

Pekka Peltari

PIENTALON RAKENNUSSUUNNITTELU
A-ENERGIALUOKKAAN

PIENTALON RAKENNUSSUUNNITTELU
A-ENERGIALUOKKAAN

Pekka Pelttari
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Tekijä: Pekka Pelttari
Opinnäytetyön nimi: Pientalon rakennussuunnittelu A-energialuokkaan.
Työn ohjaaja: Kimmo Illikainen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014
Sivumäärä: 61 + 5 kpl liitettä

Tässä opinnäytetyössä oli kaksi tavoitetta. Pää tavoitteena oli löytää suunniteltavalle omakotitalolle A-energialuokkaan oikeuttavat rakenteet ja talotekniset järjestelmät ja tutustua energialuokan selvittämiseksi vaadittaviin laskentamenetelmiin. Toisena tavoitteena oli suunnitella energiatehokas omakotitalo voimassa olevilla energiamääräyksillä ja laskea rakennukselle sen energian kulutusta kuvaava E-luku kahta verkkosovellusta hyödyntäen.

Rakennus pyrittiin suunnittelemaan valoisaksi, avaraksi ja pohjaratkaisultaan toimivaksi kokonaisuudeksi. Julkisivuista toiveena oli saada rakennukseen huoltovapautta ja kestävyyttä.

Rakennuksen suunnittelussa käytettiin alusta alkaen Autodesk Revit 2014 -ohjelmistoa. Rakennuksen E-lukua tutkittiin ja laskettiin Lami Energiajunior 12- ja Laskentapalvelut.fi-verkkosovelluksilla.

Rakennusta suunniteltaessa ja energiamääräyksiin perehdyttäessä huomattiin asioiden nivoutuvan tiiviisti toisiinsa. Nykyajan suunnitteluohjelmissa on ominaisuuksia, joilla rakenteiden muuttaminen on helppoa, jos rakennussuunnittelu on aloitettu ennen rakennuksen energiasuunnittelua. Työn aikana huomattiin, että paras tapa toimia on kuitenkin yhtäaikainen rakennus- ja energiasuunnittelu.

Työn tuloksena suunniteltiin voimassaolevat energiamääräykset täyttävä talo ja rakennuslupaa varten tarvittavat piirustukset.

Asiasanat: energiatodistus, suunnittelu, pientalo

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme, option

Author(s): Pekka Pelttari

Title of thesis: Family house construction design A - energy class.

Supervisor(s): Kimmo Illikainen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014

Pages: 61 + 5 appendices

In this thesis had two main objectives. The main objective was to find a plan for generating single-family house energy class A, entitle the structures and building systems, and to explore the class to determine the energy required calculation methods. The second objective was to design energy-efficient

The building was to design the earth and plan a functional whole. Facade evening the hope was to get a building maintenance-free and durability.

The building design was used in drafting from Autodesk Revit 2014 software. Building the E-numbers were examined and counted Lamit Energy Junior 12 and Laskentapalvelut.fi online applications.

Building planning and energy getting acquainted with the provisions of the things discovered to bind tightly to each other. In today's engineering programs have features that changing the structure is simple, if the building design is started before the building's energy planning. During the work, it was found that the simultaneous construction of the energy-intended, however, the best course of action.

As a result, the work was planned current energy regulations complying with the house and a building permit required for the drawings.

Keywords: an energy, engineering, single-family houses

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	8
2 PIENTALON RAKENTEET	9
2.1 Rakennuksen paloluokka	11
2.2 Palo-osastointi	12
2.3 Liikuntaesteisyys	13
2.4 Ulkoseinärakenne	14
2.5 Yläpohjarakenne	15
2.6 Alapohjarakenne	16
2.7 Ovet ja ikkunat	16
2.8 Ilmanvaihto	18
2.9 Lämpimän käyttöveden lämmitys ja varastointi	18
2.10 Rakennuksen pinta-ala ja tilavuus	19
2.10.1 Lämmitetty nettoala	19
2.10.2 Rakennusosien pinta-alat	20
2.10.3 Rakennusosien viivamaiset kylmäsilat	21
3 RAKENNUKSEN KOKONAISENERGIANKULUTUKSEN JA E-LUVUN LASKENTA	22
3.1 Laskentaperiaate	22
3.2 Laskennan kulku	23
3.3 Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve	25
3.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve	26
3.4.1 Johtumishäviöt rakennusvaipan ja rakenteiden liitosten kautta	26
3.4.2 Vuotoilmat	28
3.4.3 Tulo- ja korvausilma	29
3.5 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve	29
3.6 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	30
3.7 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus	31
3.7.1 Laitteiden sähkönkulutus	31

3.7.2 Valaistuksen sähkönkulutus	32
3.8 Lämpökuormat	32
3.8.1 Lämpökuorma henkilöistä	32
3.8.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista	33
3.8.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tulevan auringon säteilyenergia	33
3.8.4 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia	33
3.9 Jäähdytysenergian nettotarve	34
3.10 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus	35
3.10.1 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän energiantarve	35
3.10.2 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve	35
3.10.3 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus	37
3.11 Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	37
3.12 Rakennuksen ostoenergian kulutus	38
3.13 Rakennuksen kokonaisenergiakulutus, E-luku	38
4 ENERGIATODISTUS	39
4.1 Energiatehokkuusluokitus	39
4.2 Tekijä ja voimassaoloaika	40
5 E-LUVUN LASKENTA OHJELMISTOILLA	41
5.1 E-luvun laskenta, perussuunnitteluratkaisu	41
5.1.1 Laskentapalvelut. fi	41
5.1.2 Lamit Junior 12	42
5.2 Laskentatulokset perussuunnitteluratkaisu	44
5.3 Lämmitysmuotojen vertailu	44
6 RAKENNUSSUUNNITELMAT	48
6.1 Ulkoseinärakenne	48
6.2 Yläpohjarakenteet	49
6.3 Alapohjarakenne	50
6.4 Ovet ja ikkunat	50
6.5 Asemapiirros	51
6.6 Pohjapiirros alakerta	52
6.7 Leikkaus	54
6.8 Julkisivupiirroksset	55
6.9 Esittelykuva	56

7 YHTEENVETO	57
LÄHTEET	59
LIITTEET	61

1 JOHDANTO

Helsingissä 17. päivänä toukokuuta 2013 vahvistetun Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 2012 ohjeiden ja määräysten mukaan on pyrittävä toteuttamaan ja suunnittelemaan aikaisempaa energiatehokkaampia rakennuksia. Tässä opinnäytetyössä pyritään löytämään rakenteet ja talotekniset järjestelmät, joilla saataisiin suunnittelussa olevalle pientalolle energiatodistus A-energialuokkaan.

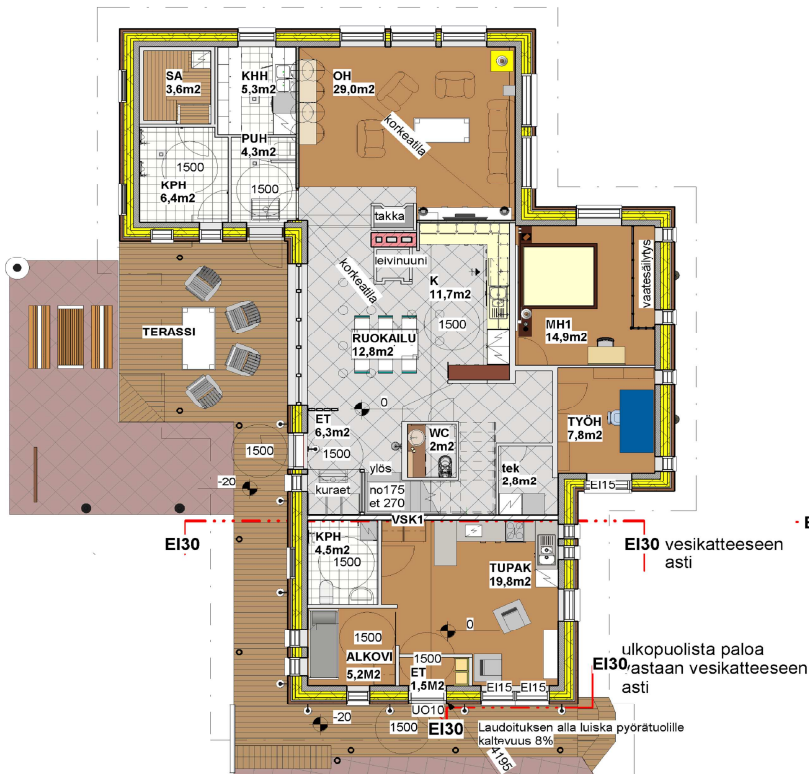
Opinnäytetyössä käsitellään rakennuksen suunnittelun tavoitteita, rakenteita ja rakennussuunnittelun keskeisimpiä määräyksiä. Luvussa määritetään suunnittelussa olevalle pientalolle voimassaolevien määräysten mukaiset vähimmäisrakenteet ja ratkaisut, joiden perusteella lasketaan rakennukselle perussuunnitteluratkaisun E-luku. Tässä työssä esitetään energiatodistukseen vaadittavia laskentavaiheita. E-luvun laskennassa käytetään kahta verkkopohjaista energialaskurisovellusta. Saatu E-luku toimii lähtöarvona sille, kun laskennan toisessa vaiheessa lähdetään etsimään rakenteita ja taloteknisiä järjestelmiä A-energialuokkaan pääsemiseksi. Laskennasta saaduista vaihtoehdoista valitaan lopulliseen suunnitteluratkaisuun ne, joilla rakennus täyttää A-energialuokan vaatimukset. Laskennassa käytetään Laskentapalvelut.fi ja Lamit Energiajunior 12 ohjelmaa. Ohjelmat perustuvat Suomen rakentamismääräyskokoelma osan D3 ja Suomen rakentamismääräyskokoelma osan D5:n pohjalle.

Energiatehokkuutta tutkitaan rakenteiden lämmönläpäisevyysarvoja, lämmitysratkaisuja sekä muita energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä muuttelemalla. Vaadittavien rakenteiden ja järjestelmien löydyttyä rakennukselle laaditaan energiatodistus ja tasauslaskelma työssä käytetyllä ohjelmalla.

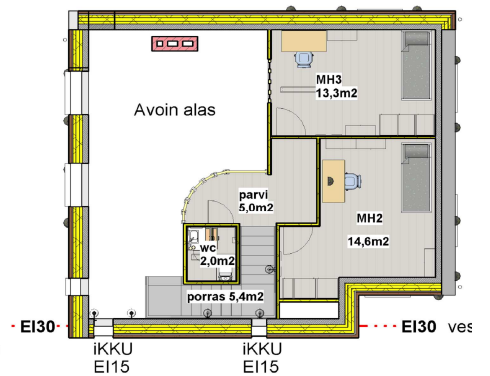
2 PIENTALON RAKENTEET

Opinnäytetyössä suunnittelussa olevan rakennuksen pohjamalli on pyritty suunnittelemaan käytännölliseksi, avaraksi ja tilankäytön tehokkuudeltaan hyväksi (kuva 1).

ALAKERTA

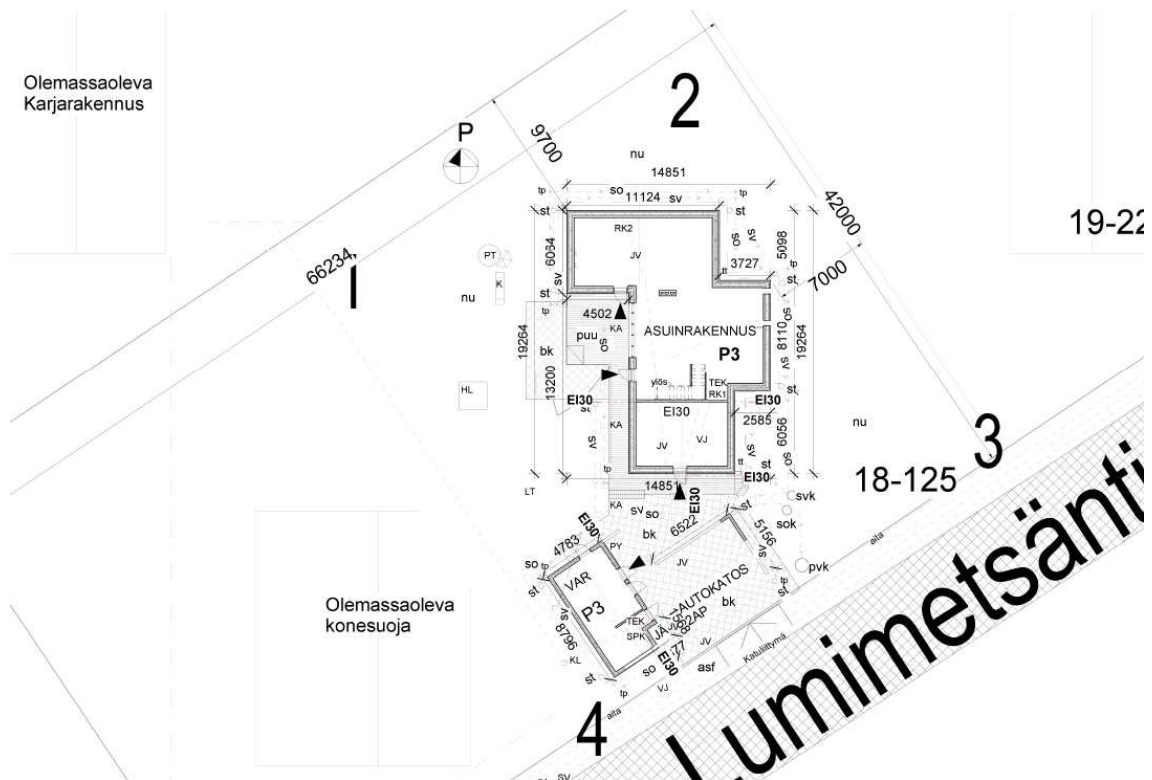


YLÄKERTA



KUVA 1. Pohjapiirros, käyttösuunnitelma

Ikkunoiden ja ulkoalueiden sijoittelussa on pyritty huomioimaan tilan muut rakennukset, naapuritontin rakennukset, tien sijainti ja ilmansuunnat huomioon ottaen (kuva 2). Omakotitalo tulisi olemaan perheen pitkäaikaisen haaveen toteutuma ja koti toivottavasti loppuelämäksi. Tulevaisuuden tarpeet huomioitiin suunnitteleamalla rakennukseen myös pieni sivuasunto, joka toimisi lasten vanhetessa itsenäistymisasuntona ja tarpeen vaatiessa siihen voisi muuttaa esimerkiksi vanheneva sukulainen. Sivuasunnossa huomioitiin erityisesti liikuntaesteettömyys. Laskelmissa rakennusta käsitellään yhden asunnon kokonaisuutena ja yhtenä laskentavyöhykkeenä.



KUVA 2. Asemapiirros

Rakennuksesta haluttiin tilan maalaismaisemaan soveltuva ja vaipan ulkoverhouksista huoltovapaat. Rakennuksen ulkoverhousmateriaaliksi valittiin kestävä ja huoltovapaa poltettu tiili tilalla jo olemassa olevien talousrakennusten mukaisesti. Vesikatemateriaaliksi tulee teräskate. Aluskatteella varmistettu teräskate on pitkäikäinen, huoltovapaa ja vedenpitävyyden kannalta varmimpia olemassa olevia ratkaisuja. Auringon antamaa ilmaisenergiaa pyritään hyödyntämään suurella ikkunapinta-alalla. Auringonvalon hyödyntämiseksi rakennukseen suunniteltu maisemaseinä suuntautuu länteen oleskelupihalle (kuva 3). Ilmaisenergian saamiseksi paras ratkaisu on sijoittaa ikkunat etelä-länsisuuntaan. Lännestä saadaan lisäksi valoa ja lämpöä aikoina, joka rytmittyy parhaiten oleskeluaikoihin rakennuksessa. Suuret ikkunapinta-alat voivat tuoda mukanaan kesällä kuitenkin jäädytystarvetta. Liiallista kesäauringon kuumuutta vastaan rakennukseen suunniteltiin valoa taittavia lasikatoksia (kuva 3).

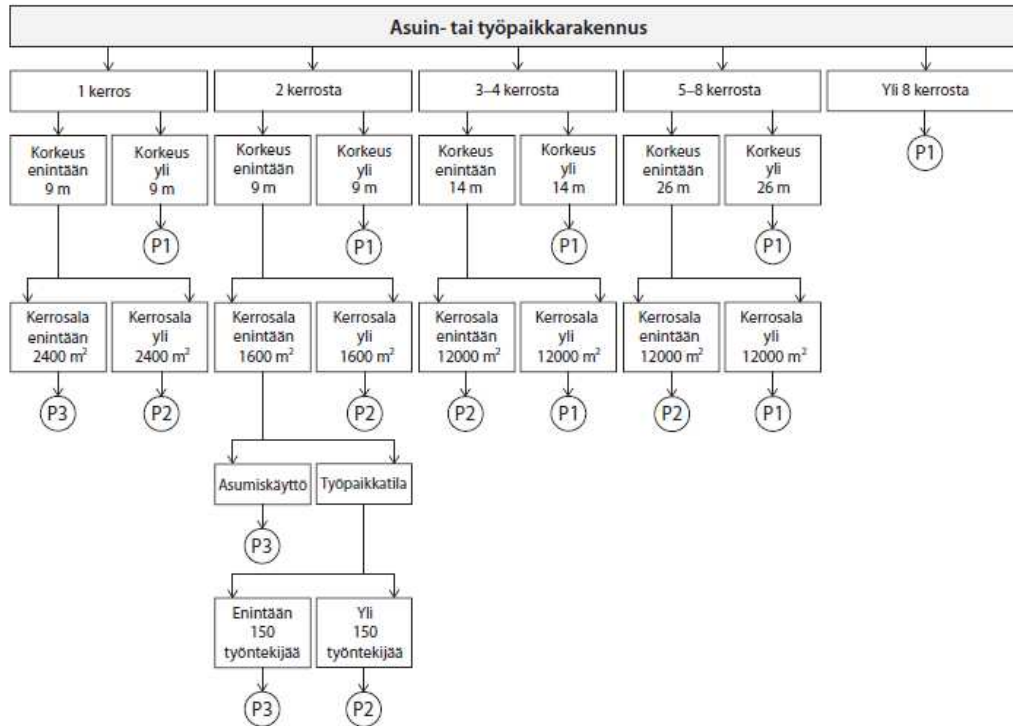


KUVA 3. Länsipiha, maisemaikkuna ja lasikatokset

Vapaa huonekorkeus rakennuksessa on yleisesti 2500 mm. Pääasiallisissa oleskelutiloissa on avaruuden lisäämiseksi myös korkeata tilaa ja suuret ikkunapinta-alat, jotka tuovat kuitenkin haasteita, kun etsitään keinoja A-energialuokkaan pääsemiseksi.

