

Vertti Hannula

Omakotitalon rakennus-, rakennesuunnittelu ja kustannuslaskenta



Insinööri (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatek-
niikka

Kevät 2022



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä: Hannula Vertti

Työn nimi: Omakotitalon rakennus-, rakennesuunnittelu ja kustannuslaskenta

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Asiasanat: rakennesuunnittelu, kustannuslaskenta

Opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä omakotitalon rakennus- ja rakennesuunnitelmat sekä kustannuslaskenta rakennusluvan hakemiseksi. Lähtökohtana opinnäytetyössä oli tilaajan toimeksianto: omakotitalon rakennuspaikan hankinnasta Rovaniemen kaupungin alueelta, rakennussuunnittelusta sekä kustannusarvio. Tilaajan roolissa toimin itse ja työ on tarkoitettu omaan käyttööni.

Opinnäytetyössä käydään läpi hankesuunnittelun vaiheet. Tavoitteisiin kuului myös Cadmatic Building-ohjelman käytön opettelu. Ohjelmalla tuotettiin tarvittavat piirustukset, energiatodistus ja U-arvolaskenta. Excel-ohjelmaa käytettiin kustannuslaskelmaan, rakennussuunnittelun aikaiseen kustannusvertailuun ja routasuojauksen suunnitteluun.

Suunnitellussa omakotitalossa näkyvät ympäristöystävällisyys, energiatehokkuus, esteettömyys ja kustannustehokkuus. Suunnittelun aikaisissa valinnoissa pyrittiin korostamaan kyseisiä arvoja.

Rakennusmateriaalivalinnoilla pystyttiin vaikuttamaan rakennuksen hiilijalanjälkeen. Ympäristöystävällisyys ja hiilijalanjäljen vähentäminen näkyvät myös energiatehokkuudessa. Esteettömyyden huomioimisella mahdollistetaan omakotitalon käyttämisen, vammautumisen, sairauden tai vanhenemisen seurauksista huolimatta. Sillä vaikutetaan myös tilojen selkeyteen ja helppohoitoisuuteen. Suunnitteluratkaisut pyrittiin toteuttamaan siten, että niillä ei ole suuria vaikutuksia rakentamiskustannuksiin.

Abstract

Author: Hannula Vertti

Title of the Publication: The Architectural Design, Structural Design, And Cost Accounting of A Detached House

Degree Title: Bachelor's Degree in Construction and Civil Engineering

Keywords: structural design, cost accounting

The purpose of the thesis was to make the architectural, and structural design of a detached house, and to calculate the cost to apply for a building permit. This thesis was commissioned by a contractor: an acquisition of a construction site for a detached house in the Rovaniemi city area, building design and preparing a cost estimate. In the role of the client, I act myself and the work is intended for my personal use.

This thesis covers the stages of a project planning. One of the aims was also to learn how to use the Cadmatic Building software. The software produced the required drawings, The energy certificate, and the U-value calculation. Excel was used for cost accounting, cost comparison during the building design, and for the ground frost protection design.

The aims in the planning of the detached house where eco-friendliness, energy efficiency, accessibility, and cost-effectiveness. The choices made during the design sought to emphasize those values.

The choice of the building materials had an impact on the building's carbon footprint. Environmental friendliness and reducing the carbon footprint are also reflected in the energy efficiency. By taking accessibility into account already in planning, it enables to live in a detached house regardless of the consequences of injury, disability, or aging. It also affects the clarity and ease of maintenance of the premises. The aim was to implement the design solutions in such a way that they do not have a major impact on construction costs.

Tiivistelmä
Abstract
Termit ja lyhenteet
Sisällys

1	Johdanto	1
2	Hankesuunnittelu	2
2.1	Suunnittelun tavoitteet	3
2.2	Tilaohjelma	4
2.3	Rakennuspaikan valinta ja tarkastelu.....	5
2.4	Talo-osien valinta	6
2.5	Vesikatteen valintaan vaikuttavat tekijät.....	6
2.6	Hiilineutraalisuus.....	7
3	Rakennussuunnittelu.....	9
3.1	Ehdotussuunnittelu	9
3.2	Maankäytön suunnittelujärjestelmä	10
3.3	Viranomaisvalvonta.....	11
3.4	Esteettömyys.....	11
3.5	Piirustukset.....	14
3.6	Tulisija.....	15
3.7	Päälämmitysmuoto	15
3.8	Aurinkoenergia	18
3.9	Energiatodistus.....	21
3.10	Rakenteiden lujuus- ja vakauslaskelmat	22
3.11	Paloturvallisuus.....	23
3.12	Rakennusfysiikka.....	24
3.13	Rakennuksen ilmapaine	24
3.14	Rakennuksen lämpö.....	26
3.15	Rakenteen kosteus.....	27
3.16	U-arvo ja kosteustekninen toiminta	28
3.17	Routasuojaus.....	32
3.18	Tontin kuivatus.....	34
3.19	Radon	36
4	Kustannuslaskenta.....	39

4.1	Talo 2000.....	39
4.2	Rakennusosien kustannukset.....	40
4.3	Ratu-kortti	40
5	Yhteenveto	44
	Lähdeluettelo	
	Litteet	

Termit ja lyhenteet

Hiilijalanjälki Carbon footprint	Tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana syntyvien kasvihuone kaasujen summa.
Hiilikädenjälki, <i>Carbon handprint</i>	Tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana syntyvien absoluuttisten ilmastohyötyjen summa muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi

1 Johdanto

Rakennushankkeen toteuttamisesta vastaa joukko rakennusalan ammattilaisia, joista kukin toimii omilla pääosa-alueilla. Saumaton yhteistyö voidaan saavuttaa, mikäli osapuolet ymmärtävät muiden osapuolien tarpeet, valinnat ja tekemiset. Yhteistyöllä voidaan löytää uusia näkökulmia ja kehittyä ammatillisesti, mikä mahdollistaa rakennushankkeen parhaan mahdollisen lopputuloksen.

Tulevaisuudessa työskentelen todennäköisesti tuotannon parissa. Opinnäytetyö tarjoaakin mahdollisuuden nähdä rakennushanke suunnittelijan näkökulmasta. Omakotitalon rakentaminen on tavoitteissani lähitulevaisuudessa, valmis suunnitelma edesauttaa rakennushankkeen toteutumista. Suunnitelmien laatiminen vaatii tietoteknisiä valmiuksia ja hyödyntämistä, joita rakennusalalla kaikilla osa-alueilla tullaan enenemissä määrin tarvitsemaan.

Piirustuksien laatiminen edesauttaa ymmärtämään, myös muiden laatimien piirustusten tulkin-
taa. Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) määritellään rakentamista koskevat yleiset edellytykset ja tekniset vaatimukset, joiden huomioiminen ja noudattaminen on suunnittelussa välttämätöntä. Määräysten noudattaminen ei kuitenkaan ole yksin suunnittelijan tehtävä, vaan niiden noudattaminen on kaikkien vastuulla. Opinnäytetyö tarjoaakin mahdollisuuden tutustua syvällisemmin määräyksiin ja ohjeisiin, jotta tarvittaessa on pohja, mistä tietoa on löydettävissä.

Opinnäytetyö rajoittuu rakennusluvan hakemiseen tarkoitettujen piirustuksien ja suunnitelma-
dokumenttien laadintaan pois lukien LVI-suunnitelmat. Lopuksi opinnäytetyön kohteeseen tehdään kustannuslaskelma.

2 Hankesuunnittelu

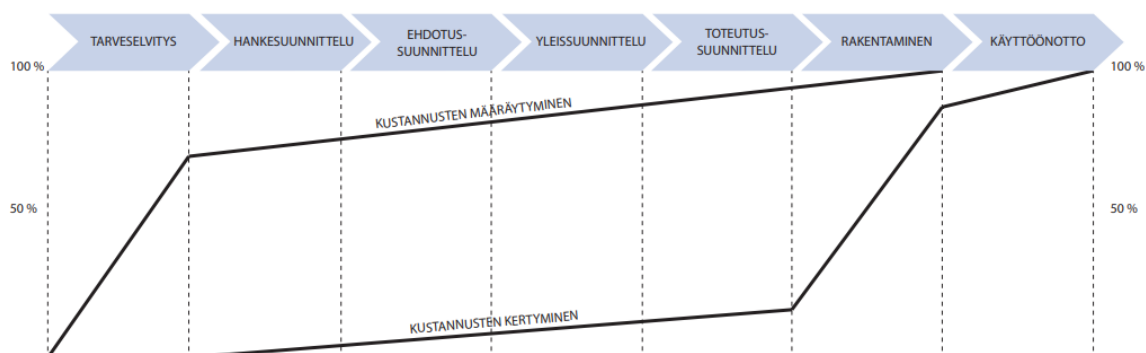
Rakennusprojekti alkaa ideasta ja tarpeesta. Jotta projektin ideat ja tavoitteet saadaan selkeytettyä, tehdään rakennushankkeisiin hankesuunnittelu. Sen tavoitteena on tuottaa hankesuunnitelma ja investointipäätös. Hankesuunnitelman perusteella voidaan tehdä päätös hankkeen eteenpäin viemisestä, ja se toimii myös rakennesuunnittelun perusvaatimuksina ja tavoitteina. Hankesuunniteluun osallistuu tilaaja, jonka tehtäviin kuuluu laatia rakennushankkeen alustava kustannusarvio sekä luoda puitteet hankkeen toteuttamiseksi. Tilaajan tärkeimpiin tehtäviin kuuluu hankkia avukseen ammattitaitoisia- ja oikeamielisiä henkilöitä tarpeellinen määrä. Tilaaja määrittää rakennushankkeelle halutut toiminnalliset ja rakenteelliset tavoitteet, tilaajan tavoitteet on määritelty kappaleessa 2.1. Vastuu rakentamisesta on rakennushankkeeseen ryhtyvällä, hänen on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan määräysten, ohjeiden ja hyvänrakennustavan mukaisesti. [1, s. 24–27.]

Tarvittaessa hankkeen vaativuudesta ja tilaajan valmiuksista riippuen, tilaaja voi käyttää apunaan rakennuttajakonsulttia. Rakentajakonsultin tehtäviin kuuluu tilaajan eduista ja velvollisuuksista huolehtiminen ja rakennustoiminnan asiantuntijana toimiminen. Rakentajakonsultti toimii hankkeessa yleensä projektinjohtajan, projektipäällikön ja pienemissä hankkeissa valvojan nimikkeellä. Arkkitehti, joka yleensä jatkaa rakennussuunnitteluvaiheessa pääsuunnittelijana, määrittää tilojen vaatimukset ja laatii tilaohjelman, tilaohjelma käsitellään kappaleessa 2.2. [1, s. 24–27.]

Huolellisella hankesuunnittelulla mahdollistetaan tiedostettu investointipäätös. Rakennushankkeen investointipäätös tehdään hankesuunnitteluvaiheen päätteeksi. Mikäli hanke ei ole toteuttamiskelpoinen, tehdään kielteinen investointipäätös tai jatketaan hankkeen valmisteluja. (Kuvasta 1) nähdään tyypillisen rakennushankkeen kustannusten muodostuminen. Merkittävä osa hankkeen tulevista kustannuksista määritellään hankesuunnitteluvaiheessa. Kuitenkin hankesuunnitteluvaiheen kustannukset ovat pienet verrattuna hankkeen kokonaiskustannuksista. [2, s. 1.]

Hankesuunnittelun yhteydessä tehtävät suunnitelmat ja selvitykset ovat luonteeltaan sellaisia, että ne tulisi tehdä hankkeen jossain vaiheessa joka tapauksessa. Hankesuunnitteluvaiheen päätteeksi tietoa hankkeen onnistumismahdollisuuksista on riittävästi investointipäätöksen tekemiseen. Investointipäätöksen ollessa kielteinen, on kulutetut resurssit suhteellisen pieniä, verrattuna esimerkiksi tilanteeseen, että rakennuspaikka on hankittuna ja rakennussuunnittelu

on käynnistynyt. Huomataankin, että rakennuspaikka ei sovellu halutunlaisen rakennuksen rakentamisaikaksi.



Kuva 1. RT-ohjekortin Talonrakennushankkeen kulku kuvassa. Ohjeellinen arvio rakennushankkeen kustannusten syntymisestä ja toteutumisesta. [2, s. 1.]

2.1 Suunnittelun tavoitteet

Toimeksiantona suunnitellaan omakotitalo Rovaniemen kaupunkiin keskustan alueelle. Toimeksianto sisältää tontin alustavan valinnan Rovaniemen kaupungin vapaista vuokratonteista sekä omakotitalon rakennus-, ja rakennesuunnittelun sekä kustannuslaskennan. Hankkeeseen varattu kokonaisbudjetti on 250000 €.

Suunnittelun tavoitteena on asuinrakennus yhdelle aikuiselle ja kahdelle lapselle. Rakennuksen huoneisto alaksi toivotaan noin 120 m², ja sen tulisi sisältää omat tilat asukkaille, kaksi wc-tilaa ja kodinhoitohuoneen. Yhteisistä tiloista toivotaan avonaisia, esimerkiksi tupakeittiö, valoisa sauna sekä pesuhuone, josta on pääsy terassille vilvoittelemaan.

Suunnittelua ohjaavia arvoja ovat ympäristöystävällisyys, kustannustehokkuus, helppohoitoisuus ja turvallisuus. Ympäristöystävällisyys huomioidaan materiaalivalinnoissa, energian kuluksessa ja uusiutuvan energian käytössä. Kustannustehokkuus huomioidaan kokonaisuutena, vaikuttamatta rakennuksen laatuun tai toimivuuteen. Esimerkiksi valittaessa hinnaltaan kalliimpi vaihtoehto, tulee sen näkyä käyttökustannusten laskuna. Helppohoitoisuudella tarkoitetaan kiinteistön hoidon ja huollon tarpeen vähentämistä suunnitteluratkaisuilla ja rakennusmateriaaleilla. Turvallisuus näky tilojen selkeytenä, valoisuutena ja toimintana häiriötilassa, kuten sähkökatkoissa. Turvallisuuden toivotaan näkyvän tilojen selkeytenä, valoisuutena ja esimerkiksi keit-

tiölaitteiden päälle unohtumisen estona. Kodin automaatio pidetään normaalilla tasolla, kuten älylukkojärjestelmä ja lämmityksenohjaus.

2.2 Tilaohjelma

Tilaohjelmaan kirjataan kaikki hankkeen tilat, jotka ovat tarkoitus rakennukseen sisällyttää. Opinnäytetyön kohteen tilaohjelma esitellään taulukossa 1. Tiloille esitetään pinta-alat ja tilan halutut erityishuomiot. Tilaohjelman laadinta pohjautuu tilaajan ja käyttäjien tiloille ja niiden ominaisuuksille asettamiin määritelmiin. Tilaohjelma sisältää myös rakennuspaikkaan tehtävän toiminnallisen-, teknisen- ja kaavaselvityksen. Rakennuspaikkaan tehtävän selvityksen perusteella määritellään, pystytäänkö hanke toteuttamaan kyseisellä paikalla. Tehtäviin kuuluu myös määritellä talo-osien rakenteiden ominaisuudet. Opinnäytetyöhön valitut talo-osien rakenteet löytyvät taulukosta 2 [1, s. 24–27.] Tarkemmin yksittäiseen talo-osan valintaa kuvataan kappaleessa 2.5.

Tila	Lyhenne	hum ²	Huomioitavaa
Tupakeittiö	K+RT+OH	38	Saareke jota voidaan käyttää ruokailuun
Kodinhoituhuone	KHH	10	
Sauna	S	5	
Pesuhuone	PH	7	Yhtenevätila
Wc 1	WC 1	5	
Wc 2	WC 2	3	
Tekninentila	TEKN	3	Tarkastetaan tarvittavien lvis laitteistojen mukaan, voidaan sijoittaa myös esim KHH yhteyteen
Tuulikaappi	TK	4	
Eteinen	ET	10	Liukuovelliset kaapistot
Vaatehuone	VH	3	
Makuuhuone 1 MH	MH1	12	Liukuovelliset kaapistot
Makuuhuone 2 MH	MH2	10	
Makuuhuone 3 MH	MH3	10	
Yhteensä		120 hum²	

Taulukko 1. Opinnäytetyön yhteydessä laadittu tilaohjelma

2.3 Rakennuspaikan valinta ja tarkastelu

Rovaniemen kaupunki on pinta-alaltaan Euroopan suurin kaupunki, joka koostuu Rovaniemen keskustan alueesta ja useista ympäröivistä kylistä. Rovaniemen kaupungin tarjoamat vapaat tontit löytyvät Rovaniemen kaupungin verkkosivuilta. Tontit ovat jaossa määräajan, jonka sisällä on mieleistä tonttia haettava. Määräajan kuluttua hakemukset käsitellään ja tontit, joiden kohdalla ei ole ollut kiinnostusta palaavat palveluun jatkuvasti haettavina vapaina tontteina. Mikäli tontille on useampia hakijoita kuin yksi, jaetaan ne etukäteen laadittujen kriteerien perusteella. Ensisijaisesti tontit annetaan lapsiperheille, joilla ei aikaisemmin ole tontteja ollut ja rakentaminen tapahtuu omaan tarkoitukseen.

