

Laura Lippo

**ENERGIATEHOKKUUTEEN JA HIILIJALANJÄLKEEN VAIKUTTAMINEN PIEN-
TALOJEN ARKKITEHTISUUNNITTELUSSA**

ENERGIATEHOKKUUTEEN JA HIILIJALANJÄLKEEN VAIKUTTAMINEN PIEN- TALOJEN ARKKITEHTISUUNNITTELUSSA

Laura Lippo
Opinnäytetyö
Syksy 2023
Rakennusarkkitehdin koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusarkkitehdin koulutusohjelma

Tekijä(t): Laura Lippo

Opinnäytetyön nimi: Energiatehokkuus pientalon arkkitehtisuunnittelussa

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Impact of Energy Efficiency and Carbon Footprint on Architectural Design of Detached Houses

Työn ohjaaja(t): Kai Tolonen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Syksy 2023

Sivumäärä: 55 + 5 liitettä

Työn aiheena on pientalon energiategokkuutta, hiilijalanjälkeä ja asumisen elinkaarta parantavien ratkaisujen tutkiminen. Työssä keskitytään pientalotoimittajalle soveltuviin ratkaisuihin.

Työssä vertaillaan kahta lähtökohtaisesti samanlaista erillispientaloa, joista toiseen versioon etsitään sellaisia energiategokkuutta parantavia ratkaisuja, joihin arkkitehtisuunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa. Molemmille rakennuksille lasketaan energialaskelmat, rakennusmateriaalien ja ostoenergian hiilijalanjäljen laskenta OneClick (LCA) -ohjelmalla, jossa viiteaineistona toimii Level(s) elinkaariarviointi (EN15804 +A1). Lisäksi tutkitaan rakennuksen soveltuvuutta ihmisen elinkaareen esteettömyysselvityksen avulla sekä pohtimalla erilaisten elämäntilanteiden tilantarpeita tilakohtaisesti.

Energiategokkuuteen ja hiilijalanjälkeen vaikuttavia ratkaisuja etsittiin rakennusosien U-arvoja parantaen, lämmitettävää tilavuutta pienentäen ja puolilämpimiä tiloja lisäten. Muutosten vaikutusta arvioitiin materiaalien ja ostoenergian hiilijalanjäljen määrällä, ja ratkaistiin kohdat sen mukaan, mikä lopputuloksen kannalta oli suotuisin. Työssä otettiin huomioon samalla asumisen tilantarpeet ja tilallisuus viihtyvyyden kannalta.

Energialaskelmien tuloksena saatiin selville, että eniten energiategokkuuteen on vaikutusta U-arvojen parantamisella ja tilavuuden pienentämisellä. Puolilämpimien tilojen lisääminen rakennuksen puskurivyöhykkeiksi parantaa energiategokkuutta kohtalaisesti.

Hiilijalanjäljen laskennassa saatiin selville, että käytettyjen materiaalien kierrätysasteella on suuri merkitys tulokseen. Lisäksi alkuperältään orgaanisten tuotteiden käyttö vähentää huomattavasti hiilijalanjälkeä verraten synteettisiin materiaaleihin.

Lasketulla esimerkillä E-lukua saatiin parannettua 17 yksikön verran ja vähennys vuotuisen ostoenergian määrään oli 1019 kWh / vuosi. Ostoenergian vähennyksen vaikutus hiilijalanjälkeen on 10 t CO₂e. Kokonaisuudessaan hiilijalanjälkeä saatiin pienennettyä 6,64 kg CO₂e / m² / vuosi.

Asiasanat: Energiategokkuus, hiilijalanjälki, pientalon arkkitehtisuunnittelu, elinkaariajattelu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in in Construction Architecture

Author(s): Laura Lippo

Title of thesis: Impact of Energy Efficiency and Carbon Footprint on Architectural Design of Detached Houses

Supervisor(s): Kai Tolonen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2023

Number of pages: 55 + 5 appendices

The topic of the work is to research solutions that improve the energy efficiency, carbon footprint and life cycle of housing in a detached house. The work focuses on solutions suitable for manufacturers of detached houses.

The work compares two basically similar detached houses, from which solutions that improve energy efficiency are sought for the second version, which can be influenced during the architectural design phase. For both buildings, energy calculations, calculation of the carbon footprint of building materials and purchased energy are calculated using the OneClick (LCA) program based on the Level(s) life cycle assessment (EN15804 +A1) reference material. In addition, the suitability of the building is investigated with the help of an accessibility survey of the human life cycle and by considering the space needs of different life situations on a space-by-space basis.

Solutions affecting energy efficiency and carbon footprint were sought by improving the U-values of building components, reducing the volume to be heated, and adding semi-warm spaces. The effect of the changes was evaluated by the amount of the carbon footprint of the materials and purchased energy, and the points were resolved according to which was the most favorable in terms of the result. At the same time, the work considered the space requirements of living and the spaciousness in terms of comfort.

As a result of the energy calculations, it was found that improving the U-values and reducing the volume has the greatest effect on energy efficiency. Adding semi-warm spaces as buffer zones in the building moderately improves energy efficiency.

In the calculation of the carbon footprint, it was found out that the recycling rate of the used materials has a great importance for the result. In addition, the use of products of organic origin significantly reduces the carbon footprint compared to synthetic materials.

With the calculated example, the E-number could be improved by 17 units and the reduction to the annual amount of purchased energy was 1019 kWh / year. The impact of the purchase energy reduction on the carbon footprint is 10 t CO₂e. In total, the carbon footprint was reduced by 9.55 kg CO₂e / m² / year.

Keywords: Energy efficiency, carbon footprint, architectural design, life cycle thinking

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
	ENERGIATEHOKKUUDEN KÄSITE RAKENNUSALALLA	8
1.1	Energiatehokkuuden määritelmä rakennusalalla	8
1.2	Hiilijalanjälki	12
1.3	Hiilijalanjäljen laskenta	12
2	PIENTALOJA KOSKEVAT ENERGIAMÄÄRÄYKSET	11
2.1	Rakennuksen energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset	9
2.2	Vähähiilisen rakentamisen tiekartta	11
3	EKOTEHOKKUUDEN HAASTEET PIENTALOASUMISESSA	14
3.1	Asumismuodon suosio Suomessa	14
3.2	Pientaloasumisen haasteet ekotehokkuuden kannalta	15
4	ELINKAARIAJATTELU	16
4.1	Elinkaariajattelu ja -arviointi	16
4.2	Rakennuksen ja sen käyttäjien elinkaari	17
4.3	Lapsiperheen ja aikuisten asumistarpeet	18
4.4	Vanhusten ja vammaisten asumistarpeet	19
5	ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEN KEINOT ARKKITEHTISUUNNITTELUSSA	21
5.1	Tilankäytön tehokkuus	21
5.2	Rakennuksen muodon vaikutus	22
5.3	Suuntaus ja pienilmasto	22
5.4	Ikkuna-aukotus	23
5.5	Aurinkosuojaus	24
5.6	Hukkalämmön hyödyntäminen	25
5.7	Ekotehokkaat rakennusmateriaalit	26
5.8	Energiatehokkaat rakenneratkaisut ja rakennusosat	26
6	ESIMERKKIKOHTIEN VERTAILU	28
6.1	Taustatiedot	28

6.2	Tontin mikroilmasto	33
6.3	Ympäristövaikutukset ilman ekotehokkaita valintoja.....	33
6.4	Tilojen tarpeellisuuden arviointi elinkaariajattelun kautta ja muutokset.....	34
6.5	Ratkaisut hiilijalanjäljen pienentämiseksi.....	39
6.6	Ympäristövaikutukset ekotehokkaammalla ratkaisulla.....	44
7	YHTEENVETO	49
	LÄHTEET.....	52

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutoksen hidastaminen on meidän kaikkien vastuulla. Rakentaminen ja asuminen vievät suuren osan käyttämästämme energiasta. Suomessa kaikesta käyttämästämme energiasta noin 40 % kuluu rakennuksiin. Energiatehokkuudella on näin ollen erittäin merkittävä rooli ilmaston lämpenemisen estämisessä, ja erilaisia keinoja tämän edistämiseksi on kehitettävä. (27.)

Tämä opinnäytetyö keskittyy arkkitehdin mahdollisuuksiin vaikuttaa rakennuksen lopulliseen energiatehokkuuteen ja hiilijalanjälkeen suunnitteluvaiheen ratkaisuilla. Työssä huomioidaan asumisen elinkaaren eri vaiheet sekä asumisen viihtyvyys. Työssä keskitytään pientaloihin, joissa käytetään rakennusteknisesti kannattavia ratkaisuja ja joita myös pientalotoimittajan on järkevää käyttää.

Arkkitehtisuunnittelulla on valtava merkitys rakennuksen lopulliseen energiatehokkuuteen, kun rakennuksen merkittävimmät ratkaisut määritellään. Nämä ratkaisut määrittävät rakennuksen lämmityksen tarpeen. Lämmitystarpeen vähentäminen on energiatehokkaan rakentamisen kulmakivi. Tilojen lämmitystarpeeseen vaikuttavat rakennuksen tilavuuden lisäksi lämmöneristystaso, ulkovaipan ilmanpitävyys ja lämmön talteenotto ilmanvaihdosta. (2. s.22)

Näistä lähtökohdista arkkitehdillä tulee olla keinoja vaikuttaa lopulliseen hiilijalanjälkeen, ja ymmärrystä siitä, minkä verran erityyppiset ratkaisut vaikuttavat lopputulokseen. Opinnäytetyössä keskitytään nimenomaan arkkitehdin työkaluihin ja rajataan LVIS-tekniikan osuus pois aihealueesta, eli työssä ei oteta kantaa esimerkiksi lämmitysmuotoon tai ilmanvaihtolaitteistoon.

PIENTALOJEN ENERGIATEHOKKUUDEN KÄSITE JA MÄÄRÄYKSET

1.1 Pientalojen energiatehokkuuden määritelmä

Energiatehokkuus tarkoittaa energian käytön vähentämistä ja parempaa tehokkuutta samalla energiamäärällä. Energiatehokkaalla rakentamisella tarkoitetaan nykyään lähes poikkeuksetta matalaenergia-, passiivenergia- tai lähes nollaenergiarakentamista. (15.)

Energialuokka määritellään rakennuksen laskennallisesta E-luvusta (kWh/m²/vuosi), ja energiatehokas talo kuuluu energialuokkaan A. E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vakioituun käyttöön perustuva vuotuinen ostoenergiankulutus lämmitettyä nettoalaa kohden. Rakentamismääräykset edellyttävät uudelle talolle vähintään luokkaa B. (15.)

Matalaenergia nimitystä käytetään rakennuksista, joissa kokonaisenergiankäytöstä puolet kuluu lämmitykseen, kolmasosa valaistukseen ja loppuosa jää kodinkoneille ja käyttöveden lämmitykselle. Nykyisten rakentamismääräysten mukaisesti matalaenergiatalon laskennallisten lämpöhäviöiden osuus tulisi olla enintään 85 prosenttia vertailulämpöhäviöstä. (14.)

Passiivitalojen energiatehokkuus perustuu rakenteelliseen energiatehokkuuteen. Se kuluttaa hyvin vähän lämmitysenergiaa, sillä VTT:n määritelmän mukaan passiivenergiatalo käyttää lämmitysenergiaa Etelä-Suomessa noin 20 kWh/brm² vuodessa ja Pohjois-Suomessa noin 30 kWh/brm² vuodessa. (14.)

Nolla- ja plusenergiatalojen toteutus perustuu passiivitalorakenteisiin, johon lisätään uusiutuvaa omavaraisenergiantuotantoa. Energiantuotantoa tulee olla vähintään sen verran, että sillä saavutetaan vähintään energiatuotannon ja -kulutuksen nollatase. Nimensä mukaisesti plusenergiatalo tuottaa enemmän energiaa kuin se itsessään kuluttaa. (14.)

1.2 Pientalon energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset

Maankäyttö- ja rakennuslaissa luvussa 16 § 117 g on määritelty rakennuksen energiatehokkuudesta seuraavasti: Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että energiaa ja luonnonvaroja kuluu säästeliäästi. Energiatehokkuuden vähimmäisvaatimusten täytyminen on osoitettava laskelmilla. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132, 117 g §.)

Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 4. § on määritelty vähimmäisvaatimusten raja-arvot rakennuksen E-luvulle, joka on laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku. E-luvun raja-arvot on määritelty käyttötarkoitukseluokittain, jotka on esitetty kuvassa 1. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 4 §.)

Käyttötarkoitukseluokka	E-luvun raja-arvo kWh _e /(m ² a)
Luokka 1) Pienet asuinrakennukset:	
a) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on 50–150 m ²	200–0,6 A_{netto} (170 – 110)
b) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 150 m ² kuitenkin enintään 600 m ²	116–0,04 A_{netto} (110 – 92)
c) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 600 m ²	92
d) Rivitalo ja asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia enintään kahdessa kerroksessa	105

Kuva 1. Pientalojen E-luvun raja-arvot (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 4 §.)

Lisäksi asetuksen 24. § on määritelty lämmönläpäisykertoimien laskennassa käytettävät vertailuarvot kuvan 2 mukaisesti, ja rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku on oltava enintään 4 m³/(h m²). (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 24 §)

Lämpimät tilat	Lämmönläpäisykertoimen vertailuarvo W/(m ² K)
a) Seinä	0,17
b) massiivipuseinä, vähintään 180 mm	0,40
c) yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09
d) ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17
e) maata vasten oleva rakennusosa	0,16
f) ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0

Kuva 2. Ulkovaipan vertailuarvot ja massiivipuurakenteen huomioiminen (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 24 §)

2 PIENTALOJA KOSKEVAT ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA HIILIJALANJÄLJEN LASKENTA

2.1 Vähähiilisen rakentamisen tiekartta

Suomen tavoitteena on olla vuonna 2035 hiilineutraali ja pian sen jälkeen hiilinegatiivinen. Tavoite on kirjattu nykyiseen ilmastolakiin. Suomi on pyrkimässä tavoitteeseen 15 vuotta aiemmin kuin EU kokonaisuutena ja ensimmäisten hyvinvointivaltioiden joukossa koko maailmassa. (11.) Hallitus on sitoutunut uudistamaan EU:n omaa ilmastopolitiikkaa, jolla se pyrkii rajaamaan omalta osaltaan maapallon keskilämpötilan nousemisen 1,5 astetta. Tämä tavoite vaatii rakennusalalta hiilijalanjäljen pienentämistä sekä olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden lisäämistä. (9.)

Ympäristöministeriön tavoitteena on, että rakentamisen ja sen elinkaaren aiheuttamaa hiilijalanjälkeä ohjataan lainsäädännöllä vuoteen 2025 mennessä. Ympäristöministeriö on tehnyt selvityksen vuonna 2017, jolla vähennetään rakentamisen ja rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeä, sekä edistetään rakentamista koskevia ilmastotavoitteita. Tämän selvityksen pohjalta ympäristöministeriö julkisti kolmivaiheisen tiekartan rakennuksen elinkaaren hiilidioksidipäästöjen ohjaukseen, johon siirrytään tavoiteaikaan mennessä. (29.)

Rakennusmateriaalien osuus rakennuksen elinkaaren kasvihuonepäästöistä on oleellinen ja sen suhteellinen osuus kasvaa rakennusten muun energiatehokkuuden parantuessa. Suurin osa rakennusmateriaalien aiheuttamista päästöistä syntyy valmistusvaiheessa. (29.)

Tällä hetkellä päästöjä ohjataan vapaaehtoisilla rakennusten ympäristöarviointimenetelmillä, joita ovat esimerkiksi Rakennustiedon ympäristöluokitus, kansainvälinen LEED ja brittiläinen BREEAM, sekä EU:n komission käytössä oleva Level(s)-ympäristöraportointijärjestelmä. (29.)

Tuleva säädösohjaus kohdistuu ensisijaisesti uudisrakentamiseen ja rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen ohjaukseen. Koko elinkaaren päästöjä arvioidaan eurooppalaisen standar-

doidun laskentamenetelmän avulla. Sitoviin raja-arvoihin ja sääntöihin on tarkoitus siirtyä asteittain vapaaehtoisen pilotoinnin, julkisten hankintojen ja tärkeimpien rakennustyyppien kautta. (29.)

Ympäristöministeriön valmisteleman rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmän avulla on tarkoitus helpottaa rakentamisen ilmastovaikutusten laskentaa. Se kattaa rakennuksen koko elinkaaren rakennustuotteiden valmistuksesta asti niiden purkamiseen ja kierrätykseen, mukaan lukien kuljetukset, työmaatoiminnot sekä käyttöön ja korjauksiin liittyvät tapahtumat. Arviointimenetelmä on julkaistu vuonna 2019 ja sitä on sen jälkeen päivitetty. Lopullinen arviointimenetelmän ohje julkaistaan, kun kyseinen ympäristöministeriön asetus astuu voimaan. (29.)

2.2 Hiilijalanjälki

Ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan yleensä kasvihuonekaasupäästöjä. Rakennukselle määritellään ympäristötavoite pohjautuen energiankäytön CO₂e-päästöihin tai rakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjälkeen. Suomalaisen rakentamisen tärkeimmät ohjeistukset hiilijalanjäljen laskentaan on esitetty standardissa EN 15978. (17, s. 17.)

Rakennuksen hiilijalanjälki määräytyy pitkälti suunnitteluvaiheen aikana, sillä tässä vaiheessa tehdään merkittävimmät päästöihin vaikuttavat päätökset rakennuksen elinkaareen nähden. Rakennuksen valmistuttua hiilijalanjälkeen vaikuttaminen on hyvin rajallista. Energiatavoitteiden lisäksi oleellisimpia päästöihin vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa rakennuspaikka, massoitelu, lämmitettävä tilavuus, materiaalivalinnat ja lämmitysmuoto. Oleellisia keinoja tavoitteelliseen energiatehokkuuteen pääsemiseksi ovat uusiutuvan energian ja materiaalien käyttö, kierrätysmateriaalien hyödyntäminen, laadukkaiden materiaalien käyttö sekä turhan materiaalin minimointi. (20.)