2.1 Rakennuksen paloluokka

Rakennus on osaksi kahdessa tasossa. Suunnitellun rakennuksen paloluokka on P3. Paloluokka määritellään RT- kortin 08-10808 mukaan, joka pohjautuu rakentamismääräyskokoelman osaan RakMK E1. Paloluokan P3 rakennuksessa saa varsinaisia kerroksia olla enintään kaksi. Tämän lisäksi saa olla kellari-kerroksia ja ullakko. Asuinrakennuksen enimmäiskorkeus saa olla 9 m, joka mitataan ulkoverhouksenulkopinnan ja vesikatteen risteyskohdasta rakennuksen ulkonurkista. Rinnetontilla rakennuksen palotekninenkorkeus mitataan nurkkapisteiden keskikorkeutena. Ohjekortissa RT 08-10808 on esitetty selkeä kaavio asuinrakennuksen paloluokan määrittämiseksi (kuva 4). (RT 08-11139, 2014, 2, kuva 1.)



KUVA 4. Asuinrakennuksen paloluokan määrittäminen (RT 08-11139, 2014, 2, kuva 1)

Rakennusosien rakenteiksi on perussuunnitteluvaiheessa valittu U-arvoiltaan rakentamismääräykset minimissään täyttävät tyyppirakenteet.

2.2 Palo-osastointi

Paloluokan P3 rakennuksen osastovien rakenteiden luokkavaatimukset löytyvät rakentamismääräyskokoelman osasta RakMK E1, taulukko 7.2.1. Luokkavaatimukset P3-luokan asuinrakennukselle ovat EI30 (kuva 5).

TAULUKKO 7.2.1		OSASTOIVIEN RAKENNUSOSIEN LUOKKAVAATIMUKSET				
Rakennuksen paloluokka ja kerrosluku						
P1 ja P2 3–8 kerrosta			P2 1–2 kerrosta		P3	
Palokuorma MJ/m ²						
yli 1200		600–1200		alle 600		
Sarake	1	2	3	4	5	
Osastoivat rakennusosat kerroksissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 30	EI 30	
Osastoivat rakennusosat kellareissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 60	EI 30	
Taulukon huomautus:	Tuotanto- ja varastorakennuksen pinta-alosastointia toteuttavien rakennusosien luokkavaatimukset Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaan, autosuojan ohjeiden E4 mukaan ja kattilahuoneen sekä polttoainevaraston osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset ohjeiden E9 mukaan.					

KUVA 5. Osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset (E1. 2011, 18)

Pientalon autosuojien osastoinnista on tarkemmin määrätty rakentamismääräyskokoelman osassa RakMK E4. Erillistä autosuojaa ei tarvitse osastoida, kun sen etäisyys saman tontin rakennuksesta on vähintään 8 metriä. Enintään 60 m² autosuojan etäisyys vaatimus on kuitenkin vähintään 4 metriä. Jos etäisyydet alittuvat, autosuoja osastoidaan EI 30 rakennusosin. Ovien ja ikkunoiden osalta riittää 15 minuutin palonkestävyysaika. Maanalainen autosuoja osastoidaan EI 60 rakennusosilla. (E4. 2005, 3.)

Suunnitellussa rakennuksessa osastointivaatimus tulee autosuojan ja rakennuksen välille, koska 4 metrin etäisyysvaatimus alittuu. Rakennuksen pääasunnon ja sivuasunnon väliseinä osastoidaan luokkaan EI30 vesikatteeseen asti.

2.3 Liikuntaesteisyys

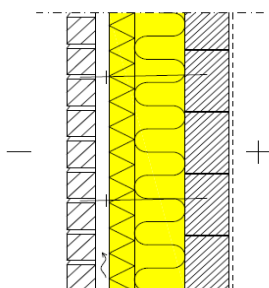
Rakennussuunnittelussa tulee huomioida liikuntaesteisyys, vaikka sillä hetkellä asujilla ei liikuntarajoitteita olisikaan. Liikuntaesteettömästä rakentamisesta on määräykset ja ohjeet rakentamismääräyskokoelman osassa RakMK F1. Keskeisimpiä ohjeita ja määräyksiä, jotka koskevat pientaloja, ovat seuraavat:

- Liikkumisesteisen käyttöön soveltuva autopaikka on leveydeltään vähintään 3600 mm ja pituudeltaan vähintään 5000 mm.
- Kulkuväylillä kääntymistilaa ja tiloissa liikkumista mitoittaa sekä ulko- että sisäkäyttöön soveltuvan pyörätuolin pyörähdysympyrä, jonka halkaisija on 1500. Asuinhuoneistossa voi käyttää myös vähimmäismittaa 1300 mm.

- Asunnon wc- ja pesutiloissa tarvitaan 1500 mm pyörähdysympyrän tila pyörätuolin ja pyörällisen kävelytelineen käyttäjän avustamista varten.
- Liikkumisesteiselle soveltuva kulkuväylä on helposti havaittava, pinnaltaan tasainen ja luistamaton sekä riittävän kova. (F1. 2005, 5)
- Ovet ovat helposti aukeavia. Asuinrakennuksissa ovien ja kulkuaukkojen vapaaksi leveydeksi säädetään asutosuunnittelua koskevassa asetuksessa vähintään 800 mm (G1. 2005, 6).
- Rakennuksen sisäänkäynnille johtava tai rakennuksen sisäiseen liiken- teeseen tarkoitettu luiska on kaltevuudeltaan 8 %.
- Mikäli wc tai pesutila on tarkoitettu käytettäväksi siirtymiseen pyörätuolis- ta wc-istumelle, sen kummaltakin puolelta on löydyttävä tilaa vähintään 800 mm.
- Rakennuksen pääasiallisen käytön mukaisten tilojen, kiinteän kalustuk- sen, varusteiden ja laitteiden tulee olla myös liikkumis- ja toimimisesteis- ten henkilöiden käyttöön soveltuvia. (F1. 2005, 5.)

2.4 Ulkoseinärakenne

Talon ulkoseinien kantavarungot on muurattu Kahi-runkoponttitiilistä ja läm- möneristeenä toimii mineraalivilla (kuva 7). Rungon paksuus on 130 mm, ja rungon ulkopuolelle asennetaan mineraalivillaa 150 mm. Tuulensuojana toimii 30 mm paksu mineraalivillasta valmistettu tuulensuojalevy. Ulkoverhous on pol- tetuista moduulireikätiilistä muurattu, ja sen takana on tuuletusrako 30 mm. Ra- kenteen U-arvo on 0,165 W/m²K ja ulkoseinille asetettu U-arvon vertailuarvo on $U \leq 0,17$ W/m²K (D3. 2012, 13).

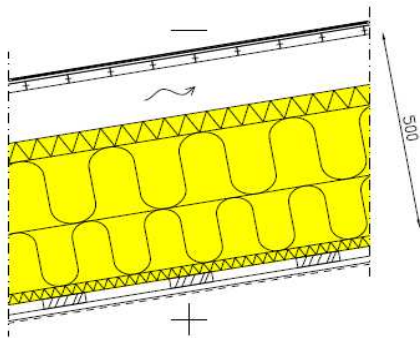


KUVA 7. Us1-rakenne ulkoapäin (Rakennekirjasto. 2013)

- tiili muurattu 85 mm
- tuulensuoja min.villa 30 mm
- lämmöneriste min.villa 150 mm
- Kahi - reikätiili valettu 130 mm

2.5 Yläpohjarakenne

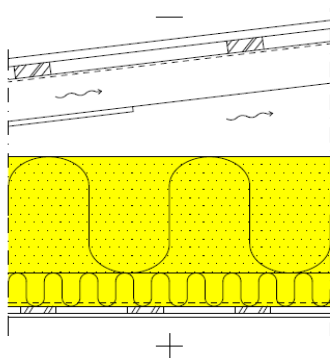
Yläpohjat ovat talossa palkki- ja ristikkorakenteisia ja mineraalivillalla eristetty (kuvat 8 ja 9). Yläpohjat ovat hyvin tuulettuvia, eli lämmöneristeen ja vesikatteen välissä on tuulettava ilmarako. Tuulettuvasta yläpohjarakenteesta ei vesikatetta huomioida U-arvo laskelmissa (C4. 2003, 13). Rakenteen U-arvo on 0,09 W/m²K ja yläpohjille asetettu U-arvon vertailuarvo on $U \leq 0,09$ W/m²K (D3. 2012, 13).



KUVA 8. Yp1-rakenne ylhäältä (Rakennekirjasto. 2013)

- vesikate + ruoteet
- tuuletus 100 mm
- tuulensuoja/lämmöneriste 30 mm
- lämmöneriste mineraalivilla 325 mm
- mineraalivilla 25 mm + höyrynsulku
- koolaus 22 mm + sisäverhouslevy 13 mm

Ristikkorakenteisen yläpohjan rakennekuva on esitetty kuvassa 9.

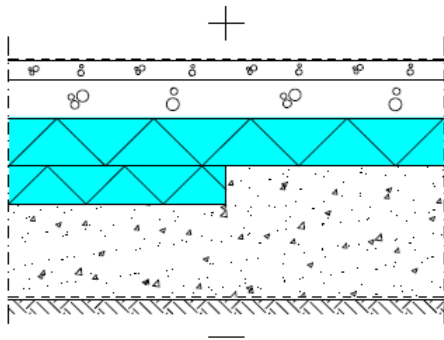


KUVA 9. Yp 2-rakenne ylhäältäpäin (Rakennekirjasto. 2013)

- vesikate + ruoteet + aluskate
- lämmöneriste puhallusvilla 350 mm
- lämmöneriste, levyvilla 100 mm
- höyrynsulku
- koolaus 22 mm + sisäverhouslevy 13mm

2.6 Alapohjarakenne

Alapohja on rakennuksessa salaojitettua maata vasten rajoittuva ja lämmöneristys on toteutettu styrofoam eristelevyillä (kuva 10). Eristekerros on 1 metrin reuna-alueella 180 mm ja keskialueella 100 mm. Rakenteen U-arvo on 0,16 W/m²K ja alapohjille asetettu U-arvon vertailuarvo on $U \leq 0,16$ W/m²K (D3. 2012, 13).



KUVA 10. Ap1-rakenne ylhäältä (Rakennekirjasto. 2013)

- taseusbetonointi / tasoite tarvittaessa
- teräsbetoni-laatta 80mm
- lämmöneriste reuna-alueella 180mm styrofoam 300 SL-A-N ja keskialueella 100 mm
- kapillaarikatko pesty sepeli tai murske 300 mm
- täyttöhiekka / perusmaa

2.7 Ovet ja ikkunat

Perussuunnitteluratkaisussa rakennuksen pääsisäänkäyntien ovet ovat puurakenteisia moduulimitoilla 10 x 21 olevia ulko-ovia. Ovien U-arvot ovat 1,0 W/m²K. Pääovimalli on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Pääovimalli UO1, U-arvo on 1,0 W/m²K (Ulko-ovet)

Toisen sisäänkäynnin ulko-oven malli on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Pääasunnon toinen ulko-ovi UO2, U-arvo on 1,0 W/m²K (Ulko-ovet)

Rakennuksen ikkunat ovat aukeavia puu-alumiini-ikkunoita, joissa on kolminkertainen lasitus (kuva 13). Ilmaisenergian hyödyntäminen ikkunoiden kautta on pyritty suunnittelussa ottamaan huomioon sijoittamalla ikkunoista suurin osa etelä- ja länsipuolelle rakennusta. Ikkunoiden sijoittelussa täytyi kuitenkin huomioida naapuritontin rakennukset, katuliikenne ja palomääräykset. Ulko-oville ja ikkunoille asetettu U-arvon vertailuarvo on $U \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (D3. 2012, 13).



KUVA 13. Ikkunat, perussuunnitteluratkaisu U-arvo on 1,0 W/m²K (Ikkunat)

2.8 Ilmanvaihto

Perussuunnitteluratkaisussa rakennuksen ilmanvaihto on toteutettu kahdella keskihintaisella lämmön talteenotolla varustetulla ilmanvaihtokoneella, jonka LTO = 79 ja SFP = 1,53 (kuva 14).



KUVA 14. Ilmanvaihtokone, perussuunnitteluratkaisu (SunAIR-LTO-laitteet. 2012)

2.9 Lämpimän käyttöveden lämmitys ja varastointi

Perussuunnitteluratkaisussa käyttöveden lämmitys hoidetaan kahdella sähkötehoaltaan 3 kilowatin lämminvesivaraajalla, joiden varaajahäviöt yhteensä vuodessa ovat 2102 kWh (kuva 15). Varaajaan on mahdollista liittää aurinkosähkö.



KUVA 15. Käyttöveden lämmitys (Lämminvesivaraajat)

2.10 Rakennuksen pinta-ala ja tilavuus

Rakennusosien pinta-alat on laskettu rakentamismääräyskokoelman D5 osan mukaisesti ja ne on koottu taulukoihin 1 - 2. Viivamaisten kylmäsiltojen määrät on koottu taulukkoon 3. Rakennuksen tilavuudet on ilmoitettu taulukossa 4.

2.10.1 Lämmitetty nettoala

”Lämmitetty nettoala, A_{netto} (m^2) on lämmitettyjen kerrostasojen summa kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna (voidaan laskea myös lämmitettynä bruttoalana, josta on vähennetty ulkoseinien rakennusosa-ala.”) (D5. 2012, 3).

Suunnittelukohteen lämmitettävät nettoalat on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Rakennuksen lämmitettävät nettoalat

pääasunto alakerta A_{netto}	120 m^2
pääasunto yläkerta A_{netto}	43 m^2
sivuasunto alakerta A_{netto}	32 m^2
yhteensä A_{netto}	195 m^2

2.10.2 Rakennusosien pinta-alat

Rakennusosien pinta-alat lasketaan rakennuksen sisämittojen mukaan. Ohjeet laskemisesta on annettu rakentamismääräyskokoelman osassa D5.

Rakennuksen lämmitystehon ja lämmitysenergian tarpeen laskennassa tarvittavat vaipan eri rakennusosien pinta-alat määritetään rakennuksen kokonaissisämittojen mukaan. Jos rakennus on laskennassa jaettu useampaan laskentavyöhykkeeseen, pinta-alojen tulee sisältää myös välipohjien ja väliseinien rakennusosa alat. Alapohjat: Alapohjan pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä. Alapohjan läpivientejä kuten kanavat, pilarit, viemärit ja vesijohdot ei vähennetä alapohjan pinta-alasta. (D5. 2012, 3.)

Yläpohjat: Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti kattoikkunoiden aukkojen pinta-alat vähentäen. Yläpohjan läpivientejä kuten kanavat, hormit ja tuuletusputket ei vähennetä yläpohjan pinta-alasta. Välipohjat: Välipohjien pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti porraskaukkoja tai vastaavia aukkoja vähentämättä. (D5. 2012, 3.)

Ulkoseinät: Ulkoseinien pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaisesti alapohjan lattiapinnasta yläpohjan alapintaan ikkunoiden ja ovien aukkojen pinta-alat vähentäen. (D5. 2012, 3.)

Ikkunat ja ovet: Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan kehän ulkomittojen (karmirakenteen ulkomittojen) mukaan. Julkisivun tai katon muodosta merkittävästi poikkeavan ikkunaratkaisun, kupumaisen kattoikkunan ja valoaukollisen savunpoistoluukun pinta-ala lasketaan tapauskohtaisesti yleisohjetta soveltaen. (D5. 2012, 3.)

Suunnittelukohteen lämmitettävät nettoalat on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Rakennuksen eri rakennusosien pinta-alat

rakennusosa	määrä	yksikkö
US1	198,1	m ²
YP1 vino.	113,6	m ²
YP2 suora.	53,6	m ²
AP1	156,0	m ²
IKKUNA	43,4	m ²
OVI	6,2	m ²

2.10.3 Rakennusosien viivamaiset kylmäsiilat

Rakennusosien liitoskohtiin jää aina sauma, joka huomioidaan energialaskelmissa viivamaisina vuotokohtina. Rakenteiden välisten kylmäsiltojen ominaislämpöhäviöt ja niiden pituudet lasketaan rakennuksen suunnitelmista. Jos ei ole tarkempaa tietoa, voidaan ominaislämpöhäviöiden arvoina käyttää RakMK D5 taulukkoarvoja. Taulukot löytyvät RakMK D5 sivu 9, taulukot 3.1, 3.2, 3.3. Tämän suunnittelukohteen määrät on laskettu rakennuspiirustuksista ja koottu taulukkoon 3.

