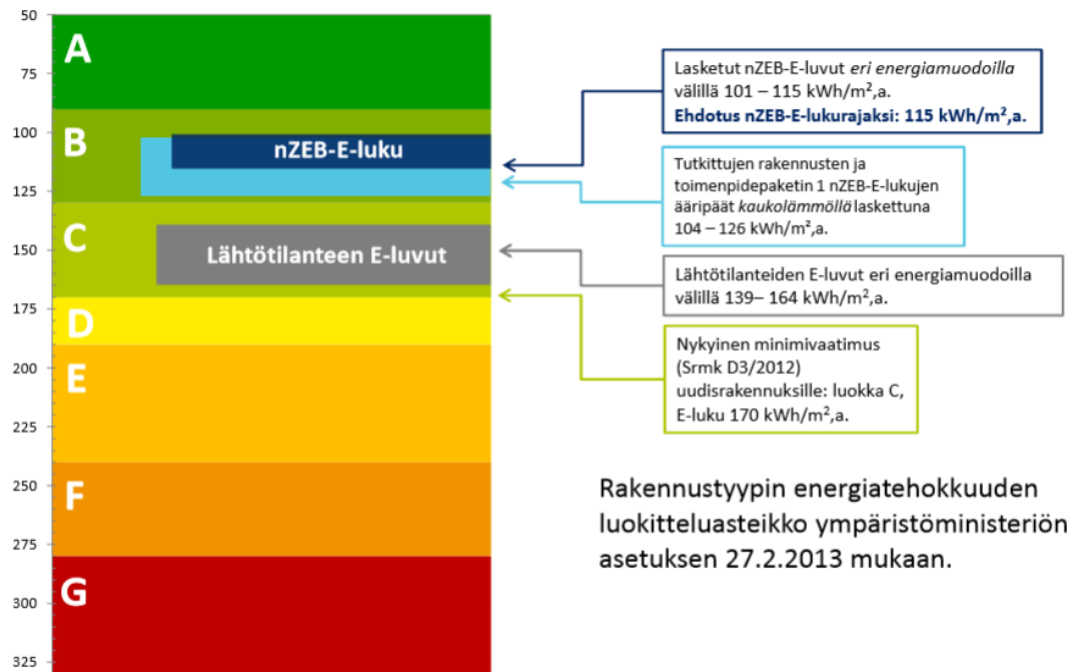
- LTO-vuosihyötysuhde 85 %
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto

- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srmk DS:n mukaiset.
 - Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
 - Ilma-vesilämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu kaupalliselle tuotteelle sen teknisistä tiedoista
 - Ilma-vesilämpöpumppu + aurinkolämpö -hybridissä 50 % LKV:n energiantarpeesta tuotetaan aurinkolämmöllä, loput lämmöntarpeesta maalämpöpumpulla.
 - Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 20 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 15 kWh/m²,a