2.3 Hiilijalanjäljen laskenta

Hiilijalanjäljen laskentaan on kehitetty useita laskentapohjia, mutta selkein ja luotettavin tapa hiilijalanjäljen laskentaan on käyttää valmista työkalua, joka sisältää valmiin ja ajantasaisen päästötietokannan, sekä tukee valittua laskentamenetelmää. Suomalaisen Bionovan kehittämä One

Click LCA -elinkaarilaskentatyökalu sisältää yli 10 000 rakennusmateriaalin päästötietokannan. (20.)

One Click LCA:n materiaalitietokanta perustuu standardin EN-15804 mukaisiin ympäristöselosteisiin. Materiaalitietokantaa päivitetään jatkuvasti, ja kolmas osapuoli hyväksyy ympäristöselosteiden mukaiset päästöt ennen ohjelmaan valikoituja päästötietoja. Näin ollen materiaalien tietokanta on ajantasainen ja luotettava. Ohjelmistossa valitaan laskentaan liittyvä arviointimenetelmä. (16.)

Hiilijalanjälki voidaan laskea rakennuksessa käytettävien materiaalien määrästä, materiaalien valmistuksen päästöistä sekä käyttäjästä, käyttöajan energiankulutuksesta ja energiamuodoista. Tämän lisäksi voidaan arvioida kuljetusten, työmaan ja elinkaaren loppuvaiheen vaikutuksia päästöihin, tai tarvittaessa arvioinnin sijaan laskennassa voidaan käyttää myös näille osioille oletusarvoja. (20.)

3 EKOTEHOKKUUDEN HAASTEET PIENTALOASUMISESSA

3.1 Asumismuodon suosio Suomessa

Suomi on kaupungistumassa kovaa vauhtia, mihin vaikuttavat muun muassa kaavoitus ja palveluiden saatavuus. Kaavoitus ja asuntorakentaminen on painottunut kasvukeskuksiin, ja erityisesti kerrostaloihin. (8, s. 20.) Valtaosa suomalaisista haluaisi silti asua pientalomaisesti (6, s. 86). Kaupunkien lähiseutujen uudet asuinalueet houkuttelevat lapsiperheitä palveluiden ja hyvien kulkuyhteyksien myötä. Pientaloasuminen on etenkin lapsiperheiden suosiossa, ja asumismuoto yleistyy tutkitusti lasten ollessa kouluiässä. Tutkimuksissa on osoitettu, että ainakin hyväosaiset lapsiperheet kaipaavat asumiselle tilaa, jota tarjoaa useimmiten kehyskuntien pientalovaltaiset asuinalueet. Tavallisesti muutolla halutaan tarjota lapsille paremmat elinolot ja -ympäristö. (21.)

Etätöyön yleistyminen vaikuttaa myös nykyisin ihmisten asumisratkaisuihin, kun tarvitaan lisätilaa työpisteelle, ja toisaalta asuminen ei ole enää niin sidottua työpaikan läheisyyteen. Tämä lisää ihmisten mahdollisuuksia ja vaihtoehtoja muuttamaan väljemmille asuinseuduille. (3, s. 8.)

Tutkimuksissa on todettu, että asutokunnista, joissa oli pelkästään 0–6-vuotiaita lapsia, 43 prosenttia asui vuoden 2020 lopulla pientalossa. Vastaava osuus asutokunnista, joissa oli kouluikäisiä, oli 60 prosenttia. Kymmenessä vuodessa pientaloasuminen on kokonaisuudessaan vähentynyt molemmissa ryhmissä muutaman prosenttiyksikön verran. Pienituloisissa lapsiperheissä osuus on vastaavasti laskenut lähes seitsemällä prosenttiyksiköllä. Keskituloisista asutokunnista, joissa oli kouluikäisiä lapsia, 64 prosenttia asui vuonna 2020 omakoti- ja paritaloissa, hyvätuloisista vastaava osuus oli 73 prosenttia. Keski- ja hyvätuloisilla kouluikäisten asutokunnilla omakoti- ja paritaloissa asuvien osuudet laskivat vain 1–2 prosenttiyksiköllä vuodesta 2010. Vaikka pientaloasuminen on vähentynyt ja trendi on edelleen vähenemään päin, se on silti merkittävä osuus suomalaisten asumismuotona. (21.)

3.2 Pientaloasumisen haasteet ekotehokkuuden kannalta

Asunnon lämmittämisellä on suurin vaikutus ilmastoon asumisen päästöjä ajatellen. Lämmitystarve riippuu lämmitettävän tilan koosta ja sen energiatehokkuudesta. Siksi asuminen tiiviisti ja energiatehokkaassa kodissa on ekotehokkuuden kannalta paras valinta. Pientalojen energiankulutuksessa on suuria eroja, sillä suomalaiset omakotitalot kuluttavat noin 20 000–40 000 kWh vuodessa, riippuen rakennuksen rakentamisajankohdasta sekä rakennuksen energiatehokkuudesta. (7.) Lämmityksen jälkeen asumisen päästöjä aiheuttaa eniten lämpimän veden kulutus sekä sähkön käyttö. Uudet rakennukset ovat hyvin energiatehokkaita. Jos myös lämmitysmuoto on valittu vähäpäästöiseksi, lämmityksen aiheuttamat päästöt ovat pienet. (24.)

Omakotitaloissa tilaa on henkilömäärään nähden tavallisesti enemmän kuin esimerkiksi kerrostaloasumisessa. Suuri tilavuus sekä alhaiset energialuokat tuovat haasteen erityisesti vanhemmille omakotitaloille, jotka rakenteellisesti ovat paljon energiaa kuluttavia ja lämmitysmuotoa ei ole päivitetty nykypäiväiseksi. Suomalaiset kodit ovat keskimääräisesti energialuokaltaan F-luokassa. Yhden luokan parannus vähentää kodin energiankulutusta 34 prosenttia, mikä kuvaa sitä, miten merkittävä säästö saadaan, kun vanhoja rakennuksia peruskorjataan energiatehokkaammiksi. (24.)

Tilankäytön tehokkuus suhteessa asujien määrään on myös huomioitava tätä tarkastellessa, sillä uuden talon energiatehokkuuden hyöty menetetään tilan kasvaessa. Esimerkiksi pienessä rintamamiestalossa asuva seitsenhenkinen perhe kuluttaa vähemmän energiaa, kuin suuressa passiivitalossa asuva pariskunta. (7.)

4 ELINKAARIAJATTELU

4.1 Elinkaariajattelu ja -arviointi

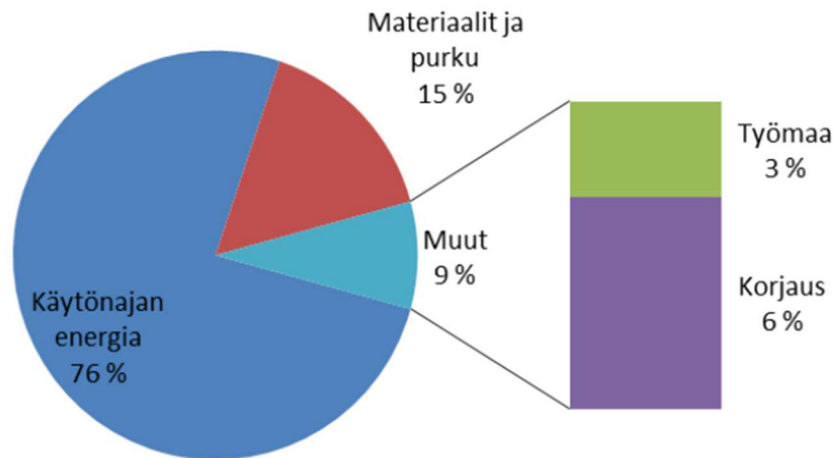
Elinkaariajattelu tarkoittaa pitkäjänteistä näkökulmaa rakennuksen rakentamisesta sen purkuun asti. Sillä pyritään ensisijaisesti vaikuttamaan rakennuksen energiankulutukseen koko elinkaaren aikana. Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa pyritään tekemään valintoja, joilla on mahdollisimman pitkä käyttöikä. Rakennukset tulee tehdä laadultaan pitkäikäisiksi, ratkaisuiltaan monikäyttöisiksi, muunneltaviksi ja korjattaviksi. Rakennuksen runko ja ulkovaippa ovat rakennusosia, joiden tulisi lähtökohtaisesti kestää koko elinkaaren ajan. Täydentäviä rakennusosia ja tekniikkaa voidaan päivittää ja korjata käyttöiän päättyessä ja tekniikan kehittyessä. Huoltotöiden tulee olla helposti tehtävissä. Myös elinkaaren päätös tulee huomioida rakennusosien ja -materiaalien kierrätettävyydellä. (28.)

Elinkaariarvioinnissa arvioidaan tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutuksia. Arviointitapaa käytetään myös rakennusalalla, ja sillä saadaan yleiskäsitys rakennuksen ekologisesta kestäväyydestä. Menetelmässä otetaan huomioon koko rakennuksen elinkaari alusta loppuun: raaka-aineiden hankinta, rakennustuotteiden valmistus, kuljetukset, rakentaminen, käyttö, ylläpito, korjaukset, purkaminen sekä materiaalien kierrättäminen. (5.) Elinkaariarviointi on yksi oleellinen osa Suomen maankäyttö- ja rakennuslain uudistusta. Elinkaariarvioinnin voi tehdä esimerkiksi OneClick LCA -ohjelmalla. (30.)

Rakennuksen elinkaari jaetaan viiteen eri vaiheeseen: tuotevaihe, rakennusvaihe, käyttövaihe, elinkaaren loppuvaihe sekä elinkaaren ulkopuoliset hyödyt ja haitat. Kahden ensimmäisen vaiheen arviointi on helppoa, sillä niihin voidaan vaikuttaa nykyhetkessä ja ne ovat lähitulevaisuuden vaiheita. Loput kolme vaihetta ovat vasta myöhemmässä tulevaisuudessa, ja niitä täytyy arvioida yleisiin oletuksiin perustuen. (5, s. 14.)

Kuvassa 3 on esitetty esimerkkikuvaaja hiilijalanjäljen jakautumisesta rakennuksen koko elinkaarelle. Tällä perusteella voi keskittyä olennaisimpiin kuluttaviin vaiheisiin ja tavoitella pienempää hiilijalanjälkeä. (4.)

Puutalon päästöt 100 vuodessa



KUVA 3. Esimerkki puutalon päästöjen jakautumisesta 100 vuodelle (4, s. 20).

Elinkaariarviointi tehdään sellaiselle ajanjaksolle, mille rakennus on lähtökohtaisesti suunniteltu ja sen edellytetään palvelevan. Tällöin voidaan kohtuullisesti arvioida rakennuksen ylläpitoon ja huoltoon liittyvät toimet. Tarkasteluajanjakso määrittää sen, kuinka monta vaihtokertaa tietyille rakennusosille laskennassa huomioidaan. Rakennustuotteiden käyttöiät vaikuttavat olennaisesti elinkaariarvioinnin tuloksiin, sillä mitä useammin tuote on vaihdettava, sitä enemmän energiaa kuluu ja hiilidioksidipäästöjä kertyy. Näin ollen mahdollisimman pitkäikäisten materiaalien käyttö on perusteltua, sillä oletettavasti niitä ei tarvitse vaihtaa elinkaaren aikana. (1, s. 26.)

4.2 Rakennuksen ja sen käyttäjien elinkaari

Eri elämäntilanteisiin kuuluvien laatuvaatimusten tarkastelu suunnittelussa on oleellista kestävien ratkaisujen näkökulmasta. Yleensä asuinrakennukset suunnitellaan sen ensimmäisten käyttäjien tarpeiden ja vaatimusten pohjalta. Ajan myötä arvostukset, odotukset ja tarpeet muuttuvat käyttäjien vaatimusten muuttuessa tai käyttäjien kokonaan vaihtuessa. On oleellista rakennuksen elin-

kaaren kannalta, että esimerkiksi huonejakoa voidaan muokata helposti, tai vesi- ja viemärikalusteiden sijoittelua voidaan muuttaa. (1, s. 28.)

Asunnon tilan, säilytystilan ja varustelutason tarve vaihtelee riippuen käyttäjän elämänvaiheesta. Siksi näiden määrää ja laatua on oltava mahdollisuus lisätä tarvittaessa. Asuntoja ei pidä arvioida pelkästään huoneluvun mukaan liian sitovasti. Tulee ottaa huomioon tilat, jotka voidaan jakaa tai yhdistää, ja pienissä asunnoissa avoimet tilaratkaisut soveltuvat moneen käyttötarkoitukseen. Varsinaisen asunnon varusteluun ja tilantarpeeseen vaikuttaa merkittävästi mahdollisten yhteistilojen käyttömahdollisuus lähialueilla sekä yhteiset huolto- ja leikkilat. Pientaloyhtiöissä voi olla yhteistä varastotilaa ja mahdollisia muita harrastetiloja. Omakotiasujilla näitä taloyhtiömuotoisia etuuksia ei luonnollisesti ole. (10, s. 16.)

Suunnitteluvaiheessa lähiympäristöä ja sen kehittämistä tulee tarkastella kokonaisuutena ja huomioida sen tuomat mahdollisuudet ihmisen elämänvaiheiden mukaan. Erityisesti lapsiperheiden vanhemmat arvostavat turvallista asuinympäristöä, missä lasten päiväkodit ja koulut sijaitsevat lähetyvillä. (22, s. 93.)

4.3 Lapsiperheen ja aikuisten asumistarpeet

Omakotitaloasuminen on edelleen useimpien perheellisten tai perhettä suunnittelevien ihmisten haaveena. Tähän asumismahdollisuuteen vaikuttavat luonnollisesti taloudelliset resurssit ja asuinpaikkakunta. Suomalaisten lapsiperheiden lapsiluku on nykyisin pieni, mutta uusperheet tarvitsevat yleensä enemmän tilaa kodeissa, kun lapsiluku voi olla suunniteltua suurempi. Avioerojen seurauksena myös pieniä asuntoja tarvitaan paljon, sillä lasten täytyy voida yöpyä myös yksinasuvan vanhemman luona. (22, s. 18.)

Toimivat ja käytettävät tilat kotona ovat tärkeitä perhekeskeisille asujille. Yleensä halutaan priorisoida etenkin oleskelutiloja, jossa aikaa vietetään yhdessä. Tilantarve ja resurssit vaihtelevat yleensä lasten iän mukaan. Kun lapset ovat pieniä, taloudelliset resurssit ovat usein vähäisemmät. Tilantarve lisääntyy lasten kasvaessa, ja lapsiperheissä eteistilat ja nykyisin arkieteiset ovat arvostettuja. Viimeistään lasten tullessa kouluikänsä, he tarvitsevat joko oman huoneen tai muulla tavoin järjestetyn rauhaisan tilan kotitehtävien tekemiselle. Myös vanhemmat voivat tarvita etä-

työskentelyyn työtilan yhtäaikaaisesti. Makuuhuoneiden riittävän väljä mitoitus mahdollistaa työpöydän sijoituksen tiloihin. (10, s. 18.)

Leikki- ja säilytystilaa tarvitaan lapsiperheissä erityisesti, ja säilytystilan tarve kasvaa harrastusten lisääntyessä. Erityisesti suurikokoiset urheiluvälineet koetaan ongelmallisiksi säilyttää. Lapsiperheiden säilytystilan tarve on vähäisempi, jos lyhyen kulkumatkan päässä on säilytykseen sopivia yhteistiloja. (10, s. 18.)

Erityisesti lapsiperheissä ulkotilat ovat tärkeässä roolissa lasten kehityksen ja viihtyvyyden kannalta. Lapset voivat kokea ahdistavana tilan puutteen tai ulkotilojen keinotekoiset rajoitukset, erityisesti jos vapaata ulkotilaa on vain vähän. Ulkotilojen puute näkyy lasten oireiluna ja pahoinvointina. Lähiympäristön leikkialueet ovat erittäin merkittävässä roolissa, mikäli piha-alueet eivät yksistään palvele lasten leikkejä. (10, s. 32.)

Aikuisten asumistarpeet riippuvat luonnollisesti perhetilanteesta. Yleisesti ajatellen aikuisten tarpeet asuintiloissa koostuvat lepäämisestä, työnteosta, harrastamisesta ja rentoutumisesta. Nykyisin etätyön tekeminen on korostetussa asemassa, ja myös pienimuotoinen yritystoiminta voi sijoittua kotiin. (22. s. 32) Aikuisten asumistottumukset juontavat juurensa usein lapsuuteen, sillä turvallisen ja miellyttävänä ympäristönä sekä asumisratkaisuinä pidetään tutkimusten mukaan lapsuuden kaltaista ympäristöä. Tämä perustuu todennäköisesti yksilön ja minäkuvan kehitykseen varhaislapsuudessa, jolloin lapsi pitää ympäristöä osana itseä. (10, s. 22.)

4.4 Vanhusten ja vammaisten asumistarpeet

Ikäihmisten osuus väestössämme kasvaa ja on nykyisin haasteenamme myös asuntorakentamisessa. Vanhusten ja vammaisten asumiseen liittyvät tarpeet ovat samankaltaisia, sillä molemmissa ryhmissä asumisen kannalta keskeisimpiä asioita ovat toimintakyky kotona, esteettömyys asunnossa ja lähiympäristössä ja lähialueen palvelut. Vanhusten ja vammaisten kyky hahmottaa ympäristöä on keskimääräistä heikompi, ja vanhusten kyky heikkenee asteittain. Vammaisen henkilön asumistarpeet riippuvat hänen toimintakykynsä lisäksi elämäntilanteesta, sillä henkilö voi olla itse lapsi, nuori, aikuinen, perheellinen tai vanhus. (10, s. 19.)