TAULUKKO 3. Rakennuksen viivamaiset kylmäsiilat

rakennusosa	määrä	yksikkö
US-US ulkonurkka	29,2	m
US-US sisänurkka	12,2	m
US-YP	75,3	m
US-AP	63,6	m
US-VP	14,2	m
US-IKKUNAT	145,6	m
US-OVET	18,6	m

Rakennuksen tilavuudet on laskettu sisämittojen mukaisesti ja tulokset on ilmoitettu taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Rakennuksen tilavuudet

	määrä	yksikkö
Rakennustilavuus	1240	m ³
Rakennuksen ilmatilavuus	926	m ³

3 RAKENNUKSEN KOKONAISENERGIANKULUTUKSEN JA E-LUVUN LASKENTA

Ympäristöministeriön ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskentaan annetaan Suomen rakentamismääräyskokoelmassa osassa D5. Ohjeet antavat kaavat kaikkien tarvittavien arvojen laskentaan. Ohjeet ovat aina voimassa siihen asti, kunnes uudet julkistetaan. Viimeisin RakMK D5 osa on vahvistettu 2013.

Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena etsiä ja vertailla rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien vaikutusta rakennuksen kokonaisenergiakulutukseen ja määrittää ne lopulliset rakenteet ja järjestelmät, joilla perussuunnitteluratkaisun tuoma rakennuksen energialuokka voitaisiin nostaa korkeimmalle tasolle ja saada näin rakennuksen energiatodistukseen E-luvuksi A. Laskelmien teossa käytetään aiemmin mainittuja ohjelmistoja, joten ei ole tarpeellista esittää näissä luvuissa yksityiskohtaisia laskelmia, vaan seuraavissa luvuissa käydään läpi laskennan teoria, jotta nähdään mitä laskelmia, arvoja ja osakokonaisuuksia ohjelmistot sisältävät.

Laskentavaiheiden teorian tunteminen ja tarkastelu vaaditaan myös ohjelmistoilla kokonaisenergiakulutusta laskettaessa, koska laskijan täytyy tietää, mitä ohjelmistoissa olevat oletusarvot tarkoittavat ja soveltuvatko ne oman kohteen laskentaan. Manuaalilaskentaan tarvittavat yksityiskohtaiset ohjeet, kaavat ja lähtöarvot löytyvät RakMK D5 ja D3 osista.

3.1 Laskentaperiaate

Ohjeissa esitettyä kuukausitason laskentamenetelmää käytetään lämmityksen energiatarpeen, ostoenergiankulutuksen, kokonaisenergiankulutuksen ja lämmitystehon laskentaan vain jäähdyttämättömissä rakennuksissa. Rakennuksessa voi olla kuitenkin yksittäisiä jäähdytettyjä tiloja.

Energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa D3. Osassa D3 on annettu laskelmiin laskentasääntöjä, säätietoja, suunnitteluarvoja ja läh-

töarvoja. Arvot voivat olla myös rakennussuunnitelmista jos ne ovat sieltä laskettavissa.

Ohjeissa esitettyä laskentamenetelmää kutsutaan energiatasemenetelmäksi, joka tarkoittaa, että samana ajanjaksona rakennuksen sisään tuleva energia on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Energiatasemenetelmässä energian nettotarve lasketaan kuukausittain ja vuosikulutus on näin kuukausikulusten summa. Laskennassa käytettäviä lähtötietoja on kolmenlaisia:

- rakennuskohtaiset lähtötiedot, jotka saadaan rakennuksen suunnitelmista ja laitevalmistajien teknisistä tiedoista
- rakennuksen käyttötiedot
- rakentamismääräyskokoelman D5 ja D3 ohjeissa annetut laskentamenetelmien ohjearvot, joita käytetään silloin kun tarkempia arvoja ei ole saatavissa.

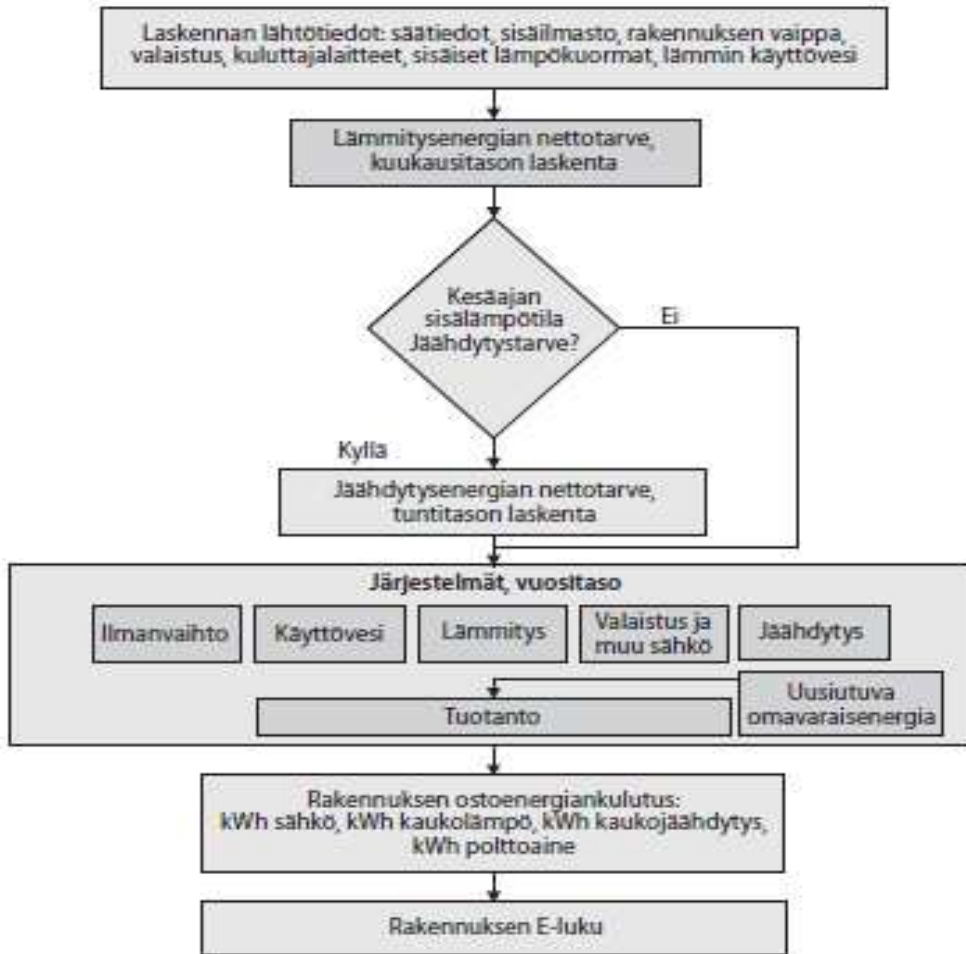
Vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa tulee käyttää määräyksissä annettuja lähtöarvoja ja laskentasaantoja sekä suunnitteluarvoja. Laskennassa otetaan huomioon lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tuoton, varastoinnin, jakelun ja luovutuksen lämpöhäviöt, joita ovat esimerkiksi:

- lämmitysputkiston häviöt
- pattereiden häviöt
- kattilan hyötysuhde
- tulisijojen hyötysuhde

Edellä mainitut järjestelmähäviöt määritellään todellisina häviöinä eli kaikki laskelmien järjestelmähäviöt menevät hukkaan eikä niistä huomioida yhtään hyödynnettävää osuutta lukuun ottamatta käyttöveden kiertoa ja varastointia. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt määritellään tilaan tulevina lämpökuormina. (D5. 2012, 6.)

3.2 Laskennan kulku

Rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjeissa kuvatussa kuukausitason laskentamenetelmässä rakennuksen ostoenergiankulutus lasketaan kuvassa 16 esitetyissä vaiheissa (D5. 2012, 6).

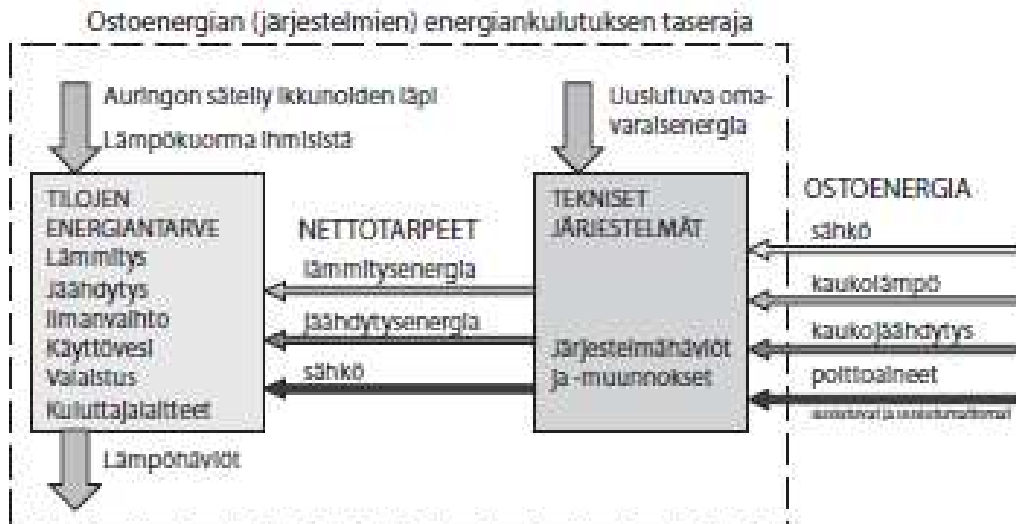


KUVA 16. Rakennuksen ostoenergiankulutuksen laskennankulku (D5. 2012, 6, kuva 2.1)

Laskentamenetelmässä käytettävät energiankulutuksen taserajat esitetään kuvassa 17.

Rakennuksen kokonaisenergiantarve koostuu

- tilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarpeesta
- käyttöveden lämmitystarpeesta
- tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytystarpeesta
- valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergiantarpeesta.



KUVA 17. Energiankulutuksen taserajat (D5. 2012, 6, kuva 2.2)

3.3 Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve

Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve saadaan lämmitysenergian tarpeen ja rakennukseen tulevan auringon säteilyyn, poistoilmasta talteen otetun energian ja sisäisten lämpökuormien erotuksena. Lämmitysenergian nettotarvetta vastaava energia tuodaan lämmitysjärjestelmällä:

- tiloihin
- tuloilmaan
- käyttöveteen

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat lämmitysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä sekä ottamalla huomioon hyötysuhteet ja lämmitysjärjestelmään tuotettu omavarainenergia. Lämmitysjärjestelmän energia eritellään sähkö- ja lämpöenergian osalta. Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutus koostuu puhallinsähköstä ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutuksesta (pumput, taajuusmuuttajat, säätölaitteet). Tuloilman lämmitys lasketaan lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen osana. (D5. 2012, 6.)

Rakennuksen lämmitysenergian nettotarpeen määrittämiseksi on laskettava energian nettotarve:

- tilojen lämmitykselle
- ilmanvaihdon lämmitykselle
- tuloilman lämmitykselle
- korvausilman lämmitykselle ja
- käyttöveden lämmityksellä (D5. 2012, 6).

3.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Tilojen lämmitysenergian nettotarve saadaan vähentämällä tilojen lämmitysenergia tarpeesta (Q_{tila}) rakennuksen lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat ($Q_{\text{sis.lämpö}}$). Tilojen lämmitysenergiatarpeeseen vaikuttavat johtumishäviöt rakennuksen vaipan ja rakenteiden liitosten läpi sekä vuotoilman, tuloilma ja korvausilman lämpenemiseen tarvittavat lämpöenergiat. (D5. 2012, 8.)

3.4.1 Johtumishäviöt rakennusvaipan ja rakenteiden liitosten kautta

Vaipan johtumishäviöt (Q_{joht}), joita tapahtuu kaikkien rakennusosien läpi, laskeaan rakennusosittain erikseen: ulkoseinille, yläpohjille, alapohjille, ikkunoille, ulko-oville ja tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta. Rakennusvaipan johtumishäviöiden suuruuteen vaikuttaa rakenteen lämmönläpäisykerroin, johon taasen vaikuttavat eristeiden vahvuus ja laatu.

Rakennusosien välisten liitosten johtumishäviöt ja viivamaiset kylmäsilat laskeaan kylmäsilan pituuden (m) ja lisäkonduktanssin tulona. Kuvissa 18–19 on esitetty viivamaisten kylmäsiltojen ohjearvoja, joita voidaan käyttää, kun suunnitteluarvoja ei ole käytettävissä. Sisänurkkien tapauksessa lisäkonduktanssien arvot ovat negatiivisia. Ohjearvojen käyttö edellyttää, että liitokset on toteutettu hyvän rakentamistavan mukaisesti ja pyritty minimoimaan liitosalueelle syntyvät kylmäsilat. (D5. 2012, 9.)

Ulkoseinä- materiaali	Lisäkonduktanssi Ψ_v , W/(m K)									
	Yläpohjan (ulkonurkka) runkomateriaali			Välipohjan runkomateriaali			Alapohjan runkomateriaali			
	betoni	kevyt- betoni	puu	betoni	kevyt- betoni	puu	betoni, maan- vast.	betoni, ryöm. tila	kevyt- betoni, ryöm. tila	puu, ryöm. tila
betoni	0,08		0,04	0,00			0,24	0,28		
kevyt- betoni	0,18	0,06	0,04	0,10	0,00		0,09	0,08	0,03	
kevytsora- betoni	0,13		0,04	0,07			0,15	0,11		
tiili	0,08		0,04	0,00			0,17	0,06		
puu			0,05			0,05	0,10			0,06
hirsi			0,04			0,00	0,11			0,09

KUVA 18. Ohjearvot viivamaisen kylmäsilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ulkoseinän ja yläpohjan, ulkoseinän ja välipohjan ja ulkoseinän ja alapohjan välisissä liitoksissa (D5. 2012, 9, taulukko 3.1).

Liitos	Lisäkonduktanssi Ψ_v , W/(m K)					
	Ulkoseinän runkomateriaali					
	betoni	kevyt- betoni	kevytsora- betoni	tiili	puu	hirsi
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05
ikkuna- ja oviliitos, lämmöneristeen kohdalla*	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
ikkuna- ja oviliitos muussa tapauksessa	0,15	0,07	0,10	0,10	0,07	0,07

* Karmi peittää vähintään 40 % lämmöneristeen kokonaispaksuudesta.

KUVA 19. Ohjearvot viivamaisen kylmäsilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ulkoseinien välisissä nurkkaliitoksissa sekä ikkuna- ja oviliitoksissa (D5. 2012, 9, taulukko 3.2).

Jos rakennuksessa on käytetty materiaaleja, joita ei ole mainittu edellä esite-
tyissä kuvissa, voidaan laskelmissa käyttää taulukon 20 arvoja.

Liitos	Lisäkonduktanssi Ψ_e , W/(m K)
ulkoseinän ja yläpohjan liitos	0,3
ulkoseinän ja alapohjan liitos	0,5
ulkoseinän ja välipohjan liitos	0,2
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,1
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,1
ikkuna- ja oviliitos	0,2

KUVA 20. Ohjearvot viivamaisen kylmäsilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille liitoksissa, joille ei ole annettu erillistä arvoa (D5. 2012, 9, taulukko 3.3)

3.4.2 Vuotoilmat

Tilojen lämmitysenergiatarpeeseen vaikuttaa myös yhtenä laskettavana tekijänä vuotoilmat ($Q_{\text{vuotoilma}}$). Rakenteiden epätiiviyksien kautta tulevan vuotoilman lämpeneminen tarvitsee energiaa, joka huomioidaan erikseen laskelmassa.

Vuotoilmavirtoja syntyy tuulen ja lämpötilaerojen synnyttämistä paine-eroista. Vuodon suuruuteen vaikuttaa rakennuksen vaipan ilmanpitävyys, eli työtavoilla ja huolellisuudella on suuri merkitys. Vuotovirtoihin vaikuttaa myös rakennuksen sijainti ja sen korkeus.

Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuudella, säädöillä ja käytötavalla on merkittävä vaikutus vuotovirtojen voimakkuuteen. Huonosti huollettu tai väärin säädetty ilmanvaihtokone voi aiheuttaa suuren alipaineen rakennuksen sisälle ja näin moninkertaistaa vuotoilmamäärät, mikä tuntuu epämiellyttävältä asumismukavuudelta ja kuluttaa huomaamatta energiaa turhaan.

Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna q_{50} voidaan käyttää lämmitysenergian tarpeen laskennassa arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, ellei ilmanpitävyyttä tunneta. Kuvassa 21 esitetään tyypillisiä ilmanvuotoluvun arvoja eri rakennuksille. (D5. 2012, 10.)

Tavoitelmanpitiivisyys	Yksityiskohdat	Tyyppilliset n_{50} -luvut, 1/h	Tyyppilliset q_{50} -luvut, $m^3/(h \cdot m^2)$
Hyvä ilmanpitiivisyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitiivyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0–3,0 Asuinkeirrostalo ja toimistorakennus 0,5–1,5	Pientalot 1,0–3,0 Asuinkeirrostalo ja toimistorakennus 1,0–4,0
Keskimääräinen ilmanpitiivisyys	ilmanpitiivisyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0–5,0 Asuinkeirrostalo ja toimistorakennus 1,5–3,0	Pientalot 3,0–5,0 Asuinkeirrostalo ja toimistorakennus 4,0–8,0
Heikko ilmanpitiivisyys	ilmanpitiivyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0–10,0 Asuinkeirrostalo ja toimistorakennus 3,0–7,0	Pientalot 5,0–10 Asuinkeirrostalo ja toimistorakennus 8,0–20,0

KUVA 21. Ilmanvuotoluvut (D5. 2012, 10, taulukko 3.5)

3.4.3 Tulo- ja korvausilma

Viimeisenä laskettavana tekijänä tilojen lämmitysenergiatarpeeseen vaikuttaa ilmanvaihdon tuloilman (Q_{iv} , tuloilma) lämpenemisen ja korvausilman (Q_{iv} , korvausilma) lämpenemisen tarvitsema energiamäärä. Tuloilman lämpenemiselle lasketaan lämmitysenergiatarve, jos ilmanvaihtokoneen rakennukseen puhaltama ilma on viileämpää kuin haluttu sisälämpötila. Korvausilman lämpenemiselle lasketaan arvo, jos ilmanvaihto on pelkkä koneellinen poisto tai painovoimainen, jotka molemmat tarvitsevat korvausilmaa toimiakseen oikein. (D5. 2012, 10.)