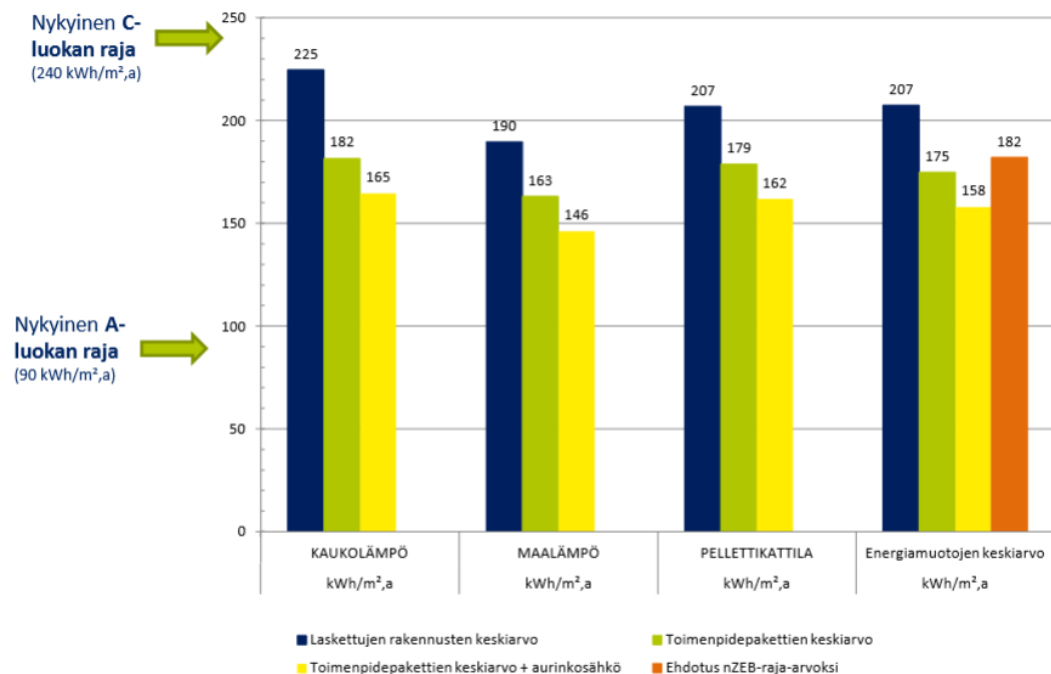
Vuosihyötysuhde

Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpöeroin	3,5
Maalämpö, kylmäeroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Ilma-vesilämpöpumppu	2,9
Kompressorijäähd.	2,5

LIIKUNTAHALLIT: FinZEB-E-luku



MAJOITUSLIKERAKENNUKSET: FinZEB-E-luku



MAJOITUSLIKERAKENNUKSET:

Perustapaus	Toimenpidepaketti 1
<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 60 % Valaistus 10 W/m² Tuloilmavirta 2 dm³/s,m² Tiiveys n₅₀ = 0,6 1/h SFP-luku 1,5 kW/(m³/s) 	<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 78 % Tarpeenmukainen ilmanvaihto LKV:n lämmitysenergian-tarpeesta katetaan 50 % esimerkiksi joko aurinko-lämmöllä tai jäteveden LTO:lla

- Toimenpidepaketissa 50 % lämpimän käyttöveden energiantarpeesta katetaan aurinkolämmöllä tai jäteveden LTO:lla. Tämän vuoksi ei ole tarkasteltu muita hybridiratkaisuja.

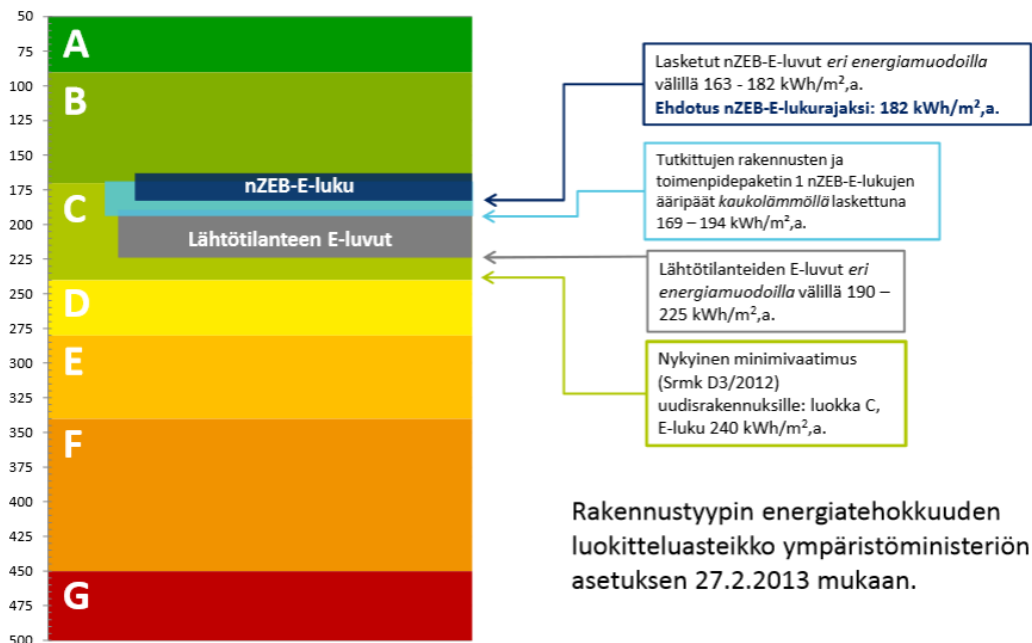
- Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille

- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srnk D5:n mukaiset.

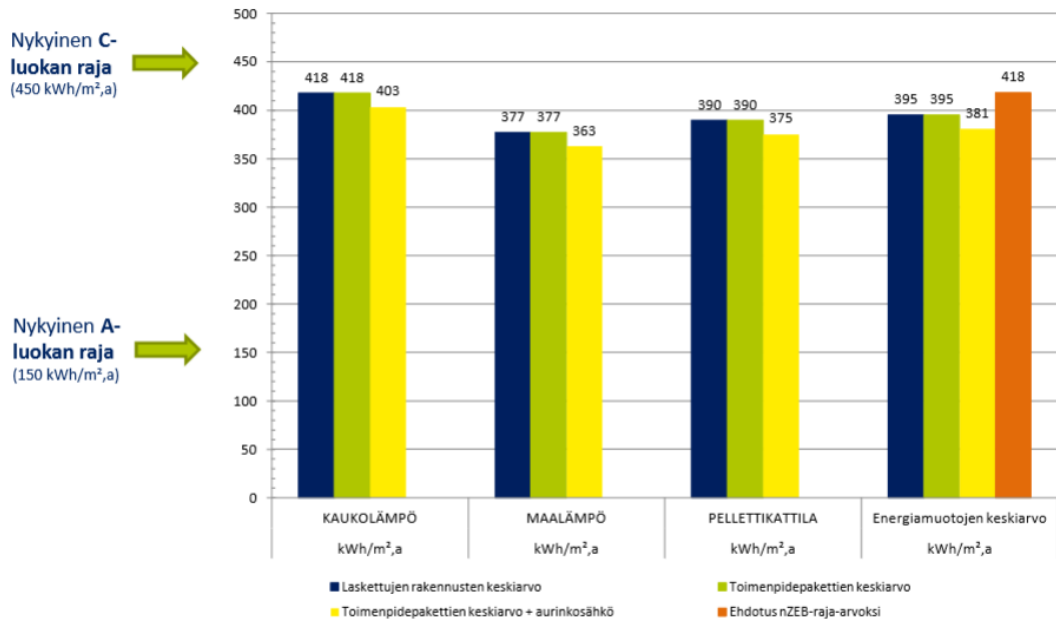
- Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 10 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 10 kWh/m²,a

Vuosihyötysuhde	
Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpökerroin	3,5
Maalämpö, kylmäkerroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Ilma-vesi-lämpöpumppu	2,9
Kompressorijäähd.	2,5

MAJOITUSLIKERAKENNUKSET: FInZEB-E-luku



SAIRAALAT: FlnZEB-E-luku



SAIRAALAT:

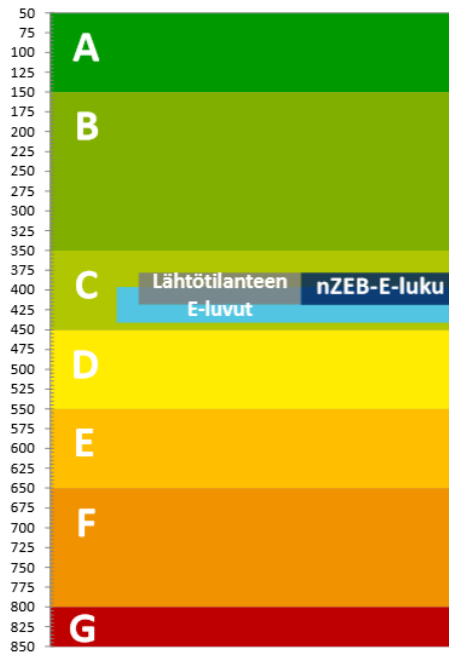
Perustapaus ja Toimenpidepaketti 1

- LTO-vuosihyötysuhde 55 %
- Valaistus 8 W/m² + tarpeenmukainen valaistus
- Kylmäsililat -25 %
- Tiiveys n₅₀-luku = 0,6 1/h
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto sosiaali-tiloissa, iv-konehuoneissa ja odotustiloissa

- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srnk D5:n mukaiset.
- Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
- Sama MLP:n COP kuin asuinkerrostaloilla, oletuksena että lämpimän käyttöveden kulutus suurta
- Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 5 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 8,5 kWh/m²,a

Vuosihyötysuhde	
Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpöeroin	3,0
Maalämpö, kylmäeroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Ilma-vesilämpöpumppu	2,9
Kompressorijäähd.	2,5

SAIRAALAT: FInZEB-E-luku



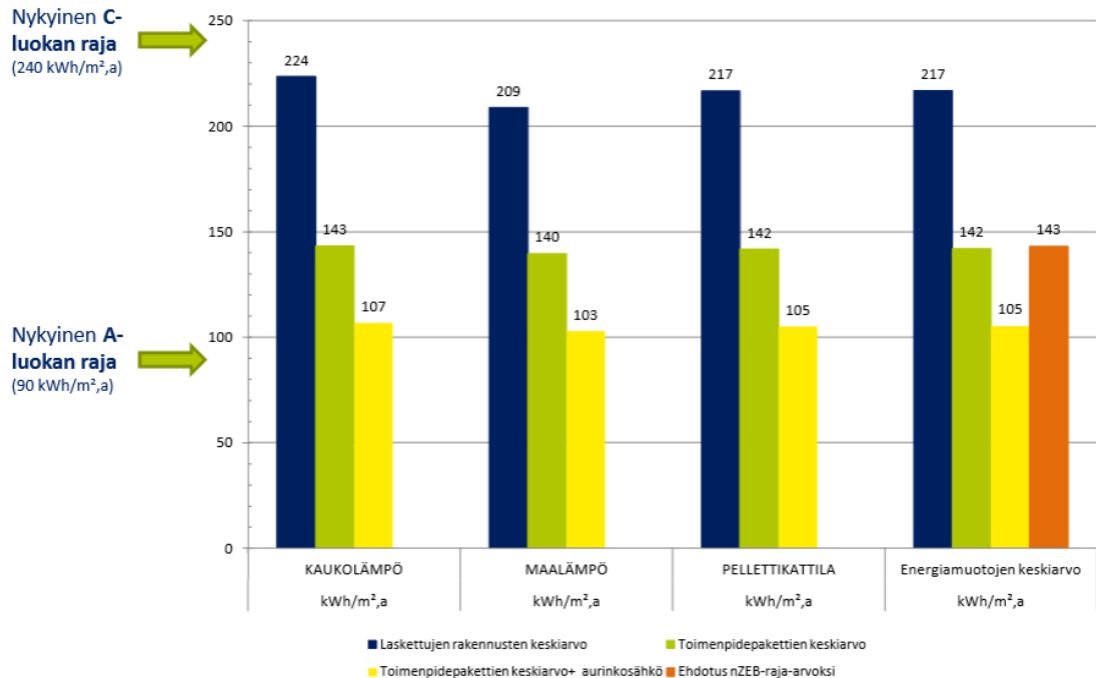
Lähtötilanteen E-luvut eri energiamuodoilla ja lasketut nZEB-E-luvut eri energiamuodoilla välillä 377 – 418 kWh/m²,a.
Ehdotus nZEB-E-lukurajaksi: 418 kWh/m²,a.