Rakennuspaikkaa valitessa vapaita omakotitalotontteja oli 35 joista 22 oli Rovaniemen keskustan alueella. Sopiva rakennuspaikka löytyi Rovaniemen Länsikankaalta. Tontti voidaan vuokrata 60 vuodeksi tai lunastaa omaksi. Valittu tontti sijaitsee samalla alueella kuin perheen nykyinen asunto, minkä johdosta lasten koulun paikka ei vaihdu sekä tuttu asumisympäristö ja kaveripiiri säilyvät. Rovaniemellä vapaita tontteja on pääasiassa kahdella alueella, molempien alueiden maaperä on samankaltainen, eli pohjarakennuskulut ovat yhdenmukaiset. Valittuun tontin osoite on Marjapihlaja 18 Karinrakan kaupunginosassa.

Tontin kaavamääräyksiensä mukaan rakennuspaikka on erillispientalojen aluetta, rakennusten on oltava 1-kerroksisia, rakennuksen pinta-alasta puolet voidaan rakentaa ullakkotilaan. Opinnäytetyössä suunniteltava omakotitalo on yksikerroksinen. Kaavamääräys vaatii yhden autopaikan rakentamisen, mutta tontille on tarkoitus rakentaa kaksi autopaikkaa. Tontin pinta-alasta vähintään 15 % suunnitellaan nurmialueeksi, jossa on myös muuttamia puita ja pensaita, siten että hulevesiä voidaan imeyttää ja viivyttää tontilla kaavamääräyksen mukaisesti. Kaavamääräyksessä rakennuksen värit, kattokaltevuussuhteet ja julkisivut materiaaleineen ja mittasuhteiden osalta tulee sopeutua ympäristöön kokonaisuuteen. Suunnittelussa huomioidaan alueen jo rakennettujen omakotitalojen värit ja pintamateriaalit, siten että rakennus saadaan sopeutumaan alueen muihin rakennuksiin. Valittu tontti soveltuu suunnitelman mukaiseen rakennuksen rakentamiseen ja kaava määräykset pystytään toteuttamaan, eikä rakennusluvan myöntämiselle ole estettä.

2.4 Talo-osien valinta

Rakennus koostuu useista yksittäisistä osa-alueista ja niiden yhteisvaikutuksista. Talo-osia ovat perustukset, alapohja, runko, julkisivu, vesikato ja ulkotasot. [1.] Näiden osien valinnalla saadaan muodostettua suuntaa-antava käsitys, millainen rakennus on valmistuttuaan. Työssä valintaan vaikuttavaksi ominaisuuksiksi on valittu ympäristöystävällisyys ja kustannustehokkuus sekä tilaajan mieltymykset.

Littera	Rakosa	Materiaali
Perustukset	121	Harkkoperustus
Alapohja	122	Maanvarainen teräsbetonilaatta, EPS-eriste
Runko	123	Puurunko, selluvillaeriste
Julkisivu	124	Puupaneeli
Vesikate	126	Vesikate, yläpohja selluvillaeriste

Taulukko 2. Opinnäytetyön suunnittelun kohteeseen valitut talo-osat.

2.5 Vesikatteen valintaan vaikuttavat tekijät

Tilaajan ulkonäkömieltymys arvioidaan numeraalisesti välillä yksi ja kolme, jossa yksi edustaa parasta. Hiilijalanjäljen arviointi tehdään rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalulla [3]. Rakennuskustannukset otetaan Rakennusosien kustannuksia 2021 kirjasta [4, s. 162–163]. Elinkaarikustannus lasketaan yksinkertaisella laskennalla, eikä siinä ole kustannusten pitkän aikavälin muutosta tai vaihtotyön todellista kustannusta.

Vesikatteen tärkein ominaisuus on rakennuksen suojaaminen ympäristön rasituksilta: kaikki materiaalit täyttävät oikein rakennettuna tämän. Hiilijalanjälki ja materiaalin elinkaarikustannukset ovat kuitenkin merkittävästi suuremmat bitumikermi-vaihtoehdoissa, ainoastaan tilaajan ulkonäkömieltymys on vaihtoehdossa parempi. Betonitiilikate on laskelmissa halvin ja vähähiilisin vaihtoehto. Rakennuksen vesikatemateriaaliksi valitaan betonitiilikate.

Suunniteltu pitoaika			50 vuotta						
Littera	Rakosa	Materiaali	Määrä	Yksikkö	vaihtoväli	Asennus €/m ²	Suunniteltu pitoaika €/m ²	Elinkaari kustannus	Tilaajan mieltymys
Rakennusosat	126	betonikattotiili	220	m ²	50	32,56 €	32,56 €	7 163,20 €	2
Rakennusosat	126	teräs, sinkitty ja maali	220	m ²	50	35,65 €	35,65 €	7 843,00 €	2
Rakennusosat	126	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m ²	220	m ²	35	41,47 €	59,24 €	9 123,40 €	1

Taulukko 3. Vesikatteen valintaan vaikuttavat kustannuslaskelmat yksinkertaistettuna.

Materiaali	Määrä	yks	kgCO ₂ e	kgCO ₂ e	a	kpl	kgCO ₂ e
			Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki	Vaihtoväli	Vaihdot	Hiilijalanjälki
betonikattotiili	8 569	kg	1 397		50	1	1 397
teräs, sinkitty ja maali	1 364	kg	3 969		50	1	3 969
bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m ²	220	m ²	2 778		35	2	5 556

Taulukko 4. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalulla tehty arvio eri vesikatevaihtoehdoista [3.]

2.6 Hiilineutraalisuus

Suomen rakentamismääräykset ohjaavat CO₂-päästöjen vähentämistä energiatehokkuuttaparatamalla, energiatodistus on yksi tapa osoittaa määräystenmukaisuus. Toistaiseksi rakennusmateriaalien vähähiilisyyteen ei ole määräyksiä. Suomen tavoitellessa hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä ja hiilinegatiivisuutta 2040-luvulla, onkin myös rakentamisen siirryttävä kohti vähähiilisempää ajattelutapaa, sillä rakentamisen osuus Suomen hiilikuormasta on merkittävä. Tähän onkin tulossa muutos, sillä ympäristöministeriön valmistelut ovat lausuntokierroksella. Vähähiilisyyden arviointi on tulossa osaksi Suomen rakentamismääräys kokoelmaa vuonna 2025. [5, s. 6–8.]

Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan tuotteen elinkaaren aikana syntyviä kasvihuonepäästöjä. Joillakin tuotteilla tai laitteilla voi olla kasvihuonepäästöjä vähentävä vaikutus, ja tällöin puhutaan hiilikädenjäljestä. Puutuotteilla on sekä hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki. [5.]

Hiilijalanjälkeä arvioidessa tulee sisäistää taulukon lukuarvot, onko luku paljon vai vähän. Jotta pystytään lukua arvioimaan materiaalien kesken. Hiilijalanjälki ilmoitetaan yleensä kgco²e, Tämä ei vielä kerro todellisista vaikutuksista. Vertailuun on tuotava vertailtavan rakennusmateriaalin tarvittava neliömetrimassa, tällöin erot ovat jo selkeästi näkyvissä. Hiilijalanjäljen suunnitteluarvoa mitataan 50 vuoden sykleissä, tämä tuo mukaan myös materiaalin elinkaarivaikutuksen [5, s. 13.] Tämä arvo kertoo jo asiaan perehtyneelle hiilijalanjäljen vaikutuksesta.

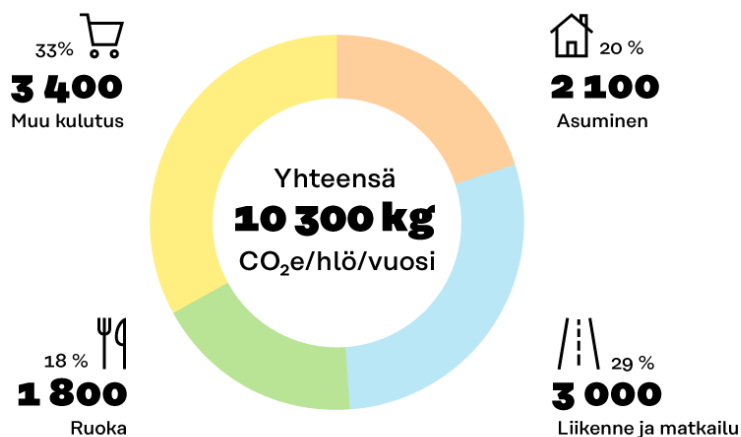
Vesikaton hiilijalanjäljen arvioinnin taulukon 4 tuloksista, nähdään todellinen 50 vuoden materiaalin hiilijalanjälki kgco²/m², Jotta lukua voidaan verrata keskivertosuomalaisen hiilijalanjälkeen. Tulee luku kertoa katon neliömetreillä ja jakaa 50 vuodella ja ajatellulla asukasmäärällä.

$$\frac{954 \frac{\text{kgco}_2\text{e}}{\text{m}^2}}{3 \text{ asukasta} * 50\text{v}} = 6,4 \text{ kgco}_2\text{e/hlö/vuosi}$$

$$\frac{3788 \frac{\text{kgco}_2\text{e}}{\text{m}^2}}{3 \text{ asukasta} * 50\text{v}} = 25,3 \text{ kgco}_2\text{e/hlö/vuosi}$$

Säästöä hiilijalanjälkeen saadaan siis vaihtamalla tilaajan arvottama palahuopakate betonitiileen 18,9 kgco₂e/hlö/vuosi. Tämä on noin yksi prosentti keskivertoihmisen hiilijalanjäljestä asumiseen käytetystä osuudesta. Vielä tänäkin päivänä palahuopakate on hyvin yleinen vesikatemateriaali, tilaajan mieltymyksessä se oli arvioitu parhaaksi. Kuitenkin vaihtamalla vesikatemateriaali saadaan hiilijalanjälkeen merkittävä parannus ja kustannussäästö, vain yhden rakennusosan avulla. Ympäristön suojele ei aina vaadi suuria uhrauksia ainustaan tiedostettuja valintoja.

KESKIVERTOSUOMALAISEN HIILIJALANJÄLKI



Kuva 2. Vuoden 2018 keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki [6].

3 Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnittelua johtaa siihen erikseen nimetty pääsuunnittelija. Rakennussuunnittelu tehdään hankesuunnitelman ohjaavana. Pääsuunnittelija vastaa suunnittelun kokonaisuudesta ja laadusta sekä rakennushankkeeseen ryhtyvän tiedottamisesta, hänen kannaltansa suunnittelua koskevista velvollisuuksista. [1]. Hankkeeseen nimetään myös rakennussuunnittelija ja erityissuunnittelija, mikäli suunnittelijoita on useampia kuin yksi tulee heistä nimetä yksi kyseisen alan vastaavaksi suunnittelijaksi [8.]

Rakennushankkeen vaativuus on jaettu neljään luokkaan, jotka ovat vähäinen, tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa rakennustehtävä. Samassa hankkeessa voi olla useita erivaativuusluokkien suunnittelutehtäviä.[8]. Opinnäytetyössä esiteltävä hankkeen vaativuusluokka on tavanomainen rakennustehtävä. Rakennussuunnittelun tavoitteena on luoda suunnitelmat rakennusluvanhakemiseksi.

Rovaniemellä on käytössä sähköinen lupapalvelu ePermit. Rakennusluvan hakemiseksi tarvittavia asiakirjoja on rakennuspaikan hallintaan oikeuttava dokumentti ja tonttikartta, kaavaote tai rekisterikartta. Tarvittavia piirustuksia ovat, asemapiirustus, joka laaditaan 1:500 mittakaavassa kun tontin pinta-ala on alle ½ ha ja 1:1000 kun tontin pinta-ala ylittää ½ ha. Rakennuspiirustukset, jotka laaditaan mittakaavassa 1:100 tai 1:50 piirustuksissa esitetään julkisivut, pohjakuva ja pystyleikkaus. LVI-suunnitelmat esitetään pohjakuvassa 1:50. Energiaselvitys tehdään joko kappaleen 3.9 energiatodistuksella tai rakenteellisen energiatehokkuuden avulla. lisäksi tarvitaan naapurien kuuleminen ja tilastolomake RH1. Selvitys vastaavasta työnjohtajasta sekä KVV- ja IV työnjohtajista kirjallisesti. [9.]

3.1 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnittelun tarkoituksena on ideoida ja keksiä erinäkökulmia ajatteluun ja tuoda esiin projektin lopputuloksesta jo syntyneitä mielikuvia ja ideoida uusia. Ehdotussuunnittelun pohjana toimivat hankesuunnitelman oikeat lähtötiedot sekä kaava ja yleiset rakentamismääräykset. Ehdotussuunnitteluun voi osallistua yksi tai useampi hankkeeseen perehtynyt henkilö. Talonrakennushanke koostuu lukuisista eri valinnoista ja päätöksistä, näistä valtaosa tehdään suunnittelunaikana. Yhden päätöksen tai valinnan muuttaminen voi johtaa ketjuun, jossa jo käsiteltyjä valmiita asioita joudutaan muuttamaan. Tämä johtaa suunnittelukustannusten ja aikataulun

kasvuun. Ehdollisuunnittelu voi koskea hankkeen osa-alueista mitä tahansa, esimerkkinä väri-
maailmaa, tilapintoja, lämmitystapoja ja pihasuunnitelmaa. [2, s. 3.]

3.2 Maankäytön suunnittelujärjestelmä

Rakentamista koskevat yleiset edellytykset ja tekniset vaatimukset sekä viranomaisvalvonta ja lupamenettely määritellään Maankäyttö ja rakennuslaissa (123/1999). Ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelmaan on kerätty ohjeet ja määräykset tarkentamaan rakentamista. Määräykset on jaettu osiin suunnittelu ja valvonta, rakenteiden lujuus ja vakaus, paloturvallisuus, terveellisyys, käyttöturvallisuus, esteettömyys, meluntorjunta ja ääniolosuhteet, energiatehokkuus, rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje ja asutosuunnittelu. [10.]

Valtioneuvosto johtaa valtakunnallista alueidenkäyttösuunnittelua alueidenkäyttötavoitteilla. Näiden tarkoitus on varmistaa hyvä elinympäristö, kestävä kehitys ja huolehtia kansainvälisten sopimusten täytäntöönpanosta. Alueidenkäyttötavoitteet luovat pohjan maakuntien ja kuntien kaavoitukseen ja viranomaistoimintaan. [11.]

Maakunnanliitto vastaa yleispiirteisestä maakunnan alueidenkäytön ja yhdyskuntarakenteiden sekä maakunnan kehittämisen suunnittelusta. Maakuntakaava laaditaan karttapohjaa jakavan tavoitteita ja vaikutuksia ja tulkintaa helpottamaan laaditaan selostus. Maakuntakaavalla ohjataan kuntien laatimaa yleiskaavaa. [11.]

Yleiskaavan tarkoitus on asutus-, palvelu-, teollis- ja virkistysalueiden sijoittaminen ja ohjaaminen. Yleiskaava ohjaa myös rakentamista alueilla, joille ei ole ollut tarpeellista laatia tarkempaa asemakaavaa. [11.]

Suurin osa rakennuksista rakennetaan asemakaava-alueelle. Asemakaavassa määritelläänkin tarkasti, millaisia ja minne rakennuksia voi rakentaa. Asemakaavaan voidaan varata alueita omakoti-, rivi- tai kerrostaloille sekä virkistys ja yleishyödyllisille palveluille. Asemakaava voi velvoittaa hyvinkin tarkasti rakennuksen julkisivua, kokoa ja kerroslukua. Asemakaava on työkalu, jolla ohjataan asuinalueidemme viihtyvyyttä, palveluita ja kestävää kehitystä. Niillä luodaan ohjeet ja vaatimukset rakennussuunnittelulle ja viranomaisvalvonnalle. [11.]

3.3 Viranomaisvalvonta

Maankäyttö ja rakennuslaissa (123/1999), kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle sisällytetään yleinen rakentamiseen liittyvä neuvonta ja ohjeistus. Rakennusvalvonta onkin käytettävissä jo hankkeen alkumetreiltä, mikäli tietoa tarvitaan. Valvontatehtävät alkavat luvan myöntämisestä kestäen rakennushankkeen loppukatselmukseen. Valvonnan tehtävä varmistaa rakennustoimintaa ja osaltaan huolehtia lain ja säädösten mukaisuudessa yleisen edun kannalta. [8.]

Viranomaisvalvontaa suoritetaan vain luvanvaraisten rakennusten kohdalla. Valvonta pyritään kohdistamaan ja suhteuttamaan, rakennushankkeen laajuuden sekä siinä toimivien henkilöiden asiantuntemuksen ja ammattitaidon perusteella. Valvontaa kohdistetaan valvontaviranomaisen harkinnan mukaan eri työvaiheissa ja laajuudessa. Viranomaisvalvonnan tehtävä on edesauttaa hyvää rakennustapaa ja ennalta ehkäistä rakennusvirheiden syntymistä, mutta resurssien puitteissa sen tarkoitus ei ole ehtiä valvomaan kaikkea rakennustyötä. Vastuu rakentamisesta on kuitenkin rakennushankkeeseen ryhtyvällä ja tämän avukseen hankkimilla henkilöillä. [8.]

3.4 Esteettömyys

Rakennusten esteettömyydestä säädetään Maankäyttö- ja rakennuslaissa (123/1999). Pientaloja koskee § 2–4, kuitenkin osin ehdollisesti. Suunnittelussa on kuitenkin hyvä huomioida myös muut esteettömän asumisen ohjeet, usein ratkaisut ei vaadi suuria tekoja ja kustannuksia, ainostaan niiden huomioimisen suunnittelussa. Rakennus on suunniteltava myös asukkaiden muuttuviin tarpeisiin. Asukkaiden muuttuvia tarpeita on väistämättä ikääntyminen ja mahdollinen sairauden tai onnettomuuden seurauksena syntyvä vammautuminen, jolloin esteetön asuminen tulee eteen. [8.]