3.5 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

Rakennuksen tuloilma otetaan kanavilla ulkoilmasta. Ilmanvaihtokoneen tarvitsema tuloilma vaatii lämmitystä ennen rakennuksen sisälle puhallusta. Tuloilman lämmitys tapahtuu ilmanvaihtokoneessa. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeella (Q_{iv}) tarkoitetaan ilmanvaihtokoneessa tapahtuvan tuloilman lämmittämiseen tarvittavan lämmitysenergia määrää. Lämmitysenergiatarpeeseen vaikuttavat oleellisesti ilmanvaihtokoneen säädöt, sisään puhallettavan ilmanlämpötila, koneen lämmöntalteenoton hyötysuhde ja ulkoilman lämpötila.

Tuloilman lämpeneminen koneessa lasketaan jokaiselle ilmanvaihtokoneelle erikseen, koska ilmanvaihtokoneessa tuloilman lämmittämiseen voidaan käyttää

eri energiamuotoa kuin tilojen lämmitykseen. Lisäksi ilmanvaihtokoneiden hyötysuhteet poikkeavat toisistaan. Jos rakennuksessa on ilmanvaihto toteutettu koneellisen poiston tai painovoiman avulla, ilman lämmittäminen tapahtuu huoneillassa, jolloin se lasketaan mukaan korvausilmana rakennuskohtaisesti, jolloin tuloilmamäärä on nolla.

Rakentamismääräyskokoelman osassa D5 esitetyllä menetelmällä voidaan ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve laskea vain silloin, kun on kyse järjestelmästä, jossa käytettävä ilmavirran määrä on vakio ja ilmankäsittely koostuu vain ilman lämmityksestä. Jos ilmankäsittelyyn sisältyy muita prosesseja esim. jäähdytystä tai kostutusta, on energiantarve laskettava muulla menetelmällä.

Laskenta suoritetaan kuukausitasolla, jossa jokaiselle kuukaudelle määritetään tuloilman lämmitykseen tarvittava energiamäärä. Tällä tavalla kuukausien keskilämpötilojen vaihtelut otetaan huomioon lämmityksen mitoituksessa. (D5. 2012, 11.)

3.6 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve ($Q_{kv, netto}$) tarkoittaa kulutetun lämpimän veden lämmittämisen kylmästä varaajaan säädettyyn lämpötilaan. Nettotarve ei sisällä lämmityslaitteen, varaajan tai siirtoputkiston lämpöhäviöitä. Ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, käytetään lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona ($T_{kv} - T_{kv}$) arvoa 50 °C (D5. 2012, 12).

Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen käytetty energia on merkittävä osa koko rakennuksen energian kulutuksessa, joten lämpimän veden käyttö tulisi olla harkittua. Lämpimän käyttöveden kulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. käyttäjäkohtaiset tottumukset ja käyttäjien lukumäärä. Rakentamismääräyskokoelmassa osassa D5 henkilöperusteisena kulutusarvona käytetään 60 dm³/henkilö kun huoneistossa ei ole käytössä huoneistokohtaista mittausta ja laskutusta (D5. 2012, 27). Rakentamismääräyskokoelmassa osassa D3 on annettu pinta-alakohtaisia vedenkulutusarvoja ja niitä vastaavat lämmitysenergiatarpeet Arvot on esitetty taulukossa 5. (D3. 2012, 21.)

TAULUKKO 5. Vedenkulutusarvot ja vastaavat lämmitysenergiatarpeet

<i>Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohti.</i>	LKV:n ominaiskulutus	Lämmitysenergia
käyttötarkoitus	dm ³ /(m ² a)	kWh/(m ² 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

(D3. 2012, 21)

3.7 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Rakennuksessa olevat laitteet ja valaistus aiheuttavat suuren osan koko rakennuksen sähkönkulutuksesta, joten se on merkittävä osa E-luvun määrittämisen kannalta.

3.7.1 Laitteiden sähkönkulutus

Suomen rakentamismääräyskokoelman antamien arvojen mukaan omakotitalon laitesähkö kulutus on 2690 kWh, kun asuinrakennuksesta löytyy keskivertoperheelle tyypilliset laitteet: liesi, mikroaaltouuni, kahvinkeitin, astianpesukone, jääkaappipakastin, jää-viileäkaappi, pyykinpesukone, kuivausrumpu, tv, video / dvd / digibox, 2kpl tietokoneita. Sauna lisää kulutusta 8 kWh/lämmityskerta, jonka mukaan kerranviikossa saunominen lisää laitesähkön kulutusta (52x8kWh) 416 kWh (D5, taulukko 4.1). Rakennusten standardikäytössä on rakennuksille annettu valmistaulukko, josta näkee valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja ihmisten lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohden. Laitteiden ja valaistuksen osalta sähkönkulutus on sama kuin niiden lämpökuormat (D3. 2012, 19). Lämpökuormat on esitetty taulukossa 6.

3.7.2 Valaistuksen sähkönkulutus

Rakennuksessa on erilaisia tiloja, joilla on tietyt vaatimukset valaistuskirkkauden suhteen. Suuria kirkkauksia vaaditaan keittiössä, kodinhoitohuoneessa ja pesuhuoneessa. Paljon käytössä olevilla alueilla on normaali kirkkausvaatimus, kuten olohuoneessa ja makuuhuoneissa. Saunassa riittää käyttöaikana hyvin alhainen valaistuskirkkaus. On muistettava kuitenkin laittaa saunaan siivousta varten esim. lauteiden alle siivousvalo.

Rakennusten standardikäytölle annetusta valmistaulukosta nähdään valaistuksen tehontarpeet nettoalaa kohden. Tehon tarpeet on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Lämpökuormat ja tehontarpeet

Käyttötarkoitus- luokka	Kellonaika	Käyttöaika		Käyttö- aste	Valaistus	Kulutta- ja-laitteet	Ihmiseta
		h/24h	d/7d				
Eril. pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8b,c	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11b,c	4	3
Toimistoraken.	07:00-18:00	11	5	0,65	12c	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19c	1	2
Majoitusliikera- kennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14c	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18c	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12c	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9c	9	8

(D3. 2012, 19, taulukko 3)

3.8 Lämpökuormat

Lämpökuormalaskelmat tarvitaan laskettaessa tilojen lämmitysenergian nettotarvetta ($Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$) (D5. 2012, 14).

3.8.1 Lämpökuorma henkilöistä

Rakennuksessa olevista henkilöistä vapautuu lämpöä, joka vähentää lämmitys-
tarvetta. Lämmitystarpeeseen vaikuttavia tekijöitä ovat henkilöiden määrä ja
heidän oleskelunsa rakennuksessa. Rakennusten energiatehokkuutta koskevi-
en määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa henkilöiden lämpö-

kuormina käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitettyjä lämmönluovutuksen taulukkoarvoja. Ihmisten luovuttama lämpöenergia määrät on (Q_{henk}) esitetty taulukossa 6. (D3. 2012, 19.)

3.8.2 Lämpökuorma valaistuksesta ja sähkölaitteista

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa valaistuksen ja laitteiden lämpökuormina käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitettyjä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden arvoja. Valaistuksen ja laitteiden sähkönkulutus tulee kokonaisuudessaan lämpökuormaksi rakennukseen. Valaistuksen ja sähkölaitteiden lämpökuormat voidaan määrittää taulukon 6 avulla, tai jos valaistuksesta tai kuluttajalaitteista on erilliset laskelmat, voidaan käyttää niiden arvoja. (D3. 2012, 19.)

3.8.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tulevan auringon säteilyenergia

Säteilyenergiaksi luetaan ikkunoista rakennuksen sisälle suoraan tuleva sekä välillisesti ikkunaan absorboituneena lämpönä rakennukseen tuleva energia. Ikkunoiden kautta rakennukseen tulevan auringon säteilyenergian (Q_{aur}) laskentaan löytyy kaava RakMK D5, kohta 5.3, kaava 5.4 (D5. 2012, 15).

3.8.4 Lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia

Rakennukseen tulee lämpökuormia etenkin valaistuksesta, laitteista ja ihmisistä sekä ikkunoista sisään tulevasta auringon säteilyenergiasta, jotka voidaan osittain hyödyntää rakennuksen lämmityksessä. Hyödynnettävä lämpökuorma vähennetään tilojen lämmitysenergian nettotarvelaskelmassa tilojen lämmitysenergia tarpeen määrästä. Hyödyntämisen edellytyksenä on, että samaan aikaan on lämmitystarvetta ja että säätölaitteet vähentävät muuta lämmöntuottoa samalla määrällä. (D5. 2012, 17.)

Rakennuksen lämpökuorma lasketaan henkilöiden luovuttaman lämpöenergian, valaistuksesta ja sähkölaitteista sisälle tulevan lämpökuorman, ikkunoiden kautta tulevan auringon säteilyenergian, käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöiden summana (D5. 2012, 17 kaava 5.9).

Rakennuksen lämpökuormasta hyödynnettävän energian määrä lasketaan lämpökuorman ja niiden hyödyntämistekijöiden kertoimen tulona. Hyödynnettävä energiasuus lasketaan kuukausittain (D5. 2012, 17, kaava 5.10).

Hyödyntämistekijä riippuu lämpökuorman ja lämpöhäviön suhteesta sekä aikavakiosta. Lämpökuorman ja lämpöhäviön suhde saadaan rakennuksen lämpökuorman ja tilojen lämmitysenergian tarpeen tulona. Hyödyntämiskerroin lasketaan kaavalla RakMK D5, kohta 5.5.2, kaava 5.11. Hyödyntämiskertoimen kaavassa esiintyvä a lasketaan kaavasta RakMK D5, kaava 5.13, joka riippuu aikavakiosta τ .

Kaavassa tarvittava tehollinen lämpökapasiteetti (C_{rak}) saadaan kertomalla rakennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo ($C_{rak,omin}$) rakennuksen lämmitetyllä nettopinta-alalla (A_{netto}). Sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetin ominaisarvo määräytyy rakennuksen tyypin ja rakenneratkaisujen perusteella. Tässä työssä käytetyt rakennuksen alapohja on betonirakenteinen. Ulkoseinä, kantavat väliseinät ja suurin osa ei-kantavista väliseinistä on muurattuja rakenteita. Yläpohja rakenteet ja osa ei-kantavista väliseinä rakenteista ovat rankarakenteita, jolloin teholliseksi lämpökapasiteetin ominaisarvoksi saadaan $110 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ K})$. (D5. 2012, 18 taulukko 5.6.) Laskelmassa tarvittava rakennuksen lämmitetty nettopinta-ala on laskettu suunnitelmista (esitetty taulukossa 1) ja se on 195 m^2 .

3.9 Jäähdytysenergian nettotarve

Jäähdytysenergian nettotarvetta vastaava energia tuodaan jäähdytysjärjestelmällä tiloihin ja tuloilmaan. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus lasketaan jäähdytyksen nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat jäähdytysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä. Laskelmissa huomioidaan myös jäähdytyksen tuoton häviöt ja muunnokset. Jäähdytysjärjestelmään tuotettu omavarainenergia huomioidaan vähentävästi. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus eritellään eri energiamuotojen osalta. (D5. 2012, 6). Tässä työssä suunniteltavassa rakennuksessa ei ole niin merkittävää jäähdytystarvetta, että tarvittaisiin jäähdytysjärjestelmää.

3.10 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeista ottamalla huomioon lämmönluovutuksen, lämmönjaon ja lämmön varastoinnin häviöt sekä lämmön tuoton vaikutus. Häviöt otetaan huomioon hyötysuhteiden avulla. Lämmitysenergian tuoton vaikutus lämmitysjärjestelmän energiakulutukseen lasketaan hyötysuhteen tai lämpökertoimen avulla. Tässä esitettyjen hyötysuhteiden ja lämpökertoimien avulla tehtävä laskenta tapahtuu vuositasolla. (D5. 2012, 18.)

3.10.1 Tilojen ja ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän energiantarve

Tässä työssä suunnitellun rakennuksen perussuunnitteluratkaisussa lämmitysjärjestelmäksi valitaan sähkölämmitys, jota täydentää 2 kpl varaavia tulisijoja. Lämmönjakelujärjestelmäksi valitaan vesikiertoinen lattialämmitys. Jatkossa kun rakennukselle etsitään ratkaisuja A-energialuokkaan pääsemiseksi, nähdään, onko rakennusta mahdollista toteuttaa valitulla lämmitysjärjestelmällä.

Vesikiertoisella lattialämmityksellä varustetun rakennuksen ($Q_{\text{lämmitys, tilat}}$) saadaan laskettua tilojen lämmitysenergian nettotarpeen ja lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhteen tulona. Rakennuksen lämmönjakelun hyötysuhde on 0,80. Hyötysuhde saadaan taulukosta 7 (D5. 2012, 20).

3.10.2 Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve

RakMK D5 määrittelee lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhteelle ($\eta_{\text{lkv, siirto}}$) arvoja, jotka riippuvat rakennuksen tyypistä, lämpimän käyttöveden jakelujärjestelmästä ja putkien eristyksestä. RakMK D5 antaa tässä työssä suunnitellulle pientalolle perussuunnitteluratkaisussa lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhteelle arvon 0,92, (taulukko 7) kun rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertoa ja jakojohdot on eristetty 1,5 kertaa paksummalla eristeellä kuin putken halkaisija. Käytännössä putkien eristäminen toteutetaan asentamalla putket alapohjaeristeiden sisään suojaputkeen. (D5. 2012, 21.)

RakMK D5 määrittelee lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviölle (kuva 22) ($Q_{kv,varastointi}$), arvoja, jotka riippuvat lämminvesivaraajan koosta ja eristysvahvuudesta. Arvoja voidaan käyttää, jos tarkempia tietoja ei ole saatavissa.

TAULUKKO 7. Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja lämmön luovutuksen vuosihyötysuhteiden ja apulaitteiden ominaissähkönkäytön ohjearvoja (RakMK D5 taulukko 6.2).

Lämmitysratkaisu	vuosihyötysuhde, η_{tilat}	Sähkö etilat kWh/(m ² a)
Vesiradiaattori 45/35 °C		
jakojohtot eristetty	0,90	2
jakojohtot eristämätön	0,85	2
Vesiradiaattori 70/40 °C		
jakojohtot eristetty	0,90	2
jakojohtot eristämätön	0,80	2
Vesiradiaattori 70/40 °C jakotukilla	0,80	2
Vesiradiaattori 45/35 °C jakotukilla	0,85	2
Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C		
maata vasten rajoittuvassa rak.	0,80	2,5
ryömintätilaan rajoittuvassa rak.	0,8	2,5
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,75	2,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,85	2,5
Kattolämmitys (sähköinen)		
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,85	0,5
lampimaan tilaan rajoittuvassa rak.	0,90	0,5
Ikkunalämmitys (sähköinen)	0,80	0,5
Ilmanvaihtolämmitys1)		
huonekohtainen säätö	0,90	0,5
Sähköpatterilämmitys	0,95	0,5
Sähköinen lattialämmitys		
maata vasten rajoittuva rak.	0,85	0,5
ryömintätilaan tai ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,80	0,5
lampimaan tilaan rajoittuvassa rak.	0,85	0,5
Muut lämmityslaitteet		
Ulkotilaa tai maata vasten rajoittuva lämmitys	0,80	0,5
Sisätilaan rajoittuva lämmityslaite	0,80	0,5

Varaajan tilavuus, l	Varaajan lämpöhäviö, $Q_{\text{kv, varastointi}}$, kWh/a	
	40 mm eriste	100 mm eriste
50	440	220
100	640	320
150	830	420
200	1000	500
300	1300	650
500	1700	850
1000	2100	1100
2000	3000	1500
3000	4000	2000

KUVA 22. Lämpimänkäyttöveden vuotuiset varastoinnin häviöt (D5. 2012, 20)

3.10.3 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus koostuu lämmitysjärjestelmän lämmitysenergian ($Q_{\text{lämmitys}}$) ja lämmitysjärjestelmän sähköenergian ($W_{\text{lämmitys}}$) kuluksista, jotka lasketaan erikseen (D5. 2012, 21).

Lämmitysjärjestelmän lämmitysenergia on tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimänkäyttöveden lämmityksen summasta vähennetty aurinkokeräimillä ja muilla tuottojärjestelmillä tuotettu energia jaettuna lämmitysenergian tuoton hyötysuhteella.

Uusiutuvat polttoaineet käsitellään osana uusiutuvaa ostoenergiaa. Jos rakennuksessa on kaksi tai useampia lämmöntuottojärjestelmiä, lasketaan lämmitysenergian kulutus järjestelmittäin sen kyseessä olevan järjestelmän hyötysuhteen ja järjestelmään kohdistuvan lämmöntarpeen avulla (D5. 2012, 21). Vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa varaavan tulisijan tuottona käytetään D3:n mukaista arvoa 2000 kWh/vuosi / tulisija (D3. 2012, 24). Suunnitellussa rakennuksessa on kaksi varaavaa tulisijaa.

3.11 Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus

Puhaltimien tai ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus lasketaan suunnitellun ominaissähkötehon, ilmavirran ja käyntiajan tulona. Laskelmien lähtötiedoiksi tarvitaan vähintään tiedot ilmanvaihtokoneiden SFP-luvusta, joka kuvaa ilmanvaiht-

tokoneen sähkötehon ja ilmavirtojen suhdetta. Perussuunnitteluratkaisussa olevan ilmanvaihtokoneen SFP-luku on 1,53 kW/(m³/s) (SFP-arvot).

3.12 Rakennuksen ostoenergian kulutus

Rakennuksen ostoenergiankulutus koostuu edellä mainittujen, lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien, järjestelmien apulaitteiden, kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta. Rakennuksen ostoenergian kulutuksessa otetaan huomioon omatuotantoenergia. Omavarainenergia vähentää ostoenergiaa siltä osin mikä käytetään rakennuksen energiakulutuksessa. Sellaista omatuotantoenergiaa, joka syötetään sähköverkkoon päin myytäväksi, ei huomioida laskelmissa vähentävästi (D5. 2012, 7).