Tutkittujen rakennusten ja toimenpidepaketin 1 nZEB-E-lukujen ääripäät kaukolämmöllä laskettuna 398– 442 kWh/m²,a.

Nykyinen minimivaatimus (Srmk D3/2012) uudisrakennuksille: luokka C, E-luku 450 kWh/m²,a.

Rakennustyyppien energiatehokkuuden luokitteluasteikko ympäristöministeriön asetuksen 27.2.2013 mukaan.

LIIKERAKENNUKSET: FInZEB-E-luku



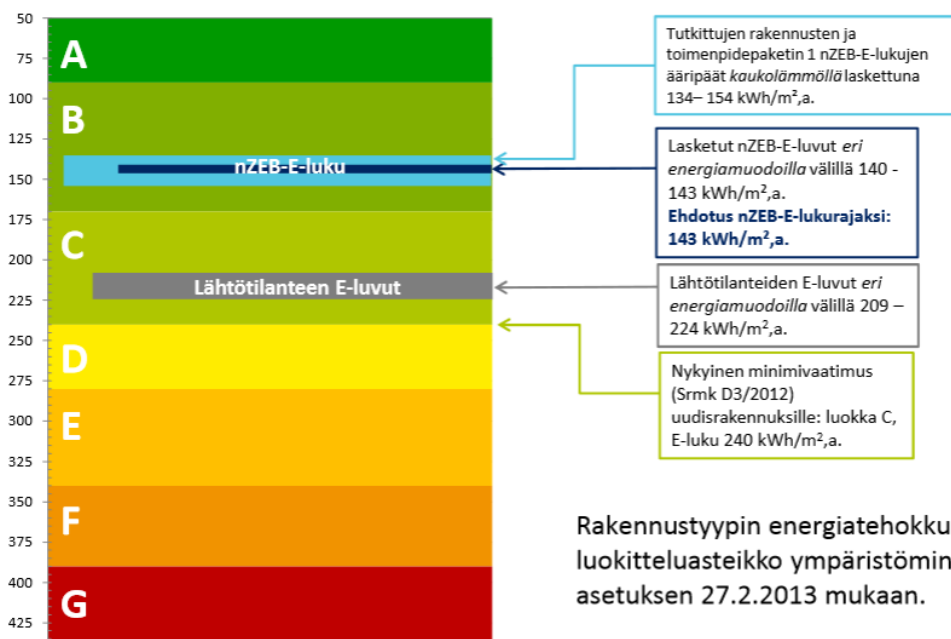
LIIKERAKENNUKSET:

Perustapaus	Toimenpidepaketti 1
<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 60 % Valaistus 19 W/m² Tiiveys q₅₀ = 4 m³/h,m² (n₅₀ = 1,1-2,7 1/h riippuen rakennuksesta) Ikkuna, U-arvo = 0,85 W/(m²K) 	<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 85 % Tarpeenmukainen ilmanvaihto (myymälätilat, sosiaali-tilat) Valaistus 15 W/m² Kylmäsiilat -25 % Tiiveys n₅₀-luku = 0,6 1/h (q₅₀-luku = 0,9 -2,1 m³/h,m² riippuen rakennuksesta)

- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srnk D5:n mukaiset.
 - Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
 - Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 20 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 21,5 kWh/m²,a

Vuosihyötysuhde	
Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpöeroin	3,5
Maalämpö, kylmäeroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Ilma-vesilämpöpumppu	2,9
Kompressorijäähd.	2,5

LIIKERAKENNUKSET: FInZEB-E-luku



Rakennustyyppien energiatehokkuuden luokitteluasteikko ympäristöministeriön asetuksen 27.2.2013 mukaan.