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (123/1999) § 2 asetetaan vaatimukset rakennukseen johtavasta kulkuväylästä. Mikäli kulkuväylän vaatimukset ovat rakennuspaikka ja korkeuserot huomioiden mahdotonta, on omakotitalojen, paritalojen ja kaupunkipientalojen osalta mahdollista jättää vaatimukset toteuttamatta. Kulkuväylän tulee ulottua tontin rajalta sisääntulokerrokseen. Kulkuväylä pyritään suunnittelemaan maanvaraisena, enintään 5 asteen kaltevuudella. Pinnan tulee olla tasainen ja kova, eikä se saa olla liukas. Mikäli kulkuväylälle joudutaan sijoittamaan luisia tai portaita, tehdään niistä helposti havaittavia. Havaittavuutta voidaan parantaa materiaalivalinnoilla ja niiden tummennuksilla ja tuntokonstrasteilla. Tuntokonstrastin avulla voidaan paran-

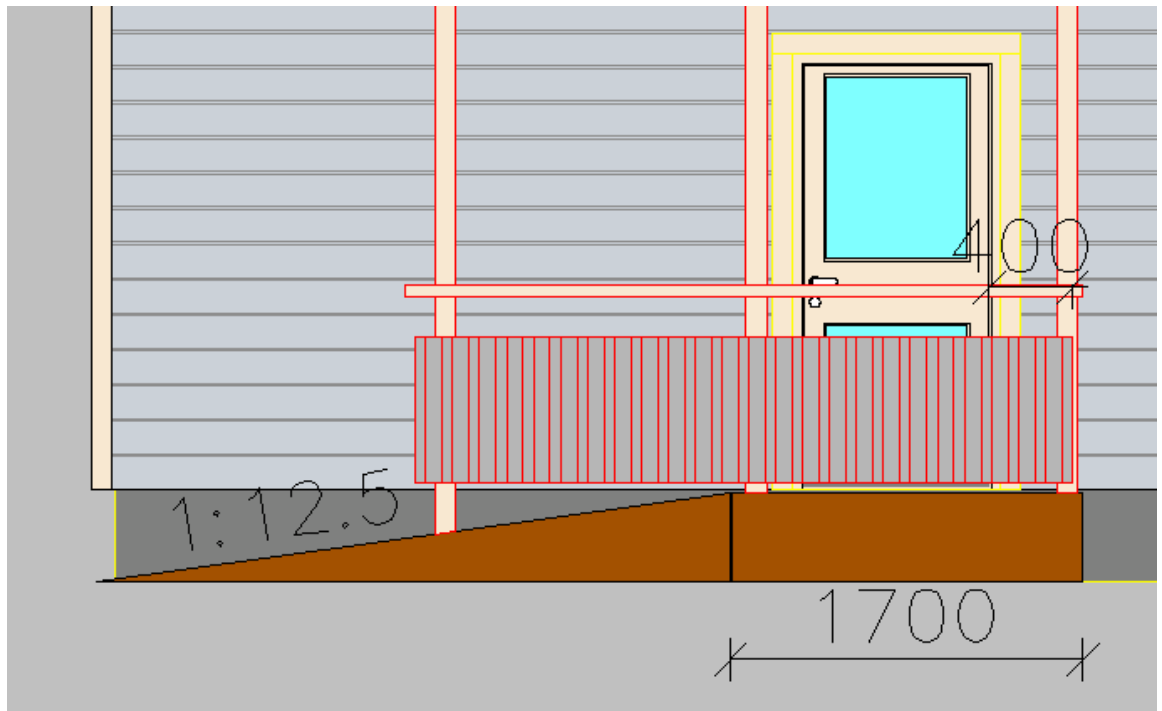
taa näkövammaisen havainnointia, erilaisilla jalan alla tuntuilla materiaaleilla ja merkinnöillä, jotka tuntuvat valkoisen kepin avulla. Luiskan tulee olla vähintään 900 mm leveä, mikäli luiska ei rajaudu kiinteään rakenteeseen, kuten seiniin tai kaiteeseen, tulee siinä olla 50 mm korkea suo-jareunus. Luiska tulee aloittaa ja lopettaa 1500 mm pitkään tasanteeseen. Mikäli korkeuseroa on alle 1000 mm voidaan 5 prosentin kaltevuuden sijasta käyttää 8 prosenttia, tällöin on kuitenkin 500 mm korkeuseron jälkeen oltava 2000 mm mittainen tasanne ja se on pystyttävä pitämään sisätiloissa olevan luiskan veroisessa kunnossa. [8.]

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (123/1999) § 3 käsitellään rakennuksen sisäänkäyntiä. Ulko-oven vapaa leveys on vähintään 850 mm ja sen avautumissuunnan tulee olla vapaa esteistä 400 mm etäisyydellä. Ulko-oven edessä tulee olla vähintään 1500 x1500 mm kokoinen tasanne. [8.]

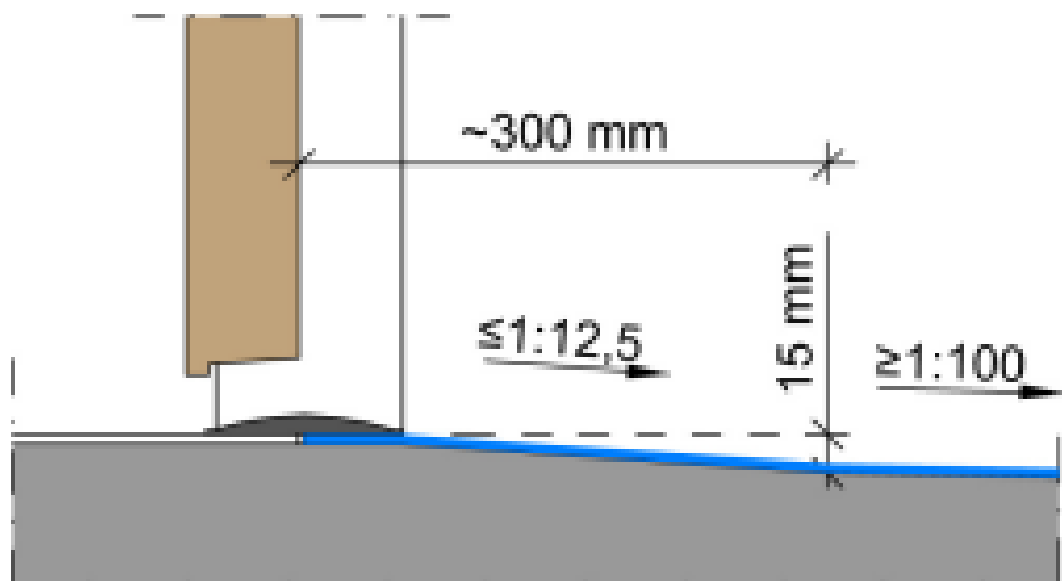
Maankäyttö- ja rakennuslaissa (123/1999) §4 asetetaan seuraavaa. Välttämättömiin asumista palveleviin tilojen ovet ja kulkuaukot tulee olla 800 mm leveitä, eikä niissä saa kynnystä, mikäli se ei ole välttämätöntä ääni-, kosteus tai muiden vastaavien rasituksien vuoksi välttämätöntä. Kynnysten maksimi korkeus saa olla enintään 20 mm ja se tulee olla muodoltaan helposti pyörä-tuolilla tai kävelytelineellä ylitettävä. Kyseisten ovien avattavuus tulee olla helppoa lapselle tai apuvälineitä käyttävälle. [8.]

Kohteen tontti on suhteellisen tasainen, joten kulkureitti on helposti toteutettavissa. Rakennus-ten kosteustekniset määräykset vaativat kuitenkin lattiapinnan olevan vähintään 300 mm maanpinnan yläpuolella. Tämä synnyttää kohteessa tasoeron, johon esteettömyyden kannalta on rakennettava luiska. Luiskan yläosan rakennetaan tasanne ja oven avautumis- suuntaan varaan 400 mm vapaata tilaa, (kuvan 3) mukaisesti.

Ulko-oveksi valitaan 1000x2100 mm, tällöin ulko-oven vapaaleveys täyttää 850 mm vaatimuk- sen. Ovien helppo avattavuus toteutetaan koodiälylukolla, jolloin ovea avatessa ei mekaanista avainta tarvita. Sisätilojen välioviksi valitaan 900x2100 ja kulkureitit suunnitellaan vähintään 800 mm leveiksi. [12, s.16–18.] Märkätiloissa kosteusteknisistä syistä vaaditaan 15 mm korkuinen kynnyks. Kohteen märkätilat suunnitellaan siten, että kynnyks voidaan toteuttaa ovien edessä lat- tia kallistuskulmaa hyödyntäen (kuvan 4) mukaisesti. 15 mm korkuinen kynnyks muodostuu oven eteen vain hieman laajemmalle alueelle kuin tavanomaisen kynnyksen yhteydessä. [13, s. 46–47.]



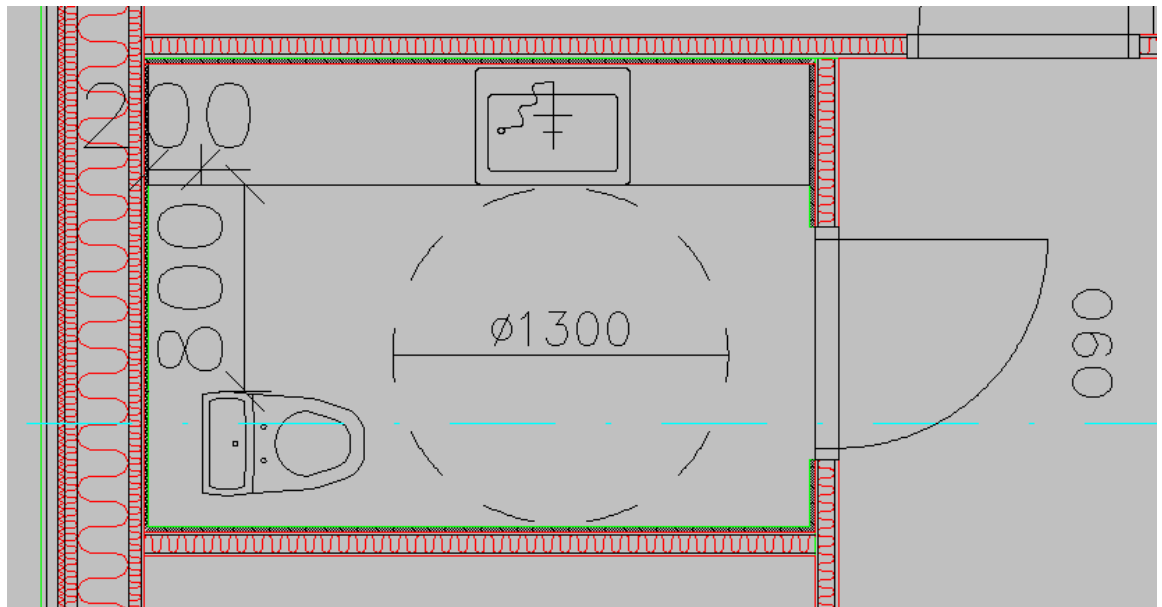
Kuva 3. Rakennuksen pohjoispuolen julkisivun pääsisäänkäynti.



Kuva 4. Periaatekuva kynnyksestä. Kuva ympäristöministeriön ohjeesta rakennusten kosteusteknisestä toiminnasta. [13, s. 47].

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (123/1999) ei vaadita omakotitalon osalta WC- ja pesutiloissa esteettömyysmääräysten mukaisuutta, päätettiin ne kuitenkin suunnitella opinnäytetyön kohteessa ohjeita noudattaen. (Kuvassa 5) on wc-tila opinnäytetyön omakotitalon pohjakuvasta.

WC-tilan taka- ja oikeanpuolen seinään ja kattoon varataan pisteet mahdollisten tukien ja kaiteiden kiinnittämiseksi, mikäli niille tulee tarvetta tulevaisuudessa. [12, s. 25–30.]



Kuva 5. Ote pohjapiirustuksesta. 1300 mm pyörähdysympyrä, wc istuimen sijoitus siten että taakse jää 200 mm tila ja vasemmalle puolelle 800 mm tila.

Myös pesuhuoneeseen suunniteltiin 1300 mm pyörähdysympyrä ja seiiniin ja kattoihin tehdään pisteet mahdollisten kaiteiden ja tukien kiinnittämiseksi, mikäli tulevaisuudessa syntyy tarvetta niiden lisäämiseen. Saunatilaan johtava oven vapaatila mitoitettiin 800 mm:n suuruiseksi. Saunan lattia osa on avonainen siten, että sinne voidaan kulkea pyörätuolilla tai kävelytukea käyttäen myös saunan seiiniin ja kattoihin tehdään pisteet mahdollisten kaiteiden ja tukien kiinnittämiseksi tulevaisuuden varalta. [12, s. 25–30.]

3.5 Piirustukset

Opinnäytetyön kohteen piirustusten laatimiseen käytettiin Cadmatic-ohjelmaa. Ohjelmiston on suunnitellut suomalainen Kyndata Oy, joten se on aidosti suomenkielinen. Suomenkielisyys helpottaa ohjelman käytön aloittamista. Ohjelmisto tarjoaa normaalin kaltaiset peruspiirtotyökalujen lisäksi rakennuspiirustusten laadintaa helpottavia työkaluja. Seinärakenne voidaan määrittää halutun kaltaiseksi, jonka jälkeen seinä piirretään koko sen rakenne kerrallaan, seinälle voidaan myös määrittellä aloitus- ja lopetus korkeus. Pohjapiirustukseen lisätään räystäs-, harjalinjat ja hormi, ne integroidaan pohjapiirustukseen seinärakenteisiin. Tämän jälkeen voidaan

julkisivu ja leikkaukset generoida automaattisesti. Generoidut julkisivu ja leikkauskuvat viimeistellään ohjelman sisältämien julkisivu- ja leikkaussymboleiden avulla. Opinnäytetyn tavoitteisiin kuului CAD-ohjelman opettelu itsenäisesti, opettelu tehtiin käyttämällä ohjelmiston ohjesivuja sekä Cadmatic-akatemiaa, jonne on koottu kattava valikoima lyhyitä videoita tyypillisemmistä rakennuspiirtämisen tarvitsemista toiminnoista. Kaikkien asetusten löytäminen ei ensimmäisillä kerroilla ollut ihan helppoa, mutta kun niiden käytön oppii oikeassa järjestyksessä määrittämään, on piirustusten luonti helppoa ja nopeaa. Opinnäytetyön piirustukset löytyvät liitteistä yksi ja kaksi.

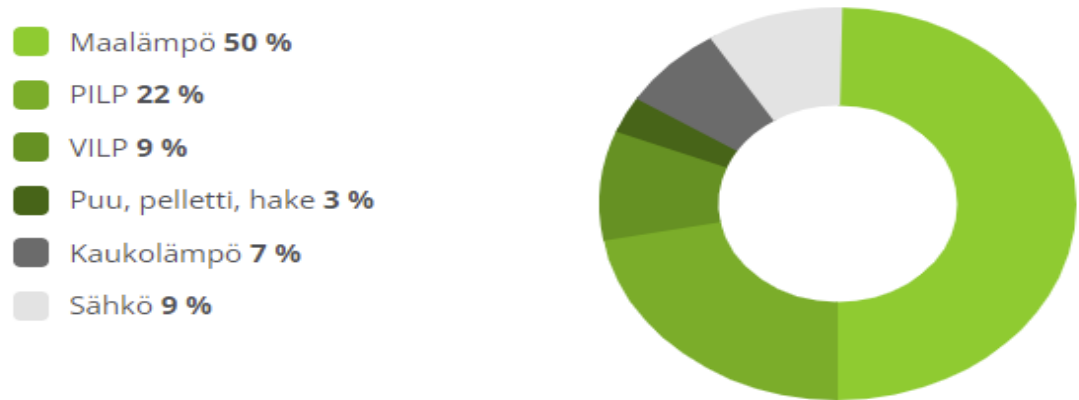
3.6 Tulisija

Tulisija hankittaa voidaan perustella huoltovarmuustekijänä, se toimii lämmönlähteenä sähkökatkoksesta riippumatta. Tulisija löytyykin lähes jokaisesta suomalaisesta pientalosta. Usein näyttävä tulisija toimii, myös kodin sisustuselementtinä ja tunnelman luojana, pimenevissä syksyn illoissa. Puulämmitys on uusiutuvan energian tuotantoa, sillä saadaankin pienennettyä rakennuksen ostoenergian kulutusta. Omakotitalon tukilämmitysmuodoksi soveltuu parhaiten, varaavat tulisijat, joiden arinaratkaisut mahdollistavat puhtaan ja tehokkaan palamisen.

Tulisijan tärkeimpiä vertailuarvoja on hyötysuhde, se kuvaa kuinka tehokkaasti puunsisältämä energia saadaan talteen. Lämmöntuotto on yhden lämmityskerran tuottama energiamäärä, arvo ilmoitetaan kilovattitunteina (kWh). Lämmönluvutusaika kertoo tuntimäärän, tuotetun lämpöenergian siirtymisestä rakennukseen. Painotieto ilmoitetaan kg, tietoa tarvitaan tulisijan perustusten suunnittelemiseksi. Tulisijan lisäksi on valittava tuotteeseen sopiva hormiratkaisu, valmistajan ohjeidenmukaisesti. [14.]