3.13 Rakennuksen kokonaisenergiakulutus, E-luku

Rakennuksen energiatehokkuusluokitus tulee rakennukselle laskettavasta E-luvusta. E-luku kertoo talon ominaisuuksiin perustuvan kokonaisenergiankulutuksen kilowattitunteina per neliö vuodessa (kWh_E/m²vuosi). E-luku koostuu rakennuksen laskennallisesta vuotuisesta ostoenergiankulutuksesta.

Rakennuksen kokonaisenergiakulutusta laskettaessa kerrotaan käytetyt eri energiamuodot kertoimilla, jotka on säädetty valtioneuvoston asetuksessa. Tämän vuoksi E-lukua tarkasteltaessa on muistettava, että se ei kerro todellista rakennuksen energiankulutusta vaan sisältää eri energiamuotojen kertoimet jotka suurentavat tai pienentävät kokonaisenergian lukuarvoa. Omavaraisenergian kohdalla energiamuotojen kertoimia ei käytetä; kertoimia käytetään ainoastaan ostoenergialle (D3. 2012, 8). Energiamuotojen kertoimet on esitetty taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Energiamuotokertoimet (D3. 2012, 8, taulukko 2.1.3)

<u>energiamuoto</u>	<u>kerroin</u>
sähkö	1,7
kaukolämpö	0,7
kaukojäähdytys	0,4
fossiiliset polttoaineet	1,0
uusiutuvat polttoaineet	0,5

4 ENERGIATODISTUS

Energiatodistus on ollut Suomessa käytössä vuodesta 2008 lähtien kaikessa uudisrakentamisessa. Vuonna 2009 energiatodistus otettiin käyttöön myös myynti- ja vuokraustilanteissa suurissa rakennuksissa sekä uusissa pientaloissa. Energiatodistus tarvitaan myös vanhan pientalon myynnin tai vuokrauksen yhteydessä. (Energiatodistus. 2013.)

Ennen vuotta 1980 rakennetuille pientaloille energiatodistus tarvitaan myynnin ja vuokrauksen yhteydessä vasta 1.7.2017 alkaen. Lisäksi muutamille muille rakennustyypeille on siirtymäaikoja: rivi- ja ketjutaloja sekä liike- ja toimistorakennuksia uudet säädökset koskevat 1.7.2014 alkaen ja hoitoalan rakennuksia sekä kokoontumis- ja opetusrakennuksia 1.7.2015 alkaen. (Energiatodistus. 2013.)

Mikäli kiinteistö on arvoltaan hyvin vähäinen, vuokra on pieni tai kohdetta ei esitellä julkisesti, energiatodistus voidaan laatia valmiin lomakkeen avulla kevenetyn menettelyn kautta. Energiatodistusta ei tarvita loma-asunnoille, suojelukohteille tai pienille, alle 50 m²:n kokoisille rakennuksille. (Energiatodistus. 2013.)

4.1 Energiatehokkuusluokitus

Rakennukset luokitellaan E-luvun mukaan energiatehokkuusluokkiin A-G. Luokitusasteikko on erilainen riippuen rakennuksen käyttötarkoituksesta. Tällä hetkellä rakennettavat uudet pientalot sijoittuvat usein luokkaan C, mutta ihmisten energiatietoisuus ja rakennusvalvontaviranomaisten ohjaus ovat saaneet paljon rakentajia suosimaan rakenteita ja taloteknisiä järjestelmiä, joilla päästään parempiin energialuokkiin. Vanhat pientalot sijoittuvat yleisesti luokkiin D ja E. (YM1-21564. 2013, 1.)

Energiatehokkuusluokitukseen voi vaikuttaa esimerkiksi lämmöneristystä parantamalla, ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla tai uusiutuvan energian käytöllä.

4.2 Tekijä ja voimassaoloaika

Energiatodistuksen laatii aina pätevä tekijä. Todistus on voimassa 10 vuotta. Se kannattaa kuitenkin päivittää, jos taloa on myymässä tai vuokraamassa ja talossa on toteutettu energiatehokkuutta parantavia korjauksia todistuksen tekemisen jälkeen.

Rakennuksen energiatodistusta koskeva laki muuttui 1.6.2013. Vanhan lain mukaiset energiatodistukset ovat voimassa voimassaoloaikansa mukaisesti. (Energiatodistus. 2013).

5 E-LUVUN LASKENTA OHJELMISTOILLA

Tässä opinnäytetyössä lasketaan suunnittelussa olevalle rakennukselle E-luku kahdella eri ohjelmistolla. Ohjelmistoina ovat E-luvun laskentasovellus laskentapalvelut.fi ja Lamit junior 12.

Luvussa 5.1 käytetään työn aikaisemmissa vaiheissa ilmoitettuja perussuunnitteluratkaisun lähtötietoja.

Luvussa 5.2 rakennuksen rakenne ja taloteknisiä ratkaisuja muutetaan ja lasketaan muutosten vaikutuksia rakennuksen kokonaisenergiakulutukseen, E-lukuun.

Luvussa 5.3 esitellään suunnittelussa olevalle rakennukselle lopulliseen suunnitteluratkaisuun tulevat rakenteet, laitteet ja lämmitysjärjestelmä ja lasketaan tulevalle rakennukselle E-luku.

5.1 E-luvun laskenta, perussuunnitteluratkaisu

Laskenta suoritettiin molemmilla ohjelmilla taulukon 9 mukaisilla lähtöarvoilla. Laskennan tulokset on esitetty taulukossa 10.

5.1.1 Laskentapalvelut.fi

Ensimmäinen laskenta suoritettiin laskentapalvelut.fi -sovelluksella. Sovelluksen käyttöliittymä ei ole niin selkeä kuin Lamit juniorissa.

Ensimmäiseksi syötetään rakennuksen perustiedot sijainteineen ja laajuuksineen. Seuraavalle sivulle syötetään rakenneosat, joille annetaan pinta-alat ja U-arvot. Ikkunoille syötetään g-arvot. Tässä kohtaa on eroa Lamit junioriin. Lamit Juniorissa ikkunoille annetaan g-kohtisuorat arvot, joista ohjelma laskee g-arvot, ja Laskentapalvelut sovelluksessa laskenta suoritetaan päinvastoin. Ikkunoille on sovelluksessa valintaikkunan alla vaihtoehtoja, jotka eivät mielestäni kuvaa ikkunoiden rakennetta kovin hyvin. Tähän kohtaan voisi tehdä parannuksen. Laskenta jatkuu syöttämällä kenttiin kylmäsiltojen pituudet ja lisäkonduktanssit, yksikkönä käytetään metriä. Ilmanvaihtovälilehdelle merkitään suunniteltu il-

manvuotoluku q50, josta ohjelma laskee n50-arvon. Rakennukselle valitaan apuohjelmat kohdasta ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtokoneiden tiedot voidaan syöttää myös suunnittelutiedoista, jos ne ovat saatavilla. Apuohjelman valikko on hyvä ominaisuus ja säästää aikaa, jos suunnittelutietoja ei ole saatavilla. Lämmitysjärjestelmävälilehdellä ei valita varsinaista lämmitystapaa, vaan syötetään tietoja lämpöhäviöiden määrittämiseksi. Seuraavalla välilehdellä syötetään lämpöpumppujen tiedot. Viimeisellä välilehdellä valitaan varsinainen lämmitystapa.

Laskentatulokset saadaan klikkaamalla Päivitä Tulokset -kohtaa, jolloin ohjelma laskee kaikki tarvittavat tulosteet kerralla. Tulosteina saadaan lähtötiedot, tassa-laskelma, E-luku laskelma, energiatodistus ja energiaselvitys. Kaikki tulosteiden laskelmat voidaan tallentaa tiedostoina PDF muodossa tai tulostaa paperille.

Perussuunnitteluratkaisun lähtötietojen pohjalta (taulukko 9), Laskentapalvelut.fi sovellus antaa E-luvuksi 178, joka oikeuttaa energialuokkaan D (taulukko 10).

5.1.2 Lamit Junior 12

Toisena laskelmat laaditaan Lamit Junior 12 -ohjelmalla. Lamit Juniorin käyttöliittymä on hyvin selkeä. Perustietojen syöttämisen jälkeen avautuu kaikki laskettavat kohteet valikkona näkyviin, joista nähdään, mikä on kohdan lähtötietojen valmiusprosentti. Valikosta näkee heti, puuttuuko jostakin kohdasta lähtötietoja. Valikosta aukaistaan syötettävä välilehti näkyviin ja annetaan lähtötiedot. Lähtötietojen antaminen on yksiselitteisempää kuin Laskentapalveluiden sovelluksessa.

Ainoa kohta, jossa on oltava tarkkana, jotta saadaan haluttu tulos, on lämmitysjärjestelmävälilehti. Jos kohteessa käytetään useita lämmitysjärjestelmiä, ohjelma laskee ensimmäiseksi syötetystä järjestelmästä alkaen siihen asti kunnes vaadittu taso saavutetaan tai järjestelmät loppuvat. Tämä tarkoittaa sitä, että ensimmäiseksi kannattaa syöttää päälämmitysjärjestelmä. Esimerkiksi jos käytetään ilmapumpun täydentävänä energialähteenä sähkölämmitystä ja sähköjärjestelmä on syötetty ensimmäiseksi, ohjelma voi laskea kokonaan lopputulok-

sen sähköllä ja näin E-luku on heikompi kuin on oletettu. Ohjelmassa on kuitenkin ominaisuus, joka ehdottaa korjaavia toimenpiteitä jos on tehnyt virheen. Laskennan aikana kerran tuli korjaava ehdotus muuttaa lämpimänkäyttöveden lämmitysjärjestelmä toiseen.

Laskennan aikana ei kokeiltu tarkoituksella, missä tilanteissa korjaavia ehdotuksia tulee ja sen luotettavuudesta ei saatu täyttä käsitystä. Ohjelmassa lähtötietojen muuttaminen on hitaampaa kuin Laskentapalveluiden sovelluksessa. Ohjelman laskentatulokset täytyy aina ottaa jokaisen erikseen näytölle, jos haluaa tarkastella laskentatulosten arvoja. Laskentapalveluiden sovelluksessa laskelmat näkyvät tiivistettynä viimeisellä välilehdellä, joka nopeuttaa laskelmien tarkastelua ja mahdollisten muutosten tekemistä.

Perussuunnitteluratkaisun lähtötietojen pohjalta (taulukko 9) Lamit Junior 12 -sovellus antaa E-luvuksi 178, joka on sama kuin toisellakin ohjelmalla ja oikeuttaa energialuokkaan D (taulukko 10). Molempien ohjelmien antamat energiatodistukset perussuunnitteluratkaisusta on esitetty liitteissä 1 ja 2.

TAULUKKO 9. Kootut lähtötiedot, perussuunnitteluratkaisu

Lämmönjako: Vesikiertoinen lattialämmitys. Lämmitys: sähkö. LKV- lämmitys: sähkövaraaja. Ei kiertojohtoa.

Rakennusosa	hyö- ty- suh.	U-arvo W / m2K	määrä m2	Qkyl- mäsiilat m	Ψk, W/(m K)	LTO %	SFP	kpl	tuotto kWh / a	säh- kö P kW	häviöt yht kWh	Anet- to m2	ilmati- la- vuus m3	rak. m3	n50 1/h	q50 m3/(h m ²)
ulkoseinä																
US1		0,165	198,1													1,0
yläpohja YP1		0,090	113,6													1,0
yläpohja YP2		0,090	53,6													1,0
alapohja AP1		0,160	156,0													1,0
ulko-ovi UO1		0,900	4,2													
ulko-ovi UO2		1,000	2,1													
ikkuna		1,000	43,4													
iv-kone						79	1,53	2								
lv-varaaja								2		3,0	1300					
rakennus												195	926	1240	1	
us-us ulkon.				29,2	0,05											
us-us sisän.				12,2	-0,05											
us-yp				75,3	0,04											
us-ap				63,6	0,17											
us-vp				14,2	0,00											
us-ikkunat				145,6	0,04											
us-ovet				18,6	0,04											
lämmit. siirto	0,92															
lkv siirto	0,92															
tulisijat	0,8							2	4000							

5.2 Laskentatulokset perussuunnitteluratkaisu

Ensimmäisen laskentavaiheen tulokset näkyvät tiivistettynä taulukossa 10. Tuloksena molemmilla ohjelmilla saatu energialuokka D osoittaa, ettei tätä suunnittelukohdetta voi lähteä toteuttamaan sähkölämmityksellä, vaikka tulisijojen hyötysuhteena käytettiin korkeaa 80 %:n arvoa. Kun tavoitteena on ainoastaan määräykset täyttävä energialuokka, ei sähkölämmitys silloin ole kokonaan pois suljettu vaihtoehto lämmitysmuodoista. Jos suunnittelukohde on sopiva, omaa energiatuotantoa voidaan hyödyntää ja järjestelmien hyötysuhteet ovat korkeat, sähkölämmitykselläkin saadaan rakennuslupaan oikeuttava E -luku. A-energialuokkaan, kuten tässä suunnittelukohteessa on tavoite, ei sähkölämmityksellä päästä millään keinolla.

TAULUKKO 10. Laskentatulokset, perussuunnitteluratkaisu

Laskenta ohjelma	Energialuokka	E-luku	Laskettu ostoenergia		Painotettu ostoenergia		Energiakulutus		Laskettu ostoenergia				Energian nto	
			yhteensä	kWh /a	yhteensä	kWh /a	yhteensä	kWh/(m ² vuosi)	yhteensä	kWh/(m ² vuosi)	Sähkö yhteensä	kWh /a	Lämpö puu	kWh /a
laskentapalvelut.fi	D	178	24223	35179	28,1	70	19223	5000	9984					
Lamit Energijunior 12	D	178	24476	34609	28,8	67	18643	5833	9185					

5.3 Lämmitysmuotojen vertailu

Luvussa 5.2 esitettyjen laskelmien pohjalta otettiin vertailuun eri lämmitysmuotoja, joista valittiin ne lämmitystavat mukaan, joilla mahdollisesti päästäisiin tavoiteltuun A-energialuokkaan. Vertailulaskelmat tehtiin pellettilämmitykselle, Kaukolämmölle ja Maalämmölle. Lähtötiedot pidetään tässä vaiheessa samoina kuin perussuunnitteluratkaisussa. Lähtötiedoista ainoastaan tulisijojen laskennassa mukanaoloa vaihdellaan sen mukaan, kuinka saadaan paras tulos. Tulisijan heikompi hyötysuhde verrattuna päälämmityslähteeseen vaikuttaa E-lukuun, joten se kannattaa jättää pois niistä laskelmista, joihin tulisijoilla on negatiivinen vaikutus, vaikka rakennukseen olisikin suunniteltu tulisijoja. Ohjelmien antamat tulokset on koottu lämmitysmuodoittain taulukoihin 11 - 13.

TAULUKKO 11. Laskentatulokset, pelletti

Laskentaohjelma	Energialuokka	E-luku	Laskettu ostoenergia		Painotettu ostoenergia		Energiakulutus		Laskettu ostoenergia				Energian nto			
			yhteensä	kWh/a	yhteensä	kWh/a	sähkö yhteensä	lämpö yhteensä	Sähkö yhteensä	lämpö yhteensä	Sähkö yhteensä	lämpö yhteensä	tarve	tilat		
laskenta-palvelut.fi	B	118	31108	kWh/a	22904	kWh/a	31,4	kWh/(m ² vuosi)	96	kWh/(m ² vuosi)	6125	kWh/a	24983	kWh/a	9684	kWh/a
Lamit Energi-junior 12	B	114	29323	kWh/a	22011	kWh/a	31,4	kWh/(m ² vuosi)	8	kWh/(m ² vuosi)	6124	kWh/a	23199	kWh/a	9380	kWh/a

Kaukolämmölle tehdyn laskelman tulokset on esitetty taulukossa 12.

TAULUKKO 12. Laskentatulokset, kaukolämpö

Laskentaohjelma	Energialuokka	E-luku	Laskettu ostoenergia		Painotettu ostoenergia		Energiakulutus		Laskettu ostoenergia				Energian nto			
			yhteensä	kWh/a	yhteensä	kWh/a	sähkö yhteensä	lämpö yhteensä	Sähkö yhteensä	lämpö yhteensä	Sähkö yhteensä	lämpö yhteensä	tarve	tilat		
laskenta-palvelut.fi	B	120	24671	kWh/a	23362	kWh/a	31,2	kWh/(m ² vuosi)	89,5	kWh/(m ² vuosi)	6092	kWh/a	18580	kWh/a	9866	kWh/a
Lamit Energi-junior 12	B	120	24428	kWh/a	23191	kWh/a	31,2	kWh/(m ² vuosi)	94,0	kWh/(m ² vuosi)	6091	kWh/a	18337	kWh/a	9723	kWh/a

Maalämmölle tehdyn laskelman tulokset on esitetty taulukossa 13.

TAULUKKO 13. Laskentatulokset, maalämpö

Laskentaohjelma	Energialuokka	E-luku	Laskettu ostoenergia		Painotettu ostoenergia		Energiakulutus		Laskettu ostoenergia				Energian nto			
			yhteensä	kWh/a	yhteensä	kWh/a	sähkö yhteensä	lämpö yhteensä	Sähkö yhteensä	lämpö yhteensä	Sähkö yhteensä	lämpö yhteensä	uusiuutuva	tarve	tilat	
laskenta-palvelut.fi	B	90	10263	kWh/a	17447	kWh/a	27,7	kWh/(m ² vuosi)	97,7	kWh/(m ² vuosi)	10263	kWh/a	14198	kWh/a	13338	kWh/a
Lamit Energi-junior 12	B	89	10136	kWh/a	17231	kWh/a	27,7	kWh/(m ² vuosi)	95,0	kWh/(m ² vuosi)	10136	kWh/a	18494	kWh/a	12814	kWh/a

Mukaan otetuille lämmitysmuodoille ohjelmat antavat keskenään lähes yhtäläiset tulokset. Kaikkien lämmitysmuotojen energialuokaksi saadaan B. Maalämpö erottuu muista selkeästi alhaisemmalla tuloksellaan. Maalämmön E-luku on 20 - 25 % alhaisempi kuin pelletin ja kaukolämmön, joiden E-luvut ovat yhtäläiset.