Liite 2. Energiatodistukset

1(8)

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:	TAMK L-rakennus, uusi kokonaisuus Kuntokatu 3 33520 TAMPERE																
Rakennustunnus:																	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	2016																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Monitoimihallit ja muut urheiluhallit																
Todistustunnus:	-																
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Energiatodistuksen energiatehokkuusluokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><small>Uudisrakennusten määrittelytaso 2012</small></p>			Energiatodistuksen energiatehokkuusluokka	A		B		C	C	D		E		F		G	
	Energiatodistuksen energiatehokkuusluokka																
A																	
B																	
C	C																
D																	
E																	
F																	
G																	
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)</td> <td>142 kWh_E / (m²vuosi)</td> </tr> </tbody> </table>		Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	142 kWh _E / (m ² vuosi)														
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	142 kWh _E / (m ² vuosi)																
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Joonas Kivinen	Yhdistetty energiatodistus opinnäytetyötä varten																
Allekirjoitus:																	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																
22.4.2015	22.4.2025																

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus													
Lämmitetty nettoala	2356 m ²												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Maa- ja kaukolämpö, vesikiertoiset patterit												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen ilmanvaihto, LTO												
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)			-	kWh _e /(m ² vuosi)							
sähkö	198 852	85	1,7	144									
uusiutuva polttoaine	-8 333	-3	0,5	-1									
0			0										
0			0										
0			0										
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	133 114	57											
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				142									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokittelustaiteikko	Liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ... 90</td> <td>B: 91 ... 130</td> <td>C: 131 ... 170</td> </tr> <tr> <td>D: 171 ... 190</td> <td>E: 191 ... 240</td> <td>F: 241 ... 280</td> </tr> <tr> <td>G: 281 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ... 90	B: 91 ... 130	C: 131 ... 170	D: 171 ... 190	E: 191 ... 240	F: 241 ... 280	G: 281 ...		
A: ... 90	B: 91 ... 130	C: 131 ... 170											
D: 171 ... 190	E: 191 ... 240	F: 241 ... 280											
G: 281 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	C												
E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäyttöä lämmitettyä nettoalaa kohti. Jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapoltolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.													
ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET													
Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi													
Tämä osio ei koske uudisrakennuksia													
Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".													

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Montolimihallit ja muut urheiluhallit			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2016	Lämmitetty nettoala	2 356	m ²
Rakennusvaihtopa				
Ilmanvuotoluku Q_{50}	0,5	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät	1 603,4	0,24	378,4	29 %
Yläpohja	1 459,4	0,17	248,1	19 %
Alapohja	1 981,6	0,19	384,4	29 %
Ikkunat	176,8	0,93	164,8	12 %
Ulkiovet	38,9	0,88	34,0	3 %
Kylmäsiilat	-	-	109,9	8 %
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	g _{kohtainen} -arvo -	
Pohjoinen	58,2	1,10	0,55	
Koillinen	32,0	0,80	0,72	
Itä	8,7	1,10	0,55	
Kaakko	21,5	0,80	0,72	
Etelä	6,2	1,10	0,55	
Lounas	22,0	0,80	0,72	
Länsi	5,1	1,10	0,55	
Luode	23,0	0,80	0,72	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen ilmanvaihto, LTO			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	7,25/7,25	2,00	65 %	-5,0
Erillispoistot	-	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	7,25/7,25	2,00	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Maa- ja kaukolämpö, vesikiertoiset patterit			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerto ¹	Apulaitteiden sähkönkäyttö ² kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja lvn lämmitys	100 %	80 %	3,4	2,0
Lämpimän käyttöveden valmistus	100 %	98 %	2,3	1,1
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerto ¹ lämpöpumpulle				
² lämpöpumpujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulleja	0	0		
Ilmalämpöpumppu	0	0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerto ¹			
Jäähdytysjärjestelmä	0,0			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	343	20		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	50 %	5,0	0,0	
Valaistus	50 %			12,0

