

Vähähiilisyys pientalosuunnittelussa

Siljavaara Mira

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021

Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

SILJAVAARA, MIRA:
Vähähiilisyys pientalosuunnittelussa

Opinnäytetyö 47 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Toukokuu 2021

Vähähiilisyys on teema, joka vaikuttaa koko ajan yhä enemmän rakentamiseen, samoin kuin koko yhteiskunnan toimimiseen sekä ihmisten tapaan elää. Opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia, miten vähähiilisyyden huomioimisen lisääntyminen näkyy pientalosuunnittelussa. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millainen vaikutus rakennuksen runkomateriaalilla on koko rakennuksen hiilijalanjälkeen sekä mitkä muut tekijät vaikuttavat hiilijalanjäljen suuruuteen. Opinnäytetyön tilaajana toimi arkkitehtuuritoimisto Studio Rosberg Oy.

Opinnäytetyön teoriaosuuteen on koottu tietoa pääasiassa aiheeseen liittyvistä artikkeleista ja tiedotteista. Opinnäytetyön suunnitteluosuudessa suunniteltiin luonnostasoiset pientalosuunnitelmat nelihenkiselle perheelle. Luonnossuunnitelmia hyödynnettiin hiilijalanjälkilaskelmiin, jotka toteutettiin kahdella eri runkomateriaalivaihtoehdolla vertailun helpottamiseksi. Työkaluna käytettiin ympäristöministeriön kehittämää Rakennusten vähähiilisyyden arviointimenetelmää.

Ympäristöministeriön arviointimenetelmän laskentatyökalu todettiin olevan hyvä työväline suuntaa antavaan rakennuksen vähähiilisyyden arviointiin. Työkalu todettiin olevan myös tulevaisuuden näkökulmasta hyödyllinen ja tarpeellinen, sillä rakennuksen vähähiilisyyden arviointi tulee pakolliseksi osaksi rakennusmääräyksiä ja näin myös osaksi tulevien rakennushankkeiden suunnittelua. Opinnäytetyön tuloksista voidaan myös todeta, että runkomateriaalilla on todella suuri vaikutus koko rakennuksen hiilijalanjälkeen, sillä siirryttäessä kohti energiatehokkaampaa rakentamista rakennuksen käytön aikainen hiilijalanjälki pienenee, minkä seurauksena materiaalien ympäristövaikutukset tulevat korostumaan.

Asiasanat: vähähiilisyys, hiilijalanjälki, hiilikädenjälki

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Architecture

SILJAVAARA, MIRA:
Low Carbon in Detached House Design

Bachelor's thesis 47 pages, appendices 9 pages
May 2021

The purpose of this thesis was to collect information about low carbon construction and to explore alternative ways to achieve a smaller carbon footprint. This study focused on detached houses and the solutions the architect can influence. The thesis was commissioned by Studio Rosberg Oy.

The theory part of the thesis contains information from written sources as articles and fact sheets. Furthermore, detached house plans for a family of four were designed. Those draft plans were utilized in the calculations of the carbon footprint. The calculations were implemented with two different types of framework to make the comparison of differences easier. In this research, the tool used to calculate the carbon footprint of a detached house was a method published by the Ministry of the Environment of Finland.

The method by the Ministry of the Environment of Finland turned out to be a useful and indispensable tool to evaluate the carbon dioxide emissions of a building. The significance of the tool will increase in the future when the evaluation of the low carbon becomes a part of the National Building Code of Finland. The results of the research also showed that the role of the framework material of a building is significant.

Key words: low carbon, carbon footprint, carbon handprint

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	Lainsäädäntö nyt ja tulevaisuuden tavoitteet ja raja-arvot	7
	2.1. Muualla maailmassa	9
3	Hiilijalanjälki	10
4	E-luku.....	11
5	Laskentatyökalut ja lähtöarvot	13
6	Rakennusmateriaalien vaikutus hiilijalanjälkeen	16
	6.1. Pientalojen runkomateriaalit.....	17
	6.2. Hirsi.....	18
	6.3. Puurunkojärjestelmä	19
	6.3.1 Eristeen vaikutus hiilijalanjälkeen	20
	6.4. Kivi	21
	6.4.1 Karkaistu kevytbetoni	22
7	Muita hiilijalanjälkeen positiivisesti vaikuttavia tekijöitä	24
8	Pientalosuunnitelmat.....	26
	8.1. Pientalon rakenteet	26
	8.2. Laskenta	28
	8.3. Tulokset	30
9	POHDINTA	33
	LÄHTEET	35
	LIITTEET	39
	Liite 1	39
	Liite 2	44
	Liite 3	46

ERITYISSANASTO

Hiilijalanjälki	Kuvaa kasvihuonekaasujen määrää, jolla ihmiset kuormittavat luontoa
Hiilikädenjälki	Kuvaa tuotteen aikaansaamaa positiivista vaikutusta ilmastoon, joka pienentää hiilijalanjälkeä
Hiilineutraalius	Kuvaa tasapainossa olevaa hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen suhdetta, hiilijalanjälki on elinkaaren ajalta nolla
Vähähiilisyys	Tuotteen elinkaaren hiilijalanjälki on mahdollisimman pieni

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä perehdytään vähähiiliseen rakentamiseen. Se on aihe, joka puhututtaa niin maallikoita, kuin alan asiantuntijoitakin.

Elämme yhteiskunnassa, jossa ilmaston lämpeneminen on läsnä meidän jokapäiväisessä elämässämme ja johon pyrimme kaikin keinoin sopeutumaan. Elämme murrosvaihetta, jossa pyrimme uudistamaan koko yhteiskuntaa yhä vähähiilisemmäksi, jotta voisimme luoda yhä parempaa tulevaisuutta uusille sukupolville. Näin myös rakentamisen ja rakennuksien osalta.

Uusien rakennusten rakentaminen sekä vanhojen korjaaminen on merkittävässä roolissa kohti vähähiilisempää yhteiskuntaa. Sen vuoksi tilanteen parantamiseen on suhtauduttava vakavuudella ja ryhdyttävä tuumasta toimeen! Jokainen voi kantaa oman kortensa kekoon.

Opinnäytetyön tavoite on oppia ja ennakoida tulevaa, entistäkin vähähiilisempää rakentamista sekä tutkia vaihtoehtoisia keinoja tavoittaa pienempi hiilijalanjälki. Opinnäytetyössä tarkastellaan lainsäädäntöä sekä tulevaisuuden tavoitteita. Opinnäytetyö onkin tehty silmällä pitäen tulevaa rakennuslupauudistusta, johon sisällytetään mukaan hiilijalanjälkilaskelmat. Lisäksi siinä tutkitaan mikä vaikutus rakennuksen runkomateriaalilla on hiilijalanjälkeen ja mitä muita keinoja on vaikuttaa jäljen kokoon kuitenkin rajaamalla keinot arkkitehdin työkaluihin, poissulkien muun muassa talotekniset vaihtoehdot.

Opinnäytetyön liitteenä on luonnostasoiset pientalosuunnitelmat, mitä on käytetty laskelmissa ja vertailun kohteena koskien runkomateriaalivaihtoehtoja.

2 Lainsäädäntö nyt ja tulevaisuuden tavoitteet ja raja-arvot

Rakentamisen ja rakennusten tuottaessa noin kolmanneksen Suomen kasvihuonepäästöistä, on perusteltua, että myös Suomi tekee osansa päästöjen vähentämiseksi (Ympäristöministeriö, Vähähiilinen rakentaminen 2020). Suomi on jo nyt vähentänyt päästöjä yli 21 % vuodesta 1990 ja saavuttaa EU:n vuoden 2020 ilmastotavoitteet etuajassa (Valtioneuvosto, Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi).

Suomi on yksi maista, joka on sitoutunut Pariisin ilmastosopimukseen. Sen tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu selvästi alle kahdessa asteessa suhteessa esiteolliseen aikaan ja pyrkiä toimiin, joilla lämpeneminen saataisiin rajattua alle 1,5 asteeseen. Pariisin sopimuksen yhtenä tavoitteena on myös saavuttaa kasvihuonepäästöjen huippu pikimmiten, jonka jälkeen vähentää päästöjä nopeasti niin, että ihmisten aiheuttamat kasvihuonepäästöt ja -nielut ovat tasapainossa tämän vuosisadan jälkipuoliskolla.

Päästövähennystavoitteiden lisäksi tavoitteena on sopeutua ilmastomuutokseen ja sovittaa rahoitusvirrat kohti vähähiilistä ja ilmastokestävää kehitystä. (Ympäristöministeriö, Pariisin ilmastosopimus.)

Lisäksi Suomen tämänhetkinen hallitus toimii tavalla, jonka seurauksena Suomi olisi hiilineutraali vuonna 2035 ja hiilinegatiivinen nopeasti sen jälkeen. Tämä toteutetaan nopeuttamalla päästövähennystoimia ja vahvistamalla hiilinieluja. (Valtioneuvosto, Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi.)

Suomi on vielä toistaiseksi pyrkinyt hillitsemään kasvihuonepäästöjä energiatehokkuuden kautta, mutta valmisteilla olevan lainsäädännön myötä siirrytään elinkaariajatteluun, jossa päästövähennyksiä haetaan rakennetun ympäristön koko elinkaaren ajalta. Myös vuonna 2017 julkaistun vähähiilisen rakentamisen tiekartan mukaan, vuoteen 2025 mennessä hiilijalanjälki olisi osa rakentamisen määräyksiä. (Martinkauppi 2020.)

Maankäyttö- ja rakennuslain kokonaisuudistuksen yhteydessä valmistellaan vähähiilisyyttä ja rakennuksen elinkaarta koskevia vaatimuksia.

Rakentamislupaa edellyttäviin hankkeisiin tulisi tehdä ilmastaselvitys, joka

sisältäisi kansallisen arviointimenetelmän sekä hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen laskennan. Tässä yhteydessä tarkoituksena on myös säätää uudisrakennuksia koskevia rakennustyyppikohtaisia vähähiilisyiden raja-arvoja, jotka astuisivat voimaan ennen vuotta 2025. Raja-arvot eivät ainakaan toistaiseksi koskisi pientaloja. (Martinkauppi 2020.)

Yleisesti ottaen raja-arvoilla saavutettaisiin todennäköisesti toivottu sääntelyn tulos. Toisaalta optimoitujen raja-arvojen asettaminen on haastavaa. Liian helppo raja-arvo ei tuottaisi yhteiskunnalle tavoiteltuja hyötyjä, kun taas liian tiukka raja-arvo tuottaa hankkeeseen ryhtyvälle taloudellisten haasteiden lisäksi myös suunnittelua ja itse prosessia koskevia hankaluuksia. (Ympäristöministeriö, Vähähiilisen rakentamisen tiekartta 2017.)

Hiilijalanjälkilaskelmien ottamisesta osaksi rakennuslupaprosessia käytännön toteutuksesta ei ole vielä varmuutta, mutta yksi skenaario olisi, että mikäli rakennuksen elinkaaren mukainen hiilijalanjälki on liian suuri, lupaa ei myönnettäisi tai liian suuresta hiilijalanjäljestä tulisi maksaa veroa (Savela 2019). Vaihtoehtoisia ratkaisuja on havainnollistettu alla olevassa kuviossa, jossa on pohdittu rakennusvalvonnan vaihtoehtoja tavoitteisiin pääsemiseksi. (Kuvio 1.) Keinoja on esitetty suunnittelun alusta aina luvan myöntämiseen saakka. Rakennusvalvonta voisi ohjata vähähiiliseen suunnitteluun kaavamääräyksillä sekä rakennustapaohjeella. Tällä varmistettaisiin vähähiilisyiden huomioiminen jo suunnittelun alussa. Vähähiilisempiä ratkaisuja voitaisiin tuoda enemmän nähtäville sekä havainnollistaa konkreettisia säästöjä valitessa energiatehokkaita vaihtoehtoja. Näin saataisiin rakentajat huomaamaan valintojensa hyödyt. Yksi keino olisi priorisoida hakemukset hiilijalanjälkilaskelmien mukaan. Myös rakennusluvassa voitaisiin tehdä jonkinlaisia myönnytyksiä ylityksiin, mikäli ne johtuvat energiatehokkaammista valinnoista tai rakenteista. Nämä voisivat motivoida hyvään suunnitteluun ja lopullisiin ratkaisuihin.