Tutkimukset osoittavat vanhusten halun asua ja selviytyä kotona mahdollisimman pitkään, ja sitä on tarkoituksenmukaista tukea kotiin tarjottavilla palveluilla. Tutusta ympäristöstä on myös hyötyä esimerkiksi muistisairaille, sillä se tarjoaa tärkeitä sosiaalisia kontakteja sekä tarttumapintaa omaan menneisyyteen. (10, s. 13.)

Lähiympäristön ja asunnon käyttöturvallisuus ja esteettömyys tukevat liikuntarajoitteisten henkilöiden turvallisuutta ja ylläpitävät liikuntakykyä sekä tuovat mahdollisuuden virkistytymiseen. Elinkaariasunnossa on kolme toimivuusvaatimusta, joista ensimmäinen on pääsisäänkäynnin esteettömyys. Käytännössä pientalojen sisäänkäynnin esteettömyys ratkaistaan invaluisalla tai nostimella. Toinen pääperiaate on, että rakennuksen sisääntulotasossa on niin sanottu selviytymiskerros, eli se sisältää vähintään asumisen päätoiminnot. Sisääntulotasossa on näin ollen oltava keittiö, makuuhuone, pesutilat, wc ja oleskelutila sekä kulkuyhteys terassille. Kolmantena periaatteena pidetään kulkuväylien riittäviä leveyksiä, jotka on huomioitava ovissa, käytävissä ja läpikulkuiloissa. (10, s. 23.)

Asuntosuunnittelussa tulee huomioida kehittyvä teknologia etenkin vanhusten ja vammaisten asumisen tukemisessa sekä kotipalvelun tilantarve. Avustajien toiminta voi olla hankalaa tilojen tai varustuksen puutteiden takia. Nykyiset asuntosuunnittelun ohjeistukset pyörätuolilla liikkumiselle eivät takaa tilojen riittävyttä avustajan toiminnalle. Tutkimusten mukaan avustajan näkökulmasta raskaimpana työnä pidetään avustettavan henkilön pesemistä kylpyammeessa. Suihkutilassa peseminen on toimivinta silloin, kun suihkutilassa on tarpeeksi tilaa myös avustajalle ja tilassa on tukevat telineet pesuvälineille. Tukikaiteet ja -kahvat oikeissa paikoissa ovat merkittäviä käytön kannalta. Lisäksi lattian kaatojen tulee olla toimivat, jotta vesi valuu viipymättä kaivoon. Välttämällä liukkaita lattiamateriaaleja ja käyttämällä liukuesteitä märkätiloissa sekä riittävällä valaistuksella voidaan merkittävästi pienentää kotona tapahtuvia tapaturmariskiä. (10, s. 15.)

5 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEN KEINOT ARKKITEHTISUUNNITTELUSSA

Tilojen lämmitystarvetta määrittävät arkkitehtisuunnittelussa tehdyt ratkaisut merkittävimmin. Valinnat liittyvät erityisesti tilankäyttöön, ulkovaipan pinta-alaan ja ikkunoiden sekä ulko-ovien pinta-alaan. Lämmöneristystaso ja rakenneratkaisut määritellään tilaajan ja rakennesuunnittelijan kanssa, eivätkä ne ole pelkästään arkkitehdin valintana.

Mitä varhaisemmassa vaiheessa suunnitelmaa tarkastellaan energiatehokkuuden kannalta ja tehdään energialaskelmat ajoissa, sitä paremmin voidaan vaikuttaa rakennuksen tulevaan lämmitystarpeeseen, eikä suunnitelmia tarvitse sen vuoksi muuttaa myöhemmin. Tavallisesti silti energialaskenta tapahtuu vasta lupavaiheessa, mikä on aivan liian myöhään ollakseen luonteeltaan suunnittelua ohjaavaa. (2, s. 22.) Tiivis suunnitteluyhteistyö korostuu järkevässä suunnitteluprosessissa, missä pääsuunnittelijalla on merkittävä rooli heti alusta alkaen (2, s. 15).

5.1 Tilankäytön tehokkuus

Tarpeettoman tilan rakentaminen lisää merkittävästi kustannuksia sekä ympäristökuormaa. Tämän vuoksi tilatehokkuuteen tulee kiinnittää huomioita arkkitehtisuunnittelussa talouden henkilö-määrään suhteutettuna. Yksiselitteistä ratkaisua ei kuitenkaan kannata tehdä tämänhetkisen tilanteen mukaan, vaan sopeuttaa tilaratkaisu muunneltavaksi kohtuullisessa määrin rakennuksen elinkaaren aikana. Tarkoituksenmukaista asumisväljyyttä voidaan tarkastella suhteuttamalla makuuhuoneiden ja makuuhuoneiksi muunneltavissa olevien tilojen määrä rakennuksen kokonaispinta-alaan nähden. Suunnittelussa on katsottava silti aina kokonaisuutta, eli tilan väljyyttä ei pidä minimoida niin että kalustettavuus, monikäyttöisyys ja laatu heikkenevät merkittävästi, sillä asu-
mismukavuus ja viihtyvyys vaikuttavat merkittävästi kiinteistön arvoon. Pohjaratkaisujen tehokkuutta voidaan arvioida liikennetilojen määrällä tai ohjelma-alaan ja bruttoalan suhdelukuna. Tilankäytöltään tehokkaassa asunnossa liikenneala on mahdollisimman pieni. (2, s. 28.)

Energiankäyttöön ja hiilidioksidipäästöihin voidaan vaikuttaa arkkitehtisuunnittelussa muun muassa niin, että suunnitellaan lämmitettävät tilat vain välttämättömissä määrin. Eli esimerkiksi autotalin sijaan toteutetaan autokatos, tai varastot ovat lämpimän sijaan puolilämpimiä. (2, s. 22.)

Talouksissa ruokakuntien kokojen vaihtelu rakennuksen elinkaaren aikana on luonnollista ja yhden asukkaan energiankulutus voi olla merkittävän suuri, kun väljyyttä tulee esimerkiksi perheen lasten aikuistuesssa ja muuttaessa omilleen. Asunnon muunneltavuudella voi vaikuttaa näissä tilanteissa järkevää energiankulutusta ajatellen, jos rakennuksesta voi erottaa sivuasunnon toisen ruokakunnan käyttöön. (2, s. 23.)

5.2 Rakennuksen muodon vaikutus

Rakennuksen muodolla tarkoitetaan ulkovaipan pinta-alaa ja sen mallia. Sen läpi tapahtuu rakennuksen lämpöhäviö ja näin ollen lämmitystarve riippuu siitä, miten suuri ulkovaipan pinta-ala on. Kun arkkitehtisuunnittelussa tarkastellaan rakennuksen muotoa ja tavoitellaan kompaktia ratkaisua, tulee tavoitella yksinkertaista pohjaratkaisua sekä poikkileikkausta. Energiatohokkuutta tarkastellaan pääsääntöisesti myös kustannusvaikutusten avulla. Rakennuksen lämmöneristetyin vaipan yksinkertaistaminen merkitsee pääsääntöisesti investointi- ja ylläpitokustannusten pienenemistä. (2, s. 29.)

5.3 Suuntaus ja pienilmasto

Tavallisesti pientaloissa ikkunapinta-alat jakautuvat melko tasaisesti eri ilmansuuntiin, jolloin rakennuksen suuntauksella ei ole merkittävää osaa rakennuksen lämmitystarpeessa. Tilanne muuttuu, jos ikkunapinta-alat sijoitetaan niin, että ne systemaattisesti hyödyntävät auringonsäteilyä rakennuksessa, jolloin suuntauksella on erityisesti merkitystä. (2, s. 56.)

Varjostavat rakenteet, eli katokset, syvennykset ja parvekkeet sekä ikkunalasien ominaisuudet ratkaisevat sen, onko rakennuksen lämmitystarve riippuvainen ikkuna-aukotuksesta ja sen suuntauksesta. Jos auringonsäteily päästetään sisään systemaattisesti, säteilyenergia voi vähentää energiantarvetta lämmityskaudella. (2, s. 46.) Asiassa on kuitenkin kääntöpuolena sisätilojen

ylilämpeneminen, joka on hyvin oleellinen seikka huomioida rakennusta suunniteltaessa. Yli 6 %:n keskimääräiset päivänvalosuhteet saattavat johtaa sisätilan ylitämpiemiseen. (23, s. 44.)

Rakennuksen sijoittelun lisäksi rakennuspaikan kasvillisuudella on merkitystä pienilmaston viihtyvyyteen, aurinkoisuuteen ja tuulisuuteen. Pohjoisissa olosuhteissa tuuli koetaan yleensä negatiivisena viihtyvyyden kannalta. Tuulisuus vaikuttaa energiankulutukseen silloin kun ulkovaipan ilmanpitävyys on heikko. Tuulennopeus saattaa vaihdella rakennuksen geometrisista muodoista ja mitoista riippuen. Tuulennopeus voi kiihtyä tunnelimaisissa tiloissa, kuten rakennusten väliin jäävissä kapeissa tiloissa sekä korkeiden rakennusten juurella. Tuulen merkitys lämpöhäviöihin on huomioitu rakenteellisesti pintavastuskertoimilla. Ilmavirtaukset vaikuttavat myös julkisivujen sääräsituksiin. (2, s. 25.)

5.4 Ikkuna-aukotus

Ikkuna-aukotuksilla on suuri merkitys rakennukselle kokonaisuudessaan. Ne vaikuttavat asumisviihtyvyyteen, sisätilojen lämpöolosuhteisiin, rakentamiskustannuksiin ja energiankulutukseen. Tavoitteena tulisi olla, että aukotusten suunta, koko ja määrä harkitaan tietoisesti. Ikkunapinta-alan tulee olla mahdollisimman hyödyllistä. Lämmöneristävyydeltään ikkunat ovat ulkovaipan heikoin kohta ja siksi suuret ikkunapinta-alat huonontavat ulkovaipan U-arvoa merkittävästi. (2, s. 35.)

Valoisuus on yksi asuntojen merkittävimmistä viihtyvyystekijöistä ja sillä on merkitystä myös työn tuottavuuden kannalta. Tiivistyvät asuintilat vaativat erityistä tarkastelua luonnonvalon suhteen. Hyvin suunnitellussa tilassa luonnonvalo on hallittu. Luonnonvalon kulkeutumisen tulee olla yksi oleellinen lähtökohta ja tarkastelukohde suunnittelun alusta alkaen. (25, s. 6.)

Tämän vuoksi arkkitehdit usein suosivat laajoja ikkunapinta-aloja, joita myöhemmissä suunnitteluvaiheissa pyritään pienentämään energiankulutuksen vuoksi. Syvärunkoisessa rakennuksessa asia on huomioitava erityisesti, sillä vähäisesti aukotettuna se tarvitsee merkittävästi enemmän keinotekoisia valoa. Runkosyvyydestä päätettäessä hyväksi todetuista nyrkkisäännöistä voi olla apua, sillä on todettu, että huoneen syvyyden tulisi olla enintään kaksi kertaa niin syvä kuin ikku-

nan yläreunan korkeus on lattiasta mitattuna. (2, s. 35.) Riippumatta aukotuksen laajuudesta, pimeään vuodenaikaan sähkövalaistusta tarvitaan joka tapauksessa (2, s. 32).

Suomalaiset rakentamismääräykset eivät aseta yksityiskohtaisia määräyksiä luonnonvalosuhteille. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan asuinhuoneessa tulee olla ikkunan valoaukkoa vähintään 1/10 huoneen lattiapinta-alasta. Ikkunan sijoituksen tulee olla valoisuuden, kalustettavuuden ja näkyvyyden kannalta tarkoituksenmukainen, ja osan ikkunasta tulee olla avattavissa. Vaatimuksena on, että asuinhuoneen pääikkunan edessä on vähintään 8 metriä rakentamatonta tilaa, jotta luonnonvalon kulku on esteetön. (Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus- ja työtiloista 1008/2017 5 §.)

Tutkimuksissa on osoitettu, että pitkälle optimoidussa ihannetapauksessa ikkunat eriteltäisiin niiden käyttötarkoituksen mukaan. Valaistusta varten käytettäisiin korkealla sijaitsevaa vaakasuuntaista ikkunaa, näkymää varten katselukorkeudella olevaa suurta ikkunaa ja tuuletusta varten pientä helppokäyttöistä ikkunaa. Tämän lähestymistavan toteuttaminen on tyypillisessä asuntosuunnittelussa haastavaa, mutta ikkunaratkaisujen funktiot ja sopiva mitoitus olisi syytä tarkastella asuntokohtaisesti nykyistä huolellisemmin. (23, s. 123.)

Lämpöhäviön taseaselaukelman perusteella voidaan saada suuntaa antavia viitteitä ikkunapinta-alan mitoitukseen. Vertailutasossa ikkunapinta-ala on 15 % rakennuksen maanpäällisistä kerros-tasooaloista, mutta enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta. Näitä ohjearvoja suurempi ikkunapinta-ala täytyy kompensoida vertailutasoja paremmilla ratkaisuilla. Näitä raja-arvoja tarkastellessa tulee kuitenkin huomioida rakennuksen kokonaisuus, sillä tarkoituksenmukainen ikkuna-aukotus ja -pinta-ala riippuvat tilojen käyttötarkoituksesta, runkosyvyydestä ja rakennuksen ympärillä olevasta pienilmastosta. (2, s. 33.)

5.5 Aurinkosuojaus

Aurinkosuojauksen merkittävyys rakennuksissa korostuu nykyään, kun kesäajat ovat entistä lämpimämpiä. Eteläpuolen ikkunoiden varjostus on oleellista ottaa suunnittelussa huomioon. Aurinkosuojauksella tarkoitetaan varjostusta ja häikäisyneettoa. Käytännössä aurinkosuojaus voi

olla kiinteä varjostava rakenne, säädettävä julkisivurakenne, kaihdin, lasin ominaisuuksiin perustuva tai auringonsuojakalvo ikkunapinnoille. (2, s. 37.)

Parhaiten yllämpenemisen voi torjua ikkunan ulkopuolella olevilla kaihtimilla, sillä ne estävät auringon lämpösäteilyn pääsyn huonetilaan. Nämä ovat kuitenkin vielä harvinaisia Suomessa. Huoneen sisäpuolella olevat kaihtimet toimivat lähinnä häikäisysojana, sillä lämpöenergia pääsee kuitenkin ikkunasta sisään. Jos auringon lämpöenergiaa halutaan hyödyntää, lasin ominaisuuksiin perustuva aurinkosuojaus ei ole hyödyllistä. (2, s. 37.)

Tilojen sijoittelulla on ensisijainen merkitys yllämpenemisen ja auringolta suojautumisen kannalta. Pienet tilat, joissa on paljon ikkunapinta-alaa ja joissa tilat suuntautuvat niin, että aurinko pääsee paistamaan tilaan pitkän aikaa päivästä, ovat erityisen alttiita yllämpenemiselle. Matalalta ikkunaan pääsevä säteily on hankala torjua perinteisillä katoksilla. Tällöin on käytettävä kaihtimia, kalvoja tai lasituksen erilaisia ominaisuuksia. (2, s. 38.)

5.6 Hukkalämmön hyödyntäminen

Hukkalämmön hyödyntäminen tarkoittaa aurinkoenergian passiivista hyödyntämistä ilman teknisiä järjestelmiä. Aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen voi perustua eteläpuolen ikkunoihin tai lasitettuun ulkotilaan. Talvisin auringon paistaessa matalalta lämpöenergian hyödyntäminen vaatii varjostamatonta lähiympäristöä. (2, s. 45.)

Lasitettu tila julkisivussa toimii puskurivyöhykkeenä ulkovaipan ulkopuolella. Lämmityskauden aikana lasitetun tilan lämpötila nousee eteläpuolella ulkolämpötilaa korkeammalle ja näin puskurivyöhykkeen välillä lämpöhäviöt ovat vähäisemmät kuin sisä- ja ulkotilan välillä. Jos puskurivyöhykke eristetään puolilämpimäksi tilaksi, hyöty on suurempi. On huomattava, että merkitys ja hyöty menetetään, jos ulkotilaa lämmitetään tai ulko-ovea pidetään usein auki. Myöskään ulkoseinän lämmöneristävyyttä ei tule heikentää puskurivyöhykkeen kohdalla. Suunnitteluvaiheessa on huomioitava myös kesäaikana puskurivyöhykkeen viilennys. Tyypillisesti lasit ovat avattavia, jolloin viilennys toteutuu luontevasti. (2, s. 42.)

5.7 Ekotehokkaat rakennusmateriaalit

Materiaalivalinnoissa on huomioitava koko elinkaaren aiheuttama ympäristörasitus (28.). Ekotehokkaat rakennusmateriaalit ovat pääasiassa valmistettu nopeasti uusiutuvista luonnonmateriaaleista, kuten puusta. Puu sitoo hiilidioksidia ilmakehästä ja näin toimii hiilivarastona pitkään myös rakennuksessa. (19.) Uusiutuvien luonnonvarojen käytössä on huolehdittava niiden kestävästä käytöstä. Tämä tarkoittaa luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä ja sitä, että ihmisen toiminta ei saa tuhota hyödynnettäviä luonnonvaroja. (18.)

Betonin merkittävän ympäristörasituksen aiheuttaa sen raaka-aineena käytettävä kalkkikivi, jonka valmistuksessa syntyy paljon hiilidioksidipäästöjä. Betonin valmistukseen on kehitetty nykyisin eri innovaatioita, joiden avulla hiilijalanjälkeä voidaan pienentää. Ratkaisuja ovat uusien raaka-aineiden korvaaminen kierrätetyillä raaka-aineilla, seosmenttien käyttäminen, energian käytön minimointi valmistusvaiheessa, valmistuksessa aiheutuvan jätteen kierrätys ja muun teollisuuden sivutuotteiden hyödyntäminen valmistuksessa. (13.)