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Monitoimihallit ja muut urheiluhallit			
Rakennuksen valmistusvuosi	2016			
Lämmitetty nettoala, m ²	2356			
E-luku, kWh _e / (m ² vuosi)	142			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertomella painotettu energiankulutus kWh _e /vuosi kWh _e /(m ² vuosi)	
sähkö	198 852	1,7	338049	144
uuslutuva polttoaine	-8 333	0,5	-4166	-1
- Valtise -			0	0
			0	0
			0	0
YHTEENSÄ	190 519		333 883	142
Uuslutuva omavaraisenergia, hyödykäikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
aurinkosähkö		8 424	4	
aurinkolämpö		10 094	5	
lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia		50 088	22	
			0	
			0	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys ¹		2,0	55,5	-
Tuulilman lämmitys			138,8	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		1,1	44,3	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		47,4	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0,0	-	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus		56,5	-	-
YHTEENSÄ		107,0	239,0	0,0
¹ Ilmanvaihdon tuulilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys ²		52 671	23	
Ilmanvaihdon lämmitys ³		154 475	66	
Lämpimän käyttöveden valmistus		46 968	20	
Jäähdytys			0	
² sisältää tuulilman, korvausilman ja tuulilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		27 121	12	
Henkilöt		30 258	13	
Kuluttajalaitteet		0	0	
Valaistus		67 164	29	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		1 681	1	
Laakentatyökulun nimi ja versonumero				
Laakentatyökulun nimi ja versonumero				

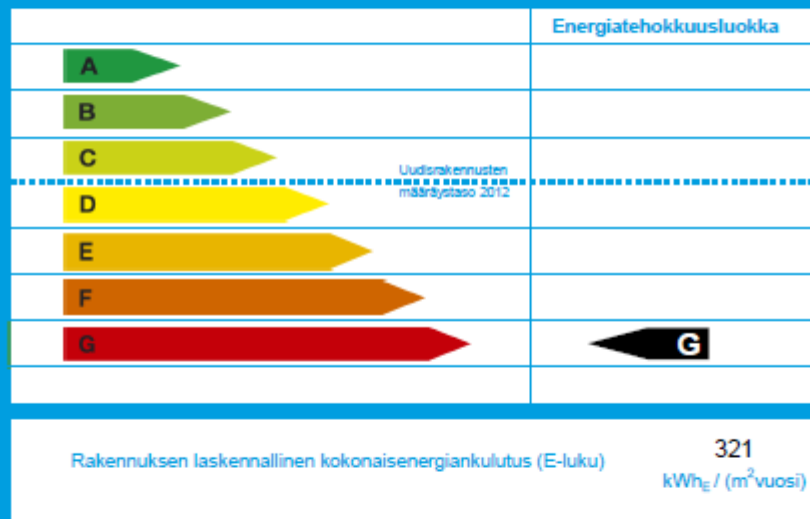
ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite: TAMK L-rakennus, olemassa oleva rakennus
Kuntokatu 3
33520 TAMPERE

Rakennustunnus:
Rakennuksen valmistumisvuosi: 1978

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: Monitoimihallit ja muut urheiluhallit

Todistustunnus: -



Todistuksen laatija:
Joonas Kivinen

Yritys:
Opinnäytetyötä varten tehty energiatodistus

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:
22.4.2015

Viimeinen voimassaolopäivä:
22.4.2025

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus													
Lämmitetty nettoala	1059,162 m ²												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Kaukolämpö, vesikiertoiset patterit												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen ilmanvaihto, osin LTO												
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)			-	kWh _E /(m ² vuosi)							
kaukolämpö	324 100	308	0,7	215									
sähkö	66 024	63	1,7	108									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	27 413	26											
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				321									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko	Liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ... 90</td> <td>B: 91 ... 130</td> <td>C: 131 ... 170</td> </tr> <tr> <td>D: 171 ... 190</td> <td>E: 191 ... 240</td> <td>F: 241 ... 280</td> </tr> <tr> <td>G: 281 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ... 90	B: 91 ... 130	C: 131 ... 170	D: 171 ... 190	E: 191 ... 240	F: 241 ... 280	G: 281 ...		
A: ... 90	B: 91 ... 130	C: 131 ... 170											
D: 171 ... 190	E: 191 ... 240	F: 241 ... 280											
G: 281 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	G												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäyttöä lämmitettyä nettoalaa kohti, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitokämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET													
Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi													
Tämä osio ei koske uudisrakennuksia													
<p>Suosituksia on esitelty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".</p>													