Suunnittelukohte ei sijaitse kaukolämmön jakelualueella, joten lopullisen suunnitteluratkaisun lämmitystavaksi muodostuu maalämpö tai pelletti. Molemmille on laskettu E-luvut, jotka ovat nähtävissä taulukoissa 15 ja 16. E-luvut on laskettu energiatehokkaammilla rakenneratkaisuilla, paremman hyötysuhteen saa-

vuttavalla ilmanvaihtokoneella ja radiaattorilämmityksellä, jonka lämmönluovutuksen hyötysuhde on parempi kuin lattialämmityksellä. Lähtötiedot, joita käytettiin lopullista suunnitteluratkaisua valittaessa, on esitetty taulukossa 14.

TAULUKKO 14. Kootut lähtötiedot, lopullinen suunnitteluratkaisu

Rakennusosa	hyö- ty- suh.	U-arvo	mää- rä	Qkyl- mäsiilat	Ψk,	LTO	SFP	kpl	tuotto	säh kö P	häviöt yht	Anet- to	ilmati- la- vuus	rak.	n50	q50
		W / m2K	m2	m	W/(m K)	%			kWh / a	kW	kWh	m2	m3	m3	1/h	m3/(h m ²)
ulkoseinä US1		0,09	198,1													1
yläpohja YP1		0,07	113,6													1
yläpohja YP2		0,07	53,6													1
alapohja AP1		0,09	156,0													1
ulko-ovi UO1		0,66	4,2													
ulko-ovi UO2		0,66	2,1													
ikkuna		0,58	43,4													
iv-kone							87	1	2							
lv-varaaja									2							
rakennus												195	926	1240	0,61	
us-us ulkon.				29,2	0,05											
us-us sisän.				12,2	-0,05											
us-yp				75,3	0,04											
us-ap				63,6	0,17											
us-vp				14,2	0,00											
us-ikkunat				145,6	0,04											
us-ovet				18,6	0,04											
radiaattoriläm	0,90															
lkv siirto	0,92															
tulisijat	EI															

Pellettivaihtoehdolla päästiin A-luokkaan, mutta se vaatii aurinkopaneelien mukaan oton. Aurinkoenergiaa vaadittiin A-luokkaan pääsemiseksi noin 1000 kWh vuositasolla, mikä tarkoittaa noin 8 m²:n kennopinta-alaa. Laskelmien tulokset on esitetty taulukossa 15.

Laskenta- ohjelma	Energia- luokka	E- luku	Laskettu		Painotettu		Energiaakulu- tus		Laskettu ostoenergia				Energian nto.			
			ostoenergia	ostoenergia	ostoenergia	ostoenergia	sähkö	lämpö	Sähkö	Lämpö pelletti+ aurinko	tarve	tilat				
			yhteensä	yhteensä	yhteensä	yhteensä	yhteensä	yhteensä	yhteensä	yhteensä	yhteensä	yhteensä	yhteensä	yhteensä	yhteensä	
laskenta- palvelut.fi	A	79	19291	kWh /a	15243	kWh /a	29,1	kWh/(m ² vu osi)	37,1	kWh/(m ² vu osi)	4664	kWh /a	14627+ 1000	kWh /a	4350	kWh /a
Lamit Energi- junior 12	A	79	18791	kWh /a	15245	kWh /a	29,8	kWh/(m ² vu osi)	71,3 7	kWh/(m ² vu osi)	4874	kWh /a	13917 + 941	kWh /a	4183	kWh /a

TAULUKKO 15. Laskentatulokset, lopullinen suunnitteluratkaisu pelletti

Maalämmölle ohjelmat antoivat E-luvuiksi 77 ja 78, eli energialuokaksi muodostui A. Laskelmien tulokset on esitetty taulukossa 16.

Laskentaohjelma	Energialuokka	E-luku	Laskettu ostoenergia yhteensä		Painotettu ostoenergia yhteensä		Energiakulutus yhteensä		Laskettu ostoenergia yhteensä		Lämpö uusiutuva		Energian tarve tilat		
			kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)	kWh/(m ² vuosi)	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	
laskenta-palvelut.fi	A	78,4	8990		15282		28,8		62,9		8990		8892		4350
Lamit Energi-junior 12	A	77,0	8798		14956		28,8		71,3		8798		10778		4183

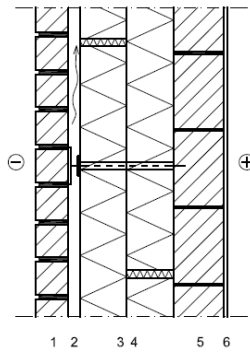
TAULUKKO 16. Laskentatulokset, lopullinen suunnitteluratkaisu maalämpö

6 RAKENUSSUUNNITELMAT

Lopulliset rakennussuunnitelmat on laadittu saatujen laskentatulosten pohjalta. Lämmöneristeeksi ulkoseiniin on valittu spu-eriste, jolla saavutetaan mineraalivillaan nähden ohuempi seinävahvuus johtuen pienemmästä lämmönjohtavuusarvosta. Solupolyuretaanieristeellä saavutetaan myös haluttu ilmatiiveys luotettavammin. Muut rakenteet ovat perussuunnitteluratkaisun mukaisia eristevahvuuksia lukuun ottamatta.

6.1 Ulkoseinärakenne

Valittu ulkoseinärakenne on kuvassa 23.



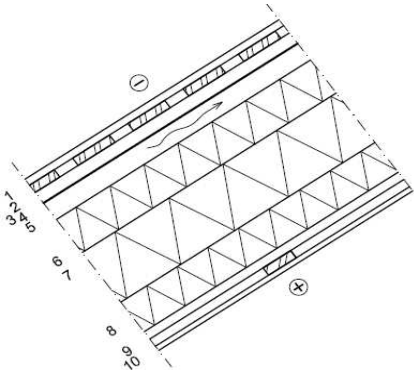
- 1 Julkisivumuuraus
- 2 Tuuletusväli ≥ 30 mm
- 3 Muuraussiteet RST, reikäpääramla+tiilisanka, sidetyypistä riippuen ≥ 4 kpl/m² rakennesuunnitelman mukaan, siteiden asennusreikä tiivistetään PU-vaahdolla
- 4 SPU AL 120 + 120 mm saumat ilmiltään, saumat vaahdotetaan
- 5 Runkomuuraus 130 mm, saumalaasti 5 mm
- 6 Tasoite ja pintakäsittely huonesellityksen mukaan

0,09 W/m²K (SPU AL λ_D 0,023 W/mK)

KUVA 23. Ulkoseinärakenne US1 (Detaljikirjasto, ulkoseinät)

6.2 Yläpohjarakenteet

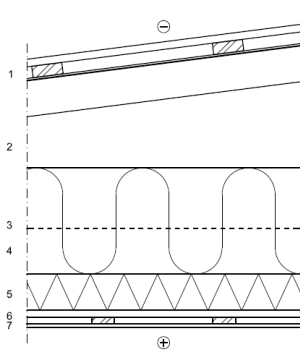
Valitut yläpohjarakenteet ovat kuvissa 24 ja 25.



- 1 Kate
- 2 Ruodelaudoitus
- 3 Korokerimat
- 4 Aluskate
- 5 Tuuletusväli ≥ 50 mm
- 6 Kattokannattajat k900 rakennesuunnitelmien mukaan
- 7 SPU AL / R 150 + 100 mm k900 (SPU Runkolevy), vaahdotus
- 8 SPU AL 90 mm, saumat vaahdotetaan
- 9 Asennustila, ristiinkoolaus 22x75 mm, toisiokannattajat k400
- 10 Sisäverhouslevy

0,07 W/m²K (SPU AL / R λ_U 0,023 W/mK)

KUVA 24. Yläpohjarakenne, YP1 (Detaljikirjasto, yläpohjat)



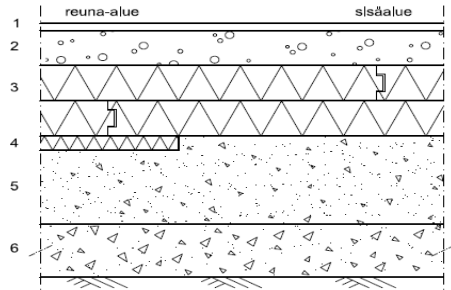
- 1 Huopa-, pelti- tai tilkkate alusrakenteeseen
- 2 Tuulettuva tila ≥ 100 mm, tuuletus harjalta ja päädystä
- 3 Puhallusvilla 350 mm
- 4 Alapaarre k900 rakennesuunnitelmien mukaan
- 5 SPU AL 120 mm, saumat vaahdotetaan
- 6 Asennustila, ristiinkoolaus 22x75 mm, toisiokannattajat k400
- 7 Sisäverhouslevy

0,07 W/m²K (SPU AL λ_U 0,023 W/mK, Puhallusvilla λ_U 0,042 W/mK)

KUVA 25. Yläpohjarakenne, YP2 (Detaljikirjasto, yläpohjat)

6.3 Alapohjarakenne

Valittu alapohjarakenne on esitetty kuvassa 26.



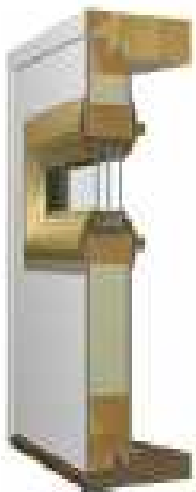
- 1 Pintamateriaalit/käsittely
- 2 Teräsbetoni-laatta rakennesuunnitelmien mukaan
- 3 SPU AL 100 + 100 (koko alapohjan alueelle, saumat liittämällä)
- 4 SPU AL 40 (ainoastaan reuna-alueelle, vähintään metrin levyisenä kaistana)
- 5 Kapillaarikatko ≥ 200 mm
- 6 Soratäyttö ja perusmaa

0,09 W/m²K (SPU AL λ_D 0,023 W/mK)

KUVA 26. Alapohjarakenne, AP1 (Detaljikirjasto, alapohjat)

6.4 Ovet ja ikkunat

Valitut ovet ja ikkunat on esitetty kuvissa 27 ja 28.



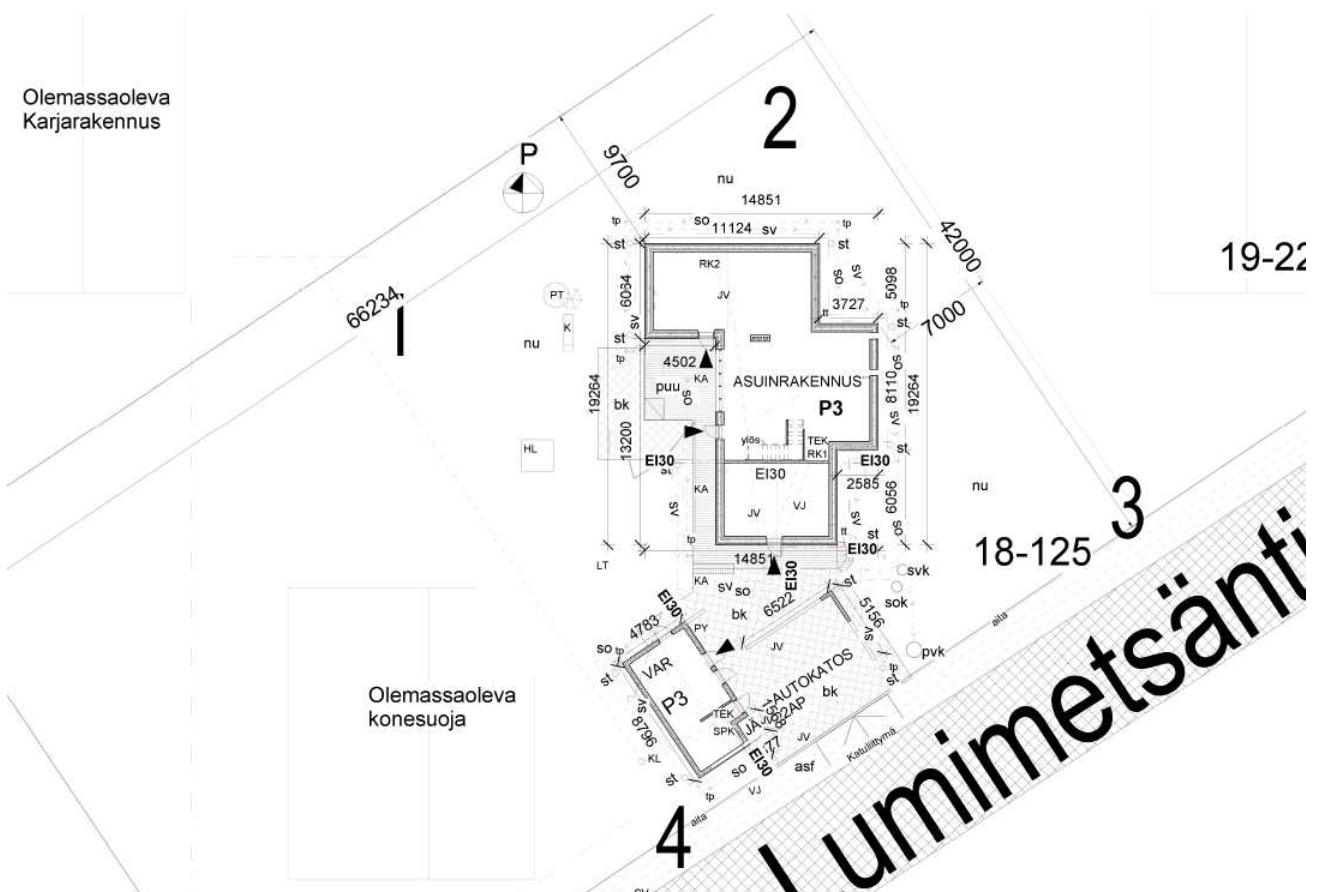
KUVA 27. Ulko-ovirakenne, Skaala Alfa 0,66 W/m²K (Ulko-ovet)



KUVA 28. Ikkunarakenne, Skaala Alfa 0,58 W/m²K (Ikkunat)

6.5 Asemapiirros

Suunnittelukohteen asemapiirros on esitetty kuvassa 29.