Rakennusmateriaalien ja niissä käytettävien raaka-aineiden kierrätysaste on oleellinen kohta materiaalivalinnoissa ja sillä voi säästää valmistuksessa syntyvää jätettä ja päästöjä. Kiertotalous tuo rakentamiseen valtavan määrän mahdollisuuksia pienentää rakentamisesta syntyvää hiilijalanjälkeä. Purettavat rakennukset ovat materiaalipankkeja uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen. (28.)

5.8 Energiatehokkaat rakenneratkaisut ja rakennusosat

Tiiviillä ja hyvin lämpöeristetyllä ulkovaipalla varmistetaan rakennuksen energiatehokkuus sekä lämpöviihtyvyys asunnossa. Rakenteet tulee suunnitella sekä toteuttaa siten, ettei niiden läpi kulje hallitsemattomia ilmavirtauksia. Rakenteiden energiatehokkuus on pohjautunut pitkään rakenteiden U-arvoihin ja niiden avulla uudisrakennusten energiatehokkuus on saatu todella hyvälle tasolle. Näin ollen kasvihuonepäästöt on saatu käännettyä laskuun, sillä pohjoisilla leveysasteilla lämmitystarpeen minimointi on rakennuksen energiankäytön vähentämisen kulmakivi. (2, s. 2.)

Lämmöneristyskerrosten paksuus on riippuvainen eristeen lämmönjohtavuudesta. Eristeiden toimivuus perustuu paikoillaan pysyvään ilmakerrokseen, joka estää johtumista. Suurin osa käytettävistä ulkovaipparakenteista on monikerroksisia, joissa uloin kerros on riittävän tiivis estämään tuulen ja veden pääsyn rakenteeseen. Lämmöneristeen ulkopinnassa on haitallisia ilmavirtauksia estävä tuulensuojakerros. Ulkoverhouksen ja tuulensuojan välissä on oltava toimiva tuuletusrako, jotta ulkopuolinen kosteus tuulettuu pois. Lämmöneristeiden lämpimälle puolelle asennetaan joka puolelta tiivis ja yhtenäinen höyrynsulkukerros. (2, s. 49.)

Kylmäsilta on kohta vaipparakenteessa, jossa lämpöhäviö on suurempi muuhun vaipparakenteeseen nähden ja aiheuttaa ongelmakohdan. Suurempi lämpöhäviö kylmäsilan kohdalla aiheuttaa kylmällä säällä kondensoitumisriskin ja tämän myötä mahdollisen kosteusongelman. Kylmäsiltoja ovat rakennuksissa kaikki epäjatkuvuuskohdat, eli niitä on vaikeaa välttää, mutta ylimääräiset kylmäsilat voidaan minimoida. Käytännössä suunniteltuja kylmäsiltoja ovat rakennusten nurkat, vaipparakenteiden liitoskohdat ja paikallisesti käytettävien materiaalien liitoskohdat. Kylmäsilta voi myös olla pistemäinen, jotka ovat yleensä vaipparakenteen läpäiseviä osia, kuten erilaiset lämmöneristekerroksia läpäisevät kiinnikkeet. (2, s. 58.)

Ympäroivien rakenteiden pintalämpötilat vaikuttavat myös lämpöihtiyyteen. Alhaiset pintalämpötilat, kylmät kohdat ulkovaipan sisäpinnassa ja mahdollisista rakenteiden vuotokohdista tulevat ilmavirtaukset aiheuttavat vedon tunteen, joka tyypillisesti johtaa sisäilman lämpötilan nostamiseen. Yleisenä suosituksena pidetään vaipan sisälämpötilana vähintään 17 °C. (2, s. 60.)

Ikkunoiden ja ovien energiatehokkuudessa painotetaan myös matalaa U-arvoa, joka on painoarvoltaan merkittävä rakennuksen ulkovaipan lämmöneristävyydelle. Puurunkoisissa rakennuksissa ikkunoiden mitoituksessa voitaisiin parhaimmillaan huomioida rungon tolppajako, joka vähentäisi ylimääräisiä runkorakenteita ja parantaisi seinän lämmöneristävyttä tällä tavoin. (2, s. 56.)

6 ESIMERKKIKOHTEN VERTAILU

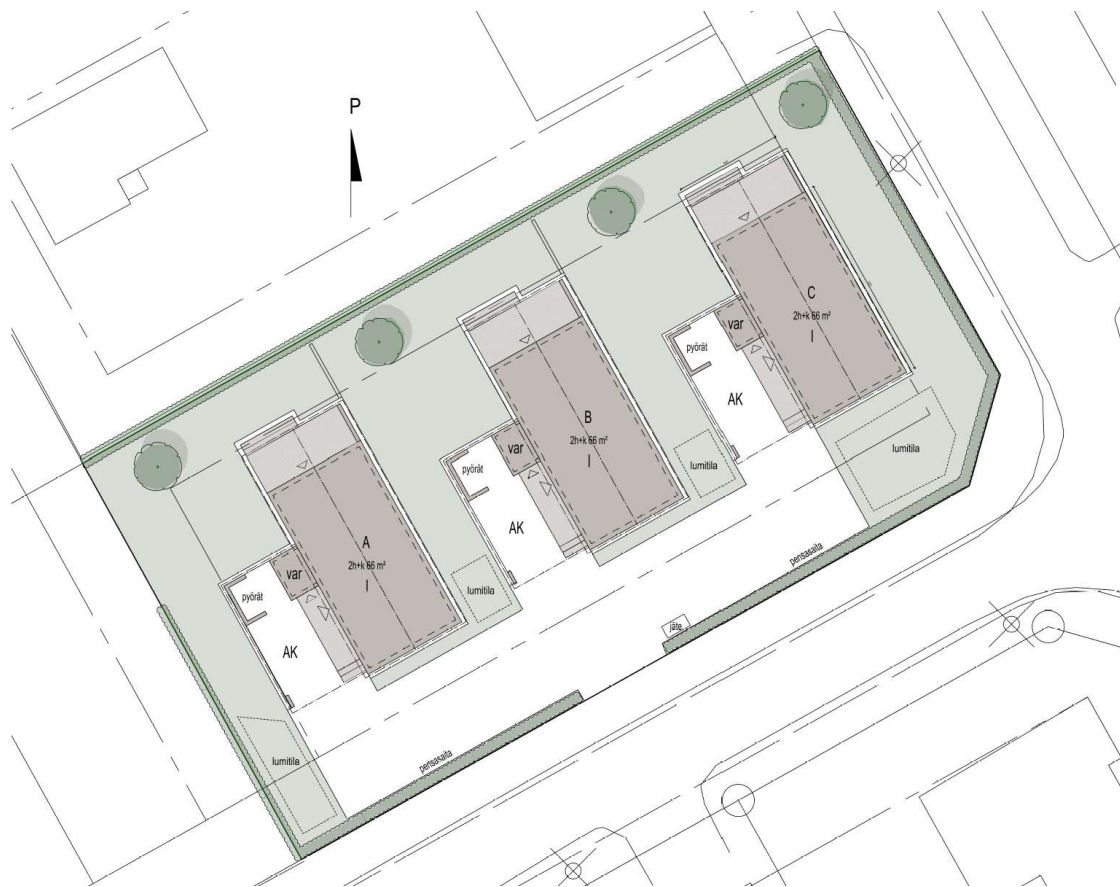
6.1 Taustatiedot

Vertailuun käytettävä esimerkkikohde on suunniteltu rakennettavaksi vuonna 2024. Kohde tulee sijaitsemaan Oulussa. Tontille rakennetaan kolme kuvan 4 mukaista keskenään samanlaista erillispientaloa, joista yhteen on tehty tässä opinnäytetyössä energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja. Tilaohjelmaa ja ulkomuotoa ei merkittävästi muuteta, jotta kohteet ovat vertailukelpoisia. Energiatehokkuutta ja hiilijalanjälkeä parantavat ratkaisut tehdään B-taloon, eli keskimmäiseen rakennukseen. Tuloksia verrataan vastaavaan taloon, joka toteutetaan rakennusliikkeen vakioiduilla tyyppirakenteilla.



KUVA 4. Rakennukset ovat ulkomuodoltaan keskenään samanlaisia.

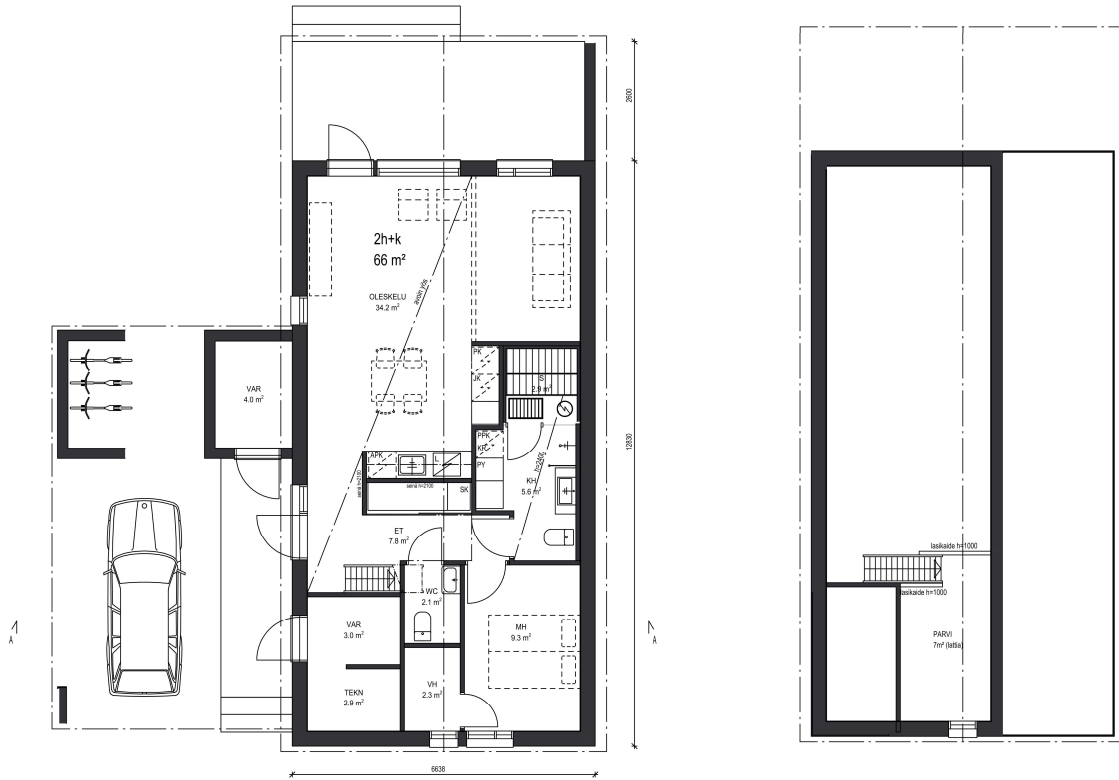
Tontille sijoittelu on suunniteltu niin, että kulku tontille tapahtuu tontin eteläpuolelta, ja jokaiseen asuntoon kulku on mahdollisimman suoralinjainen. Oleskelupihat sijoittuvat takapihoille, jotka ovat ilmansuunnaltaan suotuisat lounaasta pohjoiseen päin kuvan 5 mukaisesti. Pensasaidat reunustavat tonttia, ja lisäksi luoteisrajan tuntumaan istutetaan neljä puuta tasaisin välein viihtyvyyden ja suojaisuuden lisäämiseksi.



KUVA 5. Luonnos rakennusten tontille sijoittelusta.

Erillispientalot ovat perheasunnoiksi pieniä, huoneistoalaltaan vain 66 m² kokoisia. Taloissa on yksi kerros sekä lisäksi huoneistoalaan kuulumaton matala parvi. Huoneistossa on lähtökohtaisesti kuvan 6 mukaisesti yksi makuuhuone, oleskelutila, keittiö, eteinen, wc, pesutilat, sauna,

vaatehuone, varasto ja tekninen tila. Lisäksi suunnittelussa on huomioitu muunneltavuus niin, että oleskelutilasta on jaettavissa makuuhuone.



KUVA 6. Alkuperäinen pohjapiirros esimerkkikohteesta.

Parven korkeus on harjan kohdalla vain 1600 mm, jotta sitä ei lasketa kerrosalaan. Näin ollen parvi on kokonaisuudessaan hyvin matala käytön kannalta. Talossa on koko rakennuksen pituudelta samanlaiset kattoristikot kuin parvella, joten eteisessä, keittiössä ja olohuoneessa on korkea huonekorkeus kuvien 7 ja 8 mukaisesti. Lisäksi taloissa on saman ulkovaipan sisällä pienet varastot, joita ei myöskään lasketa mukaan huoneistoalaan. Parvi ja varasto tuovat lisäneliöitä ja tilavuutta pieneen asuntoon.



KUVA 7. Sisäkuva parvellisesta asunnosta.



KUVA 8. Sisäkuva parvellisesta asunnosta oleskelutiloihin päin.

Oleskelutilojen pääikkunat ovat katetussa tilassa ja suuntautuvat luoteeseen päin kuva 9 mukaisesti ja kapea ikkuna pitkällä sivulla suuntautuu lounaaseen. Näin lounaasta tulee kirkasta päivänvaloa maltillisesti ja suurien ikkunoiden paiste ei häikäise tai aiheuta yllämpenemistä asunnon sisätiloissa.



KUVA 9. Visualisointikuva esimerkkikohteesta.

Vakioiduissa rakennuksissa rakenteet ovat puurakenteisia, mineraalivillalla eristettyjä rakenteita. Taulukossa 1 on esitetty käytettyjen vakiorakenteiden U-arvot.

TAULUKKO 1. Tyyppirakenteiden U-arvot

Rakennusosa	U-arvo
Ulkoseinä	0,17

Yläpohja	0,09
Alapohja	0,15
Ikkunat ja ulko-ovet	1,0

6.2 Tontin mikroilmasto

A-talon piha-alueella aurinko pääsee paistamaan lounaasta suoraan kohti pihaa, mutta B- ja C-talojen pihoja varjostavat viereiset rakennukset muista ilmansuunnista paitsi luoteesta. Rakennusten harjakorkeus on 6,1 m. Auringon paistaessa korkealta valo pääsee kulkemaan B- ja C-talojen pihoille ja sisään. Rakennusten lisäksi varjostavia elementtejä pihassa ei ole, sillä puut ovat sijoitettuna pohjoisrajalle.

B- ja C-talojen pihat ovat suojaisia alueita, jotka auringon paisteeseen suunnattuina olisivat erittäin paahteisia, koska ilmavirtaukset eivät pääse kulkemaan pihassa vapaasti. Suuntaus on kuitenkin luoteissuuntaan, joten tämä ei tuota piha-alueella ongelmaa kuumuuden suhteen. Autokatkoksen vieressä sekä pyöräkatoksen kulkuaukossa voi kuitenkin syntyä koviakin tuulivirtauksia tunnelimaisen rakenteen vuoksi.

6.3 Ympäristövaikutukset ilman ekotehokkaita valintoja

Hiilijalanjäljen laskenta tehtiin OneClick LCA –ohjelmalla, joka on lisenssillä toimiva laskentaohjelma. Opiskelijalisenssillä ainoa saatavilla oleva viiteaineisto on Level(s) life-cycle assessment (EN15804 +A1), joten sitä käytettiin työkaluna laskennassa.

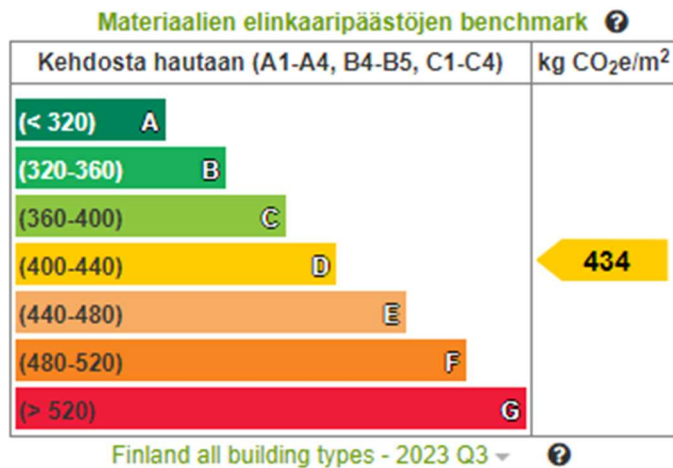
Energialaskelmat tehtiin käyttäen laskentapalveluja, ja energiatodistus talosta A on opinnäytetyön liitteenä 1. Hiilijalanjäljen laskenta talosta A on työn liitteenä 3.

Kuvissa 10 ja 11 ovat Talon A laskelmien tulokset ekvivalenttilukuina ja materiaalien elinkaari-päästöjen luokitusaste. Materiaalien elinkaari-päästöt ovat luokassa D.

CO₂ 111 Tonnia CO₂e

24,75 kg CO₂e / m² / vuosi

KUVA 10. Talon A laskennallinen hiilijalanjälki ekvivalenttilukuna.



KUVA 11. Talon A materiaalien elinkaaripäästöjen luokitusaste.

Alkuperäisen version E-luku on 104 kWh / m² vuosi, joka tarkoittaa energiatehokkuusluokkaa B. Ostoenergian määrä on 6280 kWh / vuosi, jonka hiilijalanjälki on 63 t. Talon A elinkaarella ilmaston lämpenemiseen vaikuttavat eniten käytönaikainen energia, joka on osuudesta 56 %, materiaalien valmistuksen osuus on 24 % ja rakentamisen osuus on 22 % koko elinkaareen verrattuna.