3.7 Päälämmitysmuoto

Lämmitysmuodon valinta on hankkeen yksi merkittävä päätös, koska lämmitysmuotoja on useita ja niitä voidaan käyttää yhdistettynä tai täydentävinä lämmitysmuotona. Valinta perustuu rakentamisaikanaan, rakennuksen kokon, hankintahintaan, käyttökustannuksiin, eristystasoon, haluttuun mukavuus asteeseen ja ympäristöystävällisyyteen. Suosituin lämmönlähde uusissa omakotitaloissa on (kuvan 6) mukaan maalämpö [15.]



Kuva 6. Uusien omakotitalojen lämmitystapa 2019–2020 [15].

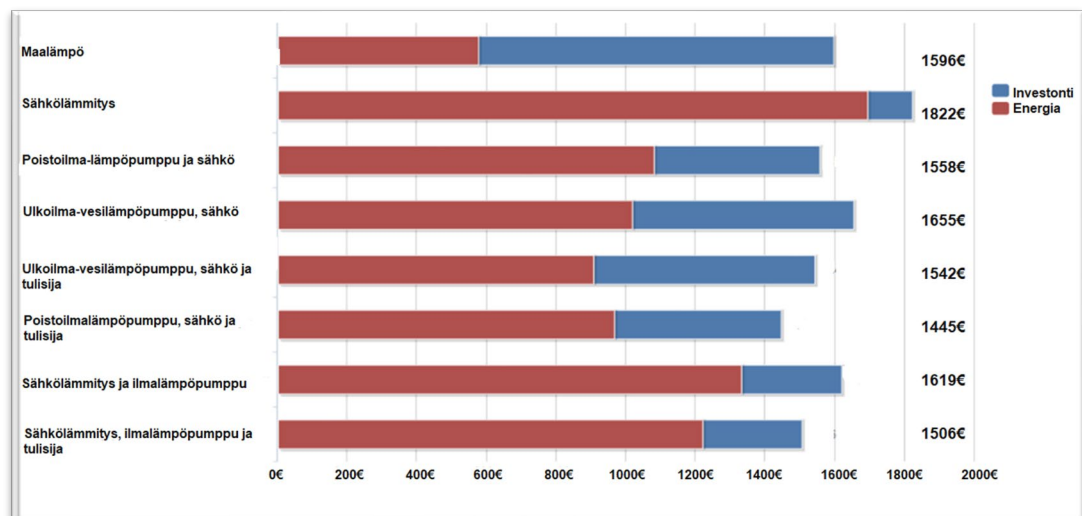
Lämmitysmuodon valinta aloitettiin sulkemalla pois vaihtoehtoja, jotka eivät sovellu kohteeseen. Rakennuspaikka alueella ei ole kaukolämpöverkostoa. Puupelletti ja hake vaativat omakotitalossa tilaa 8–15m², lämmitysmuoto sopiikin parhaiten suurten rakennusten lämmitysmuodoksi. Öljylämmityksen käyttö poistettiin ympäristösyistä.

Kohteen lämmitysmuodon valintaan käytettiin Motivan ylläpitämää Pientalon lämmitystapojen vertailulaskuria. Laskuriin kirjataan kohteen pinta-ala-, huonekorkeus, asukasmäärä, rakennuksen energiatehokkuus- ja sijaintitiedot. Näiden perusteella saadaan lämmitysenergian vuosikulutusarvio. Laskuriin on määritetty lämmitysmuotojen- ja energian hintatiedot, energian nousu- ja investointikorkoprosentti sekä laskenta-aika. Arvot voidaan muuttaa halutuiksi, ja arvojen muuttamisen yhteydessä, ohjelma tarjoa informaatiota, mitä muita kustannuksia järjestelmän valinta aiheuttaa. Esimerkiksi maalämmön kustannuksia lisää vesikiertoisen lämmönjaon rakentaminen. Vertailuun voidaan valita 8 lämmitystapaa tai lämmitystapa yhdistettynä tukilämmitysmuodon kanssa. Mitä tarkemmat lähtötiedot annetaan, sen todenmukaisemmat tulokset saadaan. [14.]

Laskelma löytyy kokonaisuudessaan liitteestä kolme, laskelman ajan jaksoksi valittiin 50 vuotta, kuluihin arvioitiin myös eri laitteistojen korjaus ja huoltokulut. (Kuvasta 7) nähdään, että eri lämmitysmuotojen kustannukset ovat, suhteellisen samansuuruisia pitkällä aikavälillä, mikäli niiden yhteydessä käytetään soveltuvaa lisälämmitysmuotoa. [14.]

Maalämpö on itsessään energiaystävällinen vaihtoehto, se myös kykenee tarjoamaan riittävän määrän energiaa koko rakennuksen tarpeeseen. Tarvittavien laitteistojen hankinta- ja asennus on kuitenkin korkea, tästä syystä maalämpö sopiikin suurempien kohteiden lämmittämiseen pa-

remmin. Sähkölämmitys yhdistettynä ilmalämpöpumppuun ja tuettuna tulisijalla, on hankintahinnaltaan halvin ratkaisu. Haittapuolena on korkeimmat käyttökustannukset. Ulkoilma-vesilämpöpumppu (UVLP) ei yksin riitä tuottamaan rakennuksen energian tarvetta, vaan tarvitsee rinnalle esimerkiksi sähkön tai öljyn. Lämmönjako tapahtuu yleensä vesikiertoisena, mikä nostaa kustannuksia. Poistoilmalämpöpumppu PILP tarvitsee rinnalleen lisälämmitysmuodoksi yleensä sähkön. Lämmönjako voidaan toteuttaa joko suoraan huoneilmaan tai vesikiertoisena, vaihtoehto on vertailussa kustannustehokkain. Poistoilmalämpöpumppu pystyy hyödyntämään tulisijan tuottamaa ylimääräistä lämpöenergiaa eteenkin keskitalvella. [14.]



Kuva 7. Motivan Pientalon lämmitystapojen vertailulaskuilla tehty lämmitystapa-arvio. Vuotuiset kokonaiskustannuksista laskenta sisältää Vuotuisen investoinnin sekä vuotuiset energia ja korkokustannukset. [14.]

Kohteeseen valitaan lämmöntuottolaitteeksi Nilan EC-poistoilmalämpöpumppu ja sähkö. Laitteessa yhdistyy samassa paketissa ilmanvaihtokone, vesivaraaja, poistoilmalämpöpumppu. Sähkölämmitykseksi valitaan huonekohtainen sähköpatteri ja lattialämmitys märkätiloissa. Ilmavesilämpöpumpun SPF-arvona käytetään energialaskennassa 2,4. Tämä tarkoittaa, että yhdellä sähkökWh:lla saadaan lämmitysenergiaa 2,4 kWh.

3.8 Aurinkoenergia

Aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen toteutetaan ilman erillisiä laitteistoja, hyödyntämällä auringosta saatavaa valoa ja lämpöä. Kerätyn energian määrä riippuu rakennuspaikan valinnasta, rakennuksen sijoittamisesta tontille, rakennusmateriaaleista, ikkunoiden koosta ja sijainnista. Näihin voidaan vaikuttaa hyvällä hankesuunnitteluvaiheen suunnittelulla. Rakennus tulisi sijoittaa siten, että pohjoispuolen seinän ikkuna pinta-ala olisi mahdollisimman pieni ja etelään, kaakkoon ja lounaaseen suuntautuvat seinän ikkunapinta-alat ovat mahdollisimman suuria. Koska auringon paistekulma on kylminä vuoden aikoina pieni, saadaan rakennukseen auringon valo- ja lämpöenergiaa ikkunan kautta. Lämpöenergia varastoituu näin rakennuksen sisäpuolen massa rakenteisiin, kuten lattia ja takkamuuri. Koska auringon paistokulma on suurempi kesällä, räystäään mittaa jatkamalla voidaan suora aurinkoenergian siirtyminen rakennuksen sisätiloihin estää, haitallisen liikalämmön kuriin saamiseksi (kuvan 8) mukaisesti. Ikkunoiden valinnassa pienen U-arvon lisäksi tarvitaan korkea g-arvo, joka on auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin. Näillä ratkaisuilla pystytään vaikuttamaan rakennuksen lämmitys-, jäähdytys- ja valaistusenergian kulutukseen. [16.]



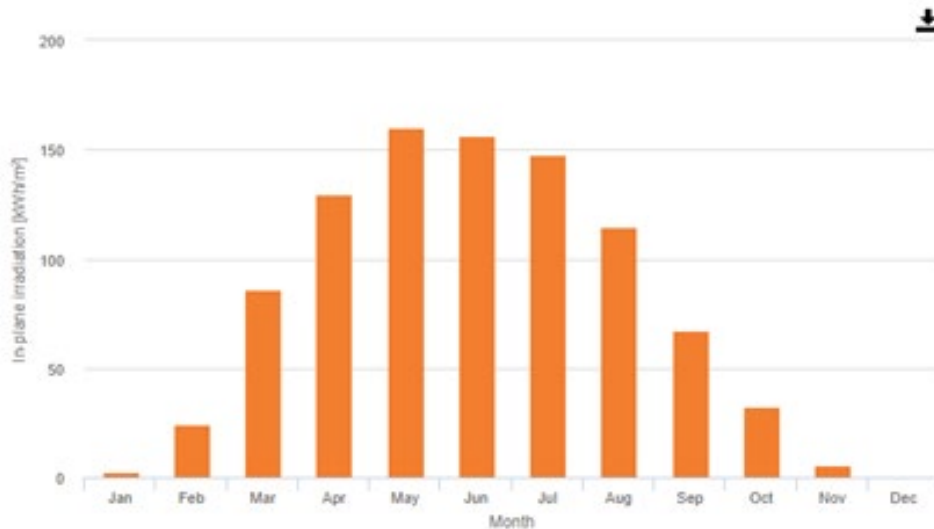
Kuva 8. Aurinko paistaa erikulmassa erivuodenaikana [16.]

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää myös aktiivisesti käyttämällä aurinkokeräimiä, joilla aurinkosäteily muutetaan lämmöksi. Aurinkokeräimiä on kahta päätyyppiä: ne jaetaan joko nestekiertoisiin tai ilmakiertoisiin. Nestekiertoisissa keräimissä auringon säteily muutetaan lämpöenergiaksi tyhjiöputki keräimellä tai tasokeräimellä. Lämpöenergia siirretään suljetussa nestekierrossa varaajaan lämpökierukan tai ulkoisen lämmönvaihtimen välityksellä. Lämpöenergia hyödynnetään talousveden lämmityksessä tai vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän lisälämmityksenä. Ilmavirtaisen aurinkokeräimen eristävä seinä on läpinäkyvä suuren g-arvon omaava ma-

teriaalia, jonka läpi auringon säteily lämmittää lämmönkeräyslevyä, pinnoista muodostuu yhtenäinen suljetturakenne. Suljetun rakenteen välissä kiertävän ilman lämpöenergia siirretään suoraan huoneilmaan puhaltimen avulla, korvausilma otetaan joko rakennuksen sisäilmasta tai ulkoa tai näiden yhdistelmänä. [16.]

Aurinkosähkö voidaan jakaa kahteen ryhmään, On grid ja Off grid. On grid -järjestelmät kytetään sähköverkkoon verkkoinvertterin avulla, joka muuntaa kennoista saatavan tasavirran vaihtovirraksi ja säättää jännitteen sähköverkkoon sopivaksi. On grid -järjestelmässä sähköä ei varastoida, vaan se on kulutettava kiinteistössä, ylijäämäenergia voidaan myydä sähköverkkoon. On grid -järjestelmän verkon liittäminen vaatii luvan sähköverkkoyhtiöltä ja sähkön myyntisopimuksen energiayhtiön kanssa. Off grid -järjestelmä on suljettu järjestelmä, johon kuuluu lataussäädin ja akkupaketti, minne energiaa voidaan varastoida. Järjestelmä toimii tasavirralla, mutta siihen voidaan lisätä invertteri, joka muuntaa tasavirran 230 V vaihtovirraksi. Kummatkin järjestelmät käyttävät samanlaisia aurinkopaneeleja, ja aurinkopaneelityyppejä on useita. Yleisin niistä on kuitenkin yksi- tai monikiteinen piiaurinkopaneeli, näiden hyötysuhde on kuluttajasovelluksissa 15–17 prosenttia. Aurinkokennot ja niiden hyötysuhteet paranevat nopealla tahdilla uusien keksintöjen mukana. Kennoista voidaan tehdä ohuita, valmiita vesikatteita. [16.]

Opinnäytetyön kohteessa selvitettiin, onko aurinkoenergian hyödyntäminen kustannustehokasta. Selvityksessä määritettiin aurinkokeräimen tai -paneelin sijaintipaikka, eteläkaakon suuntautuva vesikatteen lape on tarkoitukseen parhaiten sopiva. Auringonsäteilyyn kuukautinen määrä arvioitiin PVGIS-laskinta hyödyntäen (kuva 9) laskelman perusteella, kohteeseen valitun lämmitysjärjestelmän, käyttövesivaraajan sekä lämmönjakotavan perusteella arvioitiin, että auringonsäteilyn hyödyntäminen lämmitysenergiantuotantoon keräimillä ei ole kannattavaa. Koska poistoilmalämpöpumppu tuottaa käyttöveden ja rakennuksen lämmityksestä 70 % kylminä talvikuukausina ja kesällä lähes kokonaan kustannustehokkaasti ja tulisija mahdollistaa lisäenergian tuotantoa kylminä vuodenaikoina, lisäinvestointi aurinkokeräimiin ei ole kannattavaa. [17.]



Kuva 9. Auringonsäteilyenergia yhden neliömetrin alueelle Rovaniemellä, 30° kulmassa ilman-suuntaan eteläkaakko 157,5° laskelma on tehty Photovoltaic Geographical Information System-työkalulla. [17.]

Ostettavan sähköenergian määrä kohteessa tulee olemaan arviolta 8500 kW/h, tämän perusteella voidaan laskea keskimääräinen kulutus kuukaudessa. Tarvittava tieto laitteiston koon määrittämiseksi on kuukauden keskiarvo kuuden tunnin kulutuksella päivässä, koska aurinkopaneelit tuottavat sähköenergian noin 6 tunnin aikana. Suurin osa tuotetusta sähköstä tulisi saada kulutettua rakennuksessa tuoton yhteydessä, koska Suomessa sähkön myyntihinta perustuu pelkkään sähkön hintaan eikä esimerkiksi siirtomaksuja huomioida.

Sähkön ostoenergiantarve	Energian kulutus
Vuodessa	8500 kW/h
Kuukauden keskiarvo	708 kW/h
Kuukauden keskiarvo 6h kulutusta/päivä	177 kW/h
Ostosähkön hinta	0,15 € kW/h
Sähkön myyntihinta	0,04 € kW/h

Kuva 10. Opinnäytetyön sähkönkulutusarvio ja sähkön hinnat

Verkkoinverterin ja sähkön kulutusmittarit, rakennetaan yleiseurooppalaisten standardien mukaan, joten niissä on mahdollisuuksia käyttää nettomittarointia, joka on useissa Euroopan maissa johtanut aurinkosähkön pientuotannon merkittäviin lisäyksiin. Hajautetun pientuotannon lisääntyminen vähentää sähkönjakeluverkoston kuormitusta ja häviöitä, koska sähkön ominaisuuksiin kuuluu kulkeutua lähimpään kuluttavaan laitteeseen. Tällä hetkellä arvioitaessa On grid

-aurinkosähkölaitteistoja ja niiden energiantuottoa. Tulee On grid -järjestelmällä tuotettu sähkö, joka voidaan käyttää kiinteistössä arvioida ostosähkön hinnalla. Verkkoon myytävän sähkön hintana käytetään sähkön myyntihintaan.

Aurinkosähkölaitteiston vertailu				
Ostosähkön hinta	0,15 € kW/h			
Sähkön myyntihinta	0,04 € kW/h			
Aurikovoimala 3x230v 6kW asennettuna	5 500,00 €		Aurikovoimala 3x230v 3kW asennettuna	3 100,00 €
Voimalan vuosituotto arvio	4300 kW/h		2100 kW/h	
Sähköverkkoon myytävä prosenttiosuus	60 %		40 %	
	kwh	€	kwh	€
Sähköverkkoon myytävä energia	2580	103,20 €	840	33,60 €
Ostosähkön hyvitys	1720	258,00 €	1260	189,00 €
Tuotto vuodessa	4300	361,20 €	2100	222,60 €
Takaisinmaksuaika	15 Vuotta		14 Vuotta	
Nettomittaroinnin vaikutus				
Sähkön tuotto	4300	645,00 €	2100	315,00 €
Takaisinmaksuaika	9 Vuotta		10 Vuotta	

Kuva 11. Vertailu laitteet ovat kolmevaiheisia 3 kW Peak- ja 6 kW Peak-laitteistoja.

Aurinkosähkölaitteiston elinikä on noin 20 vuotta. Arvioitaessa investoinnin takaisinmaksuaikaa on molemmat laitteet kannattavia. Aurinkosähkölaitteiston hyöty ei ole pelkästään taloudellinen, se myös parantaa energiatodistuksen energiatehokkuusluokkaa. Opinnäytetyön kohteen energiatehokkuusluokka on ilman aurinkosähkölaitteistoa B. Kun aurinkosähkölaitteiston tuotto lisätään energiatodistuskalkemaan, nousee energiatehokkuusluokka A:han. Aurinkosähkön tuotanto on myös energiantuotannon hiilijalanjälkeä vertailemalla ympäristöystävällinen vaihtoehto. Opinnäytetyössä päätetään sijoittaa 6 kW Peak-järjestelmään, vaikka sen tämänhetkisten myynti- ja ostohintojen mukaan on takaisinmaksuajalta kallein vaihtoehto, on se sijoitus hiilineutraaliin Suomeen sekä suojautumista sähkön hinnan nousulta.