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Monitoimihallit ja muut urheiluhallit			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1976	Lämmitetty nettoala	1 059	m ²
Rakennusvalvopa				
Ilmanvuotoluku q_{50}	0,6	m ² /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	U-A W/K	Osuus lämpöhäviöstä %
Ulkoseinät	984,2	0,30	296,1	27 %
Yläpohja	899,1	0,24	219,2	20 %
Alapohja	895,1	0,23	206,2	19 %
Ikkunat	94,7	2,90	274,5	25 %
Ulkiovet	14,4	1,01	14,5	1 %
Kylmäsiilit	-	-	81,8	7 %
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	$g_{ikkunat}$ -arvo -	
Pohjoinen	58,2	2,90	0,76	
Koillinen				
Itä	8,7	2,90	0,76	
Kaakko				
Etelä	22,6	2,90	0,76	
Lounas				
Länsi	5,1	2,90	0,76	
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen ilmanvaihto, osin LTO			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätyminenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet				
IV-kone	1.773/1.773	2,00	0 %	-5,0
IV-kone solu krs.0	0.539/0.539	1,67	50 %	0,0
IV-kone solu krs.1	0.446/0.446	1,67	50 %	0,0
Erillispoistot				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Rakennuksen Ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Kaukolämpö, vesikiertoiset patterit			
	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja tuovituksen hyötysuhde -	Lämpökerto ¹ -	Apulaiteiden sähkönkäyttö ² kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja lvn lämmitys Lämpimän käyttöveden valmistus		90 % 93 %		
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerto ¹ lämpöpumpulle				
² lämpöpumpujärjestelmässä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin -			
Jäähdytysjärjestelmä				
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	343	20		
Steilaet lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste -	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
	50 % +INFINITY 50 %	4,3	0,0	10,1

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Monttoimihallit ja muut urheiluhallit			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1976			
Lämmitetty nettoala, m ²	1059,162			
E-luku, kWh _e /f (m ² vuosi)	321			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _e /vuosi	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _e /(m ² vuosi)
- Valtise - - Valtise - - Valtise -			0 0 0	0 0 0
Kaukoilämpö	324 100	0,7	226870	215
sähkö, kuluttajalaitteet	0	1,7	0	0
sähkö, valaistus	27 413	1,7	46602	44
sähkö, ilmanvaihtojärjestelmä	34 860	1,7	59263	56
sähkö, muu mallinnettu ostosähkö	3 751	1,7	6377	7
YHTEENSÄ	390 124		339 112	321
Uusutuotava omavaraisenergia, hyödykäikäylyetty osuus				
	kWh/vuosi		kWh/(m ² vuosi)	
			0 0 0 0 0	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
	Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)	
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys ¹		68,6	-	
Tuloilman lämmitys		206,8	-	
Lämpimän käyttöveden valmistus		21,4	-	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	32,9	-	-	
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus	25,9	-	-	
YHTEENSÄ	59,0	297,0	0,0	
¹ Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Tilojen lämmitys ²	65 435	62		
Ilmanvaihdon lämmitys ³	219 004	207		
Lämpimän käyttöveden valmistus	21 123	20		
Jäähdytys	0	0		
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Aurinko	11 565	11		
Henkilöt	13 754	13		
Kuluttajalaitteet	0	0		
Valaistus	27 413	26		
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		0		
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		IDA Indoor Climate and Energy, version 4.62		