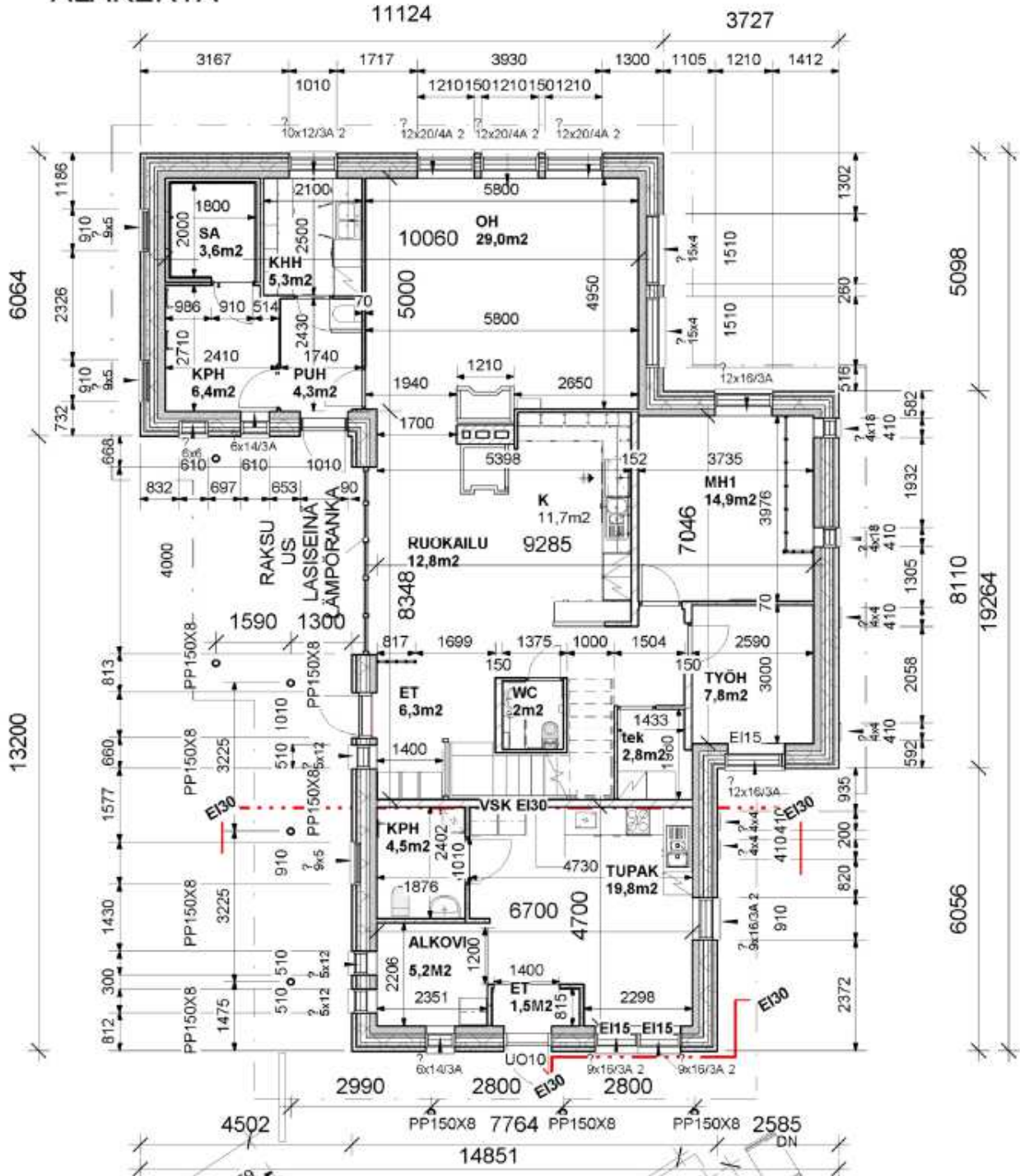


KUVA 29. Asemapiirros

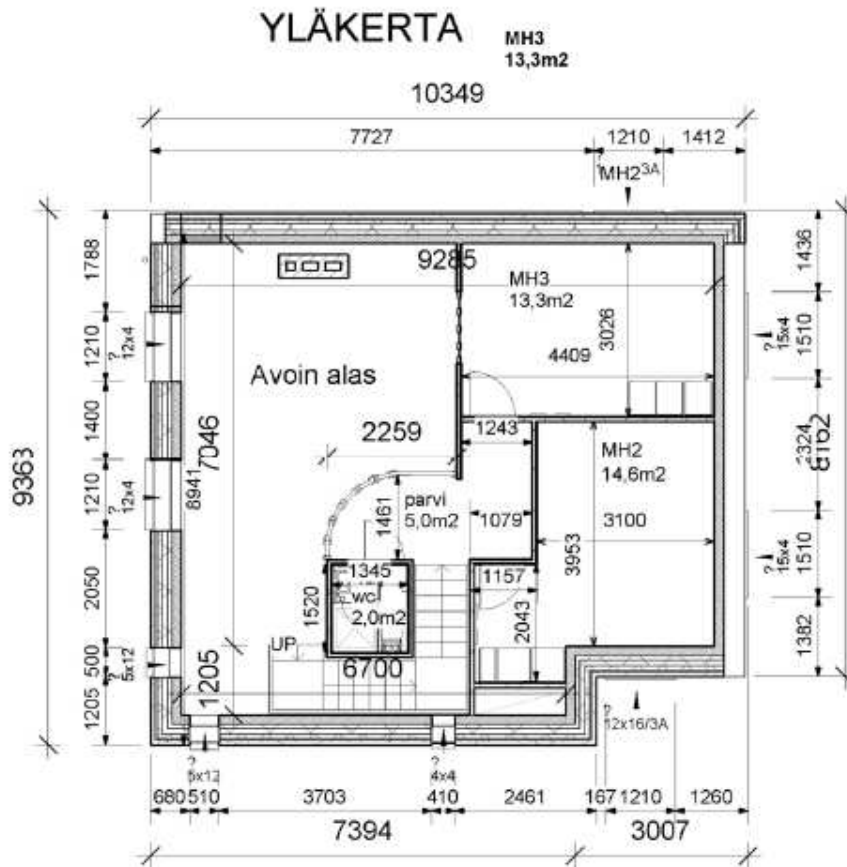
6.6 Pohjapiirros alakerta

Suunnitellun rakennuksen pohjapiirroksiset ovat kuvissa 30 - 32.

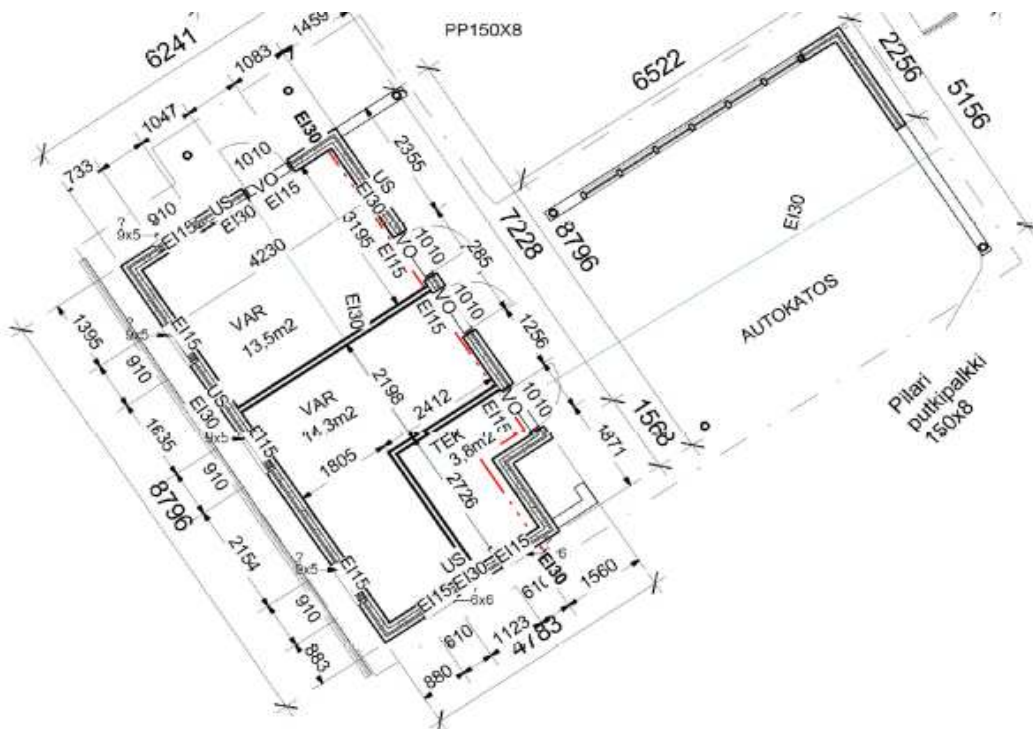
ALAKERTA



KUVA 30. Mittapiirros alakerta



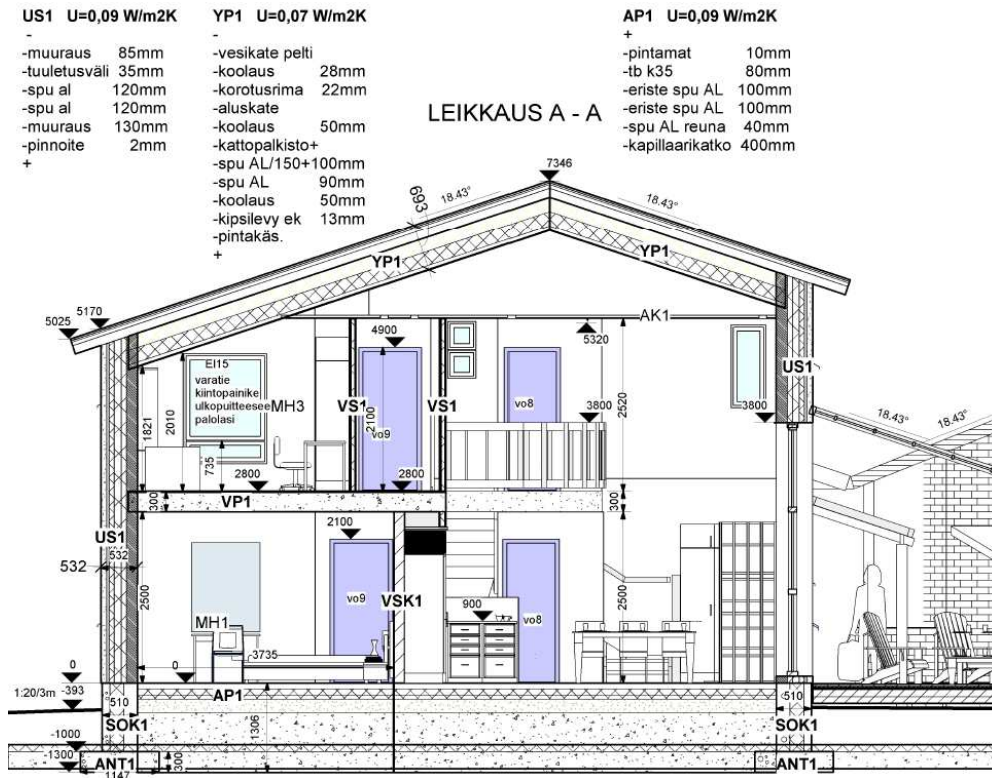
KUVA 31. Mittapiirros, yläkerta



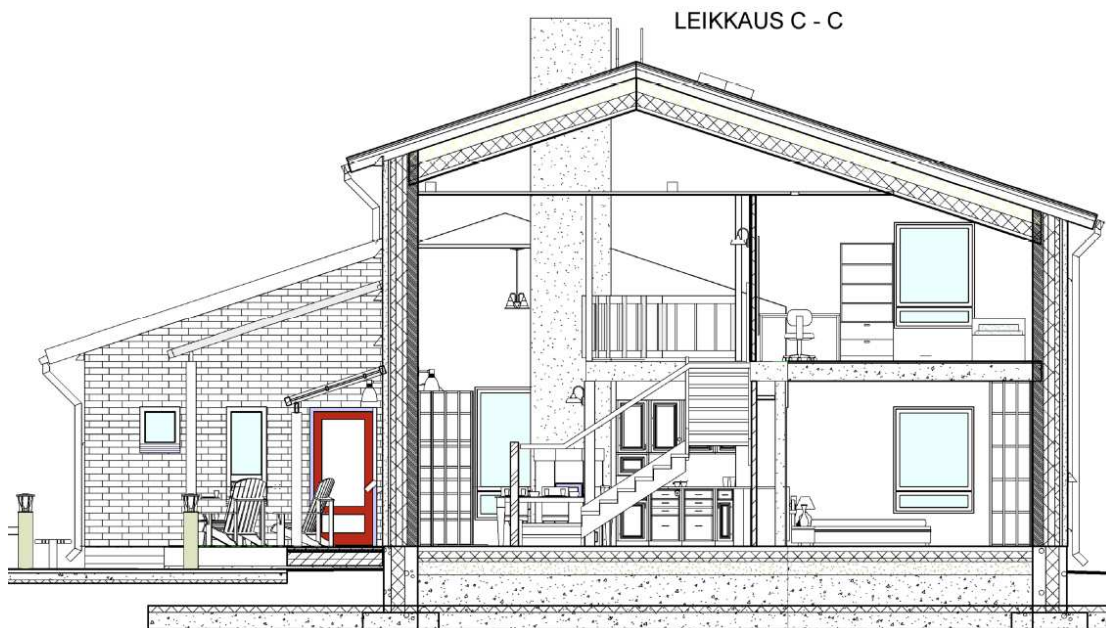
KUVA 32. Mittapiirros, autosuoja/varasto

6.7 Leikkaus

Suunnittelukohteen leikkauspiirroksat on esitetty kuvissa 33 ja 34.



KUVA 33. Leikkaus A - A



KUVA 34. Leikkaus C - C

6.8 Julkisivupiirroksat

Suunnittelukohteen julkisivupiirroksat 4 kpl on esitetty kuvassa 35.



KUVA 35. Julkisivupiirroksat

6.9 Esittelykuva

Esittelykuvia kohteesta on kuvissa 35 ja 36.



KUVA 35. Näkymä tieltä



KUVA 36. Länsipiha

7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä päätavoitteena oli määrittää sellaiset rakenteet rakennuksen vaipalle, talotekniset järjestelmät ja lämmitysmuoto, joilla saataisiin suunnittelussa olevalle pientalolle energiatodistus A-energialuokkaan. Saatujen tulosten pohjalta suunniteltiin viisihenkiselle perheelle omakotitalo, joka olisi toteutuessaan avara, valoisa, vähän huoltoa kaipaava ja energiatehokas koti.

Työn kuluessa erilaisia vaihtoehtoja etsittäessä tuli selväksi, ettei parhaaseen energialuokkaan pääseminen olisi kovin helppoa. Ensimmäisten laskelmien tulokset osoittivat heti, että sähkölämmitys ei ole sopiva vaihtoehto, kun tavoitellaan parasta energialuokkaa. Tämä johtuu sähköenergian energiamuotokertoimen suuruudesta, joka rokottaa sähkölämmitysjärjestelmää mielestäni liian suuresti. Ollakseen toteutuskelpoinen vaihtoehto sähkölämmitystä pitää täydentää tulisijoilla ja erittäin energiatehokkaalla lämmön talteenotolla. Parhaimmillaan lämmityksen ostoenergiamäärästä voitaisiin yhdellä varaavalla tulisijalla tuottaa 60 - 70 %, jos tulisija sijaitsee oikealla kohtaa rakennusta lämmön leviämisen kannalta ja rakennus ei ole ilmatilavuudeltaan liian suuri. Valitettavasti energialaskelmissa ei oteta huomioon koko tulisijojen mahdollistamaa energiantuottokapasiteettia, ainoastaan rakentamismääräyskokoelmassa osassa RakMK D3 määrätty 2000 kWh/vuosi.

Pelkästään lämmöneristysvahvuuksia kasvattamalla ei A-energialuokkaan päästä, vaan suurin vaikutus tuloksiin on oikeiden taloteknisten järjestelmien valinta. Rakennusta suunniteltaessa on ensiarvoisen tärkeää laittaa päälähtökohdaksi rakennuksen vaipan tiiveys, jolla on yksittäisenä tekijänä suurin vaikutus lopulliseen energialuokkaan.

Ohjelmiin voi kyllä syöttää sellaiset lähtötiedot, että paras energialuokka toteutuu, mutta on kuitenkin muistettava, että kaikki valinnat pitäisi olla toteutettavissa oikeassa rakentamisessa. Rakennussuunnittelussa on lisäksi tärkeää huomioida kustannukset, käytännöllisyys, huoltotarve ja rakennuttajan käyttötarpeet, eikä parhaan energialuokan tavoittelemisen saa olla itseisarvo. Tällä hetkellä puhutaan kovasti energialuokista ja E-luvuista, mutta on tiedostettava, ett-

ei paras energialuokka itsessään tuo säästöä kukkaraan, vaan se on vain laskennallinen arvo kokonaisenergiakulutuksesta, jolla määritellään määräysten velvoittama E-luku.

Lämmitystavan valitsee lopulta rakennuttaja. Lopussa olleista lämmitysvaihtoehtoista molemmat ovat suunnittelukohteessa varteenotettavia, mutta huolettomampana ja varmempana ratkaisuna maalämpö muodostuu ykkösvaihtoehdoksi ja soveltuu parhaiten suunnittelukohteeseen. Pellettilämmitys vaatii polttoaineen varastotiloja ja lämmitysjärjestelmänä enemmän puhdistusta ja huoltoa. Aurinkoenergian saanti riippuu sääolosuhteista ja on näin epävarmaa. Kustannuksiltaan saatuun hyötyyn nähden aurinkopaneelijärjestelmä on kallis, joten se kannattaisi jättää pois, jos valinta olisi pellettilämmitys. Ohjelmien laskelmissa pelletin hyötysuhteena oli oletuksena 75 %. Markkinoilta löytyy kuitenkin paremmalla hyötysuhteella toimivia pellettijärjestelmiä, eli päivitettyssä energialaskelmassa rakennus nousisi ilman aurinkoenergiaakin A-energialuokkaan.

Maalämmön huolettomuuden, vähäisen tilantarpeen ja hyvän hyötysuhteen vuoksi tässä työssä lopullisen suunnitteluratkaisun lämmitystavaksi valitaan maalämpö. Suunnitellun rakennuksen energiatodistus ja tasauslaskelma on esitetty liitteissä 3 ja 4.

Mielestäni tälle työlle asetetut tavoitteet toteutuivat. Rakennussuunnittelu saatiin toteutettua rakennuttajan toiveiden mukaisesti energiatehokkailla rakenteilla ja taloteknisillä järjestelmillä. Ohjelmien antamiin tuloksiin voi luottaa, kunhan on huolellinen lähtötietojen antamisessa. Ensiarvoisen tärkeää on ymmärtää, mistä ohjelmien antamat tulokset syntyvät. Niinpä ennen ohjelmien käytön aloittamista on välttämätöntä syventyä Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 ja D3 laskentaohjeisiin ja määräyksiin, tältä osin parannettavaa vielä jäi paljon. Tämän työn puitteissa syventävää kaavoilla laskemista ei voitu suorittaa pitääkseen työn laajuuden kohtuudessa.

LÄHTEET

C4. 2003. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2003. C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf. Hakupäivä 14.4.2014.

D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 15.4.2014.

D5 (2012). 2013. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889.../40468. Hakupäivä 15.4.2014.

E1. 2011. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf. Hakupäivä 14.4.2014.

E4. 2005. Autosuojien paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2005. E4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: www.finlex.fi/data/normit/28206-E4su2005.pdf. Hakupäivä 14.4.2014.

F1. 2005. Esteetön rakennus. Määräykset ja ohjeet 2005. F1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: www.finlex.fi/data/normit/28203-F1su2005.pdf. Hakupäivä 16.4.2014.

G1. 2005. Asuntosuunnittelu. Määräykset ja ohjeet 2005. G1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: www.finlex.fi/data/normit/28204-G1su2005.pdf. Hakupäivä 16.4.2014.

RT YM1-21564. 2013. Maankäyttö ja rakentaminen. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/21564>. (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.4.2014.

RT 08-11139. 2014 Rakennuksen paloluokka ja sen määrittäminen. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11139>. (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 14.4.2014.

Detaljikirjasto, ulkoseinät. SPU. Saatavissa:

<http://www.spu.fi/suunnittelu/detaljikirjasto/ulkoseinat/>. Hakupäivä 1.4.2014.

Detaljikirjasto, alapohjat. SPU. Saatavissa:

<http://www.spu.fi/suunnittelu/detaljikirjasto/alapohjat/>. Hakupäivä 1.4.2014.

Detaljikirjasto, yläpohjat. SPU. Saatavissa:

<http://www.spu.fi/suunnittelu/detaljikirjasto/katot-ylapohjat/>. Hakupäivä 1.4.2014.

Energiatodistus. 2013. Motiva. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiatodistus. Hakupäivä 24.4.2014.

Ikkunat. Skaala. Saatavissa: <http://www.skaala.com/ikkunat.html>. Hakupäivä

20.4.2014.

Lämminvesivaraajat. Nibe. Saatavissa:

<http://www.nibe.fi/Tuotteet/Lamminvesivaraajat/>. Hakupäivä 20.4.2014.

Rakennekirjasto. 2013. Isover. Saatavissa:

<http://www.isover.fi/suunnittelu/rakennekirjasto>. Hakupäivä 1.4.2014.