6.4 Tilojen tarpeellisuuden arviointi elinkaariajattelun kautta ja muutokset

Rakennus on alkuperäisen suunnitelman mukaan 2 h + k, jossa on lisänä matala parvi, sekä mahdollisuus jakaa oleskelutilasta yksi makuuhuone lisäkäyttöön. Huoneistoala on yhteensä 66 m², johon ei lasketa parvea, varastoja sekä teknistä tilaa. Varastoja on 2 kappaletta, joiden yhteispinta-ala on 7 m² ja teknisen tilan pinta-ala on 2,5 m².

Asunto on suunniteltu ihmisen koko elinkaaren ajalle. Asukkaita talossa voisi olla yksinasujasta pieneen perheeseen, eli tarkoittaen henkilömääränä 1–4 henkilöä. Tiloja arvioitaessa täytyy näin ollen huomioida tilatarpeet aina lapsiperheelle, aikuisille, pyörätuolissa liikkuvalla henkilöllä sekä vanhuksille sekä mahdollisille lemmikeille. Selvitys pyörätuolilla liikkumisesta on tehty asuntoon, joka on opinnäytetyön liite 5.

Oleskelutila ja keittiö ovat välttämättömiä ja oleellisia tiloja. Huoneala on yhteensä n. 34 m² ilman mahdollista lisättävää väliseinää. Väliseinän toteuduttua huonealaksi oleskelutiloissa jää 25.5 m². Ilman väliseinää oleskelutila on koko rakennuksen levyinen, eli näin ollen mitoitukseltaan väljä. Väliseinän toteutuessa oleskelutilan osuus pienenee huomattavasti, mutta on silti kalustettavissa kohtuullisesti ja toimivasti. Erityisesti lapsiperheissä oleskelutilaa arvostetaan ja käytetään yhdessäoloon, lasten leikkimiseen ja rentoutumiseen. Oleskelutilan toimivuus vaikuttaa merkittävästi asunnon ja asujien viihtyvyyteen. Siksi elinkaariajattelun näkökulmasta oleskelutiloihin on hyödyllistä panostaa, jotta kaikki taloudessa asuvat voivat viettää aikaa yhdessä tässä tilassa.

Keittiö on asumisen kannalta myös välttämätön tila asunnossa, joka tässä tapauksessa toimii osana oleskelutilaa ja myös läpikulkutilana. Keittiön varustuksesta löytyvät jääkaappi, pakastin, liesi, uuni, astianpesukone, mikro ja tiskiallas. Toiminnot ovat tarpeellisia jokaiselle käyttäjälle elinkaaren vaiheesta riippumatta. Ainoastaan jääkaapin ja pakastimen yhdistäminen voisi vähentää sähkölaitteita ja riittää käytettävyydeltään useimmille asujille. Mahdollisesti 4 hengen lapsiperheessä tila jäisi kuitenkin liian vähälle, joten tässä arvioinnissa jääkaappi ja pakastin pidetään erillisinä. Näiden lisäksi tilassa on kuiva-ainekaappi ja tilaa astioille. Lapsia ja pyörätuolissa liikkuvia henkilöitä ajatellen keittiön toiminnot on sijoitettava sellaiselle tasolle, että niitä voi ongelmitta käyttää. Mikron sijoitus lapsen näkökulmasta on usein liian ylhäällä, joten tässä tapauksessa se sijoitetaan työtason korkeudelle. Normaalit kaapit ovat 2100 mm korkuisia, mutta tarvittaessa lisätilaa saa lisäämällä yläpuolelle lisäkaappeja katon rajaan asti. Tarvittaessa keittiöön mahtuu irtokalusteena myös lisäsäilytystilaa ulkoseinän vastaiselle seinälle. Tilaan mahtuu ongelmitta neljän hengen ruokapöytä, joka vastaa suunniteltua asukasmäärää. Näin ollen keittiö on elinkaariajatteluun soveltuva muokkausten kautta ja soveltuu kaikille käyttäjille.

Oleskelutilasta on kulku päätyterassille, jonka pinta-ala on 16.5 m². Tämän tilan voi hyödyntää oleskelutilojen jatkeena ja lasituksen avulla käyttöaika vuodesta on pidempi. Ulkotiloihin pääsee lisää asujien viihtyvyyttä ja erityisesti pyörätuolilla liikkuva pääsee ulkotilaan helposti. Myös lapsi-

perheessä oleskelutilan lisäosa on yhdessäolon kannalta merkittävä asia. Mikäli asukkailla on lemmikkejä, on ne helppo päästää ulos tästä omalle aidatulle pihalle. Lasitus toimii myös puskuri-vyöhykkeenä energiatehokkuutta ajatellen. Näin ollen lasitettu terassi tuo hyötyä asunnon viihtyvyyteen sekä energiatehokkuuteen. Tilan katto on lähtökohtaisesti tasainen, ja tilan korkeus on 2800 mm. Tilallisesti ja ulkomuodoltaan rakennuksen pääty olisi miellyttävämpi vesikattoa myötäilevänä korkeana tilana. Ratkaisu ei vaikuttaisi varsinaisesti rakennuksen käytönaikaiseen energiatehokkuuteen, mutta terassilasituksen pinta-ala olisi tällöin suurempi. Lasitusten tuoma hiilijalanjälki on oleellinen kohta tätä asiaa tarkasteltaessa.

Parven lattian pinta-ala on 7 m² ja tilan korkein kohta harjan kohdalla on 1600 mm. Katto loivenee sivuille, ja tilan reunoilla korkeus on vain 880 mm. Näin ollen tila on hyvä lisätila tarpeen tullen, mutta ei käytännöllinen korkeutensa puolesta. Talossa on parven vuoksi epätavalliset ontelopuhallettavat saksiristikot koko rakennuksen pituudelta, jotka tuovat taloon lisätilavuutta tavallisiin suoriin ristikoihin nähden merkittävästi.

Eteinen on käytännössä välttämätön liikennetila, josta tässä pohjaratkaisussa kuljetaan neljään eri tilaan. Parvelle johtavat portaat ovat sijoitettuna myös eteiseen. Parven ja portaiden poistamisen myötä portaiden kohdalle saadaan lisätilaa varaston puolelle, jota määräysten mukaan tarvitsee olla vähintään 9 m² mikäli asunnosta tehdään kolmio. Kaksiolle riittää vähintään 7 m² varastotilaa. Eteisestä lisätään väliovi varastoon, jolloin sitä voidaan käyttää myös arkieteisenä ja esimerkiksi lasten vaunujen säilytykseen. Muutoksen myötä eteisestä kuljetaan viiteen eri tilaan sekä ulos. Eteisessä on kaappitilaa 2300 mm pituudelta sisältäen myös siivouskaapin. Kaappien korkeus valitaan koko huonekorkeus hyödyntäen. Eteisen kulkuväylän leveys on 1100 mm, joten pyörätuolilla kulkeminen on vaivatonta ja suoralinjaista. Lapsiperheiden ulkovaatteet ja tarvikkeet saa eteisen kaappeihin tai varastoon. Harrastavan perheen tarvikkeita voi myös sijoittaa sisävarastoon. Turhaa tilaa eteisessä ei näin ollen ole, vaan kaikki tila on hyödynnetty tai käytössä liikennetilana. Kulkuaukon leveys keittiön puolelle on 1200 mm, joten tarvittaessa ikkunan eteen voi sijoittaa kapean eteispenkin etenkin vanhusten tarpeita ajatellen. Elinkaariajattelun näkökulmasta tila toimii kaiken ikäisille ja kuntoisille asujille.

Kylpyhuoneessa on suihkun lisäksi WC-tilat sekä pyykkihuolto. Pyykkitornin lisäksi tilassa on pyykkikaappi ja ylimääräinen kaappi esimerkiksi pyyhkeille ja pesuaineille. Tila on kuljettavuudeltaan käytävämäinen, joten pyörätuolilla kulkeva henkilö tulee ottaa tässä erityisesti huomioon.

Vaikka kylpyhuoneen ovi on 9M- kokoinen ja täyttää näin ollen esteettömyyden vaatimuksen, niin toiminnot voivat olla haastavia toteuttaa pyörätuolin avulla. Muuta elinkaarta ajatellen myös vauvan hoito tulee ottaa tässä tilassa huomioon. Hoitotoimenpiteitä varten tarvitaan työtasoa ja käsienspesuallasta suurempi pesuallas. Arvioinnin tuloksena kylpyhuoneessa vaihdetaan järjestystä niin, että WC-istuimella on suihkun vieressä, jotta pyörätuolilla liikkuva henkilö pääsee WC-istuimen viereen sujuvasti. Suihkuseinä on malliltaan käännettävä. Toisena muutoksena pyykkitorin viereen sijoitetaan korkeiden kaappien tilalle työtasoa ja 40 cm leveä rosteriallas vauvan pesua ajatellen. Pyykkikaappi voi toimia silti tason alla, ja allaskaappiin saa hoitotarvikkeita. Tason päälle sijoittuvat yläkaapit. Alkuperäisen altaan poistuessa kylpyhuoneen toiselle seinustalle jää tilaa lisäkaapeille, joita voi käyttää tyyppillisen kodinhoitohuoneen tapaan. Näillä muutoksilla tilasta saa soveltuvan sekä lapsiperheelle että pyörätuolia käyttävälle henkilölle, jolloin tilan elinkaari ja laatu paranevat.

Sauna ei ole asunnossa välttämättömyys, vaikka Suomessa sen olemassaoloa pidetään lähtökohtana lähes kaikissa pientaloissa. Saunan energiankulutus on myös yleensä suuri käytön määrän mukaan ja aiheuttaa huippuja energiankulutukseen. Pienissä asunnoissa tilan käyttöä on priorisoitava, ja käyttöasteeltaan sauna yleensä jää vähäisemmälle käytölle kuin muut tilat. Tässä arviointikohteessa saunan tilalle suunnitellaan etätyötila, jonne kulku järjestetään oleskelutilojen puolelta. Etätyömahdollisuuksien lisääntyä työtila kodeissa on tullut korostettuun asemaan. Tarvittaessa lähialueiden yleisiä saunoja voi käyttää, mikäli asunnon käyttäjä kaipaa saunaa. Tällä ratkaisulla vähennetään asunnon käytöstä aiheutuvaa energiankulutusta sekä parannetaan asunnon muuntojoustavuutta eri elämäntilanteissa. Tarvittaessa työtila voi olla säilytystila tai vaa-tehuone lisämakuuhuoneessa, jos työtilalle ei ole kotona tarvetta.

Jos pienempi makuuhuone toteutetaan, sen huoneala on 8.5 m². Huone on tilaltaan sopiva lasten huoneeksi. Tilaan mahtuu kapea sänky, vaatekaappi, työpöytä tai pöydän sijaan leikkiätilaa. Saunan tilalle suunniteltuun työtilaan kulkeminen tapahtuisi kyseisen makuuhuoneen kautta. Mikäli perheessä olisi lapsia ja vanhemmat käyttäisivät työtilaa etätyöhön, olisi mahdollista vaihtaa makuuhuoneet niin, että lasten huone olisi päämakuuhuoneen paikalla. Tällöin työrauha työtilassa olisi varmempi. Lisättävä makuuhuone tuo rakennukseen muuntojoustavuutta ja mahdollistaa perheasumisen, sillä yhden makuuhuoneen asunto ei sovellu kahta asujaa suuremmalle määrälle.

Päämakuuhuoneessa tilaa on 9.5 m² ja malliltaan se on suorakaiteen muotoinen. Tilaan mahtuu järkevästi parisänky ja tarvittaessa myös pinnasänky tai työpöytä. Makuuhuoneen yhteydessä on 2.5 m² kokoinen vaatehuone, joka on tarpeellinen, mikäli makuuhuoneen puolella ei ole vaatekaappeja. Pyörätuolia käyttävä henkilö ei pääsisi kulkemaan vaatehuoneeseen sängyn ohi, joten siinä tapauksessa vaatekaappeja lisättäisiin makuuhuoneen puolelle. tai kylpyhuoneeseen lisättyjä kaappeja voisi soveltaa vaatteiden säilytykseen tässä tapauksessa. Näistä syistä makuuhuoneen mitoituksen ei kannata myöskään olla suunniteltua pienempi, jolloin se soveltuu elämäntilanteen mukaan käyttäjän elinkaareen sopivaksi.

Erillinen WC ei olisi määräysten mukaan välttämätön, sillä pesuhuoneessa on esteetön WC-tila. Kuitenkin hyvää suunnittelutapaa ja asunnon laatua ajatellen lapsiperheessä kaksi WC:tä tulee tarpeeseen, ja mahdollisessa myyntitilanteessa tällaisella kohdalla on painoarvoa. Tämän vuoksi arvioinnissa on jätetty WC alkuperäisen suunnitelman mukaiseksi.

Tekninen tila on oleellinen osa pohjaratkaisussa, ja määräysten mukaan sitä ei lasketa rakennus- oikeudelliseen kerrosalaan. Pienen asunnon varastotilan tarvetta ajatellen kerrosala kannattaa hyödyntää mahdollisimman hyvin, joten tästä syystä erillisen teknisen tilan hyöty on kannattavaa käyttää järkevästi. Tila on mitoitettu teknisille laitteille, mutta tilaa voi käytännössä hyödyntää muuhunkin pienimuotoiseen säilytykseen.

Ulkona on autokatos, pyöräkatos, ja sisääntuloterassilta kulku varastoihin. Pyöräkatoksessa voi säilyttää muitakin kulkuvälineitä elinkaaren tarpeen mukaan. Etupihan autokatoksesta on kulku- yhteys takapihan oleskelualueelle avoimen pyöräkatoksen kautta. Määräysten mukaisella luiska- varauksella huomioidaan pyörätuolilla esteetön kulku asuntoon.

Oleskelupiha sijoittuu takapihalle, jonne pääsee joko autokatoksen läpi tai sisäkautta terassilta. Talokohtainen nurmialueen pinta-ala on 156 m², joten pihalle voi sijoittaa erilaisia toimintoja asu- jan tarpeiden mukaan.

6.5 Ratkaisut hiilijalanjäljen pienentämiseksi

Esimerkkikohteen hiilijalanjälkeä parannetaan merkittävimmin lämmitystarpeen vähentämisellä. Tämän vuoksi arvioitavaan kohteeseen tehdään muutos ja poistetaan parvi kokonaan, jolloin voidaan käyttää tavallisia harjakaton ristikoita. Sisätilat ovat kuvattuina ilman parvea kuvissa 13 ja 14. Energialaskelmien myötä tulokset osoittivat, että muokkaamalla koko asunnon huonekorkeus korkeuteen 2720 mm, E-luku paranee 11 yksikön verran. Mikäli olohuoneen ja eteisen kohdalle tehdään maltillinen huonekorkeuden korotus, merkitys E-lukuun ei ole suuri. Jos huonekorkeus on 3000 mm korotetulla osalla, tilavuus kasvaa 9 m², ja E-luku kasvaa yhden yksikön verran. Tilallisesti huonekorkeus on viihtyvyyttä lisäävä tekijä, joten voidaan todeta, että maltillinen korotus on järkevää toteuttaa. Kokonaisuudessaan tällä ratkaisulla vähennetään rakennuksen lämmitettävää tilavuutta 69 m³, joten energiatehokkuuden kannalta säästö on hyvin oleellinen.



KUVA 13. Parvi poistettu asunnosta.



KUVA 14. Muokatun asunnon oleskelutilassa huonekorkeus on maltillisesti korotettu.

Energiatohokkuutta parannetaan ulkovaipan aukkojen vähentämällä käytettävyyttä ja asumisviihtyvyyttä heikentämättä. Parvelle suunniteltu alkuperäinen ikkuna poistetaan, joka osaltaan parantaa energiatohokkuutta (kuva 15). Parven portaiden poistamisen myötä kulku varastoon ja tekniseen tilaan järjestetään sisäkautta, ja varaston ulko-ovi poistetaan. Sisävarasto on rakennuksen ulkovaipan sisällä, joten tila on lämmin. Pinta-alaltaan 3 m² varasto täyttää erillistalojen aputilan tarpeen lämpimälle varastolle. Varastotilojen määräysten puolesta ulkopuolella oleva varasto voisi olla täysin eristämätön. Puolilämpimät puskurivyöhykkeet kuitenkin parantavat energiatohokkuutta, jonka vuoksi varastotila säilytetään eristettynä puolilämpimänä tilana.



KUVA 15. Parven poistamisella vähennettiin myös yksi ikkuna.

Rakennuksen ulkovaippaan valitaan energiatehokkaammat rakenteet. Alkuperäiset rakenteet ja rakennusosat ovat nykyisen vaatimustason mukaiset. Uudet rakenteet valitaan hiilijalanjäljen laskentaohjelman One Click LCA -laskentaohjelman materiaalipankin mukaan, jotka perustuvat tutkittuihin olemassa oleviin tyyppirakenteisiin. Ulkoseinärakenteeksi valitaan U-arvoltaan parempi rakenne, jonka arvo on $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$. Rakenteeltaan ulkoseinä on tuulensuojapinnasta sisälle päin puukuitulevy tuulensuojana, selluvilla ja runkotolpat $48 \times 198 \text{ k}600$, selluvilla ja vaakakoolaus $48 \times 48/98 \text{ k}600$, runkotolpat $48 \times 198 \text{ k}600$ pystysuuntaisena, runkotolpat $48 \times 68 \text{ k}600$ vaakasuuntaisena, ilmansulkupahvi ja normaali kipsilevy.

Ikkunat ja ulko-ovet vaihdetaan U-arvoiltaan parempiin versioihin. Molempien U-arvot ovat $0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$. Yläpohjaan valitaan rakenne, jonka U-arvo on $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$. Yläpohja on muutoin samanlainen kuin määräystason yläpohja mutta siinä on eristeenä selluvilla, jonka paksuus on 550 mm . Alapohjaan valitaan rakenne, jonka U-arvo on $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Alapohja on muutoin samanlainen kuin määräystason alapohja, mutta siinä on EPS-eristettä 250 mm verran.