Aurinkoenergian tuotto arvioidaan hyödyntäen Photovoltaic Geographical Information System-työkalua, laskelma liitteessä neljä. laskelma on tehty opinnäytetyön kohteeseen valitulla 6 kW Peak-järjestelmällä.

3.9 Energiatodistus

Energiatodistuksen laatimisesta vastaa laatijarekisteriin kuuluva pätevytynyt henkilö. Lista energiatodistuksien laadintaan pätevytynyt henkilöistä löytyy Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA:n verkkosivuilta. ARA on energiatodistuksien laadinnasta vastaava, valvova viranomaisena. Vuodesta 2008 lähtien on energiatodistus vaadittu uudisrakentamisessa. Vuoden

2009 jälkeen on energiatodistus vaadittu myös vuokraus- ja myyntitapahtumiin suurissa kiinteistöissä ja uusissa pientaloissa. Energiatodistus uudistunut, se vaaditaan lähes kaikessa uudisrakentamisessa sekä vuokraus- ja myyntitapahtumissa lukuun ottamatta muutamia poikkeuksia. Energiatotehdokkuus voidaan osoittaa määräysten mukaiseksi myös rakenteellisen energiatotehdokkuuden avulla. [18.]

Energiatodistuksen ostoenergiankulutus lasketaan Helsinki-Vantaan säätiedoilla [10.] Tämän vuoksi energiatodistuksen ostoenergian kulutustieto on suuntaa antava, eikä todellinen arvo, mikäli rakennus sijaitsee muualla, kuin Helsinki-Vantaalla. Energiatodistus on työkalu, jonka avulla pyritään vertaamaan eri kiinteistöjä energiatotehdokkuuden perusteella, sen sijaintipaikkakunnasta riippumattomasti. Energiatodistus antaa tärkeää ja luotettavaa tietoa rakennuksen energiatotehdokkuudesta ostopäätöksessä, joka on monelle meistä yksi elämän suurista hankinnoista. Lisäksi energiatodistus sisältää ammattilaisen arvion rakennuksen energiankulutuksen pienentämisen toimenpide suosituksista. [18.]

Työssä Energiatodistus laadittiin käyttämällä CADMATIC Building 19.0 -laskentatyökalua. Työkalulla pystytään tulostamaan energiatodistus, luonnos vesileimalla. Se pystytään ohjelmasta vieämään, ARA:n energiatodistus tietojärjestelmään, minkä jälkeen laatijarekisteriin kuuluva henkilö voi sen sähköisesti allekirjoittaa. Tämän jälkeen todistus on virallisesti voimassa ja se voidaan löytää ARAn energiatodistusrekisteristä. Opinnäytetyön kohteeseen laadittu energiatodistus liitteessä viisi. [18].

3.10 Rakenteiden lujuus- ja vakaaslaskelmat

Kantavien rakenteiden suunnittelu tehdään eurokoodien mukaisesti, eurokoodit ovat EU:n mukaisia suunnittelustandardeja, jotka määrittelevät suunnittelun periaatteista yksityiskohtiin asti. Eurokoodit on luotu edistämään Euroopan unionin välistä sisäkauppaa suunnittelun osalta [19].

Eurokoodien virallinen käyttö Suomessa alkoi 2007. niillä korvattiin Suomen kansalliset määräykset. Eurokoodeissa käsitellään rakenteiden kuormitusta ja lujuuslaskentaa. Eurokoodien osia ovat: EN 1990 suunnitteluperusteet, EN 1991 kuormat, EN 1992 betonirakenteet, EN 1993 teräsrakenteet, EN 1994 liittorakenteet, EN 1995 puurakenteet, 1996 muuratut rakenteet, EN 1997 geotekninen suunnittelu, EN 1998 maanjäristysmitoitus, EN 1999 Alumiinirakenteet. [20.]

3.11 Paloturvallisuus

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta määrittää rakennuksen paloluokituksen ja sitä koskevat määräykset, nämä määräykset ovat voimassa paloluokissa P1, P2, P3, paloluokka P1 on vaativin. Paloluokka määräytyy sen pääkäyttötarkoituksen, rakennuksen koon, kerrosluvun ja henkilömäärän perusteella. Samassa rakennuksessa voi olla useita eri paloluokkaan kuuluvia osastoja, jotka ovat rajattu toisistaan palomureilla. Lisäksi rakennus voidaan suunnitella palonkehitykseen perustuvan menettelyn mukaisesti, joko osin tai kokonaan, tällöin rakennuksen paloluokka on P0. [21.]

Omakotitalot kuuluvat pääasiassa paloluokkaan P3, mikäli kerrosluku ei ole suurempi kuin kaksi ja rakennus ei sisällä erikerroksiin kuuluvia asuinhuoneistoja. Yksikerroksinen rakennuksen kerrosala on alle 2400m² sekä ja kaksikerroksisen rakennuksen kerrosala 1600m², eikä kokonaiskorkeus ylitä yhdeksää metriä. Paloluokassa P3 saa yksikerroksisen talon kohdalla olla 250 henkilöä ja kaksikerroksisessa 150 henkilöä. Mikäli käytetään automaattista sammutusjärjestelmää, voidaan kerrosalaa ja henkilömäärää kasvattaa. Yksikerroksisessa rakennuksessa 4800m² ja 500 henkilöön, kaksikerroksisessa 2400m² ja 250 henkilöä. Autosuoja kuuluu paloluokkaan P3, mikäli se on yksikerroksinen eikä korkeus ylitä yhdeksää metriä. [21.]

Opinnäytetyön kohteena oleva rakennus kuuluu paloluokkaan P3, johon sovelletaan palomääräyksiä seuraavasti. Rakennus on suunniteltava siten, että vaara palon syttymiseen on mahdollisimman vähäinen. Tekniset asennukset on tehtävä niin, että niistä ei aiheudu vaaraa palon tai savun leviämiseen rakennuksessa. Rakennukseen tulisija, savupiippu, hormit ja lämmityslaitteistot on asennettava siten, että niistä ei aiheudu palo- ja räjähdysvaaraa niitä käytettäessä. Rakenteiden kantavuus palotilanteessa on suunniteltava siten, että niistä ei aiheudu vaaraa sortumisesta johtuen palokuorman palamisen ja jäähtymisen aikana. Ullakko, ontelot ja Ilmastointijärjestelmä eivät saa vaikuttaa palon tai savukaasujen leviämiseen vaarallisesti. Sisäpuolisten seinien, kattojen pinnat sekä ulkoseinän ulkopinnan ja tuuletusvälin ulkopinnan, on täytettävä luokan D-s2-d2-vaatimukset, pinnat voivat olla päällystettynä luokittelemattomilla materiaaleilla kuten, tasoitteilla, tapetilla tai maalilla. [21.]

Katemateriaali tulee olla vähintään B_{ROOF}(t2) luokkaa, eikä se saa syttyä helposti naapurirakennuksen palosta, palo ei saa edetä katteessa tai sen alustassa vaaraa aiheuttamalla tavalla. Rakennusten välinen etäisyys on pidettävä sellaisena, että rakennuksesta toiseen siirtyväpalo ei vaaranna henkilöturvallisuutta eikä aiheuta kohtuuttomia aineellisia vahinkoja, naapuritontin rakennusten väli on oltava kahdeksan metriä. Mikäli rakennus halutaan rakentaa lähemmäksi,

on palon etenemisen rajoittamista toteutettava rakenteellisilla tai muilla keinoin, jotta aluepalon vaara jää vähäiseksi. [21.]

Poistumistiet on rakennettava siten että poistuminen ulos tulipalon aikana on turvallista. Poistumisteillä on vältettävä sellaisia materiaaleja tai laitteita, jotka lisäävät palokuormaa tai savunmuodostumista liikaa. Uloskäytäviä tulee olla kaksi ja lisäksi yksi varauuloskäytävä, pääkäytävän leveys on oltava 1200 mm toinen käytävä voi olla 900 mm. Poistumiskäytävän ovien tulee olla helposti avattavissa poistumissuuntaan. [21.]

Rakennus on varustettava sähköverkkoon kytketyllä palovaroittimella [21]. Asunnon jokainen kerros on varustettava vähintään yhdellä palovaroittimella. Jokaista alkavaa 60m² kohti on asennettava yksi palovaroitin. Palovaroittimet on asennettava siten että, ne reagoivat savuun mahdollisimman nopeasti, palovaroittimien toiminta on testattava säännöllisesti. [22.]

3.12 Rakennusfysiikka

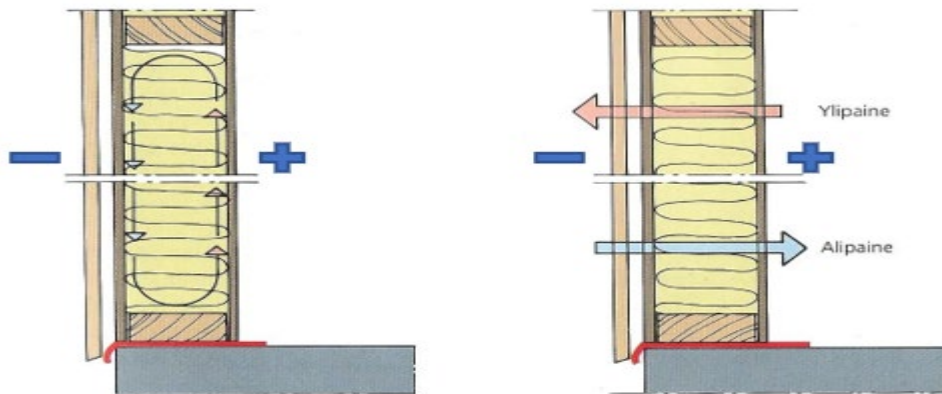
Rakennesuunnittelussa on huomioitava useita yhtäaikaisesti vaikuttavia tekijöitä, jotta lopputuloksena saadaan toimiva kokonaisuus. Suunnittelijan on ymmärrettävä lakien, määräysten, ohjeiden lisäksi rakennusfysikaaliset lainalaisuudet. Rakentamisessa tapahtuvaa jatkuvaa muutosta ohjaa viihtyvyyden, turvallisuuden ja terveellisyyden, energiatehokkuuden ja mukavuuden, vaativuustason kasvun. Tämä vaatii tehokkuuden paranemista, rakennusmateriaaleilta ja rakenteilta sekä kasvavaa ymmärrystä suunnittelijoiden ja toteuttajien keskuudessa, rakennusfysiikan osalta.

Ilmanpaine ja ilmavirtaukset sekä niiden vaihtelut, vaikuttavat rakennuksen lämpö- ja kosteustekniseen toimivuuteen. Ilmanpaine-eroja rakennuksessa aiheuttavat tuuli, savupiippuilmä, lämmitys ja ilmanvaihto. Rakenteiden läpi kulkevaa ilmavirtausta kutsutaan pakotetuksi konvektioksi ja pystyrakenteiden sisällä kiertävää ilmavirtausta luonnolliseksi konvektioksi, konvektiotyypit (kuvassa 12) [23, s. 34–39.]

3.13 Rakennuksen ilmapaine

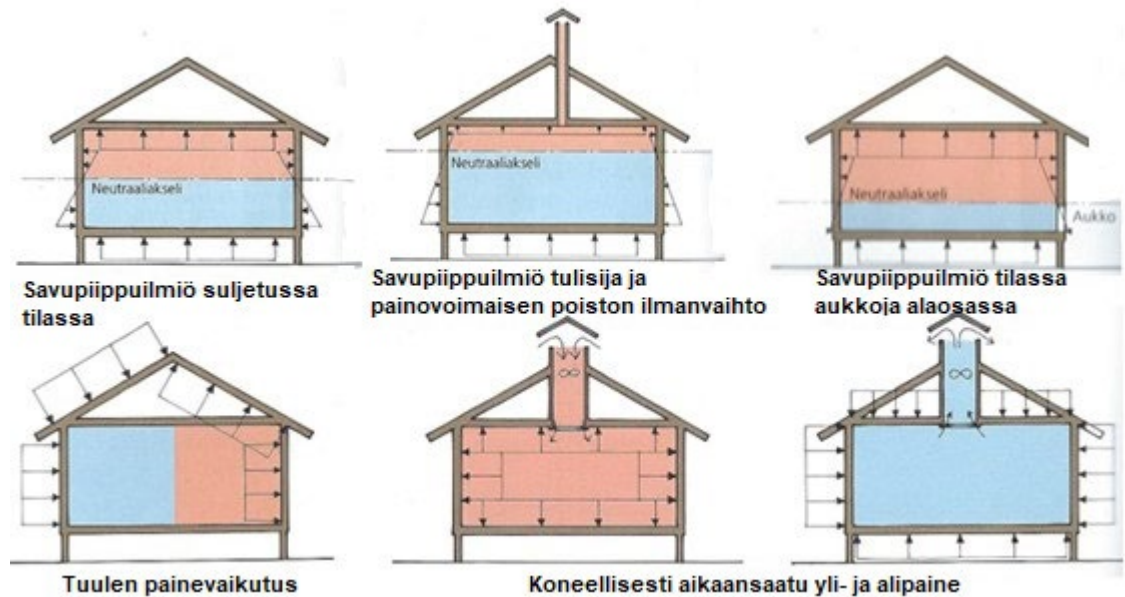
Luonnollinen konvektio muodostuu pystyrakenteiden sisälle, rakenteen ollessa ilmavirtaukselle avoin, kuten ikkunoissa ja ulkoseinien huokoisissa eristeissä. Konvektio muodostuu, kun seinän

sisällä oleva ilma lähtee kiertämään, seinän kylmänpinnan ilman laskeutessa ja lämpimämpinnan ilman noustessa (kuva 12). Kiertävä ilma kuljettaa mukanaan lämpöä ja kosteutta. Mineraalivil-laseinän paksuuden ylittäessä 125 mm alkaa luonnollinen konvektio vaikuttamaan: seinäraken-teen paksuuden suuretessa myös konvektiovirtaus kasvaa huonontaen eristeen lämmönvastus-ta. Mikäli tuulensuojalevyn vesihöyrynvastus on liian suuri, voi kylmään nurkkaan kulkeutuva vesihöyry tiivistyä vedeksi. Opinnäytetyön kohteena olevassa omakotitalossa käytetään puukui-tueristettä, jonka tiheä kuiturakenne muodostaa suuren ilmanvastuksen pysäyttäen luonnolli-sen konvektion. Mikäli seinän höyrynsulkumuovi sijaitsee eristeen välissä, seinän ala osan ja ala-sidepuu jäähtyy mahdollistaen vesihöyryn tiivistymisen vedeksi. Pakotetulla konvektiolla tarkoi-tetaan, ilmavirran virtausta, epätiivin rakenteen läpi ilmanpaine erojen pakottamina. [23, s. 130–133.]



Kuva 12. Vasemmalla luonnollinen konvektio ja oikealla pakotettu konvektio [23, s. 34–39].

Paine-erot syntyvät rakennukseen tuulen ilmanvaihdon, lämmityksen ja savupiippuilmiön vaikutuksesta. Savupiippuvaikutus muodostuu ilman lämpötilanmuutoksesta, lämmitessään ilman tiheys pienenee, minkä johdosta ilma kevenee ja nousee korkeammalle. (Kuvassa 13) esitetään rakennuksien eri ilmanpaineskenaariot. Suljetussa järjestelmässä neutraaliakseli sijoittuu rakennuksen keskelle, neutraaliakselin ilmanpaine on sama kuin rakennuksen ulkopuolella vallitseva ilmanpaine. Huonetilan aukotus määrittää neutraaliakselin korkeussijainnin. Tulisija ja painovoimainen ilmastointi siirtävät neutraaliakselia ylöspäin ja vastaavasti aukot rakennuksen alaosassa siirtävät neutraaliakselia alaspäin. Savupiippuilmiön muodostamat paine erot ovat suhteellisen pieniä, koska ne ovat pysyviä on niiden huomioon ottaminen suunnittelussa välttämätöntä. Tuulen vaikutus on voimakkuudeltaan, suunnaltaan ja kestoaltaan vaihtelevia, tuulen vaikutus on huomioitava rakenteiden kestävydessä ja tiiveydessä. [24, s. 133.]



Kuva 13. Rakennuksen ilmanpaineen vaikutuksia eritilanteissa [23.]

Koneellisella ilmanvaihdolla voidaan rakennuksen ilmanpaine muuttaa joko yli- tai alipaineiseksi ja voimakkuudeltaan halutun suuriseksi. Alipaineisen rakennuksen ilmavirta kulkee ulkoa sisälle, rakenteen läpi virratessaan ilma lämpiää ja sen suhteellinen kosteus vähenee kuivattaen rakenteita. Ylipaineisessa rakennuksessa paine siirtää rakenteisiin suuria määriä ilmaa epätiiveyskohdista, lämmin ilma sisältää sitoutunutta kosteutta, joka kylmetessään voi tiivistyä vedeksi aiheuttaen vakavia kosteushaittoja rakenteisiin. Rakennukset on suunniteltava alipaineiseksi, koska se on rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kannalta turvallisempi vaihtoehto. Ilmanpaineen voimakkuudet ovat rakennuksen sisä- ja ulkopuolella suhteellisen pieniä parin N/m^2 suuruisia. Ilma siirtyy rakennukseen helpointa reittiä, suunnittelussa ja rakentamisessa onkin huomioitava läpivientien ja rakenteiden liitoskohdat ovat vähintäänkin yhtä tiiviitä kuin itse rakenteet. [23, s. 34–39.]