Kuvio 1. Vähähiilisuuden työkalut rakennusvalvonnassa (Tekijä: M. Siljavaara, piirretty Kuittinen tekemän esityksen Rakentamisen hiilijalanjälki 2010 mukaan)

2.1. Muualla maailmassa

Rakennusmateriaalien päästöjen normiohjaukseen on siirrytty Ranskassa, Hollannissa ja Belgiassa. Näiden lisäksi vapaaehtoisuuden pohjautuvaa päästöohjausta noudatetaan muun muassa Sveitsissä ja Itävallassa. Ranskassa ja Belgiassa vaaditaan rakennustuotevalmistajia julkaisemaan ympäristöseloste, mikäli he markkinoivat tuotteitaan ympäristöväittämin. Ranskassa tehtiin vuoteen 2020 päättyneen pilotointijakson tulosten mukaan säädetään rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkeä koskeva velvoittava sääntely. Hollannissa rakennushankkeiden materiaalien hiilijalanjäljen laskenta on ollut velvoittavaa jo vuodesta 2013 kaikille yli 100m² toimistoille ja asuinrakennuksille. Lakia ollaan päivittämässä niin, että hankkeiden päästöille säädetään sitova yläraja. (Vähähiilisen rakentamisen tiekartta 2017.)

3 Hiilijalanjälki

Nykyään, yhä useammin puhuttaessa rakentamisesta ja rakennuksista, keskusteluun nousee termi hiilijalanjälki. Hyvä niin, sillä tuottaahan rakentaminen ja rakennukset noin kolmanneksen Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (Ympäristöministeriö, Vähähiilinen rakentaminen 2020).

Hiilijalanjäljen laskemisessa on tarkoitus selvittää, miten paljon päästöjä rakennus tuottaa koko elinkaarensa aikana rakennustuotteiden valmistuksesta rakennuksen purkamiseen (Vesitaito, Mikä hiilijalanjälki.) Hiilijalanjälkeä voidaan laskea pelkkinä hiilidioksidipäästöinä, mutta yleisemmin käytetään hiilidioksidiekvivalenttia, eli kaikkien kasvihuonepäästöjen, kuten metaanin, typpioksiduulin ja fluorikaasujen, yhteisvaikutusta (Korhonen 2020.) Mittayksikkönä käytetään kg CO₂e, jossa on muunnettu kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus hiilidioksidin vastaavaksi vaikutukseksi, eli lämpenemisvaikutukseksi, jonka 1 kg ilmakehään päässyttä hiilidioksidia aiheuttaa 100 vuodessa. Laskennan tulokset ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenttien painona jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla ja arviointijakson pituudella kg CO₂e/m²/a. Rakennuksen päästöt vaihtelevat 10–15 kg CO₂e/m²/a. Rakennuksen hiilijalanjälkilaskenta perustuu standardeihin EN 15978 ja 15804. (Vesitaito, Mikä hiilijalanjälki.)

Hiilijalanjälkeä pystytään kompensoimaan hiilikädenjäljellä. Hiilikädenjälki tarkoittaa ilmastohyötyä, jota ei olisi syntynyt ilman rakennushanketta. Mukaan lasketaan esimerkiksi rakennustuotteiden uudelleenkäytöllä ja kierrätyksellä saavutetut päästövähennykset, jotka olisivat syntyneet uusien vastaavien tuotteiden tai materiaalien valmistamisesta. Kädenjälkeä voi kasvattaa rakennuksessa tuotetulla ylimääräisellä uusiutuvalla energialla. Lisäksi myös rakenteisiin varastoitunut eloperäinen hiili sekä sitoutuva hiilidioksidi voidaan lukea kädenjäljeksi. (Häkkinen, Kuittinen 2020, 49.)

Hiilikädenjäljen huomioimisella voi olla monenlaisia hyötyjä. Tavoitteena on kannustaa toimiin, joilla on myönteisiä vaikutuksia sekä innostaa toimijoita etsimään uusia keinoja hyötyjen lisäämiseksi. (Häkkinen, Kuittinen 2020, 50.)

4 E-luku

Energiatodistuksissa energiatehokkuuden luokittelu perustuu E-lukuun eli rakennuksen laskennalliseen energiatehokkuuden vertailulukuun.

Koska rakennusten energiankulutus aiheuttaa merkittävän osan hiilidioksidipäästöistä, päädyttiin Suomessa ottamaan energiatodistus käyttöön vuonna 2008. Sen jälkeen todistuksen sisältöä on päivitetty ja tämänhetkinen asetus rakennusten energiatodistuksesta on otettu käyttöön vuonna 2018. (Energiatodistusopas 2018.) Rakennusten energiatehokkuutta koskevan lainsäädännön ensisijainen tavoite on parantaa rakennusten energiatehokkuutta, mutta myös uusiutuvien energianlähteiden käytön edistäminen sekä rakennusten energiakulutuksen pienentäminen ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen. Rakennuksen hyvä energiatehokkuus pienentää käyttöaikaisia kustannuksia sekä pienentää asumiskustannusten nousua energian hinnan noustessa. Energiatehokkuuden paraneminen näkyy myös usein asumismukavuudessa. (Ympäristöministeriö, Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö.)

E-luku lasketaan määrittämällä aluksi rakennuksen vakioituun käyttöön perustuva laskennallinen ostoenergian kulutus, painottamalla laskennallinen ostoenergian kulutus energiamuodoittain kunkin energiamuodon kertoimella, ja lopuksi ilmoittamalla yhteenlaskettu tulos rakennuksen lämmitettyä nettoalaa (Anetto) kohden vuodessa. E-luvun yksiköksi saadaan kilowattituntiE lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa (kWhE/(m² vuosi)). (Energiatodistusopas 2018.)

Energiatodistuksella on ollut erityisesti uudisrakennusten osalta positiivinen vaikutus energiatehokkuuteen (Energiatodistusopas, 2018). Vuonna 2009 A-energialuokkaisia pientaloja oli 21 % ja B-energialuokkaisia 33 %. Kun taas vuonna 2011 tehdyssä tutkimuksessa selvisi, että noin puolet pientaloista on A-energialuokkaa, ja yli 82 % uusista omakotitaloista on vähintään B-energialuokkaa. (Ympäristöministeriö, Uusista pientaloista jo noin puolet A-energialuokkaa 2011.)

Muut uudet asuinrakennukset eivät olleet parantanut energiatehokkuuttaan aivan niin tehokkaasti, kuin pientalot, mutta myös niiden energiatehokkuus oli parantunut selvästi vuodesta 2009 vuoteen 2011. Esimerkiksi A-energialuokan osuus kerros- ja rivitaloissa tuplaantui. (Ympäristöministeriö, Uusista pientaloista jo noin puolet A-energialuokkaa 2011.)

Vuonna 2016 Hallitus antoi eduskunnalle esityksen maankäyttö- ja rakennuslain muutoksesta, joka koski uusien rakennusten vaadittua energiatehokkuutta. Tavoitteena oli vähentää entisestään rakennusten energiankäyttöä ja lisätä uusiutuvan energian osuutta rakennusten energianlähteenä.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta julkaistiin 27. joulukuuta 2017, jonka mukaan uusi rakennus on rakennettava lähes nollaenergiarakennukseksi 1.1.2018 jälkeen (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017.) Lähes nollaenerginen rakennus tarkoittaa, että rakennuksen tulee olla erittäin energiatehokas ja jonka tarvitsema vähäinen energia tulee laajalti uusiutuvista lähteistä. Laissa on kuitenkin eritelty ne rakennustyytit, joita yllä mainittu nollaenergiavaatimus ei koske. Tällaisia ovat esimerkiksi rakennus, joka on alle 50 neliometriä kerrosalaltaan sekä loma-asumiseen tarkoitettu asuinrakennus, jonka käyttö on alle neljä kuukautta vuodessa. (Ympäristöministeriö, Tiedote, Uusista rakennuksista lähes nollaenergiarakennuksia 2016.)

5 Laskentatyökalut ja lähtöarvot

Vähähiilisen rakennuksen suunnittelu tarvitsee tuekseen päästöjen laskentamenetelmiä. Elinkaariperiaate on vakiintunut menetelmä ympäristövaikutuksia arvioidessa ja laskettaessa. Elinkaariperiaate tarkoittaa tuotteen koko elinkaaren aikana aiheutuvien vaikutusten huomioimista. Elinkaariarvion keskeisiä vaiheita ovat arvion tavoitteen ja tarkoituksen määrittely, materiaali- ja energiavirtojen selvittäminen tuotteen elinkaaren eri vaiheissa, niistä aiheutuvien ympäristökuormien ja -vaikutusten arviointi sekä tuloksen tulkinta. (Häkkinen, Kuittinen 2020, 52.) Kuviossa 2. on havainnollistettu elinkaaren vaiheet ja mitkä tekijät vaikuttavat elinkaaren vähähiilisyden arviointiin. Tuotteen elinkaari alkaa tuotevaiheesta, jatkuu rakentamisesta käyttövaiheeseen ja päättyy elinkaaren loppuun. Kierrätyksellä voidaan hyödyntää materiaaleja ja raaka-aineita elinkaaren loppuvaiheesta uudestaan tuotevaiheeseen. Näitä kaikkia vaiheita arvioidaan materiaalien näkökulmasta, energiankäytön näkökulmasta, kuljetuksista ja työmaatoiminnoista.



Kuvio 2. Rakennuksen elinkaaren vaiheet ja elinkaaren vähähiilisyteen vaikuttavat tekijät (Ympäristöministeriö, Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2019)

Markkinoilla on runsaasti eri tahojen luomia laskentatyökaluja, joilla voidaan selvittää rakennuksen hiilijalanjälki. Yksi niistä on ympäristöministeriön tekemä Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu, jota käytetään myös tässä opinnäytetyössä laskentatyökaluna.

Ympäristöministeriön arviointityökalun kehitys on osa ympäristöministeriön syksyllä 2017 julkaisemaa vähähiilisen rakentamisen tiekarttaa, jolla pyritään ohjaamaan rakennusten hiilijalanjälkeä 2020-luvun puoliväliin mennessä. Menetelmää on kehitetty laajasti yhteistyössä eri tutkijoiden, toimialojen, muiden pohjoismaiden sekä Euroopan komission teknisten asiantuntijoiden kanssa. (Ympäristöministeriö, Hiilijalanjäljen arviointimenetelmä lausuntokierrokselle 2020.)

Arviointiin tarvitaan työkalun lisäksi rakennustuotteiden ja -prosessien päästötiedot. Jotta päästötietoja voidaan hyödyntää, tulee niiden olla hyväksyttävillä menetelmillä arvioituja. Suunnitteluprosessin alussa tarvitaan yleistä tietoa. Tällöin paras tietokanta on ympäristöministeriön kehittämä päätöstietokanta, joka julkaistiin 1.3.2021. Se soveltuu erinomaisesti Suomen olosuhteisiin. (Häkkinen, Kuittinen 2020, 84.)

Ympäristöministeriön päätöstietokanta tarjoaa puolueetonta dataa Suomessa käytettävien rakennustuotteiden ilmastovaikutuksista kuten kierrätettävyydestä, materiaalitehokkuudesta sekä hiilijalan- ja kädenjäljestä. Palvelu tarjoaa keskimääräisiä tietoja rakennustuotteista, eikä se sisällä yksittäisten tuotteiden ympäristöselosteita. Lisäksi sieltä löytyy yleisimpien rakentamisen prosessien ja palveluiden, kuten kuljetuksen, rakentamisen ja jätteenkäsittelyn, päästötietoja. Tietokanta on erittäin hyvä työväline rakennusalan ammattilaisille sekä tutkijoille. Palvelu on kaikille avoin sekä maksuton. (Syke 2021.) Taulukossa 1 on esitelty osa Suomessa rakennettavien rakennusten yleisimmistä rakennusaineista.

Materiaali	Konservatiivinen arvo
Lamellihirsi	0,2 kg CO _{2e} /kg
Sahatavara	0,082 kg CO _{2e} /kg
Kevytbetoni	0,36 kg CO _{2e} /kg
Betoni sandwich elementti (U-arvo=0,17)	0,35 kg CO _{2e} /kg
Betoniharkko	0,2 kg CO _{2e} /kg
Poltettu tiili	0,22 kg CO _{2e} /kg
EPS-eriste	3,5 kg CO _{2e} /kg
Selluvilla, puhallusvilla	0,108 kg CO _{2e} /kg
Lasivilla, puhallusvilla	1,08 kg CO _{2e} /kg
Sora ja hiekka	0,005 kg CO _{2e} /kg
Bitumikermi	0,82 kg CO _{2e} /kg
Höyrynsulku	3,1 kg CO _{2e} /kg
Kipsilevy	0,31 kg CO _{2e} /kg
Puu-alumiini-ikkuna kolminkertaisella lasilla	3,4 kg CO _{2e} /kg

Taulukko 1. Tyypillisten rakennusaineiden hiilidioksidiekvivalentti. (Tekijä: M. Siljavaara, tehty lähteen Suomen ympäristökeskus, Rakentamisen päästötietokanta mukaan)

Ympäristöministeriön päästötietokantaan verrattuna tarkempaa tuotekohtaista tietoa on saatavilla eri toimijoiden julkaisemissa ympäristöselosteiden tietokannoissa ja muista lähteistä, kuten teollisuuden sekä sitä edustavien järjestöjen verkkosivuilla. Niiden käyttöä tosin vaikeuttaa se, että tiedot ovat hajanaisesti saatavilla eri lähteistä. Lisäksi arviointimenetelmät voivat erota toisistaan silloinkin, kun tiedot on julkaistu verifioituna ympäristöselosteina standardin EN 15804 vaatimusten mukaisesti. (Häkkinen, Kuittinen 2020, 86.)