Saunan tilalle vaihdetaan pieni työtila, jonne kulku käy oleskelutilojen kautta. Saunan energiakulutus tuo piikkejä käyttöajan energiankäyttöön ja sen poistaminen näin ollen vähentää hiilijalanjälkeä. Kiukaan energiankäyttö on esimerkiksi kahden saunomiskerran käytöllä viikossa noin 1000

kWh/vuosi, eli esimerkiksi saman verran kuin veden lämmitys yhtä henkilöä kohden vuodessa. Työtilalla voi tietyille käyttäjille olla saunaa enemmän käyttöarvoa, mutta osa käyttäjistä voi kokea myös saunan tarpeellisuuden tärkeäksi. Siksi työtilaa rajaavaan väliseinään suunnitellaan sähkövaraus kiukaalle, jotta tilan muunneltavuus saunaksi on tarpeen tullen mahdollinen. Ratkaisu lisää asunnon käytettävyyttä ja moninaisuutta. Muutos ei lisää käyttöajan energiankulutusta alkuperäiseen suunnitelmaan nähden ja lähtökohtaisesti vähentää sitä, jos saunaa ei toteuteta lainkaan. Työtila on jaettu rimoituksella oleskelutilasta luonnonvalon vuoksi, sillä tilassa ei ole erillistä ikkunaa. Kyse on lähtökohtaisesti kaksiosista, jolloin työtilassa on rauha työskentelylle ilman suljettua tilaa. Talo on muunneltavissa myös kolmioksi, ja tällöin työtila olisi lisätyn makuuhuoneen yhteydessä, joka voi myös toimia työrauhan saavuttamiseksi päämakuuhuoneena.

Terassin osalta rakenteet muutetaan puolilämpimiksi, jolloin saadaan rakennuksen päädyn kokoinen puskurivyöhyke. Terassirakenne korvataan alapohjan osalta 150 mm EPS-eristeellä ja 80 mm paksuisella lattiavalulla. Terassia rajaaviin puuseinäkkeisiin lisätään selluvillaeriste, kuten myös yläpohjaan. Terassi lasitetaan muilta osin tiivistetyllä lasituksella. Lasituksen hiilijalanjälki on verrattain korkea, joten puuseinää lisätään ulkonurkkaan luontevaan kohtaan 0,7 m juoksumetrin verran, joka tarkoittaa 2,1 m² lasitusneliötä vähemmän. Pinta-alaltaan terassitila on 16,5 m², joka on merkittävä lisä kompaktin oleskelutilan jatkeeksi.

Elinkaariajattelun ja hiilijalanjäljen kannalta on oleellista ottaa huomioon rakennuksen korjattavuus. LVIS-tekniikan korjattavuus on otettu esimerkkikohteessa huomioon kolmeen väliseinään lisätyllä tuplarungolla, johon keskitetään pääosin sähkö- ja vesijohdot. Tarpeellisilta osin vesijohtoja tehdään pinta-asennuksina. Näin korjattavuus helpottuu tarpeen vaatiessa, kun kiinteitä rakenteita ei tarvitse purkaa merkittävästi tai ollenkaan. Kuvassa 16 on esitetty pohjaratkaisu edellä esitetyillä muutoksilla.

6.6 Ympäristövaikutukset ekotehokkaammalla ratkaisulla

Hiilijalanjäljen laskenta tehtiin OneClick LCA – ohjelmalla, joka on lisenssillä toimiva laskentaohjelma. Opiskelijalisenssillä ainoa saatavilla oleva viiteaineisto on Level(s) life-cycle assessment (EN15804 +A1), joten sitä käytettiin työkaluna laskennassa.

Energialaskelmat tehtiin käyttäen laskentapalveluja, ja energiatodistus talosta B on opinnäytetyön liitteenä 2. Hiilijalanjäljen laskenta talosta B on työn liitteenä 4. Energia- ja hiilijalanjäljenlaskennassa saatiin selville parannuskeinojen laskennalliset ympäristövaikutukset.

Ulkoseinärakenteen muuttaminen U-arvoltaan parempaan ratkaisuun tuottaa hiilijalanjälkeä materiaalien osalta 0,5 t, mutta parantaa E-lukua 4 yksikön verran. Tämä parannus vähentää ostoenergiaa 238 kWh/vuosi, joka hiilijalanjäljessä tarkoittaa 2,4 t. Eli yhteensä hiilijalanjälki pienenee materiaalisia huomioiden 1,9 t.

Alapohjarakenne vaihdettiin energiatehokkaampaan ratkaisuun. Rakennemuutos tuo hiilipäästöjä 1,8 t lisää, mutta vähentää ostoenergian määrää 141 kWh/vuosi. Rakenteen energiatehokkuuden muutos tarkoittaa 1 t vähennystä hiilijalanjälkeen. Alapohjassa betoni tuottaa suurimman osan hiilijalanjäljestä. Betonissa sementtiosuuden korvaaminen ekologisemmalla vaihtoehdolla, esimerkiksi CEM III – massaa käyttäen sidosaineena pienentää hiilijalanjälkeä. Lisäksi välttämätön EPS-eriste tuottaa ison osan alapohjan hiilijalanjäljestä. Tämän tilalle voidaan etsiä kuitenkin versio, jossa on enemmän kierrätettyä materiaalia kuin lähtökohtaisesti. Laskennassa käytetyssä kierrätetyssä vaihtoehdossa on 40 % uusiokäytössä. EPS-eristeen vaihtamisella hiilijalanjälki pienenee talon alapohjan osalta 1,1 t. Kokonaisuudessaan rakenteen parantamisen myötä hiilijalanjälki pienenee 2,3 t.

Ikkunoiden ja ovien vaihtaminen energiatehokkaampiin versioihin vähentää ostoenergiaa 142 kWh/vuosi, parantaa E-lukua 2 yksikköä. Hiilijalanjäljessä tämä tarkoittaa 1,4 t. Muokatussa versiossa on yksi ulko-ovi ja yksi ikkuna vähemmän. Ikkunoiden ja ovien materiaalin hiilijalanjälki vähenee 0,24 t, eli yhteisvaikutus hiilijalanjälkeen on 1,64 t.

Parven poiston myötä rakennuksen ristikkorakenne muuttuu ja yläpohjan pinta-ala pienenee 7,2 m². Materiaalin vähentymisestä aiheutuva hiilijalanjäljen parannus on 0,4 t. Lisäksi yläpohjan

mineraalivilla vaihdetaan selluvillaeristeeksi, joka on orgaaninen eriste. Materiaalivalinnalla on selkeästi suurempi merkitys, sillä hiilijalanjälki pienenee 2,2 t. Uuden yläpohjarakenteen U-arvo on 0,07 W/m²K, joka tarkoittaa parannusta E-lukuun 1 yksikön ja ostoenergiaan 64 kWh/vuosi verran. Yhteensä hiilijalanjälki pienenee yläpohjan muutoksella 3,24 t.

Yläpohjan mallin muutoksen vuoksi myös ulkoseinän pinta-ala vähenee 33 m². Alkuperäisen ulkoseinärakenteen hiilijalanjälki pienenee määrän vuoksi 0,7 t, ja selluvillaiseen versioon vaihdon myötä se vähenee myös toiset 0,7 t. Yhteensä hiilijalanjälki paranee 1,4 t materiaalien osalta. Muutoksen myötä E-luku paranee 3 yksikön verran ja ostoenergian määrä vähenee 238 kWh/vuosi. Kokonaisvaikutus hiilijalanjäljen parannukseen ulkoseinien osalta on 1,64 t.

Laskennassa havaittiin, että peltikatteen hiilijalanjälki on huomattavan suuri, mutta myös sen käyttöikä on koko rakennuksen elinkaaren mittainen. Alkuperäinen peltikatteen määrä 127,6 m² tuottaa 3 t hiilijalanjälkeä. Vaihtamalla saman määrän huopakatteelle tulos on 0,53 t, eli hiilijalanjälki pienenee 2,47 t. Huopakatteen vaihtoväli on laskennassa 30 vuotta, eli rakennuksen laskennallisen käyttöiän, eli 50 vuoden mukaan huopakate tulisi vaihtaa yhden kerran. Ratkaisu on kuitenkin tehty huopakatteella, sillä laskennallisesti se on hiilijalanjäljen kannalta parempi vaihtoehto.

Parven poiston myötä poistuivat myös edellä mainittujen kohtien lisäksi välipohja, portaat ja lasikaiteet. Lisäksi yksi väliovi lisättiin. Näiden yhteisvaikutus materiaalien hiilijalanjäljen pienentämiseen oli 0,7 t.

Pintamateriaalien osalta muutoksia tehtiin kiintokalusteisiin ja lattiamateriaaliin. Alkuperäisen version kiintokalusteet laskettiin mdf-runkoisina, joiden hiilijalanjälki oli 0,85 t. Vaihtamalla kaikki kuivan tilan kalusteet puurunkoisiin vähennettiin päästöjä 0,44 t. Lattiamateriaalina oli lähtökohdaisesti parkettilattia. Sen hiilijalanjälki oli suurempi kuin esimerkiksi korkkilattialla, ja muuttamalla tämä saatiin päästöjä pienennettyä 0,55 t.

Ulkovaraston säilyttäminen puolilämpimänä tilana säästää ostoenergiassa 37 kWh/vuosi, joka hiilijalanjäljessä tarkoittaa 0,37 t. Jos rakenteet olisivat eristämättömät, materiaalien osalta hiilijalanjäljessä säästettäisiin 0,35 t.

Terassi muutettiin myös puolilämpimäksi tilaksi, mikä vaikuttaa rakennuksen E-lukuun 2 yksikön verran parantavasti ja vähentää ostoenergiaa 109 kWh/vuosi. Tämä tarkoittaa päästöissä 1,1 t parempaa tulosta. Rakenteiden muuttaminen puolilämpimiksi huonontaa materiaalipäästöjen tulosta yhteensä 1,07 t. Päästöjen kannalta tällä ratkaisulla ei ole suurta merkitystä, mutta käytävyyden osalta puolilämmin tila tuo suuren lisäarvon.

Terassin lasituksen mallia tutkittiin työssä. Tasakattoisen ratkaisun vaihtoehtona oli kuorityylinen kattoratkaisu kuvan 17 mukaisesti, jossa lasitettu tila olisi ollut korkea. Lasituksen määrä olisi ollut suurempi ja ulkoverhouksen määrä pienempi, ja materiaalien yhteisvaikutus hiilijalanjälkeen olisi ollut 2,7 t.



Kuva 17. Vaihtoehtoinen lasitusratkaisu, jota työssä tutkittiin.

Tasakattoisena ratkaisuna lasitusten hiilijalanjälki olisi 1,9 t. Tämän vuoksi ratkaisu tehtiin lasituksen osalta tasakattoisena kuvan 18 mukaisesti, sillä toiminnallinen hyöty terassilla on samantyylinen. Koska lasilla on materiaalina niin suuri hiilijalanjälki, niin sen määrää vähennettiin 2,1 m²

lisäämällä terassin puuseinäkettä saman verran luontevaan kohtaan. Uudella seinäkkeellä saadaan aikaan pieni käytännöllinen syvennys terassiin esimerkiksi grillille tai muulle kalusteelle, eikä seinä ole näkymän tiellä. Tällöin kokonaisuudessaan terassin lasituksen hiilijalanjälki oli 1,3 t, eli maltillisella vähentämisellä saatiin pienennettyä sitä 0,6 t.

Hiilijalanjäljen laskenta on opinnäytetyön liitteenä 4.



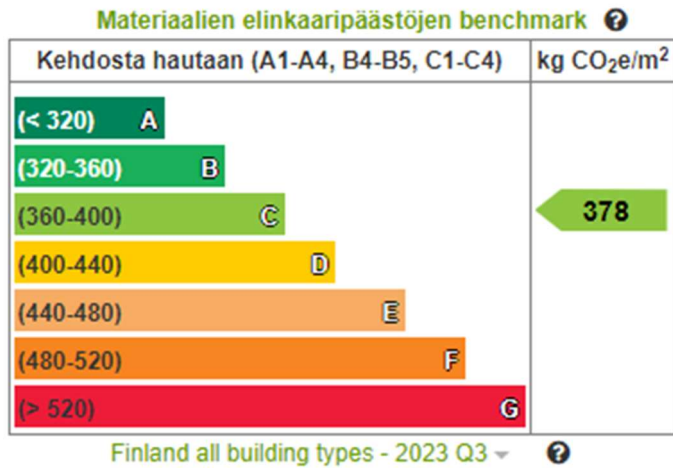
Kuva 18. Lopullinen ratkaisu terassin osalta hiilijalanjäljen pienentämiseksi.

Näillä kaikilla ratkaisuilla talon E-luku on 87 kWh /m²vuosi, joka tarkoittaa energiatehokkuusluokkaa A. Ostoenergian määrä on 5261 kWh/vuosi, jonka hiilijalanjälki on 53 t. Kuvassa 19 ja 20 ovat laskelmien tulokset ekvivalenttilukuina ja materiaalien elinkaari päästöjen luokitusaste, jossa yletyttiin parannusten myötä luokkaan D.

 81 Tonnia CO₂e [Ⓢ]

 18,11 kg CO₂e / m² / vuosi [Ⓢ]

Kuva 19. Talon B laskennallinen hiilijalanjälki ekvivalenttilukuina.



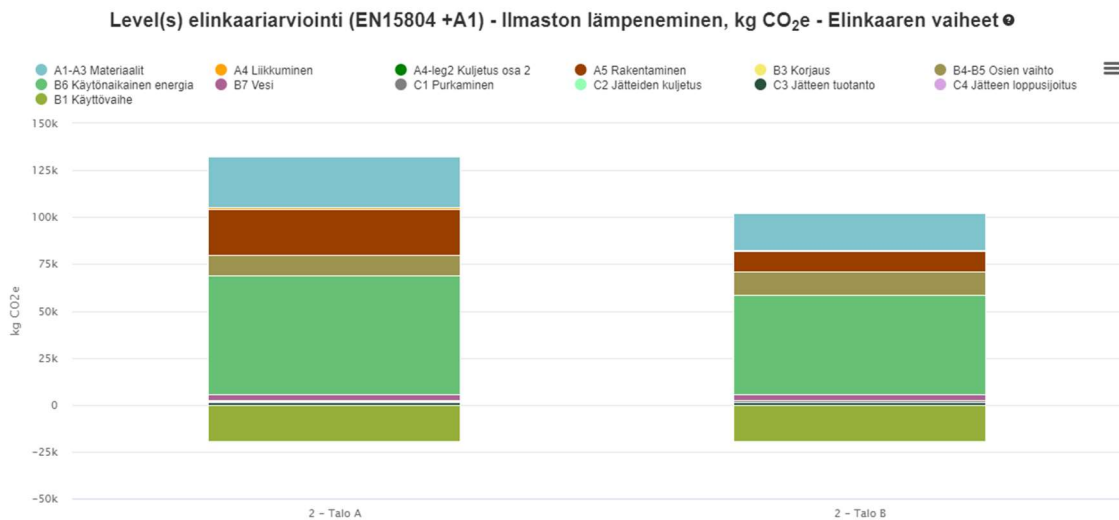
Kuva 20. Talon B materiaalien elinkaaripäästöjen luokitusaste.

Talon B elinkaarella ilmaston lämpenemiseen vaikuttavat eniten käytönaikainen energia, joka on osuudesta 63,5 %, materiaalien valmistuksen osuus on 24 % ja rakentamisen osuus on 13 % koko elinkaareen verrattuna.

7 YHTEENVETO

Työn päätarkoituksena oli tutkia rakennussuunnitteluvaiheen ratkaisuja pientalon energiatehokkuuden, hiilijalanjäljen ja elinkaaren parantamiseksi. Työssä verrattiin kahden samanlaisen erillispientalon ympäristövaikutuksia ja energiatehokkuutta parantamalla toista versiota realistisin keinoin, joita esimerkiksi talotoimittajan on mahdollista hyödyntää.

Valitsemalla toiseen rakennukseen ekologisempia rakennusmateriaaleja, energiatehokkaampia rakennusosia ja vähentämällä lämmitettävää tilavuutta, saatiin merkittävä ero rakennusten hiilijalanjälkien välille (kuva 22).



Kuva 22. Rakennusten elinkaaren vaiheiden hiilijalanjäljen vertailu.

Olenneisimpia ratkaisuja tuloksen kannalta olivat kaikkien lämmöneristeiden vaihtaminen mineraalivillasta selluvillaksi, CEM III -kolmoisementin valitseminen osaksi valmisbetonia perustuksissa ja lattiavalussa, raudoitteiden vaihtaminen raaka-aineiltaan täysin kierrätetyiksi, peltikatteen vaihtaminen huopakatteeksi, parkettilattian vaihtaminen korkkilattiaksi ja mdf-runkoisten kiintokalusteiden vaihtaminen pääasiassa puurunkoisiksi. Lisäksi kaikkien ulkovaipan rakennusosien rakennetta parannettiin niin, että U-arvoista saatiin paremmat.

Materiaalien elinkaari päästöjen luokituksessa parannuksilla saatiin nostettua tuloksia D-luokasta C-luokkaan. Talon A kokonaispäästöt olivat 111 t CO₂e, joka tarkoittaa 24,75 kg CO₂e / m² / vuosi. Talon B päästöt olivat 81 t CO₂e, joka tarkoittaa 18,11 CO₂e / m² / vuosi.

Tulokseksi saatiin päästövähennys, joka on yhteensä 30 t CO₂e, ja joka tarkoittaa 6,64 CO₂e / m² / vuosi. Parannuksilla saatiin siis vähennettyä 26,8 % kokonaishiilijalanjälkeä. Kokonaisuudessaan ostoenergiaan saatiin päästövähennyksiä 10 t.