3.14 Rakennuksen lämpö

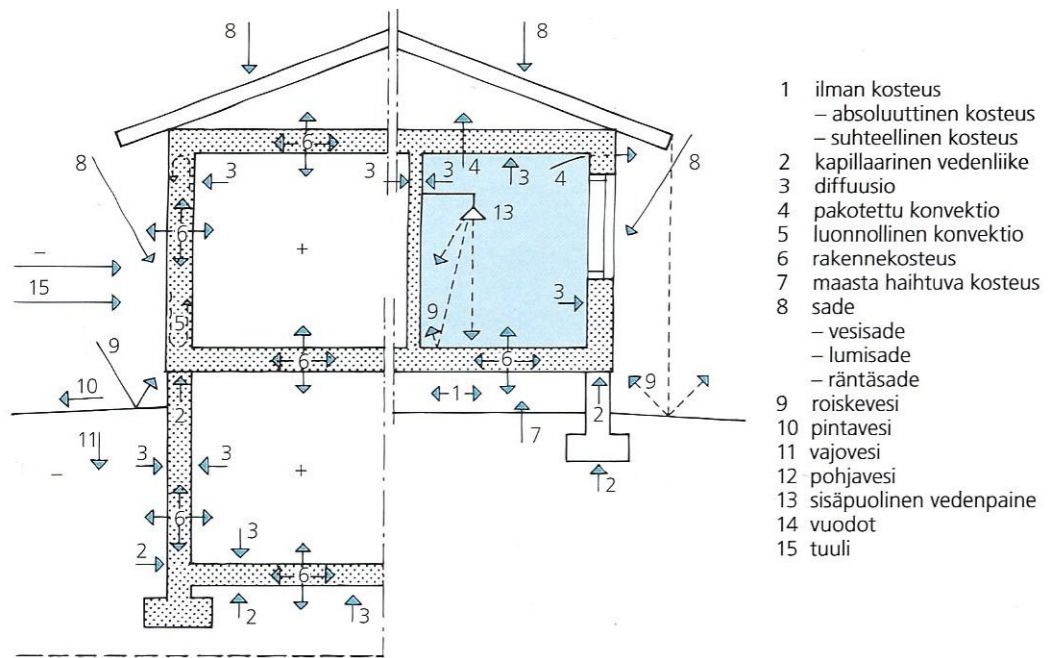
Lämpö liikkuu rakennuksissa konvektion virtauksessa, johtumalla rakennusmateriaalissa ja säteilemällä. Konvektiovirtaus kuljettaa lämpöä, lämmitysenergian kulkeutuminen ulkoilmaan estetään tiiviillä rakennuksen vaipalla. Konvektio käsitellään kappaleessa 3.13 rakennuksen ilmanpaine. Säteilylämpöä lähettävät kaikki absoluuttisen nollopisteen yläpuolella olevat kappaleet,

energia siirtyy sähkömagneettisena aaltoliikkeenä. Auringonsäteen lämpöenergia aaltoliike on lyhyttä ja kappaleista välittyvä lämpöenergia on lyhyttä. Esimerkiksi ikkuna läpäisee hyvin aurin-
gon lyhyen liikkeen säteilyn ja huonosti sisältä ulos pyrkivän pitkäaaltoisen säteilyn. Ikkunassa
lämpö siirtyy myös johtumalla ja konvektiossa. Säteilyn osuessa pintaan se joko absorboituu, hei-
jastuu tai menee läpi. Absorboituessa sähkömagneettinen säteily luovuttaa energiansa. [23, s.
40–64.]

Lämmön johtumista tapahtuu kiinteissä aineissa ja nesteissä, lämpöenergia pyrkii tasoittumaan
välittäjäaineessa siten, että lämpöenergia siirtyy lämpimästä kylmään. Kaikilla materiaaleilla on
omanlaisensa lämmönjohtavuusarvot ja pintavastukset, jotka voivat vaihdella aineen sisältävän
kosteuden ja lämpötilan mukaan. Rakennuksien lämpölaskennassa käytetään menetelmiä, jotka
on luotu yhdenmukaistamaan laskentaa. [23, s. 40–64.]

3.15 Rakenteen kosteus

Kosteus on kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaikissa olomuodoissa, kosteuden määrä aineessa
prosentteina, kuinka paljon aineeseen on sitoutunut vesimassaa suhteessa aineen massaan. Il-
ma ja lähes kaikki materiaalit sisältävät kosteutta normaaliolosuhteissa. Kosteuden määrä riip-
puu materiaalin ominaisuuksista, lämpötilasta ja siihen kohdistuneesta kosteusrasituksesta.
Kosteus ei itsessään aiheuta vaaraa rakenteille, vaan siihen tarvitaan muitakin yhtäaikaisia rasit-
teita. Esimerkiksi rakenteen sisällä veden jäätyminen voi rikkoa rakenteen. Pitkäaikainen kos-
teus voi luoda kasvualustan mikrobeille, jotka tuhoavat rakennetta. Rakennus on kosteudelle
alttiina useasta syystä ja suunnasta (kuva 14). Kosteus voi esiintyä näkyvänä vetenä tai näky-
mättömänä vesihöyrynä ilmassa ja rakenteisiin sitoutuneena kosteutena. [23, s. 144.]



Kuva 14. Rasituksia, jotka vaikuttavat rakennuksen kosteuteen [23, s. 144.]

3.16 U-arvo ja kosteustekninen toiminta

U-arvo tarkoittaa lämmönläpäisykerrointa, jonka avulla voidaan suorittaa rakenteen läpi virtaavan lämmitysenergian määrän laskenta. U-arvo saadaan kaavasta. [24, s. 46–49]

$$U = \frac{1}{R_T}$$

U= rakennusosan lämmönläpäisykerroin

R_T= rakennusosan kokonaislämmönvastus

$$R_T = R_{Si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \sum R + R_{Se}$$

R_T= rakennusosan kokonaislämmönvastus

R_{Si}= Sisäpuolen pintavastus, saadaan (kuvasta 14).

R₁, R₂, ...R_n = ainekerroksen lämpö vastus

∑R =ilmakerroksen, ohuiden ainekerrosten ja maanlämpövastuksen summa

Rakennusosan kokonaislämmön vastus on summa ainesosien lämmönvastuksista, sisä- ja ulkopuolen pintavastuksista. Ainesosan lämpövastus on ainesosan paksuus jaettuna aineen lämmönjohtavuuden arvolla, mikä saadaan kaavasta.

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ Jossa}$$

R= aineosan lämmönvastus

d= aineosan paksuus

λ = Lämmönjohtavuuden arvo

Epätasaisen ainekerroksen lämmönvastus saadaan kaavan esimerkissä, on puurunko 48x100 k600.

$$R_{\text{epätasainen ainesosa}} = \frac{d_{\text{eriste}}}{\lambda_{\text{eriste}}} * \frac{600 - 48}{600} + \frac{d_{\text{puu}}}{\lambda_{\text{puu}}} * \frac{48}{600}$$

Ulkoilmaan rajoittuvissa rakennusosissa pintavastuksena voidaan käyttää (kuvan 15). arvoja [24, s. 46–49].

Sisäpuolinen pintavastus R_{si} , ($m^2 \cdot K$)/W			Ulkopuolinen pintavastus R_{se} , ($m^2 \cdot K$)/W		
Lämpövirran suunta					
vaakasuora	ylöspäin	alaspäin	vaakasuora	ylöspäin	alaspäin
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Kuva 15. Sisä- ja ulkopuolen pintavastukset [25].

Tuulettumaton ilmakerros on suljettu ilmaväli rakennusosan sisällä. Mikäli ilmavälin ulkopuolella ei ole eristystä ja ilmaväliin johtaa aukkoja, aukkojen koko ei saa ylittää, pystysuorassa rakenteessa $500\text{mm}^2/\text{m}$ pystysuoran ilmakerroksen pituusyksikköä kohti ja $500\text{mm}^2/\text{m}^2$ vaakasuoran ilmakerroksen pintayksikköä kohti. Aukot eivät saa sallia tuuletusvirtausta reunalta toiselle. Tuulettumattoman ilmakerroksen arvot voidaan katsoa (kuvasta 16). [24, s. 46–49.]

Lievästi tuulettuva pystysuorassa rakenteessa olevat aukot ovat yli $500\text{mm}^2/\text{m}$ ja alle $1500\text{mm}^2/\text{m}$ pystysuoran ilmakerroksen pituusyksikköä kohti ja yli $500\text{mm}^2/\text{m}^2$ ja alle $1500\text{mm}^2/\text{m}^2$ vaakasuoran ilmakerroksen pintayksikköä kohti. Lievästi tuulettuva ilmaväli voidaan huomioida puolittamalla (kuvan 16) arvot. Mikäli lievästi tuulettuvan kerroksen ulkopuolella olevan rakennekerroksen lämmönvastus on yli $0.15 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ rakennekerroksen lämmönvastuksena voidaan käyttää vain $0.15 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ suuruisena. [24, s. 46–49.]

Hyvin tuulettuvaa ilmväliä ei huomioida laskennassa eikä sen ulkopuolen rakennetta huomioida laskennassa. Kuitenkin ulkopuolen pinnan vastusta voidaan korottaa vastaamaan sisäpinnan pintavastusta. Ilmakerroksen vastus voidaan määrittää tutkimuksen avulla, mikäli näiden avulla saadaan tarkempia tuloksia. [24, s. 46–49.]

Rajoittavien pintojen emissiviteetti	Ilmaraon paksuus d_g mm	Lämmönvastus R_{g_e} , ($m^2 \cdot K$)/W		
		Lämpövirran suunta		
		vaakasuora	ylöspäin	alaspäin
yleinen tapaus: ei heijastavia pintoja $\epsilon > 0,8$	5 10 20 50–100	0,11 0,15 0,17 0,18	0,11 0,15 0,16 0,16	0,11 0,15 0,18 0,21
toinen pinta heijastava $\epsilon < 0,2$	5 10 20 50–100	0,17 0,27 0,36 0,34	0,17 0,23 0,25 0,27	0,17 0,29 0,43 0,61

Kuva 16. Tuulettumattoman ilmakerroksen lämmönvastus, alapuolen arvoja voidaan käyttää, mikäli heijastava pinta pysyy puhtaana [25].

Kattorakenteen, jossa lämmöneriste on vaakasuorassa ja vesikatto kallistettu väliin jäävä ilmatila voidaan huomioida (kuvan 17) mukaisesti, kuvasta löytyy myös ohuen ainekerroksen pintavastus. [24, s. 46–49]

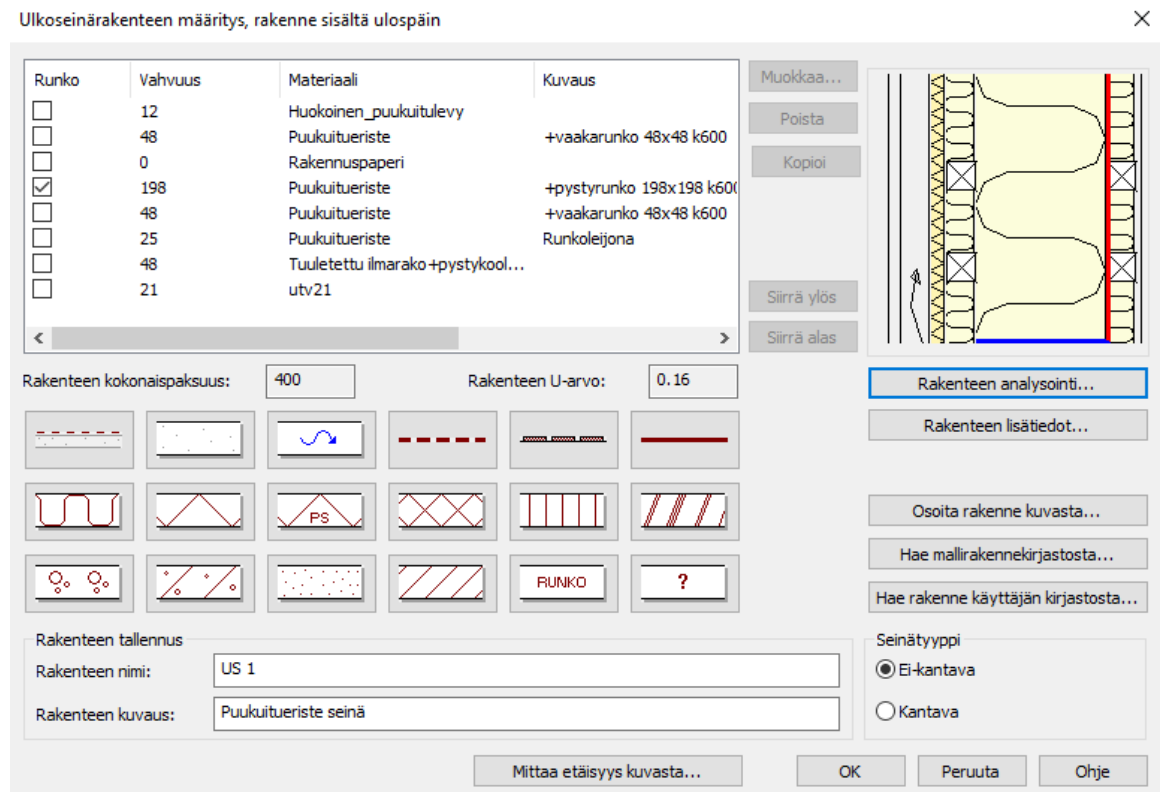
Katon rakennetyyppi	Lämmönvastus R_{g_e} , ($m^2 \cdot K$)/W	rakennetyyppi	Lämmönvastus R_{g_e} , ($m^2 \cdot K$)/W
1. tiilikatto, palahuopakatto tai vastaava aluskatteella tai sitä vastaavalla ainekerroksella	0,2	Toinen pinta jäykkää alustaa, esim. lautaseinää vasten*)	0,02
2. kuten 1, mutta matalaemissiviteettipinta kuten alumiinikerros aluskatteen alapinnassa	0,3	Jäykkien pintojen välissä*)	0,04
3. yhtenäinen huopakate alusrakenteineen tai vastaava raoton vesikate	0,3		

*) Lämmönvastus sisältää sekä ainekerroksen lämmönvastuksen, että sen ja jäykän pinnan, lautakerroksen tms. väliin muodostuvan ohuen ilmakerroksen lämmönvastuksen.

Kuva 17. Vasemmalla katonilmatilan lämmönvastus ja oikealla ohuen ainekerroksen lämmönvastus [25].

Opinnäytetyön kohteeseen U-arvolaskenta ja diffuusiokosteuden liikkuminen rakenteessa tehtiin käyttämällä Cadmatic-ohjelmaa. Ohjelma tarjoaa tyypillisen rakenteen analysointityökalun. Aloitussivulla (kuva 18) määritetään seinärakenne kerros kerrallaan, kerroksen määrittelyn yhteydessä ohjelma vaatii syöttämään perustiedot, kuten kerroksen paksuus, tyyppi ja määrittä-

mään, onko kerroksella kylmäsilta, esimerkiksi puurunko. Mikäli on valittu esimerkiksi villaeriste puurungolla, ohjelma tarjoaa valmiiksi teknisiä arvoja, kuten lämmönjohtavuus, tiheys, vesihöyrynläpäisevyys, koolauksen suunta. Tekniset arvot löytyvät suhteellisen helposti eri materiaalien toimittajien verkkosivuilta, mikäli etukäteistietoa ei niistä ole onkin aiheellista tarkastaa arvojen sopivuus.

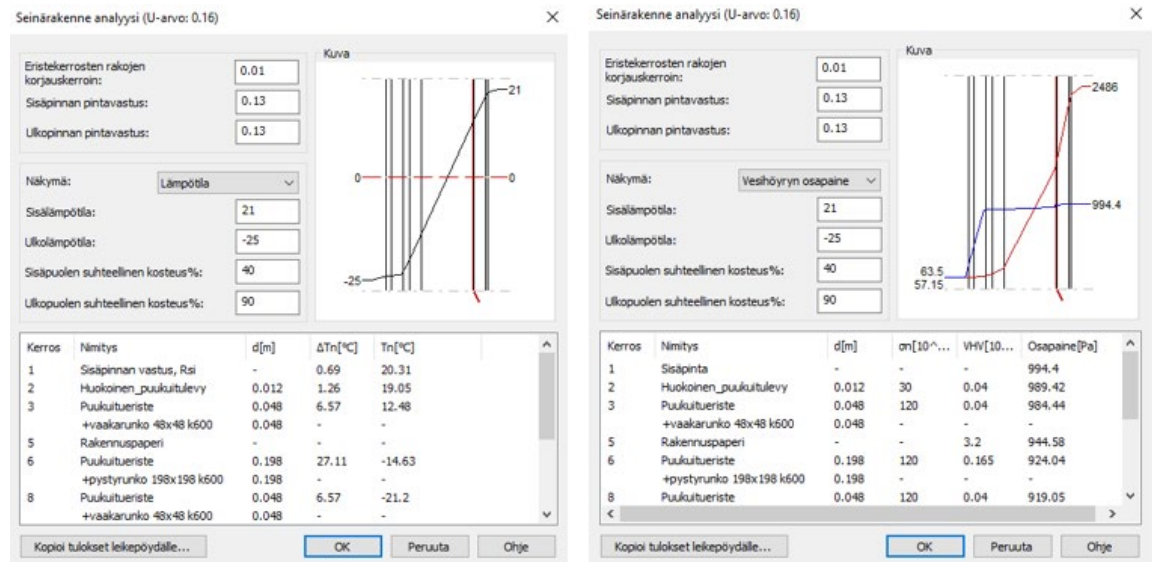


Kuva 18. Cadmatic-ohjelman ulkoseinän määrittäminen ja U-arvon laskeminen

Kosteustekninen toiminta voidaan tarkastella analysoimalla rakenteen. (Kuvassa 19) analysoinnin tuloksia. Kuvasta nähdään, että vesihöyryyn kyllästymispainekäyrä ja vesihöyryyn osapainekäyrä leikkaavat toisensa keskellä seinärakennetta, tämä tarkoittaa, että vesihöyry voi tiivistyä vedeksi leikkaamiskohdan jälkeen, mikäli kyseessä on huokoinen esimerkiksi lasi- tai kivivilla, jotka eivät pysty sitomaan vettä itseensä, tiivistyisi vesihöyry keskellä rakennetta, minkä seurauksena vesi valuu rakenteen alaosaan aiheuttaen kosteusvaurion. Kyseisessä tapauksessa tulisi ilmansulkupaperi vaihtaa diffuusiotiiviimpään höyrynsulkukalvoon.