Tietojen lisäksi tarvittaisiin hiilijalanjäljen laskentaosaamista, joka on toistaiseksi vielä puutteellista. Tietomallien käytön yleistymisen myötä myös laskenta yksinkertaistuu ja tuottavuus paranee. (Vähähiilisen rakentamisen tiekartta 2017.)

6 Rakennusmateriaalien vaikutus hiilijalanjälkeen

Rakennusmateriaaleilla ja -tuotteilla on suuri vaikutus rakennuksen hiilijalanjäljen arvioinnissa. Ne ovat nousseet entistäkin näkyvämpään rooliin keskustelussa ilmastonmuutoksen hillintätoimista ja rakentamisen ympäristövaikutuksista. Siirryttäessä energiatehokkaampaan uudis- ja korjausrakentamiseen rakennusten käytön aikainen hiilijalanjälki pienenee, jonka seurauksena materiaalien ympäristövaikutusten rooli tulee korostumaan. (Ruuska, Häkkinen, Vares, Korhonen, Myllymaa 2013, 5.) Huolellisesti tehdyt materiaalivalinnat edellyttävät, että hankintojen valmisteluun käytetään riittävästi aikaa, osaamista ja harkintaa. Valinnoissa on syytä huomioida materiaalien vaikutusta koko rakennuksen elinkaaren ajalta. Vihreät, ekologiset ja vähähiiliset materiaalivalinnat eivät tarkoita välttämättä normaaleja kalliimpia hintoja. (Suomi rakentaa, Ympäristöystävällisen omakotitalon perusteita 2020.)

Materiaalien näkökulmasta hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa kahdella tavalla; joko vähentämällä materiaalien kokonaistarvetta tai valitsemalla vähähiilisiä materiaaleja. Molemmissa oleellista on huomioida materiaalien avulla saavutettavat toiminnalliset, taloudelliset, ja tekniset ominaisuudet. Näitä on syytä tarkastella ainakin rakenteiden ja rakennusosien tasolla. (Häkkinen, Kuittinen 2020, 122.)

Rakenteiden vähähiilisyyden vertailuun vaikuttaa myös materiaaleilla saavutettava koko rakenteen tekninen käyttöikä. Yksikin lyhytikäinen tai paljon korjausta vaativa osa voi vaikuttaa merkittävästi koko rakenteen käyttöikään. Tällainen kasvattaa sekä hiilijalanjälkeä, että kustannuksia. Tällöin kannattaa investoida laadukkaisiin ja pitkäikäisiin materiaalivalintoihin. (Häkkinen, Kuittinen 2020, 124.)

Myös kierrätettävät ja uudelleenkäytettävät materiaalit ovat merkittävässä roolissa kohti vähähiilisempää rakentamista. EU:n jätesäädöspaketissa määriteltiin myös rakentamisen osalta niin, että yhdyskuntajätteestä tulee kierrättää 50 prosenttia vuonna 2020, 55 prosenttia vuonna 2025, 60 prosenttia vuonna 2030 ja 65 prosenttia vuonna 2035. Rakennus ja purkujätteiden merkitys korostuu säädöspaketissa. Niiden kierrätystä, uudelleenkäyttöä ja

materiaalin muuta hyödyntämistä on lisättävä vähintään 70 painoprosenttiin. (Rakennuslehti 2020)

Näin ollen rakennushankkeeseen ryhtyvän olisi hyvä kartoittaa erilaisia materiaalivaihtoehtoja ja perehtyä asiaan, jotta saavutetaan haluttuja tuloksia. Kuitenkin markkinoilla on tarjolla laajasti toisistaan eroavia vaihtoehtoja ja kilpailu niiden välillä on kovaa. On oikeastaan mahdotonta löytää täysin neutraalia vertailua, sillä jokainen toimittaja kertoo materiaalikuvauksissaan tuotteensa hyvistä puolista, jolloin vertailijan vastuulle jää löytää tuotteen haasteet ja heikkoudet. Yksiselitteistä kuitenkin on, että jokaisessa vaihtoehdossa on omat hyvät ja huonot puolensa.

6.1. Pientalojen runkomateriaalit

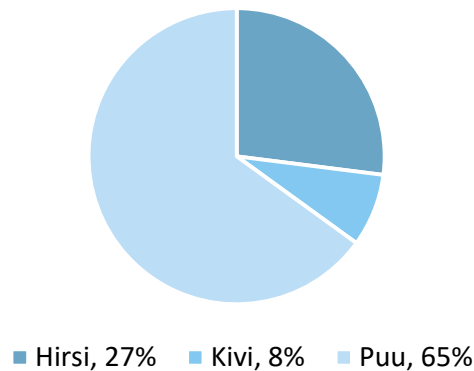
Suurin osa pientaloista rakennetaan puurunkoisina. Sille löytyy kuitenkin vaihtoehtoja kuten erilaiset kivimateriaalit. Alla olevassa taulukossa on esitetty uudisrakentamisessa käytettyä kantavaa rakennusainetta vuosina 2000–2009. Siitäkin voidaan todeta puun olevan merkittävässä roolissa (87 %) erillisten pientalojen rakennusaineena. (Taulukko 2.)

Talotyyppi/ kantava rakenne	Betoni m ²	Puu m ²	Teräs m ²	Tiili m ²	Yhteensä m ²
Erilliset pientalot	2 272 046 (10 %)	19 060 137 (87 %)	65 268 (0,3 %)	475 549 (2 %)	21 873 000 (100 %)

Taulukko 2. Uudisrakentamisessa käytetty kantava rakennusaine (2000–2009), kerrosala (m²) ja osuudet (%) (Tekijä: M. Siljavaara, tehty lähteen Häkkinen, Vares, VTT Technology 324: rakennusten khk-päästöjen ohjauksen arviointi 2018 mukaan)

Viime vuosina erityisesti hirsirakentamisen suosio on noussut huomattavasti. Aiemmin mökkien ja loma-asuntojen rakennusmateriaaliksi mielletyn raaka-aineen kilpailukykyisyys on laajentunut niin pientalorakentamiseen kuin suurempiinkin rakennushankkeisiin, esimerkiksi kouluihin. Kuten vuonna 2020 julkaistusta tutkimuksesta nähdään, 27 % pientaloista valikoituu niiden runkomateriaalivaihtoehdoksi hirsi. (Kuvio 3.)

Runkoratkaisu



Kuvio 3. Runkoratkaisu vuonna 2020 (Tekijä: M. Siljavaara, tehty Rakennustutkimus RTS Oy, Omakotirakentaja-tutkimus 2020 mukaan)

6.2. Hirsi

Hirsirakenteisen talon ehdoton valttikortti on se, että materiaali itsessään on ekologinen. Sen valmistus kuluttaa erittäin maltillisesti energiaa ja hiilidioksidipäästöt ovat alhaiset. Hirsiseinä toimii myös hiilinieluna, eli siihen on sitoutunut jopa kymmenkertaisesti se hiilimäärä, joka valmistuksen yhteydessä vapautuu. Hirsiseinän valmistaminen vähentää siis kasvihuonepäästöjä. (Kontio, Miksi hirsi.) Materiaali on lisäksi helppo kierrättää ja uusiokäyttää sekä hävittää elinkaarensa lopussa hyödyntämällä se esimerkiksi lämmöntuotantoon (Alasaarela, Hirsiseinään varastoituvan hiilen lasenta 2008.)

Hirren huonoina puolina nähdään sen painuminen ja halkeilu. Painuminen riippuu hirren laadusta. Painuma on 10–50 millimetriin jokaista seinän korkeusmetriä kohden; pyöröhirsi painuu eniten ja pääosin pientalojen rakennusmateriaalina käytetty lamellihirsi vähiten. Kuitenkin tämän kanssa tulee olla tarkkana esimerkiksi liitoksia suunniteltaessa. Puun halkeilu on toinen, mikä luo omat haasteensa rakennukseen. Halkeilu on seuraus puun luonnollisista ominaisuuksista ja jännitteistä, jota kuivuminen saa puussa aikaan. Halkeilua voidaan kuitenkin ohjata hirteen työstettävillä urilla. (Puuinfo, hirsirakenteet ominaispiirteitä)

Hirsiseinän energiatehokkuus on myös muihin runkovaihtoehtoihin verrattuna pienempi. Tyypillisesti hirsitaloissa seinien kautta katoaa suhteellisen paljon

lämpöenergiaa. Ympäristöministeriön vuonna 2017 julkaistussa asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta on määritelty hirsirakenteiden energiatehokkuudesta ja sen kompensoinnista. Asetus koskee massiivipuurakennuksia, joissa ulkoseinien rakennusmateriaali on massiivipuurakenne, jonka rakennepaksuus on keskimäärin vähintään 180 mm. E-luvun raja-arvot voi ylittää 20 % massiivipuurakenteisissa pientaloissa, joiden lämmitetty nettoala on 50m² ja 150m² väliltä, sekä 15 % massiivipuurakenteisissa pientaloissa, joiden lämmitetty nettoala on yli 150m². (Ympäristöministeriö, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017.) Energiämääräykset saadaan kuitenkin täyttämään, jos lämpöhäviö kompensoidaan ylä- ja/tai alapohjan huolellisella eristyksellä. (Suomi rakentaa, Pientalon lämmöneristys 2019.) Yksi vaihtoehto on myös kasvattaa seinän energiatehokkuutta lisäeristyksellä. Tässä tapauksessa eriste suositellaan tehtäväksi rakennuksen ulkopuolelle rakennusfysikaalisten syiden takia.

6.3. Puurunkojärjestelmä

Puurankarunko on yleisin omakotitalojen runkoratkaisu, kuten yllä jo on todettu. Se on muihin runkomateriaalivaihtoehtoihin verrattuna edullinen ja soveltuu hyvin niin teolliseen talotuotantoon kuin paikallarakentamiseen. Julkisivu voidaan toteuttaa millä tahansa julkisivuverhouksella kuten puu- tai tiiliverhoilulla, mutta se voidaan myös rapata tai verhoilla lukuisilla erilaisilla levyratkaisuilla. Puurankarunkoinen talo voidaan toteuttaa pien-, suur-, tai tilaelementeillä sekä niin sanotulla pre cut -menetelmällä. (Pientaloteollisuus, Uusien omakotitalojen runkomateriaali.)

Puurankarunko muodostuu useasta eri materiaalikerroksesta; runkotolpista ja eristeestä, koolauksesta, tuulensuojalevystä ja mahdollisesta toisesta eristekerroksesta, höyrynsulkumuovista tai ilmansulkupaperista sekä ulko- ja sisäverhouksista. Hyvin suunniteltuna ja toteutettuna rakenne on kestävä ja toimiva. Kuitenkin monikerroksisia rakenteita, joissa on erillinen lämmöneristekerros, pidetään yhtenä syynä rakennusten sisäilmaongelmiin. Niissä mikrobit ja homeitiöt muodostuvat rakenteissa materiaalikerrosten välisiin rajapintoihin. (Vinha 2017.)

Ekologisuuden ja vähähiilisuuden näkökulmasta puurankarungon muodostuessa useasta eri materiaalikerroksesta, voidaan koko rakenteen hiilijalanjälkeen vaikuttaa hyvin paljon kerrosten materiaalivalinnoilla. Suurin merkitys rakenteen hiilijalanjälkeen on kuitenkin eristevalinnalla.

6.3.1 Eristeen vaikutus hiilijalanjälkeen

Ulkoseinissä eniten käytetty eriste on mineraalivilla. Jopa 70 prosenttia uusista pientaloista eristetään mineraalivillalla. Vajaa puolet ulkoseiniin asennetuista eristeistä on kivivillaa ja noin kolmannes lasivillaa. Viimevuosina myös selluvillan käyttö ulkoseinän eristemateriaalina on yleistynyt, erityisesti hirsiseinien lisäeristyksessä. EPS-polystyreeniä ja polyuretaania käytetään ulkoseinäeristeenä lähinnä lämpöharkkojen välissä. (Suomi rakentaa, Pientalon lämmöneristys 2019.)