Näin ollen voidaan todeta, että tarkastelemalla yksittäisten rakennusmateriaalien päästöjä ja korvaamalla niitä muun muassa osittain tai kokonaan kierrätettyä materiaalia sisältävillä rakennustuotteilla sekä suosimalla orgaanista alkuperää olevia tuotteita mahdollisuuksien mukaan pystytään vähentämään kokonaishiilijalanjälkeä merkittävästi.

Toinen erittäin oleellinen vaikuttava tekijä on ostoenergian määrän vähentäminen, joka vaikuttaa eniten kokonaishiilijalanjälkeen. Tuloksena saatiin selville, että eniten tähän vaikuttaa ulkovaipan rakenteet ja niiden U-arvo, ja niiden kautta saatu energiansäästö, eikä niinkään rakennuksen laajuus pientalon mittakaavassa.

Mahdollisimman pitkän ja kestävä elinkaaren kannalta työssä tutkittiin jokaisen tilan käyttötarkoitus, toiminnallisuutta, esteettömyyttä ja kalustettavuutta erilaisiin elämäntilanteisiin nähden. Työssä todettiin, että määräystason mukainen esteettömyys ei täytä tutkitun tiedon pohjalta ideaalista esteetöntä tilaa, vaan tilat täytyisi tarkastella aina tapauskohtaisesti pitkän elinkaaren taakamiseksi eri käyttäjien tarpeisiin.

Opinnäytetyössä käytettiin laskentaohjelman opiskelijalisenssin sallimaa viiteaineistoa, eli Level(s) elinkaariarviointia. Kun erilliset tulokset olivat keskenään vertailukelpoisia, tämän työnkalun

avulla saatiin tietoa, jota on mahdollista parantaa eri keinoin. Tuloksia voidaan tulkita ohjelmasta saatavien erilaisten analyysien avulla ja tunnistaa mahdolliset kohdat kompromisseille, löytää epävarmuustekijät sekä arvioida käytetyn tiedon luotettavuutta. Työssä todettiin, että tyypilliseen perusratkaisuun nähden pientalossa on lopputuloksen kannalta merkityksellistä tehdä parannuksia, mikäli rakennuksessa on ylimääräistä lämmitettävää tilaa ja materiaalien osalta on parannettavaa. Jos materiaalien osalta tarkastelua ei tehdä, eikä U-arvoja pyritä parantamaan, niin hiilijalanjälki voi kasvaa hyvin suureksi. Siinä tapauksessa, jos lämmitettävää tilavuutta ei ole mahdollista vähentää ja materiaalien päästötiedot ovat kunnossa, arkkitehtisuunnittelun osalta parannuskeinot ovat vähäisiä pientalon kohdalla.

LÄHTEET

1. Aalto, Johan 2018. Tärkeimmät elinkaarisyklit eri kiinteistötyypeissä. Tampereen teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö. Hakupäivä 8.12.2023. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/26460/Aalto.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
2. Andersson, Albert, Lylykangas, Kimmo, Kiuru, Jari, Nieminen, Jyri, Päätaalo, Juha 2015. Rakenteellinen energiatehokkuus -opas. Hakupäivä 12.9.2023. https://www.energiatehokaskoti.fi/files/500/Rakenteellinen_energiatehokkuus_opas.pdf.
3. Aro, Rasmus, Blomqvist, Petri, Levä, Tapio, Metsäranta, Heikki, Nissinen, Aino, Rannanpää, Sari 2021. Etätyön vaikutukset liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin. Valtioneuvoston selvitys. Hakupäivä 1.12.2023. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163413/VN%20Selvitys%202021_4.pdf?sequence=4.
4. Bionova Consulting 2011. Passiivitaso asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki. Hakupäivä 8.12.2023. <https://media.sitra.fi/app/uploads/2011/12/Selvityksia63.pdf>.
5. Bionova Oy 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaarenhiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Hakupäivä 10.10.2023. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf/1f3642e1-5d58-8265-40c1-337deeab782d/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf?t=1603260760602.
6. Huomo, Miia 2021. Lapset muuttavat erityisesti ennen koulu-ikää – korona ei vienyt kehyskuntien vetoa. Tilastokeskus. Hakupäivä 20.10.2023. <https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2021/lapset-muuttavat-erityisesti-ennen-kouluikaa-korona-ei-vienyt-kehyskuntien-vetoa/>.

7. Hänninen Pekka 2021. Energian säästö pientalossa. Hiilihelppi. Hakupäivä 10.10.2023. <https://hiilihelppi.fi/uncategorized-fi/pientalo/>.
8. Härmälä, Esa, Soininvaara, Osmo 2016. Kaupungit kasvavat - miten käy muun Suomen?. Hakupäivä 15.10.2023. https://ek.fi/wp-content/uploads/EK_Stadi_vs_Lande_taitto_WEB.pdf.
9. Ilmasto-opas.fi 2022. Suomen ilmastopolitiikalla pyritään saavuttamaan ilmastotavoitteet. Hakupäivä. 25.9.2023. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/suomen-ilmastopolitiikalla-pyritaan-saavuttamaan-ilmastotavoitteet>.
10. Kurenniemi, Marja, Kyllönen, Eija 2003, Asunto ja elämänkaari. Stakes. Hakupäivä 10.10.2023. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/75856/Aiheita23-2003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
11. Käyhkö Jukka 2023. Onko hiilineutraali Suomi 2035 epärealistista haihattelua?. Turun yliopisto. Hakupäivä 18.9.2023. <https://www.utu.fi/fi/ajankohtaista/uutinen/onko-hiilineutraali-suomi-2035-eparealistista-haihattelua>.
12. Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Hakupäivä. 11.10.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.
13. Marjalaakso, Mikko 2023. Rakentamisen hiilijalanjälki: Miksi materiaalivalinnat ovat avainasemassa?. Betolar. Hakupäivä 1.12.2023. <https://www.betolar.com/fi/blogi/rakentamisen-hiilijalanjalki-miksi-materiaalivalinnat-ovat-avainasemassa>.
14. Motiva 2023. Matalaenergiatalon määritelmiä. Hakupäivä 12.9.2023. https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/millainen_ on_ energiatehokas_ pientalo/ matalaenergiatalon_ maaritelmia.
15. Motiva 2023. Millainen on energiatehokas pientalo. Hakupäivä 12.9.2023. https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/millainen_ on_ energiatehokas_ pientalo.
16. One Click LCA Ltd. 2022. One Click LCA elinkaariarviointiohjelmisto. Hakupäivä 15.10.2023. <https://www.oneclicklca.com/fi/>.

17. One Click LCA Ltd. 2017. Rakennusten elinkaarimittarit. Bionova. Hakupäivä 16.11.2023.
https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2017/11/Rakennusten_elinkaarimittarit_2013.pdf.
18. Puuinfo 2020. Puun käytön ympäristövaikutukset. Hakupäivä 10.11.2023.
<https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/>.
19. Puuinfo 2020. Puurakenteissa hiili säilyy pitkään. Hakupäivä 10.11.2023.
<https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/puurakenteissa-hiili-sailyy-pitkaan/>.
20. Puuinfo 2020. Rakennusten hiilijalanjäljen laskenta. Hakupäivä 10.10.2023.
<https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/rakennusten-hiilijalanjaljen-laskenta/>.
21. Ronkainen, Mika, Tiihonen, Arja 2022. Suurin osa lapsista asuu pientalossa – kerrostaloasuminen yleistyy. Tilastokeskus. Hakupäivä 20.10.2023.
<https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2022/suurin-osa-lapsista-asuu-pientaloissa-kerrostaloasuminen-yleistyy/>.
22. Strandell, Anna 2017. Suomen ympäristökeskuksen raportteja. Asukasbarometri 2016. Hakupäivä 1.11.2023. Saatavissa: www.syke.fi/julkaisut.
23. Vikberg, Hanna 2014. Valoisa asunto. Aalto-yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Diplomityö. Hakupäivä 10.10.2023. <https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/6402bff4-edc5-480c-88d7-d09c78d1cdd7/content>.
24. YIT 2023. Kestävä asuminen on monen tekijän summa. Hakupäivä 1.11.2023.
<https://www.yit.fi/asunnot/kestava-asuminen/asumiLämmityksenssen-hiilijalanjalki>.
25. Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus- ja työtiloista 1008/2017. Hakupäivä 2.11.2023.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171008>.
26. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Hakupäivä 18.9.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>.

27. Ympäristöministeriö 2021. Rakennusten energiatehokkuus. Hakupäivä 12.9.2023.
<https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>.
28. Ympäristöministeriö 2021. Rakentamisen kiertotalous. Hakupäivä 1.11.2023.
<https://ym.fi/rakentamisen-kiertotalous>.
29. Ympäristöministeriö 2021. Vähähiilisen rakentamisen tiekartta. Hakupäivä 2.10.2023.
<https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>.
30. Ympäristöministeriö 2022. Ympäristöministeriön julkaisuja. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Hakupäivä 8.10.2023.
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyyden_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

LIITTEET

Liite 1 Energiatodistus Talo A

Liite 2 Energiatodistus Talo B

Liite 3 Hiilijalanjäljen laskenta Talo A

Liite 4 Hiilijalanjäljen laskenta Talo B

Liite 5 Esteettömyysselvitys Talo B

|

ENERGIATODISTUS 2018

LUONNOSVERSIO - virallinen todistus ARA:n valvontajärjestelmästä

Rakennuksen nimi ja osoite: Uudispientalo
YM:n energiatodistusoppaan esimerkki

Pysyvä rakennustunnus:
Rakennuksen valmistumisvuosi: 2024
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:
Yhden asunnon talot
Todistustunnus:

Energiatodistus on laadittu:
Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa

	Energiatehokkuusluokka
A	
B	B 2018
C	
D	
E	
F	
G	

Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku	kWh _E /m ² vuosi
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus	104
(Huom! Ylläoleva on 2018 säädöksiin vaatimustaso mahdolliset helpotukset huomioiden)	156

Todistuksen laatija:
NN

Yritys:
Yritys Oy, Katuosoite 3, 00100 HKI

Sähköinen allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:
31.5.2013

Viimeinen voimassaolopäivä:
31.5.2023

Huom! Todistuksessa esitettyjä lukuja/laskentatuloksia ei tule käyttää Lämpöpumppujen/lämmitysjärjestelmän valintaan.

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIA TEHOKKUUDESTA

Laskennallinen ostoennergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)

Lämmitetty nettoala, m ²	73
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Maalämpöpumppu NIBE F1145-6 / Maalämpöpumppu
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vallox 99 MV (14-99 L/s)

Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoennergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/(m ² vuosi)
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	6280	86	1.20	103.2
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	1534	21.0		
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				104

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluaasteikko Erilliset pientalot

Luokkien rajat asteikolla

A: ...95	B: 96 ... 171	C: 172 ... 208
D: 209 ... 288	E: 289 ... 418	F: 419 ... 488
G: 489 ...		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

B

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitoilmmitykset ja ulkovailat eivät sisälly E-lukuun.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI

Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)

Suosituksien esittämiseksi tarkoitettuihin sivuihin 6 ja 7, kohdassa "Toimenpideehdotukset E-luvun parantamiseksi".

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot (Erilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2024	Lämmitetty nettoala	73	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	1.5	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöstä %
Ulkoseinät	159.50	0.17	27.12	34.57
Yläpohja	91.30	0.09	8.22	10.48
Alapohja	73.00	0.16	11.68	14.89
Ikkunat	12.92	1.00	12.92	16.47
Ulko-ovet	4.60	1.00	4.60	5.86
Kylmäsiilat	-	-	13.91	17.73
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	g _{kohtisuora} -arvo	
Pohjoinen	6.90	1.00	0.56	
Itä	-	-	-	
Etelä	3.26	1.00	0.56	
Länsi	2.76	1.00	0.56	
Koillinen	-	-	-	
Kaakko	-	-	-	
Lounas	-	-	-	
Luode	-	-	-	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Vallox 99 MV (14-99 L/s)			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto
Pääilmanvaihtokoneet	0.029 / 0.029	0.89	-	C
Erillispoistot	-	-	76.6	-2.50
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.029 / 0.029	0.89	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		72.6 %		
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Maalämpöpumppu NIBE F1145-6 / Maalämpöpumppu		Lämpö-kerroin (1)	
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuk- sen hyötysuhde	Apulaitteiden sähkökäyttö (2) kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	80 %	4.25	
LKV:n valmistus	-	92 %	3.00	
(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
(2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	-	-		
Ilmalämpöpumppu	-	-		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	600.00	35		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	-	2.00	3.00	
Valaistus	60 % 10 %			6.00

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka Yhden asunnon talot (Erilliset pientalot)

Rakennuksen valmistumisvuosi 2024
Lämmitetty nettoala, m² 73
E-luku, kWhE/(m²vuosi) 104 (< raja=156)

E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWhE/vuosi	kWhE/(m ² vuosi)
Sähkö	6280	1.20	7536	103.2
YHTEENSÄ	6280		7536	103.2

Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta olettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitason erittely lisätiedoissa)

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Maalämpö	10002	137.01

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys (1)	2.5	143.3	
Tuloilman lämmitys		3.4	
Lämpimän käyttöveden valmistus		49.7	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	3.1		
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus	21.0		
YHTEENSÄ	26.6	196.4	0

(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Tilojen lämmitys (2)	7916	108
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	248	3
Lämpimän käyttöveden valmistus	2555	35
Jäähdytys	0	0

(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa

(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Lämpökuormat

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Aurinko	1449	19.85
Ihmiset	767	10.51
Kuluttajalaitteet	1151	15.77
Valaistus	384	5.26
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä	425	5.82

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

Laskentatyökalun nimi ja versionumero | www.laskentapalvelut.fi, versio 1.5 (8.1.2023)

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.
Ostoenergian määrät ilmoitetaan energiatodistuksen laatimista edeltävältä täydeltä kalenterivuodelta.

Toteutunut ostoenergiankulutus

Energiaverkoista ostettu energia

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

Ostetut polttoaineet (1)

polttoaineen
määrä
vuodessa

yksikkö

muunnos-
kerroin
kWh:ksi

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

(1) Selostus ostettujen polttoaineiden määrään arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä"

Toteutunut ostoenergia yhteensä

Sähkö yhteensä
Kaukolämpö yhteensä
Polttoaineet yhteensä
Kaukojäähdytys
YHTEENSÄ

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Todistusta laadittaessa energiankulutus lasketaan Etelä-Suomen sää tiedoilla ja siten, että rakennuksen käyttö on vakioitu.

Yllä olevassa taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET E-LUVUN PARANTAMISEKSI

Toimenpide-ehdotukset tähtäävät E-luvun parantamiseen, joten ne arvioidaan rakennuksen vakioidulla käytöllä.

Osio ei koske uusia rakennuksia.

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - ylä- ja alapohja

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon**Lisätietoja energiatehokkuudesta**Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä www.motiva.fi

LISÄMERKINTÖJÄ

ENERGIATODISTUS 2018

LUONNOSVERSIO - virallinen todistus ARA:n valvontajärjestelmästä

Rakennuksen nimi ja osoite: **Uudispientalo**
YM:n energiatodistusoppaan esimerkki

Pysyvä rakennustunnus:
 Rakennuksen valmistumisvuosi: **2024**
 Rakennuksen käyttötarkoituksiluokka:
Yhden asunnon talot
 Todistustunnus:

Energiatodistus on laadittu:
 Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa

	Energiatehokkuusluokka
A	A 2018
B	
C	
D	
E	
F	
G	

Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku	kWh _E /m ² vuosi
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus	87
(Huom! Ylläoleva on 2018 säädöksiin vaatimustaso mahdolliset helpotukset huomioiden)	156

Todistuksen laatija:
NN

Yritys:
 Yritys Oy, Katuposoite 3, 00100 HKI

Sähköinen allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:
 31.5.2013

Viimeinen voimassaolopäivä:
 31.5.2023

Huom! Todistuksessa esitettyjä lukuja/laskentatuloksia ei tule käyttää Lämpöpumppujen/lämmitysjärjestelmän valintaan.

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIA TEHOKKUUDESTA

Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)

Lämmitetty nettoala, m ²	73
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Maalämpöpumppu NIBE F1145-6 / Maalämpöpumppu
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vallox 99 MV (14-99 L/s)

Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	5261	72	1.20	86.5
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	1534	21.0		
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				87

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluaasteikko Erilliset pientalot

Luokkien rajat asteikolla

A: ...95	B: 96 ... 171	C: 172 ... 208
D: 209 ... 288	E: 289 ... 418	F: 419 ... 488
G: 489 ...		
A		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI

Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)

Suosituksien esittely yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot (Erilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2024	Lämmitetty nettoala	73	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	1.5	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöstä %
Ulkoseinät	130.00	0.12	15.60	28.14
Yläpohja	73.00	0.07	5.11	9.22
Alapohja	73.00	0.10	7.30	13.17
Ikkunat	12.92	0.84	10.85	19.58
Ulko-ovet	4.60	0.84	3.86	6.97
Kylmäsiilat	-	-	12.71	22.93
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	g kohtisuora-arvo	
Pohjoinen	6.90	0.84	0.56	
Itä	-	-	-	
Etelä	3.26	0.84	0.56	
Länsi	2.76	0.84	0.56	
Koillinen	-	-	-	
Kaakko	-	-	-	
Lounas	-	-	-	
Luode	-	-	-	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Vallox 99 MV (14-99 L/s)			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto
Pääilmanvaihtokoneet	0.029 / 0.029	0.89	76.6	C
Erillispoistot	-	-	-	-2.50
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.029 / 0.029	0.89	-	
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		72.6 %		
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Maalämpöpumppu	NIBE F1145-6 / Maalämpöpumppu	Lämpö-	Apulaitteiden
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuk- sen hyötysuhde	kerroin (1)	sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	80 %	4.25	2.50
LKV:n valmistus	-	92 %	3.00	0.00
(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
(2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija				
Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä				
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	600.00	35		
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 %			6.00

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot (Erilliset pientalot)
Rakennuksen valmistumisvuosi	2024
Lämmitetty nettoala, m ²	73
E-luku, kWhE/(m ² vuosi)	87 (< raja=156)

E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/(m ² vuosi)
Sähkö	5261	1.20	6313	86.5
YHTEENSÄ	5261		6313	86.5

Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitason erittely lisätiedoissa)

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Maalämpö	7189	98.48

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiakulutus

	Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys (1)	2.5	90.8	
Tuloilman lämmitys		3.4	
Lämpimän käyttöveden valmistus		49.7	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	3.1		
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus	21.0		
YHTEENSÄ	26.6	143.9	0

(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Tilojen lämmitys (2)	4851	66
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	248	3
Lämpimän käyttöveden valmistus	2555	35
Jäähdytys	0	0

(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa

(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Lämpökuormat

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Aurinko	1449	19.85
Ihmiset	767	10.51
Kuluttajalaitteet	1151	15.77
Valaistus	384	5.26
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä	425	5.82

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

www.laskentapalvelut.fi, versio 1.5 (8.1.2023)

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.
Ostoenergian määrät ilmoitetaan energiatodistuksen laatimista edeltävältä täydeltä kalenterivuodelta.