Opinnäytetyössä käytetään puukuitueristettä, joka on hygroskooppinen materiaali. Se omaa suuren kosteuskapasiteetin pystyen täten sitomaan vesihöyrystä muodostunutta vettä itseensä. Kun kosteusrasitus on ohitse, alkaa rakenne luovuttamaan vettä, eli vesi haihtuu takaisin vesihöyryksi ja rakenne kuivuu. Ilmansulkupaperin tarkoitus on pysäyttää ilman liikkuminen raken-

teessa jättäen sen kuitenkin diffuusioavoimeksi, tällaista rakennetta kutsutaan hengittäväksi rakenteeksi. Vesihöyry ja hiilidioksidi pystyvät liikkumaan seinärakenteen läpi tasaantuakseen pienemmän pitoisuuden suuntaan, millä on vaikutuksia sisäilmanlaatuun.



Kuva 19. Cadmatic Ulkoseinän kosteustekninen analysointi, vasemmalla lämmön käyttäytymisen rakenteen sisällä, oikealla vesihöyryn kulkeutuminen ja vesihöyryn osapaineet.

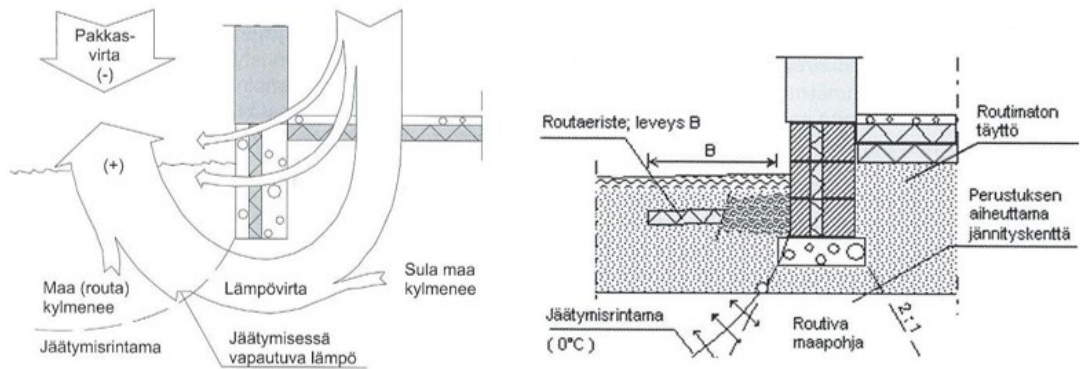
3.17 Routasuojaus

Veden jääytymisestä johtuva routa on huomioitava rakentaessa routavaurioiden välttämiseksi. Routaeristäminen, perustaminen roudattomaan syvyyteen ja routimattoman maa-ainekset ovat käytetyimpiä rakentamisen roudansuojauksen menetelmiä. [26, s. 75–78.]

Perustamissyvyys ja rakentamispaikan ilmasto määrittävät, onko kyseessä matalaperustaminen vai roudattomaan syvyyteen perustamisesta. Mikäli perustaminen tehdään roudattomaan syvyyteen, rakenteet roudan vaikutus alueella on suunniteltava siten, että roudan vaikutuksesta ei niille synny vahinkoa. Perustamistapaa käytetään yleensä suurempien rakennusten kohdalla. [26, s. 75–78.]

Maa-aineksen ollessa routimatonta voidaan rakennus perustaa ilman routasuojauksia, routasuojauksia, jota kuitenkin tarvitaan mahdollisesti estämään salaojituksen tai hulevesiputkistojen jäätyminen. Routasuojauksella on merkitystä lämpimien tai puolilämpimien rakennusten lämpövir-

taan siirtymiseen perustusten ali ja läpi (kuvan 20) mukaisesti. Tämä kasvattaa tarpeettomasti rakennuksen lämmitysenergian tarvetta [26, s. 77–78.]



Kuva 20. Lämpövirrat perustusten ympäristössä ja maanroutaantuminen perustuksien vieressä [26.]

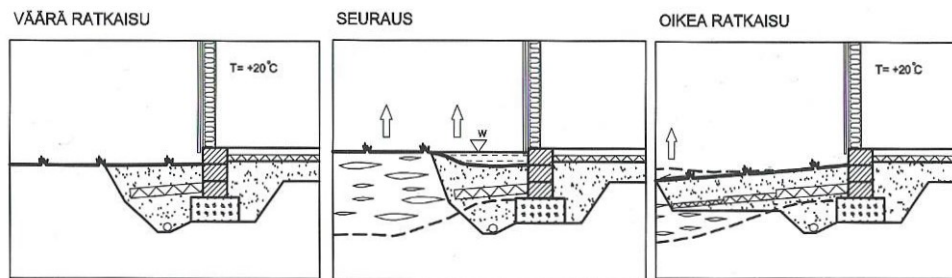
Routasuojaukseen käytetään polystyreenilevyjä, jotka valmistusmenetelmän johdosta eritellään suulakepuristettuihin XPS-levyihin ja paisutettuihin EPS-levyihin. Eristeenä voidaan käyttää myös kevytsoraa, vaahtolasia ja joitain teollisuuden sivutuotteita, kuten raetuhkaa, ferrokromi- tehtaan kuonaa, masuunihiekkaa ja masuunihiekan ja teräskuonan seosta. [26, s. 65–70.]

Polystyreenilevyt XPS ja EPS ovat lämmönjohtavuudeltaan lähes samankaltaisia käyttökohteesta riippuen. Suurin ero tuleeikin puristuslujuudessa, puristuslujuus ilmoitetaan eristeen tyyppimerkinnässä numero: 200 tarkoittaa, lyhytaikaista kuormituskestävyyttä 10 % kokoonpuristumalla 200 kPa. Ero eristeiden välillä syntyykin pitkäaikaisen kuormituskestävyyden arvoissa. XPS-200 pitkäaikainen kuormituskestävyys 2 % kokoonpuristumalla on 100 kPa, kun vastaavasti ESP-200:lla 60 kPa. ESP-eristeen lyhytaikaiset kuormituskestävyydet vaihtelevat laadusta riippuen välillä 60–300 kPa, kun vastaavasti XPS-eristeellä 200–700 kPa. [26, s. 66–72.] XPS-eristeet toimivat kosteissa olosuhteissa. EPS-eristeen kosteus toimivuus vaihtelee laadusta riippuen, laadut on yleisesti ilmoitettu eristeen tyyppimerkinnässä kuten EPS-120 Routa, jonka mukaisesti kyseinen laatu soveltuu routaeristeeksi. Opinnäytetyön kohteena olevan omakotitalon routasuojaus suunnitelma tehdään RIL 261-2013 kirjan ohjeiden mukaisesti. Laskenta selityksineen löytyy liitteestä kuusi.

3.18 Tontin kuivatus

Tontin kuivatus suunnitellaan maaston muotojen mukaan siten, että hulevedet ja salaojituksen perusvesi johdetaan rakennuksen perustuksista riittävän etäälle, jotta niistä ei aiheudu haittaa rakennukselle tai sen käytölle. Hulevesiä ovat rakennuspaikan pinnoille kertynyttä sulamis- ja sadevesiä. Perusvedet ovat rakennuksen alla ja maaperässä olevia vesiä. Hulevesien ja perusvesien ensisijainen poistaminen tehdään tontilla imeyttämällä, mikäli maaperä on riittävän läpäisevää eikä täten aiheuta haittaa rakennukselle, naapurustolle taikka ympäristölle. [26, s. 25–29.]

Hulevedet ohjataan maankallistuksella, joka viettää rakennuksesta poispäin, kallistuskulmalla 1:20, kolmen metrin matkalla laskua muodostuu 150 mm [26, s. 25–29]. Mikäli joudutaan käyttämään loivempaa kallistusta, on maan routimisesta johtuva pinnannousu routaeristeen päätyttyä. Pinnanousun vaikutukset ehkäistään siirtymäkiilaeristyksellä. (Kuvassa 21) liian pienen kallistuksen ja roudan aiheuttaman nousun seurauksena kallistus kääntyy väärään suuntaan. [27, s. 111.]



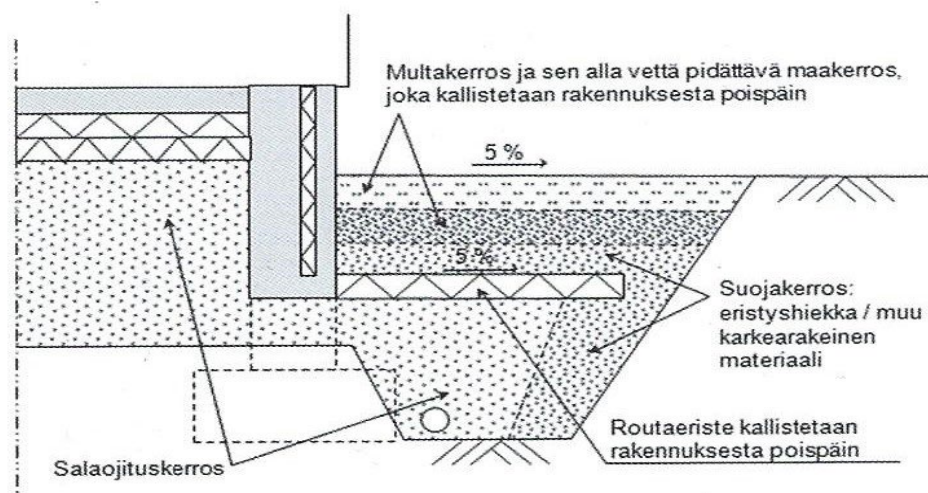
Kuva 21. siirtymäkiilan routavaikutus [13, s. 111.]

Kattovedet ohjataan sadevesien poistojärjestelmällä tai esimerkiksi loiskekivillä siten, että ne eivät päädy rakennukseen tai sen salaojajärjestelmään. Mikäli maanvarainen alapohjan yläpinta on alle 30 cm ulkopuolen maanpintaa, on perusmuuri vesieristettävä. Koska maa-aines katsotaan olevan aina 100 % kostea, tulee perusmuuri kuitenkin kosteuseristää, mikäli vesieristystä ei tarvita. Kosteuseristeeksi käytetään perusmuurilevyä, mikä samalla tuulettaa perusmuuria. [26, s. 26–27.]

Rakennuspohjan salaojitus ei ole tarpeen mikäli, perustamis- ja pohjaolosuhdeselvityksen perusteella voidaan todeta, että perusmaa on riittävän vedenläpäisykykyinen, eikä veden kapilaarista nousua tapahdu ja pohjavesi on tarpeeksi etäällä rakenteista. Salaojitus koostuu kapilaarikatko-kerroksesta, salaojaputkistosta, tarkastusputkista, tarkastus- ja kokoojakaivoista. [26, s. 26–27.]

Kapilaarikatkokerros, josta käytetään myös nimitystä salaojakerros, tehdään rakennuspohjan alapuolelle, katkaisemaan veden kapilaarinen nousu. Kapilaarikerroksen paksuus määräytyy kerroksen materiaalista riippuen, käytettävä materiaalin kapilaarisuus on selvitettävä tutkimuksin tai maa-aines toimittajan teettämästä erillisestä selvityksestä. Kapilaarikerroksen on oltava vähintään 20 % suurempi kuin materiaalin kapilaarisuus, kerroksen vähimmäispaksuus on kuitenkin 200 mm. Mikäli rakennuspojan alapuolelle suunnitellaan, salaojitus on kapilaarikerroksen vähimmäispaksuus, salaojaputkien kohdalla 400 mm [26, s. 26–27.] Tarvittaessa pohjamaakerros ja kapilaarikerros erotetaan toisistaan suodatinkankaalla. Vesi johdetaan kapilaarikerroksesta ulkopuoliseen salaojaputkistoon, joko perusmuuriin tai anturalevennykseen tehtävien reikien läpi [27, s. 100–104.]

Salaojitusputkiston korkein kohta tulee olla perustamistason alapuolella ja mahdollisimman lähellä anturaa, kuitenkin perustuksien aiheuttaman jännityskentän ulkopuolella. Perustuksien jännityskenttä muodostuu perustuksista alaspäin 1:2 kaltevuudella (kuva 20). Tällöin salaojaputkisto jää routaeristeen suojaan, eikä erillistä suojausta tarvita. Salaojat asennetaan kapilaarikerrosmateriaaliin siten, että sivuilla ja alapuolella on vähintään 100 mm ja päällä 200 mm kapilaarikatkomateriaalia. Salaojaputki voidaan asentaa suoraan perusmaan varaan mikäli, perusmaa maa-aines pystytään tasoittamaan putkialustaksi. Salaojaputken vähimmäiskaltevuus on puoli prosenttia. Salaojaputkelle suositeltava kaltevuus on kuitenkin 1–2 prosenttia. Tarvittaessa voidaan maa-ainekset erottaa putken ala- ja yläpuolelle asennettavalla suodatinkankaalla, tällöin salaojakerroksen sivut tulee jättää vapaaksi koska hienojakoinen maa-aines, voi tukkia suodatinkankaan estäen veden virtaamisen salaojajärjestelmään. [27, s. 100–104.]



Kuva 22. Periaatekuva matalaperustuksen salaojituksesta, routasuojauksesta ja perustuksien vierustäytöstä [27, s. 104.]

Mikäli routaeristys sijoitetaan ylemmäs kuin salaojaputki ja sen salaojituskerros, voidaan kapaalikerroksen päälle rakentaa eristepohjat käyttäen eristyshiekkaa tai muuta karkeaa maaainesta. Routaeristeen päälle tulee suojakerros eristyshiekasta, suojakerroksen paksuus tulee olla vähintään 100 mm. Suojakerroksen yläpuoliset kerrokset tehdään pintarakenteiden vaatimusten mukaisiksi, huleveden pääsy salaojarakenteisiin on katkaistava pintakerroksen rakenteissa. Esimerkiksi jos pintakerros on kasvualusta, tarvitaan sen alle vettä pidättävä maakerros, esimerkiksi savipitoinen maa-aines. Vettä pidättävä kerros voi olla myös pintakerros, esimerkiksi yli 300 mm paksu suojakerros ja betonilaatoitus. [27, s. 104.]

Salaojajärjestelmä on suunniteltava siten, että järjestelmä pystytään tarkastamaan ja tarvittaessa huoltamaan. Tarkastuksen ja huollettavuuden kannalta salaojaputkistoon tarvitaan tarkastuskaivoja. Tarkastuskaivot sijoitetaan yleensä rakennuksen nurkka-alueelle, salaojakaivon sakkapesäsuositus on 500 mm. Mikäli seinälinjan pituus on yli 20 m, tulee välissä käyttää vähintään tarkastusputkea. Kaivojen kansisto tulee asentaa maanpinnalle siten, että niihin ei pääse hulevesiä. Kaivot tulee suojata roudalta ja estää kaivoon virtaava kylmäilma lämpöeristeellä. Mikäli kattohulevedet ohjataan putkistoapitkin, voidaan putkisto rakentaa salaojaputkiston yläpuolelle niin, että se jää kuitenkin routaeristeen suojaamaksi. Hulevesiä ei saa johtaa salaojaverkostoon. Hulevesi ja salaojasta tuleva vesi voidaan yhdistää siihen tarkoitukseen suunnitellussa kaivossa, jossa tulee olla patoamisventtiili, joka estää huleveden virtaamisen salaojajärjestelmään esimerkiksi kaivon purkuputken tukkeutuessa. [27, s. 100–104.]