Eristeen tulee olla käyttötarkoituksiinsa sopivaa ja täyttää niille asetetut vaatimukset (C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012). Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten kasvaessa, myös eristepaksuus kasvaa. Nykyään tyypillinen eristepaksuus seinissä on 25 senttiä, joka on merkittävästi suurempi aiempaan verrattuna (Suomi rakentaa, Pientalon lämmöneristys 2019).

Rakenteen suunnittelussa oleellista on huomioida kylmäsiltojen vaikutus rakenteen lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi. Huomiotta jättäminen voi aiheuttaa lämpöolojen heikkenemistä sekä kosteuden tiivistymistä rakenteeseen. Rakenteen toimivuuden osalta olennaista on myös eristeen huolellinen asentaminen. Asentamisessa tulee huomioida eristystyön ajoittaminen siten, ettei eristeet pääse kastumaan asennuksen aikana. (C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012.)

Lämmöneristeiden vähähiilisyyttä voidaan parantaa esimerkiksi lämmöneristävyttä parantamalla. Tällä saavutetaan suoraan pienempi lämmitys- ja jäähdytysenergian tarve, jolloin säästetään myös energian tuotannosta ja siirrosta syntyvissä päästöissä. Koska erilaisilla

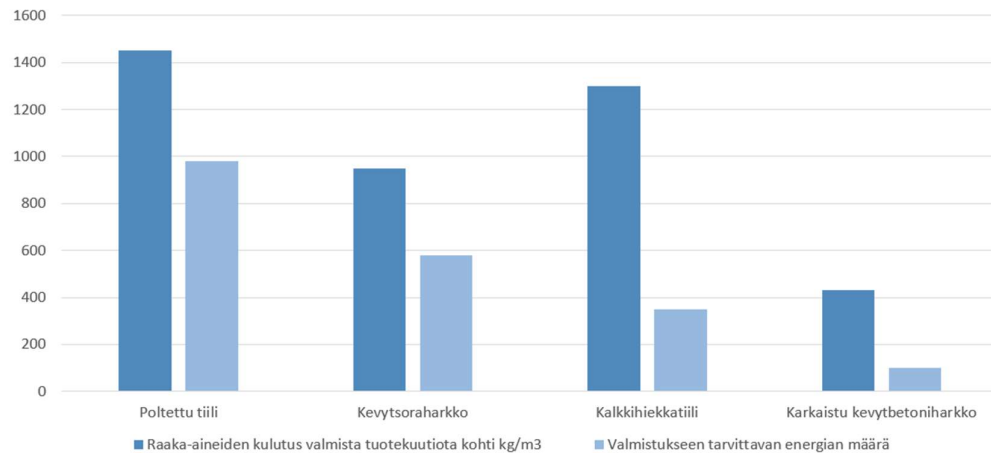
eristemateriaaleilla voidaan vaikuttaa energiatehokkuuteen, voidaan eristeiden ja rakenteen kokonaislämmönjohtavuuden suhdetta verrata rakenteen hiilijalanjälkeen. Useimmissa tapauksissa eristeen valmistuksen aikainen hiilijalanjälki on vähäinen verrattuna niiden avulla saatavaan energiatehokkuuden paranemiseen. (Häkkinen, Kuittinen 2020, 123.)

6.4. Kivi

Kivitalon etuna on kestävyys ja pitkä elinkaari sekä massiivisuus, joka tasaa lämpötiloja ja vaimentaa ulkoa tulevia ääniä. Kivitalo tehdään yleensä paikalla muuraten ja talopaketti toimitetaan niin sanottuna materiaalipakettina. Kivitalojen materiaali voi olla esimerkiksi betoni, kevytbetoni, kevytsoraharkot tai tiilet. Usein miten kivitalojen ulkopinnat käsitellään joko rappauksella, mutta ne voidaan myös verhoilla esimerkiksi puulla. Tiilitaloissa yleensä jätetään tiilipinta näkyviin. (Uusien omakotitalojen runkomateriaali, Pientaloteollisuus)

Kivitalojen arvon uskotaan säilyvän hyvin ja sen helppohoitoisuus nähdään myös etuna. Se myös mielletään usein turvalliseksi vaihtoehdoksi ja materiaali itsessään on energiatehokas. (Kivitalo kotina, kivitaloinfo)

Alla olevasta taulukosta (Taulukko 3.) nähdään, millaiset erot rakennusmateriaalin valmistuksessa tarvittavan raaka-aineen ja energian määrissä on valmista tuotekuutiota kohden. Joten myös näillä on suuri merkitys arvioidessa rakennuksen hiilijalanjälkeä.



Taulukko 3. Rakennusmateriaalien valmistuksessa tarvittavan raaka-aineen ja energian määrä valmistusta tuotekuutiota kohden. (Tekijä: M. Siljavaara, tehty lähteen Jämerä mukaan)

6.4.1 Karkaistu kevytbetoni

Tarkastellaan seuraavaksi yllä esitettyssä taulukossa parhaat tulokset saanutta materiaalia, karkaistua kevytbetonia sekä sen hyviä ja huonoja puolia. Rakennusmateriaali on yksiaineinen, eli koko rakenteessa käytetään vain yhtä materiaalia. Verrattuna tavalliseen kerroksellisiin vaipparakenteisiin, yksiaineisella massiivisella kevytbetonilla on monta lämpö- ja kosteusteknistä etua. (Vinha 2017.)

Kuten muillakin massiivisilla kivirakenteilla, myös kevytbetonilla on pieni lämmönjohtavuus. Esimerkiksi 500 mm seinän paksuudella saavutetaan U-arvo 0,15 W/(m²K), joka täyttää nykyiset sekä tulevat energiatehokkuusmääräykset. Näin ollen ulkoseinän lämpöhäviötä ei tarvitse kompensoida muiden rakennusosien avulla. (Vinha 2017.) Karkaistu kevytbetoni kuuluu rakennustarvikkeiden paloluokituksessa A1 luokkaan, eli ei osallistu paloon ollenkaan. Myöskään kevytbetonin homehtumisesta tai lahoamisesta ei tarvitse huolehtia, sillä se on normaalitilassa niin kuivaa, ettei pinnalla pysty kasvamaan ja kehittymään kasvustoja. (RT 35-10835.)

Kevytbetonin tuotantoprosessi on myös ympäristöystävällinen, sillä tuotannolla on alhainen energiantensiteetti ja tuotteet valmistetaan täysin puhtaista

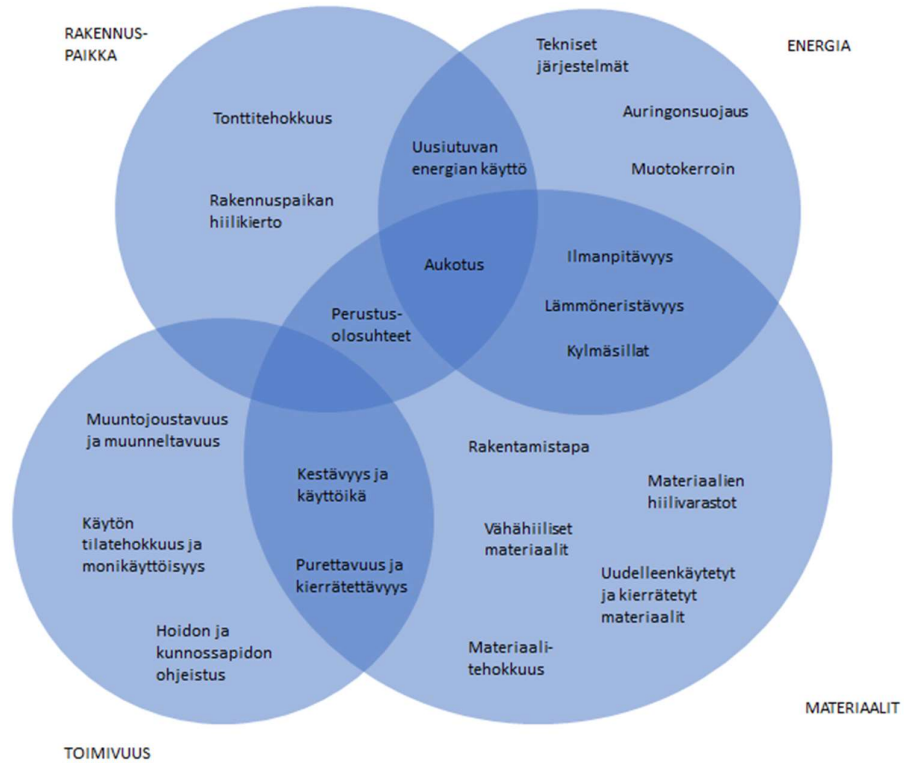
epäorgaanisista kiviaineksista; hiekasta, kalkista, kipsistä, sementistä ja vedestä. Raaka-aineita tarvitaan tuotantoprosessissa pieniä määriä kuutiomäärää kohden, eikä valmistusprosessissa ei vapaudu epäpuhtauksia, eikä muita myrkyllisiä jätteitä. Valmistuksessa hyödynnetään myös ylijäämämassa kierrättämällä se takaisin valmistusprosessiin. (Jämerä, Tuotteiden ympäristövaikutukset)

7 Muita hiilijalanjälkeen positiivisesti vaikuttavia tekijöitä

Vähähiilisyys voidaan saavuttaa monin eri keinoin (Ympäristöministeriö, Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta). Energiatehokkuus ja materiaalivalinnat on ekologisesti kestävä rakentamisen keskeisiä tekijöitä kuten aiemmin tässä opinnäytetyössä on todettu, mutta myös rakennuksen sijainti ja asukkaiden asumistottumukset vaikuttavat huomattavasti kokonaisuuteen. (Hänninen, Helsingin kaupunki ja Rakennustarkastusyhdistys RTY ry). Lisäksi myös muuntojoustavuudella voidaan edesauttaa rakennuksen pitkää käyttöikä (Ympäristöministeriö, Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta).

Talo on energiatehokkaampi, mitä pienempi ulkovaipan suhde on sisäpinta-alaan. Energiatehokkain pientalo on kaksikerroksinen ja suorakaiteen muotoinen. Pitkä sivu on suunnattu etelään, johon on sijoitettu suurimmat ikkunat. Kuitenkin tässä tulee huomioida rakennuksen yllämpeneminen, joka voidaan välttää aurinkosuojauksella. Energiatehokkuuteen vaikuttaa myös talon kokonaispinta-ala. Suuri talo kuluttaa pientä enemmän energiaa, sillä lämmitettäviä neliöitä on enemmän. Tärkeimpiä ominaisuuksia ekotehokkaassa talossa on talon ulkovaipan sekä ikkunoiden ja ovien lämmöneristävyyssyky. Mitä paremmin talo eristetään, sitä vähemmän se kuluttaa energiaa. Energiatehokkuus voi tuoda hieman lisähintaa rakennuskustannuksiin, mutta leikkaa lämmityskuluja ja hiilidioksidipäästöjä jopa viidenneksen. (Hänninen, Helsingin kaupunki ja Rakennustarkastusyhdistys RTY ry.) Hirsitalojen kohdalla ulkovaipan hyvä lämmöneristävyyssyky on haastavaa saavuttaa varsinkin ulkoseinien osalta, mikäli ei halua peittää hirsiseinää verhoilulla lisäeristykseen takia.

Kuviossa 4. on esitetty rakentamisen osatekijät ja niiden suhde toisiinsa. Rakennuspaikan osatekijät ovat suoraan yhteydessä toisiinsa. Esimerkiksi materiaalivalinnat vaikuttavat myös energiaan lämmöneristävyyden kautta ja materiaalien kestävyys ja toimivuus vaikuttaa suoraan toimivuuteen.



Kuvio 4. Vähähiilisen rakentamisen osatekijät ja niiden suhde toisiinsa (Tekijä: Mira Siljavaara, tehty Häkkinen, Kuittinen 2020, 99 mukaan)

8 Pientalosuunnitelmat

Osaksi opinnäytetyötä suunniteltiin nykymääräysten mukainen pientalo, jotta teoriaa voidaan testata. Luonnossuunnitelmatasoisista suunnitelmista (liite 1) lasketaan hiilijalanjäljen arviointimenetelmän avulla rakennuksen hiilijalanjälki (liite 2 ja 3) ja E-luku laskelmat hyödyntäen laskentapalveluiden laskuria.