Toteutunut ostoenergiankulutus

Energiaverkoista ostettu energia

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

Ostetut polttoaineet (1)

polttoaineen
määrä
vuodessa

yksikkö

muunnos-
kerroin
kWh:ksi

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

(1) Selostus ostettujen polttoaineiden määrään arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä"

Toteutunut ostoenergia yhteensä

Sähkö yhteensä
Kaukolämpö yhteensä
Polttoaineet yhteensä
Kaukojäähdytys
YHTEENSÄ

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Todistusta laadittaessa energiankulutus lasketaan Etelä-Suomen sää tiedoilla ja siten, että rakennuksen käyttö on vakioitu.

Yllä olevassa taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET E-LUVUN PARANTAMISEKSI

Toimenpide-ehdotukset tähtäävät E-luvun parantamiseen, joten ne arvioidaan rakennuksen vakioidulla käytöllä.

Osio ei koske uusia rakennuksia.

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - ylä- ja alapohja

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon**Lisätietoja energiatehokkuudesta**Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä www.motiva.fi

LISÄMERKINTÖJÄ

LIITE 3 Hiilijalanjäljen laskenta Talo A

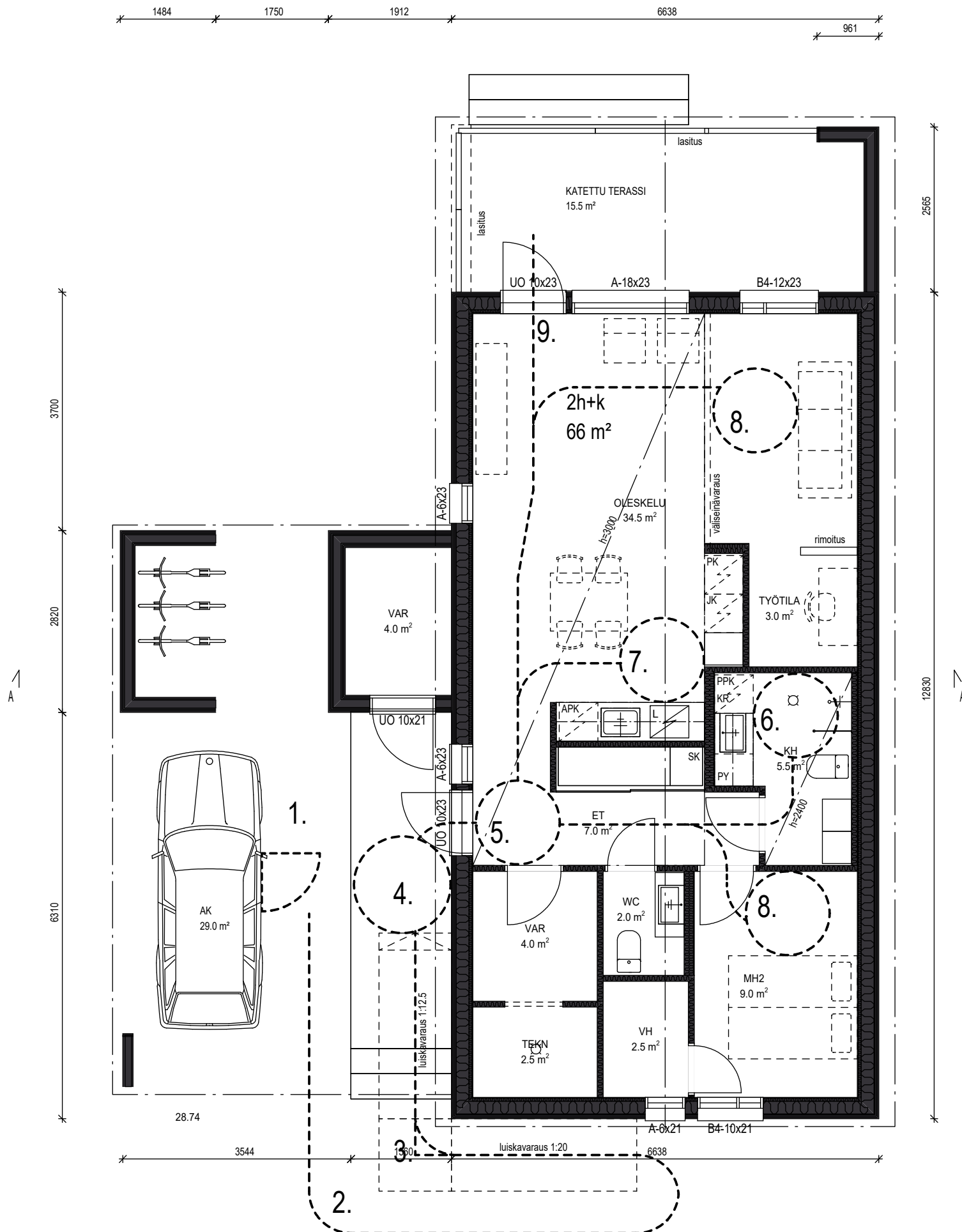
Entity users Project name Design name Indicator name

Laura Lippo Laura Lippo 2 - Talo A Level(s) elinkaariarviointi (EN15804 +A1)

Osio	Osa-alue	Ilmaston lämpeneminen kg CO2e	Biogeeninen hiili kg CO2e bio	Otsonikato kg CFC11e	Happamoituminen kg SO2e	Rehevöityminen kg PO4e	Alailmakehän otsoni kg Ethenee	Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen (mineraalit) kg Sbe	Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen (fossiiliset) MJ
A1-A3	Tuotevaihe	2,58E+04	2,84E+04	1,80E-03	1,78E+02	3,76E+01	1,52E+01	2,17E+03	3,60E+05
A4	Kuljetus rakennuspaikalle	8,81E+02		1,70E-04	3,53E+00	7,70E-01	6,90E-02	5,27E+00	2,29E+04
A4	Kuljetus rakennustyömaalle	8,81E+02		1,70E-04	3,53E+00	7,70E-01	6,90E-02	5,27E+00	2,29E+04
A5	Rakentamiskäyttö	2,45E+04		4,00E-03	5,83E+01	1,16E+01	4,59E+00	1,01E+00	3,17E+05
A5a	Työmaatoiminta ja jätteenkäsittely	2,27E+04		3,80E-03	4,59E+01	9,98E+00	3,69E+00	5,40E-01	2,90E+05
A5c	Rakennustuotteiden työmaahävikki	1,64E+03		1,10E-04	1,19E+01	1,50E+00	8,90E-01	7,00E-02	2,46E+04
A5d	Työmaa - materiaalihävikki - kuljetus	2,30E+01		4,40E-06	8,60E-02	1,90E-02	1,90E-03	1,20E-01	5,61E+02
A5e	Työmaa - materiaalihävikki - jätte	1,40E+02	0,00E+00	1,20E-05	4,80E-01	1,30E-01	1,50E-02	2,80E-01	1,53E+03
B1	Käyttövaihe	-1,92E+04		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
B1-d	Sementtipohjaisten tuotteiden hiilinielut	-1,92E+04		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
B3	Korjaus	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
B3a	Korjaus - materiaalit	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
B3b	Korjaus - kuljetus	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
B3c	Korjaus - jätettä	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
B4-B5	Osien vaihto ja peruskorjaukset	9,92E+03		8,80E-04	7,61E+01	2,13E+01	5,70E+00	2,64E+00	1,47E+05
B4-B5a	Osien vaihto - materiaalit	9,56E+03		8,50E-04	7,53E+01	2,12E+01	5,67E+00	1,90E+00	1,43E+05
B4-B5b	Osien vaihto - kuljetus	2,37E+01		4,60E-06	1,00E-01	2,20E-02	1,70E-03	1,70E-01	6,68E+02
B4-B5c	Osien vaihto - jätteet	3,33E+02	0,00E+00	2,50E-05	6,90E-01	1,50E-01	2,10E-02	5,70E-01	2,88E+03
B6	Energiankulutus	6,30E+04		4,00E-03	3,72E+02	9,37E+01	1,41E+01	3,70E-01	5,50E+06
B7	Veden käyttö	3,38E+03		2,40E-04	2,31E+01	5,38E+00	8,10E-01	1,00E-02	4,93E+04
C1-C4	Elinkaaren loppu	2,36E+03		2,40E-04	7,67E+00	2,34E+00	3,00E-01	3,09E+00	3,01E+04
C1	Purkaminen	5,88E+02	0,00E+00	1,00E-04	3,43E+00	1,30E+00	1,70E-01	2,90E-03	1,41E+04
C2	Jätteiden kuljetus	4,26E+02		8,40E-05	1,94E+00	4,20E-01	2,60E-02	3,08E+00	1,22E+04
C3	Jätteen tuotanto	1,34E+03		5,00E-05	2,21E+00	6,00E-01	1,00E-01	4,90E-03	3,65E+03
C4	Jätteen loppusijoitus	1,26E+01		2,30E-06	9,20E-02	2,00E-02	2,50E-03	8,70E-06	1,80E+02
D	Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (ei mukana summ	-1,59E+04		-7,00E-04	-9,47E+01	-1,77E+01	-6,74E+00	-3,80E-01	-1,72E+05
D	Asennetut materiaalit - hyöty	-1,09E+04	0,00E+00	-4,50E-04	-6,77E+01	-1,29E+01	-4,27E+00	-3,30E-01	-1,12E+05
	Yhteensä	1,11E+05	2,84E+04	1,13E-02	7,19E+02	1,73E+02	4,08E+01	2,19E+03	6,42E+06
	Tulos jakajaa kohti								
	Sisäistä bruttopinta-alaa kohti m2 / vuosi	2,47E+01	6,34E+00	2,52E-06	1,61E-01	3,86E-02	9,11E-03	4,89E-01	1,43E+03
	Sisäistä bruttopinta-alaa kohti m2	1,24E+03	3,17E+02	1,26E-04	8,03E+00	1,93E+00	4,55E-01	2,44E+01	7,17E+04

LIITE 4 Hiilijalanjäljen laskenta Talo B

Entity users	Project name	Design name	Indicator name							
Laura Lippo	Laura Lippo	2 - Talo B	Level(s) elinkaariarviointi (EN15804 +A1)							
Osio	Osa-alue	Ilmaston lämpeneminen kg CO2e	Biogeenninen hiili kg CO2e bio	Otsonikato kg CFC11e	Happamoituminen kg SO2e	Rehevöityminen kg PO4e	Alailmakehän otsoni kg Ethenee	Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen (mineraalit) kg Sbe	Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen (fossiiliset) MJ	
A1-A3	Tuotevaihe	1,86E+04	2,90E+04	1,40E-03	1,05E+02	3,50E+01	8,78E+00	4,15E+00	3,40E+05	
A4	Kuljetus rakennuspaikalle	9,12E+02		1,70E-04	3,57E+00	7,70E-01	7,40E-02	5,25E+00	2,33E+04	
A4	Kuljetus rakennustyömaalle	9,12E+02		1,70E-04	3,57E+00	7,70E-01	7,40E-02	5,25E+00	2,33E+04	
A5	Rakentamisivaihe	1,07E+04		1,40E-03	4,68E+01	1,58E+01	4,80E+00	9,90E-01	1,16E+05	
A5a	Työmaatoiminta ja jätteenkäsittely	9,63E+03		1,30E-03	4,20E+01	1,46E+01	4,39E+00	5,10E-01	9,36E+04	
A5c	Rakennustuotteiden työmaahävikki	9,26E+02		7,80E-05	4,36E+00	1,00E+00	4,00E-01	1,90E-01	2,05E+04	
A5d	Työmaa - materiaalihävikki - kuljetus	2,23E+01		4,20E-06	7,90E-02	1,70E-02	2,00E-03	1,10E-01	5,22E+02	
A5e	Työmaa - materiaalihävikki - jäte	1,09E+02	0,00E+00	9,00E-06	4,00E-01	1,10E-01	1,30E-02	1,80E-01	1,08E+03	
B1	Käyttövaihe	-1,92E+04		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
B1-d	Sementtipohjaisten tuotteiden hiilinielut	-1,92E+04		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
B3	Korjaus	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
B3a	Korjaus - materiaalit	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
B3b	Korjaus - kuljetus	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
B3c	Korjaus - jätettä	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
B4-B5	Osien vaihto ja peruskorjaukset	1,16E+04		1,10E-03	9,06E+01	3,12E+01	6,60E+00	3,01E+00	1,73E+05	
B4-B5a	Osien vaihto - materiaalit	1,12E+04		1,10E-03	8,98E+01	3,11E+01	6,58E+00	2,16E+00	1,69E+05	
B4-B5b	Osien vaihto - kuljetus	1,95E+01		3,80E-06	8,30E-02	1,80E-02	1,40E-03	1,40E-01	5,49E+02	
B4-B5c	Osien vaihto - jätteet	3,44E+02	0,00E+00	2,80E-05	6,90E-01	1,40E-01	1,90E-02	7,10E-01	3,35E+03	
B6	Energiankulutus	5,28E+04		3,30E-03	3,12E+02	7,85E+01	1,18E+01	3,10E-01	4,60E+06	
B7	Veden käyttö	3,38E+03		2,40E-04	2,31E+01	5,38E+00	8,10E-01	1,00E-02	4,93E+04	
C1-C4	Elinkaaren loppu	2,20E+03		2,20E-04	7,17E+00	2,24E+00	2,90E-01	2,36E+00	2,72E+04	
C1	Purkaminen	5,88E+02	0,00E+00	1,00E-04	3,43E+00	1,30E+00	1,70E-01	2,90E-03	1,41E+04	
C2	Jätteiden kuljetus	3,25E+02		6,40E-05	1,49E+00	3,20E-01	2,00E-02	2,35E+00	9,30E+03	
C3	Jätteen tuotanto	1,27E+03		4,80E-05	2,12E+00	5,80E-01	9,70E-02	4,50E-03	3,47E+03	
C4	Jätteen loppusijoitus	1,88E+01		3,40E-06	1,40E-01	3,00E-02	3,80E-03	1,30E-05	2,68E+02	
D	Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (ei mukana summavirillä)	-1,46E+04		-6,40E-04	-8,59E+01	-1,60E+01	-6,24E+00	-1,90E-01	-1,59E+05	
D	Asennetut materiaalit - hyöty	-9,68E+03	0,00E+00	-3,90E-04	-6,16E+01	-1,19E+01	-3,64E+00	-1,50E-01	-9,65E+04	
	Yhteensä	8,10E+04	2,90E+04	7,82E-03	5,88E+02	1,69E+02	3,31E+01	1,61E+01	5,33E+06	
	Tulos jakajaa kohti									
	Sisäistä bruttopinta-alaa kohti m2 / vuosi	1,81E+01	6,47E+00	1,75E-06	1,31E-01	3,77E-02	7,41E-03	3,59E-03	1,19E+03	
	Sisäistä bruttopinta-alaa kohti m2	9,05E+02	3,24E+02	8,74E-05	6,57E+00	1,89E+00	3,70E-01	1,80E-01	5,96E+04	



Esteettömyys selvitys - liite lupa-asiakirjoihin

1. Autopaikoitus

Autopaikat yht. 1kpl / asunto

(autopaikan koko min. 3000mm x 5000mm)

2 Kulkureitti pihalla

Asfaltoitu/betonikivetty pinta, sadevesikallistukse norm. 2%,
kaivojen läheisyydessä voi paikallisesti olla hieman jyrkempi.

Ei askelmia eikä reunakivetyksiä

3 Sisäänkäynnin luiska- ja porrasjärjestelyt

Rakennuksen sisäänkäynneissä luiskavaraus

jonka kaltevuus on katetulla osalla 1:12,5 ja

kattamattomalla osalla 1:20.

Luiskien pituus enintään 6000mm, yläpäässä tasanne.

Ulkoporras katetussa tilassa, n=160 / e=300

4. Sisäänkäynti rakennukseen

Ovi 10M, kynnyks max 20mm. Sisäänkäynnin edessä
pyörähdysympyrä 1500mm.

5. Eteistila

Pyörähdysympyrä 1300mm

6. WC- ja suihkutila

Ovi 9M, kynnyks max 20mm,

Pyörähdysympyrä 1300mm

Tarvittaessa lasiseinä puretaan

7. Keittiö

Pyörähdysympyrä 1300mm

8. Makuuhuone

Ovi 9M, kynnyks max. 20mm

Pyörähdysympyrä 1300mm

9. Terassi

Ovi 10M, huonetilan ja terassin lattiatasojen korkeusero

hoidetaan tarvittaessa ovipenkin pellityksellä, kynnyks max. 20mm