SunAIR-LTO-laitteet. 2012. Airwise. Saatavissa:

<http://www.airwise.fi/Tuotteet/SunAIR/SunAIR-LTO-laitteet/Hyoetysuhde-yli-80/SunAIR-RW-130-EC>. Hakupäivä 20.4.2014.

Ulko-ovet. Skaala. Saatavissa: <http://www.skaala.com/ulko-ovet.html>. Hakupäivä 20.4.2014.

LIITTEET

LIITE 1. Laskentapalvelut.fi, energiatodistus perussuunnitteluratkaisu

LIITE 2. Lomit Junior 12, energiatodistus perussuunnitteluratkaisu

LIITE 3. Energiatodistus lopullinen suunnitteluratkaisu

LIITE 4. Tasauskalkelma lopullinen suunnitteluratkaisu

LIITE 5. Lähtötietomuistio

ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite: **Uudispientalo**
Siikajoki

Rakennustunnus: **RAM3SA**
Rakennuksen valmistumisvuosi: **2014**

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: **Yhden asunnon talot (Erilliset pientalot)**

Todistustunnus:

	Energiatodistusluokka
A	
B	
C	
D	D
E	
F	
G	

Uudisrakennusten
määritystaso 2012

Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

178
kWh/m²/vuosi

Todistuksen laatija:

Yritys:

Allekirjoitus:

Todistuksen laajimispäivä:

31.4.2014

Viimeinen voimassaolopäivä:









31.4.2024

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot (Erilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistusvuosi	2014	Lämmitetty nettoala	195	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	1	m ³ /(h m ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöstä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	198.10	0.17	32.69	23.01
Yläpohja	167.20	0.09	15.05	10.59
Alapohja	156.00	0.16	24.96	17.57
Ikkunat	41.93	1.00	41.93	29.51
Ulko-ovet	6.21	1.00	6.21	4.37
Kylmäsiilat	-	-	21.24	14.95
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	g _{kontteeraus} -arvo	
	m ²	W/(m ² K)	-	
Pohjoinen	11.98	1.00	0.65	
Itä	4.53	1.00	0.65	
Etelä	9.31	1.00	0.65	
Länsi	16.11	1.00	0.65	
Vaakatasa	-	-	-	
Vaakatasa (kattokupu)	-	-	-	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Sunair RW 130-EC (39-128 L/s) (2 kpl)			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto C
Pääilmanvaihtokoneet	0.078 / 0.078	1.53	>79.2	-9.00
Erillispoistot	-	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.078 / 0.078	1.53	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		79.2 %		
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys		Lämpö- kerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² vuosi)
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuk- sen hyötysuhde		
Tilojen ja iv:n lämmitys	1.00	92 %		0.50
LKV:n valmistus	1.00	92 %		0.00
<small>(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle</small>				
<small>(2) lämpöpumpujärjestelmästä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökerrotimeen</small>				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	2	4000		
Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	371.00	22		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	60 %	2.00	3.00	
Valaistus	10 %			8.00

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot (Eiilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2014			
Lämmitetty nettoala, m ²	196			
E-luku, kWhE/(m ² vuosi)	178 (> raja=150)			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi kWhE/(m ² vuosi)	
Sähkö	18839	1.70	32026	164.2
Uusiutuva polttoaine (Puu)	5000	0.50	2500	12.8
YHTEENSÄ	23839		34526	177.1
Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		0.5	37.3	
Tuloilman lämmitys		0.8		
Lämpimän käyttöveden valmistus			30.1	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		5.4		
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus		22.8		
YHTEENSÄ		29.2	67.4	0
(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		9392	48	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		112	1	
Lämpimän käyttöveden valmistus		4200	22	
Jäähdytys		0	0	
(2) sisältää vuottilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
(3) laskettu ilmnöytäteeton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/a	kWh/(m ² a)	
Aurinko		10340	53.03	
Ihmiset		2050	10.51	
Kuluttajalaitteet		3075	15.77	
Valaistus		1367	7.01	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		650	3.33	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		www.laskentapalvelut.fi, versio 1.2 (15.12.2013)		

ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite:	Laskenta
Rakennustunnus:	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	2014
Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka:	Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivij- ja ketjutalot
Todistustunnus:	

	Energiatehokkuusluokka
	
	
	
	
	
	
	

Uudisrakennusten määräyslause 2012

Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	178 kWh _E / (m ² vuosi)
---	---

Todistuksen laatija:	Yritys:
Allekirjoitus:	
Todistuksen laatimispäivä: 6.5.2014	Viimeinen voimassaolopäivä: 6.5.2024

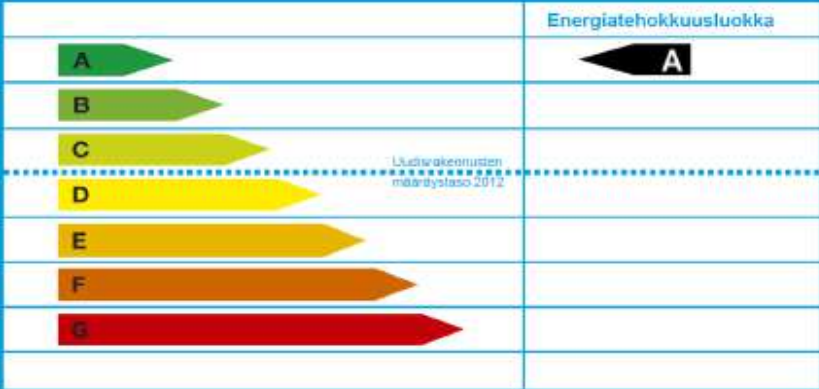
Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus													
Lämmitetty nettoala	195 m ²												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen tulo-poisto LTO												
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)			-	kWhE/(m ² vuosi)							
Sähkö	18643	96	1.7	163									
Uusiutuva polttoaine	5833	30	0.5	15									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	4441	23	1.7	39									
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				178									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko	Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ... 79</td> <td>B: 80 ... 123</td> <td>C: 124 ... 159</td> </tr> <tr> <td>D: 160 ... 239</td> <td>E: 240 ... 369</td> <td>F: 370 ... 439</td> </tr> <tr> <td>G: 440 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ... 79	B: 80 ... 123	C: 124 ... 159	D: 160 ... 239	E: 240 ... 369	F: 370 ... 439	G: 440 ...		
A: ... 79	B: 80 ... 123	C: 124 ... 159											
D: 160 ... 239	E: 240 ... 369	F: 370 ... 439											
G: 440 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	D												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, 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, sulanapitoilämmitykset ja ulkovaivat eivät sisälly E-lukuun.</p>													

ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET	
Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi	
Tämä osio ei koske uudisrakennuksia	
<p>Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpiste-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".</p>	

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutilat			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2014	Lämmitetty nettoala	195	m ²
Rakennusvaihe				
Ilmanvuotoluku q_{v0}	1	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	U×A W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Alapohja	156.00	0.16	24.96	17.56
Yläpohja YP1	167.20	0.09	15.05	10.58
Selmä US1	198.10	0.17	32.69	22.99
Ovi UO1	4.20	1.00	4.20	2.95
Ovi UO2	2.10	1.00	2.10	1.48
Ikkunat	41.93	1.00	41.93	29.49
Kylmäsiilat	-	-	21.24	14.94
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	g_{istruus}-arvo -	
Pohjoinen	11.98	1.00	0.65	
Itä	4.53	1.00	0.65	
Etelä	9.31	1.00	0.65	
Länsi	16.11	1.00	0.65	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen tulo-poisto LTO			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisenesto °C
Ilmanvaihto	0.078 / 0.078	1.53	0.79	-1
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:	0.79			

Lämmitysjärjestelmä					
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:		Vesikiertoinen lattialämmitys			
		Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökertoim¹	Apulaitteiden sähkönkäyttö² kWh/(m ² vuosi)
		-	-	-	
Tilojen lämmitys					
	SÄHKÖ	1.00	0.92	-	0.50
	PUU	0.80	1.00	-	0.00
	PUU	0.60	1.00	-	0.00
Käyttöveden lämmitys					
	SÄHKÖ	1.00	0.92	-	0.00
¹ vuoden keskimääräinen lämpökertoim lämpöpumpulle					
² lämpöpumpujärjestelmästä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökertoimeen					
		Määrä kpl	Tuotto kWh		
	Varaava tulsija	2	4000.00		
	Ilmalämpöpumppu	0	0.00		
Jäähdytysjärjestelmä					
		Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
		-			
Jäähdytysjärjestelmä		0			
Lämmin käyttövesi					
		Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi		369.23	21.54		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttäoasteilla					
		Käyttöaste -	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot		0.60	2.00	3.00	8.00

ENERGIATODISTUS	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Laskenta
Rakennustunnus:	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	2014
Rakennuksen käyttötarkoituusluokka:	Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivli- ja ketjutalot
Todistustunnus:	
	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	77 kWh _e / (m ² vuosi)
Todistuksen laatija:	Yritys:
Allekirjoitus:	
Todistuksen laatimispäivä: 7.5.2014	Viimeinen voimassaolopäivä: 7.5.2024

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus													
Lämmitetty nettoala	195 m ²												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen tulo-poisto LTO												
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)			-	kWhE/(m ² vuosi)							
Sähkö	8798	45	1.7	77									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	4441	23	1.7	39									
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				77									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko	Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutilat												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ... 79</td> <td>B: 80 ... 123</td> <td>C: 124 ... 159</td> </tr> <tr> <td>D: 160 ... 239</td> <td>E: 240 ... 369</td> <td>F: 370 ... 439</td> </tr> <tr> <td>G: 440 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ... 79	B: 80 ... 123	C: 124 ... 159	D: 160 ... 239	E: 240 ... 369	F: 370 ... 439	G: 440 ...		
A: ... 79	B: 80 ... 123	C: 124 ... 159											
D: 160 ... 239	E: 240 ... 369	F: 370 ... 439											
G: 440 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	A												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, 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, sulanapitoiämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET													
Keskiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi													
Tämä osio ei koske uudisrakennuksia													
<p>Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpite-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".</p>													

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutilat			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2014	Lämmitetty nettoala	195	m ²
Rakennusvalppa				
Ilmanvuotoluku q ₅₀	1	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	U×A W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Alapohja	156.00	0.09	14.04	15.61
Yläpohja YP1	167.20	0.05	8.36	9.29
Seinä US1	198.10	0.09	17.83	19.82
Ovi UD1	4.20	0.66	2.77	3.08
Ovi UD2	2.10	0.66	1.39	1.54
Ikkunat	41.93	0.58	24.32	27.04
Kylmäsiilat	-	-	21.24	23.62
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	g_{ikkunat}-arvo -	
Pohjoinen	11.98	0.58	0.65	
Itä	4.53	0.58	0.65	
Etelä	9.31	0.58	0.65	
Länsi	16.11	0.58	0.65	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen tulo-poisto LTO			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisenesto °C
Ilmanvaihto	0.039 / 0.039	1.00	0.87	-1
Ilmanvaihto	0.039 / 0.039	1.00	0.87	-1
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:	0.87			

Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:		Vesikiertoinen lattialämmitys		
		Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin ¹
		-	-	-
Tilojen lämmitys				Apulaitteiden sähkönkäyttö ² kWh/(m ² vuosi)
ML	-	0.80	4.77	2.50
LKV	-	0.92	4.77	0.00
Käyttöveden lämmitys				
LKV	-	0.92	2.79	0.00
<small>¹ vuoden keskimääräinen lämpöeroin lämpöpumppu</small> <small>² lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpöeröihin</small>				
		Määrä kpl	Tuotto kWh	
Varaava tulisija	0	0.00		
Ilmalämpöpumppu	0	0.00		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
	-			
Jäähdytysjärjestelmä	0			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	369.23	21.54		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
	-			
Luokka 1: Erilliset pientalot sekä riv- ja ketjutalot	0.60	2.00	3.00	8.00

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoituksluokka	Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2014			
Lämmitetty nettoala, m ²	195			
E-luku, kWhE / (m ² vuosi)	77 / 159			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi kWhE/(m ² vuosi)	
Sähkö	8798	1.7	14956	77
YHTEENSÄ	8798		14956	77
Uusiutuva omavaraenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Lämpöpumppu		10778	55	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
	Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Kaukolämpö kWh/(m ² vuosi)	Polttoaine kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
ML				
Tilojen lämmitys ²	0.03	0.00	0.00	0.00
LKV				
Tilojen lämmitys ²	4.86	0.00	0.00	0.00
Lämpimän käyttöveden valmistus	11.45	0.00	0.00	0.00
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	3.50	-	-	-
Lämmönjakojärjestelmän apulaitteet	2.50	-	-	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus	22.78	-	-	-
YHTEENSÄ	45.12	0.00	0.00	0.00
¹ Ilmanvaihdon tulolman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys ²		4182.89	21.45	
Ilmanvaihdon lämmitys ²		0.00	0.00	
Lämpimän käyttöveden valmistus		4200.00	21.54	
² sisältää vuotolman, korvausilman ja tulolman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				

Lämpökuormat		
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Aurinko	12236.89	62.75
Henkilöt	2049.65	10.51
Kuluttajalaitteet	3074.47	15.77
Valaistus	1366.43	7.01
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä	850.00	4.36

Laskentatyökalun nimi ja versionumero	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	Energiajunior 12.5

Energiatodistuksen laskenta on suoritettu Imit.fi:n kuukausittaisen laskentamootorilla. Laskentamootori perustuu Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan D5, ja sitä on tarkennettu soveltavilla osin EN -standardien kuten ISO EN 13790 pohjalta. Laskentamootori on validoitu ASHRAE 140-2011 standardin kaappaleen 7 mukaan. Laskentamootoria voidaan käyttää Suomen rakentamismääräysten mukaisen uudisrakennuksen energiaselvityksen ja energiatodistuksen laskentaan rakennuksilla, joissa ei ole aktiivista jäähdytysjärjestelmää. Laskentamootoria voidaan käyttää energiatodistuksen tekemiseen myös mille tahansa olemassa olevalle rakennukselle.

ID 12.5.895.5725

1/2

Tasauslaskenta

Rakennuskohde	Laskenta
Rakennustunnus	, ,
Osoite	
Rakennuksen käyttötarkoituusluokka	Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot
Rakennustyyppi	Omakotitalo
Tasauslaskelman tekijä:	Pekka Pelttari
Päiväys	7.5.2014
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Kerrostasoala	285,00 m ²
Julkisivun pinta-ala	246,33 m ²
Vaipan pinta-ala	569,53 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	195,00 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	0,00 m ²
Rakennusluokka	1
Rakennuksen kerrosmäärä	2

Perustiedot Vyöhyke: Vyöhyke pääasunto RAKENNUSOSAT	Pinta-alat [A], m ²		U-arvot [U], W/(m ² K)			Lämpöhäviöiden taseus Ominaislämpöhäviö [H = A * U], W/K	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämmin tila							
Seinä US1	197,28	198,10	0,17	0,60	0,09	33,54	17,83
Yläpohja YP1	167,20	167,20	0,09	0,60	0,05	15,05	8,36
Alapohja	156,00	156,00	0,16	0,60	0,08*	24,96	12,34
Ikkuna	12,21	11,98	1,00	1,80	0,58	12,21	6,95
Ikkuna	4,62	4,53	1,00	1,80	0,58	4,62	2,63
Ikkuna	9,49	9,31	1,00	1,80	0,58	9,49	5,40
Ikkuna	16,43	16,11	1,00	1,80	0,58	16,43	9,34
Ovi UO1	4,20	4,20	1,00	1,80	0,66	4,20	2,77
Ovi UO2	2,10	2,10	1,00	1,80	0,66	2,10	1,38
Yhteensä	569,53	569,53				122,60	67,01

* U-arvo sisältäen maan lämmönvastuksen (rakenteen u-arvo lähtötietolomakkeessa)

VAIPAN ILMANVUODOT	Ilmanvuotoluku [q ₅₀], m ³ /(h m ²)				Ominaislämpöhäviö [H = 1200 * q], W/K	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo			Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Vuotoilma						
Lämmin tila	2,00	1,00			13,18	6,59
ILMANVAIHTO	Poistoilmavirta [q], m ³ /s		Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, [h], %		Ominaislämpöhäviö [H = 1200 * q * (1-h)], W/K	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Hallittu ilmanvaihto						
Ilmanvaihto	0,04	0,04	0,45	0,87	21,45	5,11
Ilmanvaihto	0,04	0,04	0,45	0,87	21,45	5,11
					Ominaislämpöhäviö [H], W/K	
Vyöhykkeen lämpöhäviöiden taseus					Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimän tilan ominaislämpöhäviö yhteensä					178,68	83,82
					Ominaislämpöhäviö [H], W/K	
Rakennuksen lämpöhäviöiden taseus					Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					178,68	83,82
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					0,00	0,00



LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ Pekka Pelttari RAM3SA 044 5550297 pekka.pelttari at suomi.net	Tilaaaja ²
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³	
	Työn nimi ⁴ A ENERGIALUOKAN RAKENNUSSUUNNITTELU	
	Työn kuvaus ⁵ Työssä selvitetään ja käydään E-luvun laskemisen teoria RakMK D5 mukaisesti. Esimerkki suunnitelukohteen avulla havainnollistetaan rakenteet, joilla A-energialuokan pientalo voidaan toteuttaa. Laskelmat tehdään kahdella E-luvun laskentaan tarkoitettulla ohjelmistolla ja vertaillaan tuloksia toisiinsa.	
	Työn tavoitteet ⁶ Työ tavoitteena selvittää rakenteet ja järjestelmät, joilla saavutetaan pientalon E-luvuksi A-luokka.	
	Tavoiteaikataulut ⁷	
Päiväys ja allekirjoitukset ⁸		
27/03/2014 Tekijän allekirjoitus Pekka Pelttari		/ / Tilaaajan allekirjoitus
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. 2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi. 3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta. 4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan. 5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat. 6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet. 7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa. 8. Lähtötietomuistio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö 		