Pientalo on suunniteltu perheelle, jossa asuu vanhemmat sekä kaksi lasta. Pientalossa on kolme makuuhuonetta, oleskelutilat sekä tupakeittiö, työ-/takkahuone, kodinhoitohuone, pesutilat sekä 3 wc-tilaa, joista yksi sijaitsee pesutilojen yhteydessä ja yksi päämakuuhuoneen yhteydessä. Makuuhuoneiden yhteydessä on myös erilliset vaatehuoneet. Päärakennuksen yhteyteen on suunniteltu autokatos ja pihasauna, jossa sijaitsee toiset pesutilat ja tupa.

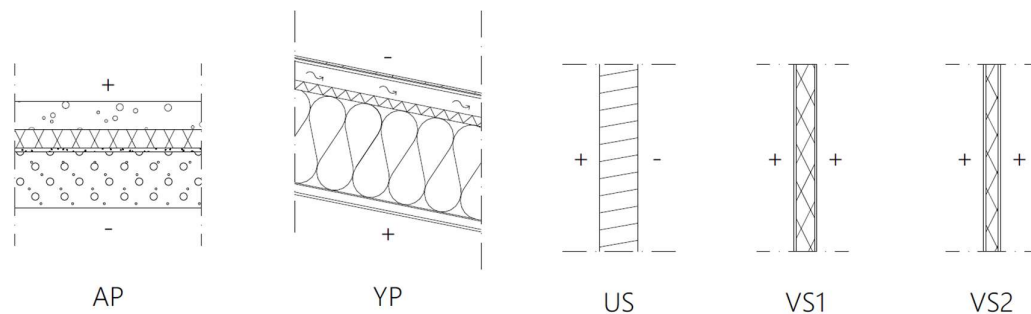
Pientalon päärakennuksen rakennusoikeudellinen kerrosala on 187 m² ja huoneistoala 172m². Pihasaunan rakennusoikeudellinen kerrosala on 27 m² ja huoneistoala 21,5 m².

Arkkitehtuuriltaan rakennus on moderni ja ajaton. Yhdessä rakennukset luovat asukkaitaan palvelevat tilat ja pohja on suunniteltu yksilöllisesti heidän toiveidensa mukaisesti. Tontin korkeuserot on huomioitu suunnittelussa siten, että päärakennus on porrastettu rinteeseen mukaisesti. Suunnittelussa on huomioitu myös ilmansuunnat. Makuutilat on sijoitettu päärakennuksen viileimpään ilmansuuntaan, ja oleskelutilojen suuret ikkunat avaavat näkymät yksityiselle takapihalle lounaaseen. Aurinkosuojaus on suunniteltu olohuoneen sisäänvedolla sekä pihasauna on sijoitettu estämään ilta-auringon kantautuminen oleskelutiloihin. Aurinkoenergiaa voisi hyödyntää pihasaunan katolle asennettavilla aurinkopaneeleilla.

8.1. Pientalon rakenteet

Pientalon runkomateriaali on lamellihirsi. Perustuksia ja alapohjaa lukuun ottamatta muut rakenteet on suunniteltu puurakenteisiksi. Alapohjana on käytetty RT-kortiston ohjekortissa 83-11009 mainittua maanvaraista

betonilaatta-alapohjaa RT AP 415 ja anturaperustusta. Yläpohjana taas on käytetty RT-kortiston ohjekortissa 83-11010 mainittua vinoa yläpohjarakennetta RT YP 706. Kantavan väliseinän rakenteena käytettiin RT-kortiston ohjekortissa 82-10903 mainittua puurunkoseinärakennetta RT VS 703. Kevyenä väliseinärakenteena käytettiin RT-kortiston ohjekortissa 82-10903 mainittua puurunkoseinärakennetta RT VS 701. Rakenteiden eristeiksi on valittu sellaiset materiaalit, jotka vastaavat ympäristöministeriön julkaiseman rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun oletusvalikoimaa. Kuviossa 5. on havainnollistettu käytetyt rakenteet tarkemmin ja taulukossa 4. on eritelty rakenteen muodostavat materiaalit ja niiden paksuudet.

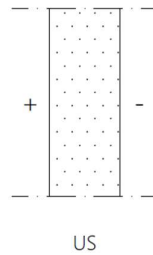


Kuvio 5. Pientalossa käytetyt rakenteet, ei mittakaavassa (Tekijä: M. Siljavaara)

AP		YP		US		VS1		VS2	
Materiaalit	Paksuus, mm	Materiaalit	Paksuus, mm	Materiaalit	Paksuus, mm	Materiaalit	Paksuus, mm	Materiaalit	Paksuus, mm
Teräsbetoni-laatta	150	Pelti	0,6	Lamellihirsi	240	Kipsilevy	13	Kipsilevy	13
Eriste XPS	100	Havuvaneri	15			Eriste, lasivilla	98	Eriste, lasivilla	66
Tasaushiekka	20	Tuuletusväli	100			Puurunko	98	Puurunko	66
Suodatinkangas	0,5	Tuulensuoja, lasivilla	50			Kipsilevy	13	Kipsilevy	13
Salaojituslatta	300	Kattokannattajat	550						
		Eriste, lasivilla	500						
		Höyrynsulku	0,2						
		Rakennuslevy	6						
		Koolaus	44						

Taulukko 4. Pientalossa käytettyjen rakenteiden kerrokset ja paksuudet (Tekijä: M. Siljavaara)

Jotta runkomateriaalien vaikutus hiilijalanjälkeen pystyttiin havainnollistamaan, tehtiin laskelmat myös kevytbetonirungolla. Laskennassa käytettiin 375 mm paksua karkaistua kevytbetoniharkkoa. Muut rakenteet olivat täysin samat. Kuviossa 6. on havainnollistettu kevytbetoniulkoseinän rakenne.



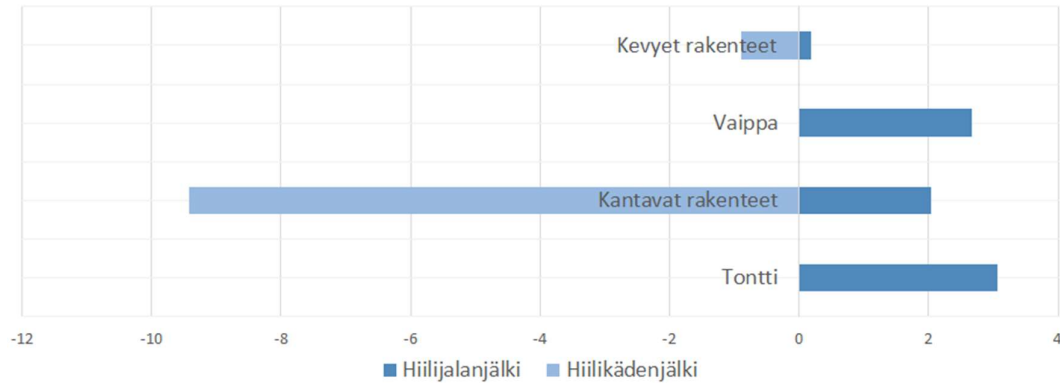
Kuvio 6. Kevytbetoni ulkoseinä, paksuus 375 mm, ei mittakaavassa. (Tekijä: M. Siljavaara)

8.2. Laskenta

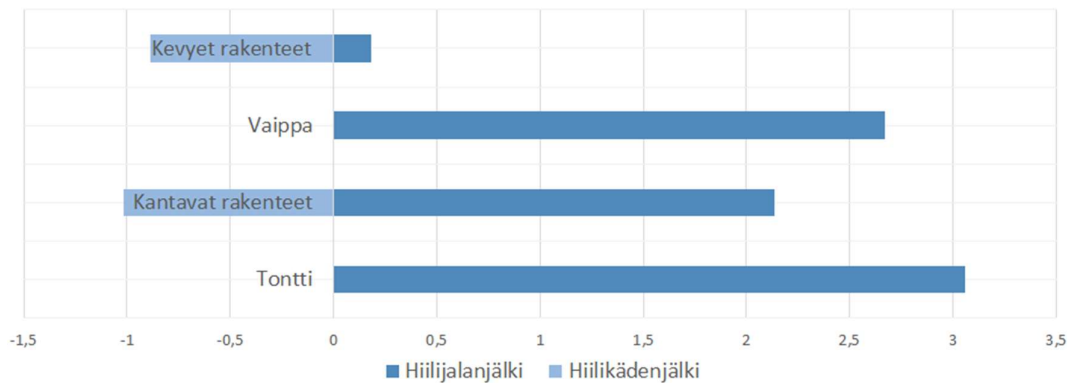
Hiilijalanjäkilaskennat tehtiin ympäristöministeriön arviointimenetelmän laskentatyökalulla. Laskennassa on keskitytty päarakenteiden hiilijalanjäljen arviointiin. Hiilijalanjäljen arviointityökaluun tarvitaan rakennusmateriaalien määrien tiedot massayksikkönä tai neliönä. Materiaaliluettelon täyttämisen jälkeen ohjelma laskee sekä hiilijalanjäljen että -kädenjäljen sekä tekee listauksen rakenteiden mahdollisista vaihtoväleistä. Eri materiaalien päästöarvoina on käytetty VTT:n kokoamia tietoja (Ympäristöministeriö 2019.) Yksikkönä arviointityökalussa käytetään hiilidioksidiekvivalenttia kgCO_2e .

Materiaaliluettelo on jaoteltu eri osiin; tonttiin, kantaviin rakenteisiin, vaippaan, kevyihin rakenteisiin ja talotekniikkaan. Koska aihe on rajattu arkkitehdin työkaluihin, jätettiin talotekniikan kohdat tyhjiksi.

Laskennat tehtiin kahdella eri runkomateriaalivaihtoehdolla vertailun helpottamiseksi sekä selkeyttämiseksi. Ympäristöministeriön arviointimenetelmän laskentatyökalu tarjoaa myös havainnollistavia taulukoita, jotka helpottavat vertailua. Alla olevissa kuvioissa 7 ja 8 on havainnollistettu molempien laskelmien tulosten ympäristövaikutuksia.



Kuvio 7. Hirsirunkoisen pientalon ympäristövaikutukset rakennusosittain. (Tekijä: M. Siljavaara)



Kuvio 8. Karkaistu kevytbetonirunkoisen pientalon ympäristövaikutukset rakennusosittain. (Tekijä: M. Siljavaara)

Lisäksi, jotta vertailu olisi yhä informatiivisempaa ja totuudenmukaisempaa, laskettiin molempien runkomateriaalivaihtoehtojen E-luku ja ostoenergian suuruus. Laskennassa käytettiin D.O.F. tech Oy:n ja Saint-Gobain Finland Oy:n tarjoamaa laskentapalvelua. E-luvun ja ostoenergian suuruuden määrittämiseen tarvittiin rakennusmateriaalien pinta-alojen lisäksi tieto käytettävästä ilmanvaihtojärjestelmästä sekä lämmitysmuodosta. Laskentaa varten tehtiin oletus, että käytetään koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa lämmöntalteenotolla ja lämmitysmuotona maalämpöä. Ikkunoiden U-arvona käytettiin 0,8 (W/m²K) ja ilmanvuotolukuna 2,0.

8.3. Tulokset

Tuloksina voidaan todeta Ympäristöministeriön arviointimenetelmän laskentatyökalun olevan hyödyllinen työväline etenkin tulevaisuudessa, kun rakennuksen vähähiilisyys arviointi tulee pakolliseksi osaksi rakennusmääräyksiä ja näin ollen myös osaksi tulevien rakennushankkeiden suunnittelua. Työkalu on erityisen hyvä suunnittelun alkuvaiheessa, kun tarkkoja rakenteita ei ole tiedossa. Työkalu tekee vertailun ja muutosten tekemisen helpoksi. Lisäksi laskentatyökalun tarjoamasta yhteenvedosta näkee jo nopealla vilkaisulla suurimmat hiilijalanjäljen sekä -kädenjäljen tekijät.

Ympäristöministeriön arviointimenetelmän laskentatyökalu on kuitenkin vielä kehityksen alkuvaiheessa, jonka huomaa käyttäjäkokemuksessa. Laskentatyökalun käyttöä helpottaisi ainakin se, että valmista valikoimaa eri rakenteista kasvatettaisiin, jolloin myös laskelmat olisivat entistäkin todenmukaisempia. Lisäksi laskentatyökalun ohessa olisi hyvä olla nähtävillä ainakin tyyppillisimpien rakennusaineiden tiheyksiä sekä muita vastaavia arvoja. Ilman materiaalien määrien määrittämistä, laskennan tekeminen on mahdotonta. Käytön helpotuttua työkalu toimisi entistä parempana työkaluna ja se voitaisiin vakiinnuttaa rakennusalan yritysten välineenä osana suunnittelua.

Tutkimus osoitti myös, että molemmilla runkomateriaaleilla toteutetuissa laskelmissa on lähes yhtä suuri hiilijalanjälki. Kuitenkin hiilikädenjäljen vertailussa on suuria eroja. Hirsirungolla on nimittäin todella suuri vaikutus kokopientalon hiilikädenjälkeen. Hirsirunkoisen pientalon rakennusosien yhteenlaskettu hiilikädenjälki jopa ylittää -jalanjäljen suuruuden, kun taas kevytbetonirunkoisella pientalolla hiilikädenjälki on reilu viidesosa -jalanjäljestä. Näin ollen hirsiulkoseinillä toteutettu pientalo olisi hiilinegatiivinen, kun taas kevytbetonirunkoisen pientalon hiilitasapaino jää ympäristöä kuormittavaksi.

Suurimmat hiilijalanjäljet aiheutuivat tontin ja vaipan rakennusosista. Niistä tarkemmin ottaen suurimmat hiilijalanjäljen kasvattajat olivat tontin osalta maanvarainen massiivilaatta ja vaipan osalta yläpohjan eriste ja ikkunat. Massiivilaatan hiilijalanjälkeä voisi pienentää rakennuksen koon pienentämisellä, jolloin laatan massayksikkö pienenesi samoin kuin hiilijalanjälki.

Yläpohjan eristeen hiilijalanjälkeen voitaisiin vaikuttaa samalla tavoin kuin massiivilaataan, eli rakennuksen koon pienentämisellä. Toinen vaihtoehto olisi tehdä tarkempaa tuotekohtaista tarkastelua ja valita ekotehokkaita materiaaleja, jolla voitaisiin saada suuria muutoksia lukemiin. Ikkunoiden hiilijalanjälki on myös suhteellisen suuri, samoin kuin ovien. Näiden hiilijalanjälkeä saataisiin pienemmäksi pienentämällä ikkunoiden ja ovien kokoja tai vähentämällä niiden lukumäärää.

Energialaskelmat osoittivat hirsirunkoisen rakennuksen energialuokaksi B. Vaatimukset saatiin täytettyä tiiveysluvun pienentämisellä pienimpään mahdolliseen hirsiseinällä toteutettavaan arvoon 2,0 ja parantamalla ikkunoiden U-arvo 0,8. Ilman näitä muutoksia määräykset eivät olisi täytyneet. Laskettaessa kevytbetonirunkoisen rakennuksen energialaskelmia, käytettiin täysin samoja arvoja kuin hirsirunkoisen rakennuksen laskelmissa eli päivitettiin vain ulkoseinän rakennetta koskevat kohdat. Kevytbetonirunkoisen rakennuksen energialuokaksi saatiin myös B ja E-luku täytti reilusti vaatimukset. Ostoenergian suuruus erosi rakennusmateriaalien välillä. Tulokset osoittavat kevytbetonirunkoisen pientalon ostoenergiankulutuksen olevan pienempi kuin hirsirunkoisen pientalon, sillä 240 mm paksuisella hirsiseinällä ostoenergian suuruus oli yhteensä 87,66 kWh/m², kun taas 375 mm paksuisella kevytbetonilla arvo oli 68,90 kWh/m².

Energialaskelmat todensivat hirsirunkoisen seinän heikon energiatehokkuuden. Ilman ympäristöministeriön antamia myönnytyksiä hirsirakentamiselle, hyväksytyihin lukemiin yltäminen olisi vielä entistäkin haastavampaa. Kompensointi muissa rakenneosissa on myös yksi vaihtoehto tavoitearvoihin pääsemisen edistämiseksi. Toinen kelvollinen keino saavuttaa minimi energialuku on hyödyntää uusiutuvia energianlähteitä rakennuksen lämmityksessä. Tavoitellessa parhaita energialuokkaa aiemmin mainitut keinot ovat välttämättömiä.

Energialuvun laskemisen ansiosta voitiin selvittää vielä molempien vaihtoehtojen elinkaaren aikainen hiilijalanjälki. Tarkastelujaksona käytettiin 30 vuotta. Tulokset osoittivat kivitalon elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen olevan pienempi alhaisemman energiankulutuksen ansiosta, mutta hirsitalolla tilannetta

paransi selvästi suurempi hiilikädenjälki. Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt on taulukoitu alla olevassa taulukossa (Taulukko 5.)

Käytetty runkomateriaali	Hiilijalanjälki tn CO ₂ e	Hiilikädenjälki tn CO ₂ e
Lamellihirsi	99	-60
Karkaistu kevytbetoni	91	-11

Taulukko 5. Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt

9 POHDINTA

Valitsin opinnäytetyöaiheeksi tällä hetkellä ja tulevaisuudessa paljon puhetta herättävän aiheen, sillä aidosti me tarvitsemme konkreettisia ratkaisuja sekä malleja, miten pystymme elämään, asumaan ja rakentamaan ekologisesti kestävin tavoin. Ainoastaan elämällä tasapainossa ympäristömme kanssa pystymme voittamaan tämän ihmiskunnan suurimman haasteen. Tasapaino tulee löytää niin yksilötasolta kuin myös maapallon mittakaavassa.

Opinnäytetyössä nähtiin, miten monin tavoin vähähiilisempiä rakennuksia pystytään toteuttamaan. Enää on siis kyse vain ratkaisuista mitä teemme rakennettaessa ja korjatessamme ympäristöämme. Suunnittelijoilla on tässä kohtaa paljon valtaa ohjaajana ja suunnan näyttäjänä. Näin rakennusarkkitehdiksi valmistuvana haluan viedä tietoa ja taitoa eteenpäin. Koen myös tietoisuuden kasvamisen myötä olevani yhä parempi ja monipuolisempi suunnittelija.

Tutkimuksessa keskityin pääosin pientaloja koskeviin asioihin. Pinnalle nousi erityisesti rakennusmateriaalien vaikutus hiilijalanjälkeen. Laskelmien tulos oli jokseenkin ennalta arvattavissa ja se, että suurimmaksi hiilikädenjäljen lähteeksi nousee hirsi ulkoseinärakenteena. Oli myös selvää, että kevytbetoni ulkoseinärakenteena vaikuttaa koko pientalon hiilitasapainoon, eikä hiilikädenjälki arvot ylety lähellekään verrattuna hirteen. Myös oletettavaa oli, että betonirakenteet ovat suurimpia hiilijalanjäljen tuottajia. Yllättävintä oli, miten suuri vaikutus ikkunoilla ja ovilla on laskelmiin.

Tulevaisuudessa kun hiilijalanjälkilaskelmat tulevat osaksi rakennuslupaa, uskon puurakentamisen suosion nousevan, sillä nähdään konkreettisia laskelmia siitä, miten puulla on erinomainen kyky hiilen varastoinnissa ja hiilikädenjäljen kasvattajana. Uskon myös kivirakentamisen kehittyvän ja niissä hyödynnettävän yhä enemmän kierrätettyjä ja uudelleenkäytettäviä materiaaleja, jotta ne pysyvät kilpailukykyisinä hiilijalanjälkiarvioinnissa. Nähtäväksi jää, muuttuuko trendi suurista lasi pinta-aloista hiilijalanjälkilaskelmien yleistymisen myötä, vai kompensoidaanko niiden aiheuttama hiilijalanjälki jossain muussa rakennusosassa.

Toisaalta taas energialaskelmat osoittivat hirsirakenteen heikon lämmönläpäisykertoimen vaikutuksen. Vaikka hirsi on rakennusmateriaalina ekotehokas, luo se koko rakennukselle haasteen tavoittaa nykyvaatimusten taso energialuokissa.

Kuitenkin hirsirakentamisen suosion kasvaminen osoittaa, että pientalorakentajat ovat halukkaita valitsemaan ekotehokkaan rakennusmateriaalin ja kompensoimaan sen heikon energiatehokkuuden jossain muussa rakenteessa tai hyödyntämällä yleistyviä uudistuvia energianlähteitä. Uskon myös suosion kasvamisen vaikuttavan hirren kehittämiseen ja kehittämiseen materiaalina.

Tutkimuksen ulkopuolelle jääneillä taloteknisillä ratkaisuille on myös oletettavasti suuri merkitys kokonaisuudessa. Taloteknisten ratkaisujen määrittäminen toisi todennäköisesti huomattavasti enemmän informaatiota kokonaisuudesta sekä olisi lisännyt kartoitettavien vaihtoehtojen selvittämistä ja perehtymistä. Yhdessä ne olisivat luoneet hyvän lähtökohdan suunnittelulle ja jopa lopulliselle toteutukselle.

Suurimmaksi haasteeksi opinnäytetyössä ilmeni materiaalien määrälaskenta. Siihen mielestäni tarvittaisiin yksinkertaisia ja helppokäyttöisiä ohjelmia tai vaihtoehtoisesti laskentatyökalun yhteyteen rakennetulla materiaalipankilla, missä olisi tarjolla rakennusaineiden tiheydet sekä muut tarvittavat tiedot. Sellaisten kehittäminen auttaisi laskennan nopeuttamisessa huomattavasti. Toki hiilijalanjäljen arviointityökalut ovat vielä toistaiseksi hyvin uusia työkaluja. Niiden kehitys tulee varmasti etenemään hurjaa vauhtia viimeistään rakennuksen vähähiilisyyden arvioinnin tullessa pakolliseksi osaksi rakennusmääräyksiä.

Uskon ympäristöystävällisen rakentamisen kasvamiseen ja koko yhteiskunnan muutokseen, jolla päästään tasapainoon ympäristön kanssa tuhoamatta sitä yhtään enempää.

LÄHTEET

Ympäristöministeriö. Vähähiilinen rakentaminen. Luettu 29.1.2021.

<https://ym.fi/vahahiilinen-rakentaminen>

Valtioneuvosto. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Luettu 29.1.2021.

<https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

Ympäristöministeriö. Pariisin ilmastopimus. Luettu 18.2.2021.

<https://ym.fi/pariisin-ilmastosopimus>

Martinkauppi K. 2020. Vähähiilinen rakentaminen. PDF-tiedosto. Luettu 18.2.2021. Saatavilla:

<https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaistuMetatieto/Documents/EDK-2020-AK-315704.pdf>

Ympäristöministeriö. Vähähiilisen rakentamisen tiekartta. Luettu 29.1.2021.

<https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>

Vesitaito. Mikä Hiilijalanjälki. Luettu 18.2.2021.

<https://vesitaito.fi/mika-hiilijalanjalki/>

Korhonen J. 2020. Mistä oma hiilijalanjälki muodostuu? Luettu. 18.2.2021.

<https://www.vertaaensin.fi/blog/mista-oma-hiilijalanjalki-muodostuu>

Häkkinen, T. & Kuittinen M. 2020. Kohti vähähiilistä rakentamista – Opas arviointiin ja suunnitteluun. Helsinki: Rakennustieto Oy

Ympäristöministeriö 2018. Energiatodistusopas. PDF-tiedosto. Haettu 22.3.2021. Saatavilla:

<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B5DA79466-F15E-4FC9-9C76-46AE002B7FF6%7D/141249>

Ympäristöministeriö. Rakennusten energiatehokkuus. Luettu 29.1.2021.

<https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>

Ympäristöministeriö 2011. Uusista pientaloista jo noin puolet A-energialuokkaa. Luettu 2.4.2021.

<https://ym.fi/-/10184/uusista-pientaloista-jo-noin-puolet-a-energialuokkaa>

Ympäristö 2016. Uusista rakennuksista lähes nollaenergiarakennuksia. Luettu 2.4.2021.

[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Uusista_rakennuksista_lahes_nollaenergia\(40678\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Uusista_rakennuksista_lahes_nollaenergia(40678))

Ympäristöministeriö 2020. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä lausuntokierrokselle. Luettu 30.3.2021.

<https://ym.fi/-/rakennusten-hiilijalanjaljen-arviointimenetelma-lausuntokierrokselle>

Syke 2021. Rakentamisen päästöjä voidaan nyt vertailla – uusi päästötietokanta luo perustan vähähiilisen rakentamisen säädösohjaukselle. Luettu 30.3.2021.

[https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Rakentamisen_paastoja_voidaan nyt vertai\(60051\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Rakentamisen_paastoja_voidaan nyt vertai(60051))

Ruuska A., Häkkinen T., Vares S., Korhonen M-R. & Myllymaa T. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset 2013. Luettu 29.1.2021. Saatavilla:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41423/YMra8_2013_Rakennusmateriaalien_ymparistovaikutukset_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Suomi rakentaa. Omakotirakennuttaminen ja suunnittelu. Luettu 18.2.2021.

<https://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/ok-suunnittelu/ymparistoystavallisen-omakotitalon-perusteita>

Rakennuslehti 04/2020 Jätelain uudistus tuo kovat haasteet rakentajille-artikkeli. Luettu 30.3.2021.

<https://www.rakennuslehti.fi/2020/04/jatelain-uudistus-tuo-kovat-haasteet-rakentajille/>

Kontio. Miksi hirsi. Luettu 19.3.2021.

<https://www.kontio.com/fi-FI/miksi-hirsi/>

Puuinfo. Hirsirakenteet. Luettu 19.3.2021.

<https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/>

Suomi rakentaa. Pientalon lämmöneristys. Luettu 2.4.2021.

<https://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/pientalon-lammoneristys>

Pientaloteollisuus. Omakotitalojen runkomateriaali. Luettu 19.3.2021.

<https://www.pientaloteollisuus.fi/fin/rakentajalle/keskimaarainen-omakotitalo/runkomateriaali/>

Vinha J 2017. Lausunto kevytbetonirakenteiden rakennusfysikaalisesta toiminnasta. PDF-tiedosto. Luettu 19.3. Saatavilla:

<https://www.jamera.fi/client/jamera19/userfiles/juha-vinhan-lausunto-kevytbetonirakenteiden-rakennusfysikaalisesta-toiminnasta1977646672.pdf>

Kivitaloinfo. Kivitalo kotina. Luettu 19.3.2021.

<https://kivitaloinfo.fi/kivitalo-kotina/>

Jämerä. Ympäristövaikutukset tuotannon aikana. Luettu 19.3.2021.

<https://www.jamera.fi/kivirunko/tuotteiden-ymparistovaikutukset/>

Hänninen P., Helsingin kaupunki & Rakennustarkastusyhdistys RTY ry. Rakentajan ekotieto. PDF-tiedosto. Luettu 19.3.2021. Saatavilla:

<http://www.rakentajanekolaskuri.fi/taustatietoa.pdf>

Ympäristöministeriö 2019. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Luettu. 18.4.2021.

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyyden_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Oikeusministeriö 2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Luettu 26.4.2021. Saatavilla:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

Ympäristöministeriö 2012. C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma luonnos.

Luettu 26.4.2021. Saatavilla:

<https://www.ym.fi/download/noname/%7BE3549160-2ED6-4807-8556-230BDC60275B%7D/30749>

Ympäristöministeriö 2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Luettu 29.4.2021.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=1010%2F2017>

RT 82-10903 Väliseinärakenteita

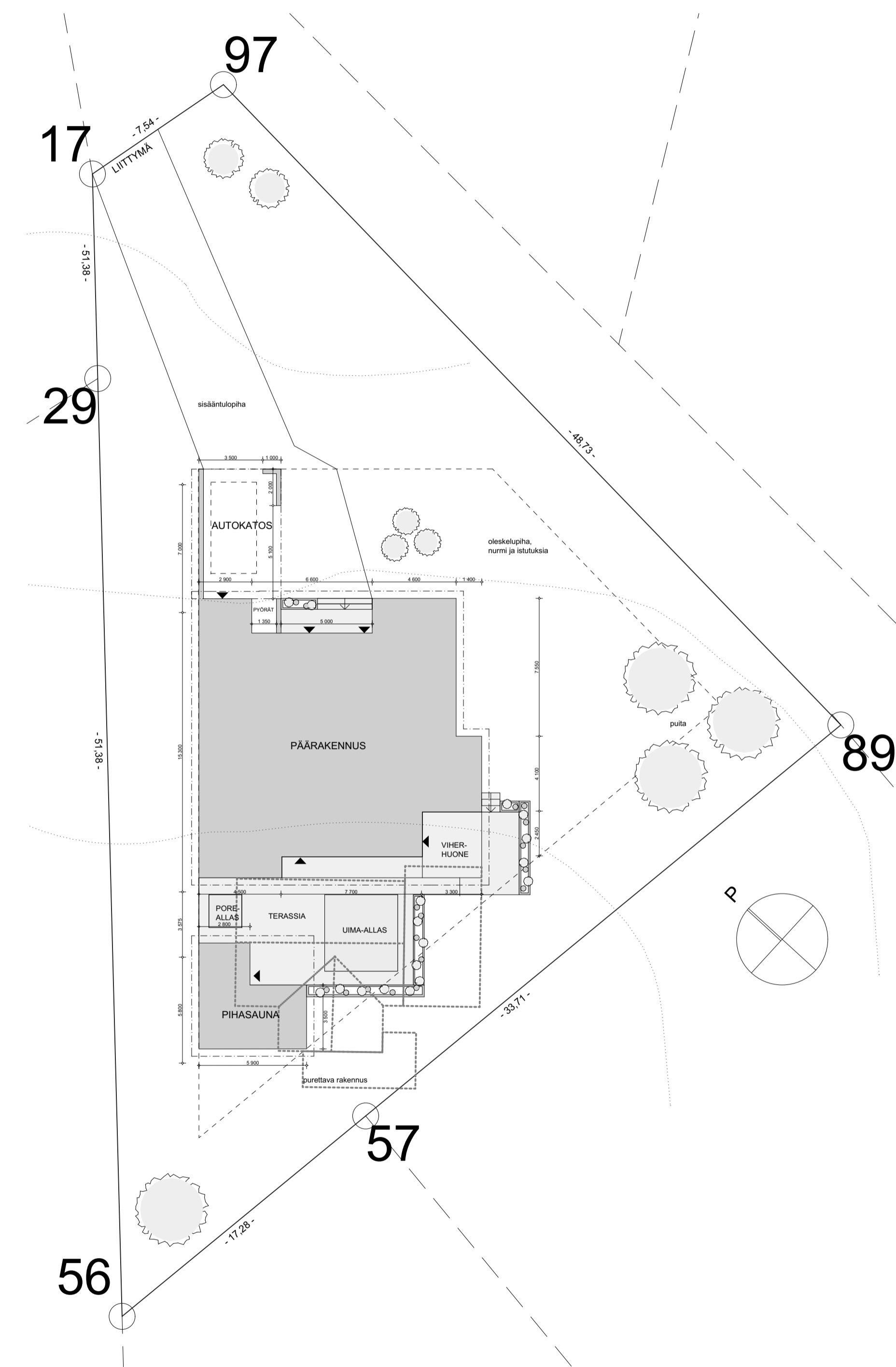
RT 83-11009 Alapohjarakenteita

RT 83-11010 Yläpohjarakenteita

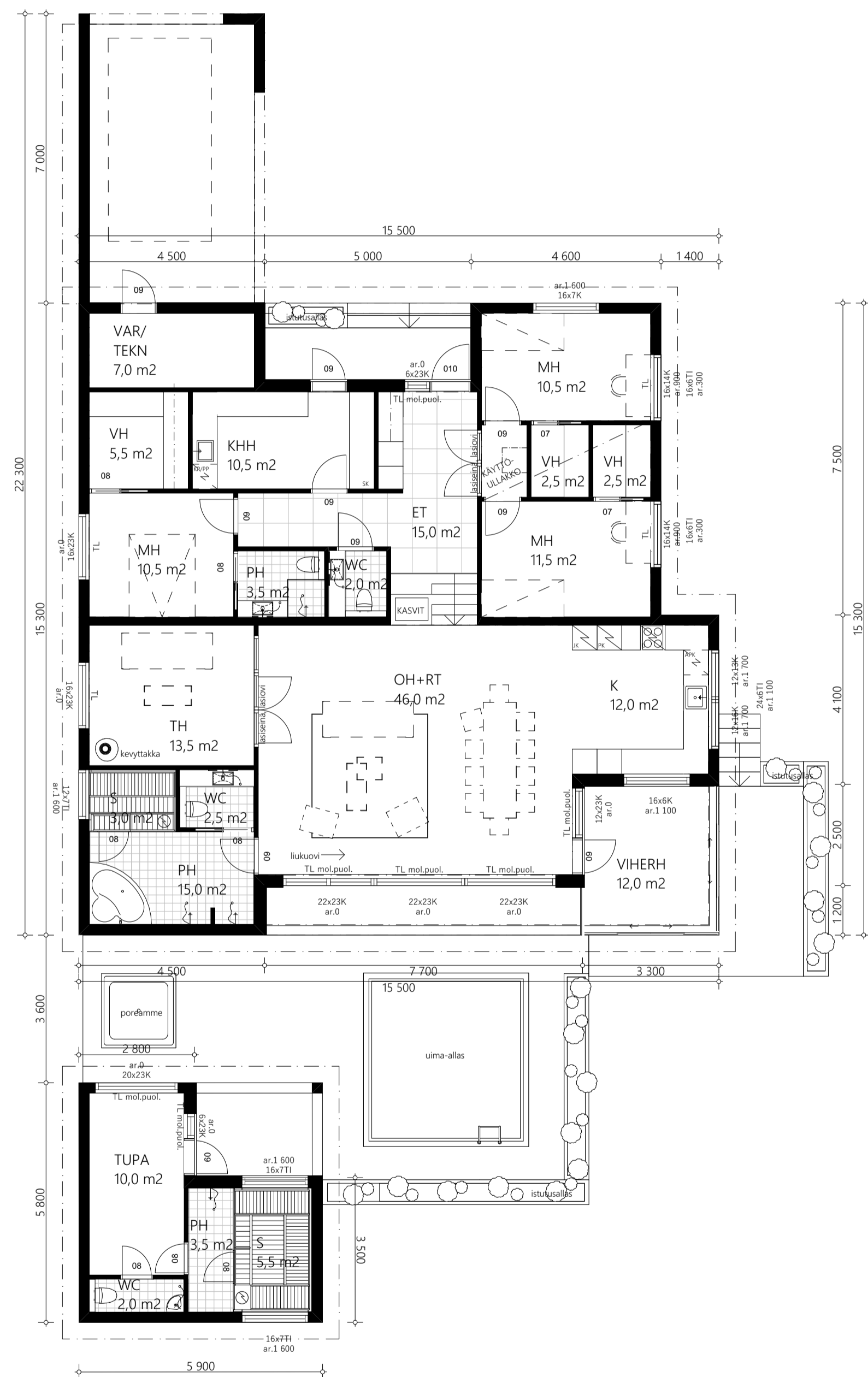
RT 35-10835 Karkaistut kevytbetoniharkot

LIITTEET

Liite 1. Luonnossuunnitelma



ASEMAPIIRROSLUONNOS 1:100



POHJAPIIRROS 1:100

ASUINRAKENNUS

Huoneistoala 172,0 m²
 Kerrosala (US 250 mm) 187,0 m²

PIHASAUNA

Huoneistoala 21,5 m²
 Kerrosala (US 250 mm) 27,0 m²

Huoneistoala yhteensä 193,5 m²
 Kerrosala (US 250 mm) 214 m²

HAVAINNEKUVA

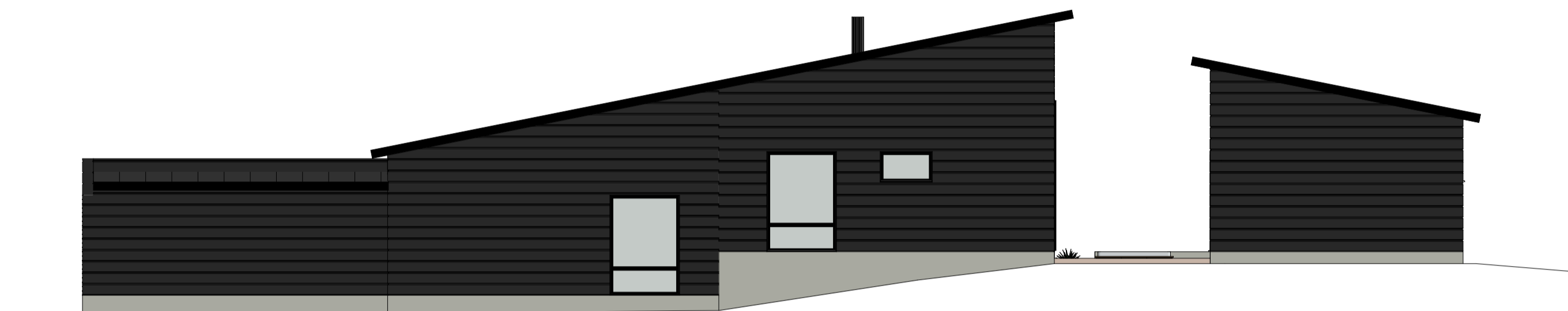




JULKISIVU KOILLISEEN 1:100



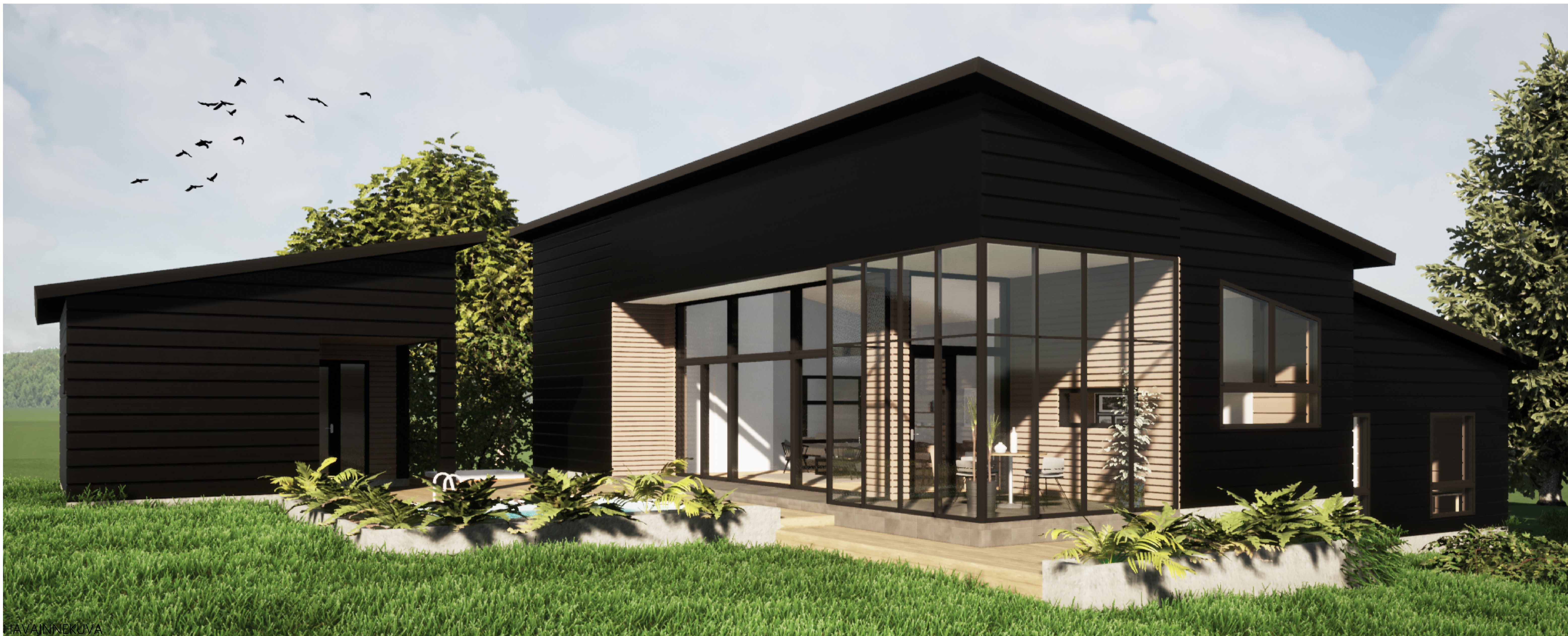
JULKISIVU KAAKKOON 1:100

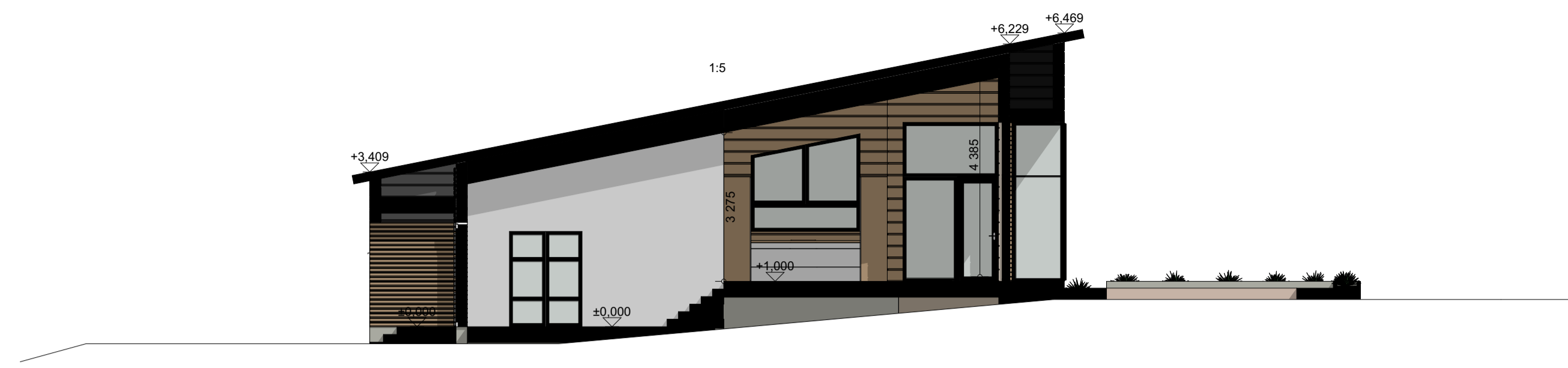


JULKISIVU LUOTEeseen 1:100



JULKISIVU LOUNAASEEN 1:100





LEIKKAUS 1:100



Liite 2. Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun täytetty materiaaliluettelo, runkomateriaalina lamellihirsi

Materiaaliluettelo

Syötä rakennuksen materiaali tiedot alla olevaan listaan esim. Määräluetteloon perustuen. Hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen päästöt muodostuvat automaattisesti, kun määrät on syötetty. Lisää tarvittaessa rivejä kunkin otsakkeen alle 'Lisää rivi' -napilla. Jos tarkempi päästötieto jollekin tuotteelle tai materiaalille on olemassa, voit syöttää sen painamalla 'Korvaa taulukkoarvoja tarkemmilla tiedoille' -nappia.

Littera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	yks	kgCO ₂ e	kgCO ₂ e	a	kpl	kgCO ₂ e
						Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki	Vaihtoväli	Vaihdot	Hiilijalanjälki
Tontti (1.1. Alueosat)										
Sokkeli	Routeerite EPS	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routeerite, EPS	170	kg	567				50
Sokkeli	Antura	PIHA JA POHJARAKENTEET	Betoniantura ja -perustus (sis.raudoitteet)	20 000	kg	3 200				Ei vaihdeta
AP	Maanvarainen laatta	LAATAT	(massiivilaatta), betoni + teräkset	65 520	kg	10 483				Ei vaihdeta
AP	Tasaushiekkä ja sora	PIHA JA POHJARAKENTEET	Murske, hieno ja karkea	300 000	kg	3 456				Ei vaihdeta
AP	Suodatinkangas	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kuitukangas	15	kg	34				Ei vaihdeta
Total						17 741				
Kantavat rakenteet (1.2.1-1.2.3 Talo-osat)										
Sokkeli	Teräsbetoni perusmuuri	SEINÄT JA SOKKELIT	Betonisokkeli	42 620	kg	6 819				Ei vaihdeta
US	Lamellihiirsi 240 mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Liimahirsiseinä	33 120	kg	4 707	-48 769			Ei vaihdeta
VS1	Puurunko	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 266	kg	116	-1 962			Ei vaihdeta
YP	Kattokannattimet	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	2 540	kg	234	-3 937			Ei vaihdeta
Total						11 876	-54 669			
Vaippa (1.2.4-1.2.6 Talo-osat)										
Ikkunat	Ikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	ikkunat, puuikkuna, sisältää myös lasit	43	m ²	3 763				50
UO	Ulko-ovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko, puu	10	m ²	610			40	1 610
SO	Sisäovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	37	m ²	1 288				50
VS1	Eriste	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	41	kg	63				Ei vaihdeta
AP	Eriste	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, XPS	261	kg	689				Ei vaihdeta
YP	Peltikate	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	927	kg	2 698				50
YP	Tuulensuoja	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	640	kg	979				Ei vaihdeta
YP	Eriste	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	1 477	kg	2 260				Ei vaihdeta
YP	Höyrynsulku	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	36	kg	108				Ei vaihdeta
Sokkeli	Sokkelin lämmöneriste	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, XPS	47	kg	124				Ei vaihdeta
Sokkeli	Sokkelin bitumihuopakaista	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m ²	226	m ²	2 854			35	1 2 854
VS2	Eriste	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	37	kg	57				Ei vaihdeta
Total						15 493				3 464
Kevyet rakenteet (1.3 Tila-osat)										
VS1	Kipsilevy	LEVYT	kipsilevy	510	kg	214				50
YP	Havuvaneri	LEVYT	vaneri	1 359	kg	385	-2 229			50
YP	Koolaus 44 mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	728	kg	67	-1 128			Ei vaihdeta
VS2	Puurunko 66 mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 147	kg	106	-1 778			Ei vaihdeta
VS2	Kipsilevy	LEVYT	kipsilevy	688	kg	288				50
Total						1 060	-5 135			
Talotekniikka (2.1-2.4 Tekniikkaosat)										
Total										
Kaikki materiaalit yhteensä						46 169	-59 804			3 464
						Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki			Vaihtojen hiilijalanjälki

Liite 3. Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun täytetty materiaaliluettelo, runkomateriaalina kevytbetoni

Materiaaliluettelo

Syötä rakennuksen materiaali tiedot alla olevaan listaan esim. Määräluetteloon perustuen. Hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen päästöt muodostuvat automaattisesti, kun määrät on syötetty. Lisää tarvittaessa rivejä kunkin otsakkeen alle 'Lisää rivi' -napilla. Jos tarkempi päästötieto jollekin tuotteelle tai materiaalille on olemassa, voit syöttää sen painamalla 'Korvaa taulukkoarvoja tarkemmilla tiedoille' -nappia.

Littera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	yks	kgCO ₂ e	kgCO ₂ e	a	kpl	kgCO ₂ e
						Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki	Vaihtoväli	Vaihdot	Hiilijalanjälki
Tontti (1.1. Alueosat)										
Sokkeli	Routeeriste EPS	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routeeriste, EPS	170	kg	567				50
Sokkeli	Antura	PIHA JA POHJARAKENTEET	Betoniantura ja -perustus (sis.raudoitteet)	20 000	kg	3 200				Ei vaihdeta
AP	Maanvarainen laatta	LAATAT	(massiivilaatta), betoni + teräkset	65 520	kg	10 483				Ei vaihdeta
AP	Tasaushiekkä ja sora	PIHA JA POHJARAKENTEET	Murske, hieno ja karkea	300 000	kg	3 456				Ei vaihdeta
AP	Suodatinkangas	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kuitukangas	15	kg	34				Ei vaihdeta
Total						17 741				
Kantavat rakenteet (1.2.1-1.2.3 Talot-osat)										
Sokkeli	Teräsbetoni perusmuuri	SEINÄT JA SOKKELIT	Betonisokkeli	42 620	kg	6 819				Ei vaihdeta
US	Kevytbetoni 375mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Betoniväliseinä	25 875	kg	5 216				Ei vaihdeta
VS1	Puurunko	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 266	kg	116	-1 962			Ei vaihdeta
YP	Kattokannattimet	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	2 540	kg	234	-3 937			Ei vaihdeta
Total						12 385	-5 899			
Vaippa (1.2.4-1.2.6 Talot-osat)										
Ikkunat	Ikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	ikkunat, puuikkuna, sisältää myös lasit	43	m ²	3 763				50
UO	Ulko-ovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko, puu	10	m ²	610			40	1 610
SO	Sisäovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	37	m ²	1 288				50
VS1	Eriste	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	41	kg	63				Ei vaihdeta
AP	Eriste	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, XPS	261	kg	689				Ei vaihdeta
YP	Peltikate	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	927	kg	2 698				50
YP	Tuulensuoja	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	640	kg	979				Ei vaihdeta
YP	Eriste	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	1 477	kg	2 260				Ei vaihdeta
YP	Höyrynsulku	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	36	kg	108				Ei vaihdeta
Sokkeli	Sokkelin lämmöneriste	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, XPS	47	kg	124				Ei vaihdeta
Sokkeli	Sokkelin bitumihuopakaista	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m ²	226	m ²	2 854			35	1 2 854
VS2	Eriste	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	37	kg	57				Ei vaihdeta
Total						15 493				3 464
Kevyet rakenteet (1.3 Tila-osat)										
VS1	Kipsilevy	LEVYT	kipsilevy	510	kg	214				50
YP	Havuvaneri	LEVYT	vaneri	1 359	kg	385	-2 229			50
YP	Koolaus 44 mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	728	kg	67	-1 128			Ei vaihdeta
VS2	Puurunko 66 mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 147	kg	106	-1 778			Ei vaihdeta
VS2	Kipsilevy	LEVYT	kipsilevy	688	kg	288				50
Total						1 060	-5 135			
Talotekniikka (2.1-2.4 Tekniikkaosat)										
Total										
Kaikki materiaalit yhteensä						46 679	-11 034			3 464
						Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki	Vaihtojen hiilijalanjälki		