3.19 Radon

Radon on väritön hajuton ja mauton radioaktiivinen jalokaasu, ja sen havaitseminen on mahdollista ilman radonmittausta. Radon syntyy maaperässä uraanin hajoamistuotteina, sitä esiintyykin kaikkialla maaperässä. Maa-ainekset sisältävät ilmaa, jota kutsutaan maaperän huokoisuusilmaksi. Sen radonpitoisuus on tyypillisesti 10 000–100 000 Bq/m³. Radonpitoisuudet voivat vaihdella paikallisesti erittäin paljon. Radonriski on olemassa, riippumatta rakennetaanko suuren riskin alueella, erityisesti soraharjut nostavat radonriskiä. Radonherkkää maa-ainesta voi siirtyä rakennuksen alle esimerkiksi maanvaihdon yhteydessä. Radon on terveydelle varallista:

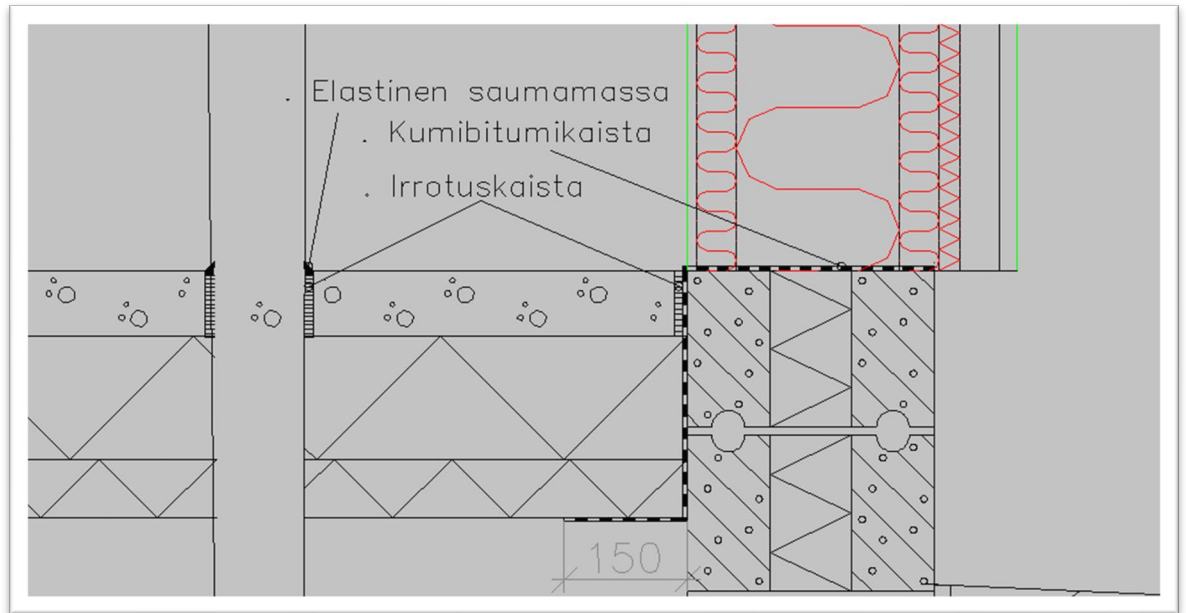
korkeiden pitoisuuksien pidempiaikaisessa altistumisessa radonin on todettu aiheuttavan keuhkosyöpää. [27.]

Radonpitoisuuksille on asetettu ylärajat: työpaikan, asunnon ja muun oleskelutilan radon pitoisuus ei saa ylittää 300 Bq/m^3 ja uuden rakennuksen 200 Bq/m^3 . Yleensä mittaus tehdään 1.9.–31.5. välisenä aikana radonpurkilla, joka asetetaan asunnon huoneilmaan vähintään kahdeksi kuukaudeksi. Pikamittausta käytetään yleensä esimerkiksi korjaustoimien onnistumisen varmistamiseen. [27.]

Rakennuksen ilmanvaihto, joka on eteenkin lattian tasalla alipaineinen jo luonnostaan johtuen sisätilojen savupiippuilmiöstä. Kosteusteknisestä syystä rakennus on pidettävä alipaineisena. Alipaineen vaikutuksesta pienikin rako, voi johtaa maan huokoisuusilman johtumiseen rakennuksen huoneilmaan ja näin olen nostamaan huoneilman radonpitoisuutta. Toimiva ilmanvaihto onkin yksi keino vähentää radonpitoisuutta. Eteenkin koneellisella tulo ja poisto ilmanvaihdolla, saadaan paine-eroja hallittua ja huoneilmaa tuuletettua tehokkaasti. [27.]

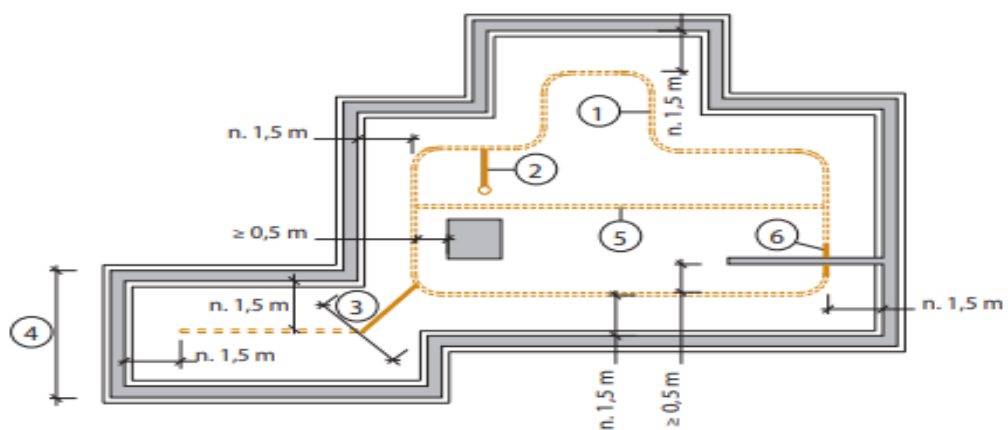
Radonalttiita rakenteita ovat maattavaisten oleva alapohjat ja kellaritilat. Tuulettuvien alapohjien kohdalla radonin torjuntaan tarpeelliset toimenpiteet tehdään jo kosteus- ja lämpötekniisistä syistä. Radonin huomioiminen jo suunnitteluvaiheessa on huomattavasti halvempaa kuin korjata valmiin rakennuksen kohonneita radonpitoisuuksia. Radonputkisto ja laatantiivistäminen onkin radontorjunnan perustehtäviä. [27.]

Tiiviit ilmansulkevat rakenteet pysäyttävät radonin siirtymisen huoneilmaan. Tiivistäminen onkin radontorjunnan perusvaatimus, esimerkiksi maavaraisen lattian betonilaatta on tarpeeksi pysäyttämään radonkaasun siirtymisen huoneilmaan. Betonin kuivumisesta johtuvat raot laatan ja sokkelin välissä sekä läpivientien yhteydessä, mahdollistavat radonpitoisen ilman virtaamisen rakennukseen. (Kuvassa 23) maanvaraisen alapohjan rakojen tiivistysesimerkki, perusmuurin ja laatanvälinen rako tiivistetään käyttäen kumibitumikaistaa. Perusmuurin ja seinärakenteen väliin tulee asentaa kumibitumikaista jo kosteusteknisestä syystä, ja radontorjunta vaikutus saadaan jatkamalla kaistaa alapohja eristyksen alapuolelle. Joustava irrotuksista varmistaa tiiveyden. Alapohjan läpivienneissä käytetään joustavaa irrotuskaistaa ja elastista saumamassaa (kuvassa 23) esitetään alapohjan radontiivistystä. [28.]



Kuva 23. Periaatekuva alapohjan ja perusmuurin raon ja läpivientien tiivistämisestä.

Maaperän radonpitoista huokoisuusilmaa voidaan tuulettaa radonputkistoilla, mikäli vapaasti tuulettuva putkisto ei ole riittävä alentamaan radonpitoisuutta, voidaan sitä tehostaa huipumurilla. Radon keräysputkistona käytetään salaojaputkia, putkisto asennetaan 200 mm lämmöneristeen alapuolelle. [28.]



Kuva 24. (1) Keräys kanavat sijoitetaan 1,5 m etäisyydelle perusmuurista ja alapohjan lävistyksien kohdalla 0,5 m. (2) Siirtokanavat ja poistokanava rakennetaan umpiputkesta, poistokanava johdetaan vesikaton yläpuolelle. (3 ja 6) Mikäli rakennuspohjassa on alle 3 m levyisiä kapeampia kohtia tai lävistetään perusmuuri, käytetään umpiputkea. (5) Keräysputkistojen etäisyys toisiinsa 3 m [28].

4 Kustannuslaskenta

Kustannuslaskentaa tehdään hankkeen eri vaiheessa. Hankesuunnitteluvaiheessa voidaan laatia alustava kustannusarvio yksinkertaisesti käyttäen tilastollisia rakentamisen neliökustannuksia tai tarvittaessa voidaan laatia hieman tarkempi alustava kustannusarvio. Rakennussuunnittelun aikana tarvitaan tietoa eri suunnitelmavaihtoehtojen, rakennusmateriaalien ja tuotantomenetelmien kustannustehokkuudesta.

Rakennussuunnittelun valmistuttua voidaan laatia suhteellisen tarkka kustannusarvio. Mikäli rakennushanke tai sen osia toteutetaan ulkopuolisella urakoitsijalla, laatii urakoitsija oman kustannusarvionsa, jonka perusteella voi tarjouksen tehdä. Rakennusvaiheessa kustannuslaskentaa tehdään eri tuotantomenetelmien arvioimiseksi sekä toteutuneiden kustannusten seuraamiseksi. Kustannuslaskennan tarkkuus on riippuvainen suunnitelmien valmiusasteesta, kun hankkeen laajuus, käytettävät materiaalit ja talotekniikkalaitteet on päätetty, voidaan kustannukset määrittää suhteellisen tarkasti. [29.]

4.1 Talo 2000

Kustannuslaskentaa helpottamaan on laadittu kansallinen Talo 2000 -nimikkeistö rakennusalan toimijoiden yhteistyönä. Nimikkeistön tarkoitus on yhtenäistää ja parantaa rakennushankeprosessin tiedon vaihtoa, se on ohjeellinen eikä sen käyttö ole pakollista. Nimikkeistö on julkinen ja vapaasti käytettävissä oleva järjestelmä.[30].

Järjestelmä sisältää tilanimikkeistön, hankenimikkeistön, tuotantonimikkeistön, rakennustuotenumikkeistön ja kalustonimikkeistön. Tilanimikkeistöä käytetään luokittelemaan tiloja suunniteluohjeissa, tilaselostuksissa, kiinteistöhallinnossa, kiinteistökaupassa ja tilastoinnissa. Hankenimikkeistön, joka koostuu rakennusosista, tekniikkaosista ja niihin liittyvistä tehtävistä. Tuotantonimikkeistön avulla jaetaan rakennus- ja tekniikkaosat suorituksen mukaisiin kokonaisuuksiin, suorituksen sisältö määräytyy kulloinkin käytettävästä tuotantotekniikasta ja suoritusorganisaatiosta. Rakennustuotenumikkeistön on pysyvästi asennettavien tai työsuorituksen aikana loppuun kuluvien materiaalien panosnimikkeistö, se on yhdenmukainen rakennustuotekaupan käyttämän nimikkeistön kanssa. Kalustonimikkeistön on niin ikään panosnimikkeistö, joka koos-

tuu rakennustyössä tarvittavista koneista, välineistä ja laitteista, joka ei jää osaksi rakennusta. [30.]

4.2 Rakennusosien kustannukset

Rakennusosien kustannukset muodostuvat materiaalikustannuksista ja työaikakustannuksesta. Kustannuslaskelma tehdään käyttäen arvolisäverottomia hintoja. Riippuen mihin tarkoitukseen kustannuslaskelma tehdään, lisätään esimerkiksi alv:n osuus, haluttu kate, riskivaraus, pientarvikelisiä ja työntekijöiden lisäkustannukset. Yksittäiset kustannukset jaetaan yksiköihin esimerkiksi jm, m², m³, kpl ja tonnia. [4 s. 6–15.]

Materiaalin hintoja voidaan katsoa esimerkiksi rakennusosien kustannuksia kirjasta, kauppojen hinnastoista tai voidaan pyytää tarjous esimerkiksi tukkuliikkeestä. Suurimmat yksittäiset hankinnat ja yksittäisen materiaalin, jonka menekki on suuri, paras mahdollinen hinta saadaan pyytämällä tarjous useammalta, vastaavan tuotteen myyjältä. Tämä myös sitoo hinnan tarjouspyyntöhetkeen, jolloin yleiset hinnan muutokset eivät vaikuta kustannuslaskennan ja toteutuneiden kustannuksien välillä. Työkustannuksena voidaan käyttää yrityksen omaan tietoon perustuvaa määrittystä tai voidaan käyttää joitain yleisiä työmenekkijärjestelmiä, kuten Ratu-tiedostot, joita käsitellään luvussa 4.3. Tai näiden yhdistelmiä.

4.3 Ratu-kortti

Ratu-kortistoon on koottu suomalaista rakentamisen ammattitaitoa 30 vuoden ajalta, ja sen sisällöstä sekä päivittämisestä vastaa asiantuntijoista koostuva ohjausryhmä, johon kuuluvat Rakennusteollisuus RT ry tiedon tuottajana ja Mittaviiva Oy Ratu-tutkimuksen tekijänä sekä Ratu-ryhmän rakennusliikkeet yhteistyökumppaneina. Ratu-kortiston tiedot ovat luotettava perusta laskelmille. Kortiston työ- ja materiaalimenekeissä huomioidaan kohteen laajuus, materiaalihukat, talvisään haasteet ja turvallisuusasiat. Kortiston avulla voidaan tehdä kustannuslaskenta, vaikka laskijalla ei kyseisestä työvaiheesta olisikaan entuudestaan tietoa. [30].

Kustannuslaskennassa ja yleisaikataulujen laadinnassa käytetään kokonaistyöaika T4, (kuvas-
sa 25) kuvataan työaikojen muodostumista. T4-kokonaistyöaika sisältää kaikki työsuoritteeseen
käytettävät työtunnit, se sisältää kaikki työn keskeytymisestä johtuvat tauot. T4-kokonaistyöaika
saadaan kertomalla tehollinen työaika T3 pelivarakertoimella TL3 nämä saadaan kyseisentyöla-
jin Ratu-kortista. T3 tehollista työaika käytetään rakentamisvaihe aikatauluissa, viikkoaikatau-
luissa ja tehtäväsuunnitelmia laadittaessa. TL3-kertoimen lisäajat työajin luonteeseen sopivat
yli tunninmittaiset keskeytykset, kerroin vaihtelee välillä 1,10–1,30. Pakkaspäivät ei sisälly ker-
toimeen, koska niiden kertyminen on vuodenajasta ja työnohjauksesta riippuvaisia. [29.]

Perusaika T1	Menetelmän lisäaika TL1	Työvuoron lisäaika TL2 Alle 1,0 tunnin keskeytykset	Pelivarat TL3-aika
Menetelmäaika T2			
Tehollinen aika (työvuoroaika) T3		Pienet erilliset työvaiheet (T3p) ja työehtosopi- muksen mu- kaiset tauot	
Kokonaisaika (työnvaihe-aika) T4			

Kuva 25. Työaika koostuu useista muuttuvista tekijöistä [29].

Materiaalin työmaamenekki M5 koostuu teoreettisesta menekistä M2, menetelmälisästä ML2,
työvaihelisästä ML3 sekä työmaalisästä ML4 (Kuva 26). Kustannuslaskennassa käytetään työ-
maamenekkiä M5. Teoreettiseen menekkiin ja menetelmälisään ei voida vaikuttaa. Työvaihelisä,
joka koostuu liian suurista materiaalivahvuuksista ja suurista hukkapaloista, joille voisi löytyä
muuta käyttöä työmaalta. Työmaalisä koostuu huonosta varastoinnista, huolimattoman käsitte-
lyn seurauksena rikkoontumisista, kastumisista, katoamisista ja käytöistä muuhun tarkoitukseen
työmaalla. [29.]

Teoreettinen menekki M2	Menetelmälisä ML2	Työnvaihelisä ML3	Työmaalisä ML4
Menetelmämenekki M3			
Työnvaihemenekki M4			
Työmaamenekki M5			

Kuva 26. Materiaalimenekki ja -hukka [29].

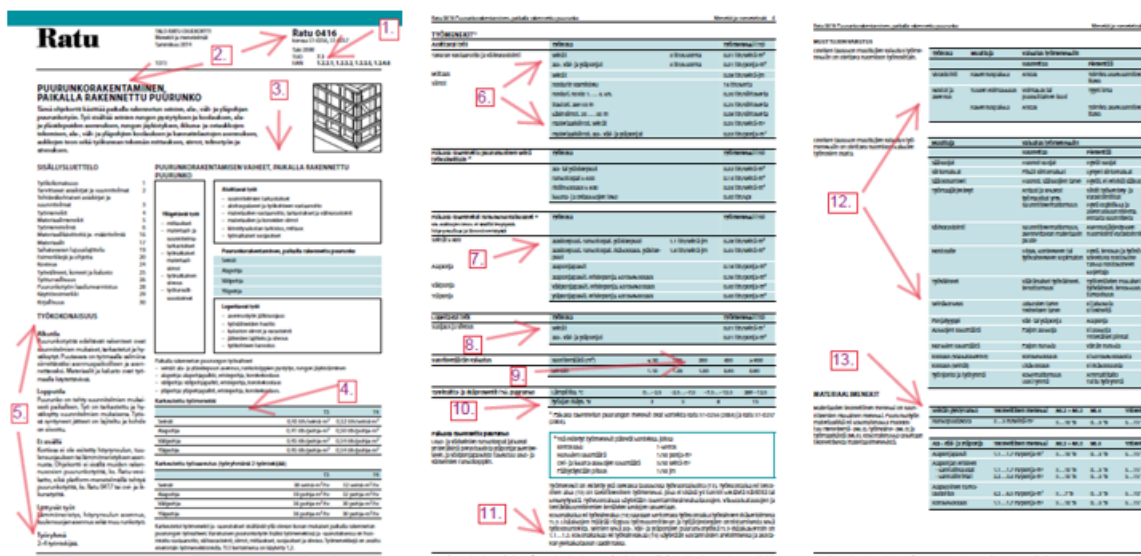
Ratu-kortista löytyy runsaasti tarvittavaa tietoa kortin sisältävästä työvaiheesta. (Kuvassa 27). esitellään Ratu-kortin sisältöä numeroituna.

1. Etusivulta löytyy Talo 2000 -mukaiset nimikkeet
2. Kortin työvaihe ja Ratu-kortin numero
3. Lyhyt selvitys työvaiheessa tarvittavista töistä
4. Karkeutettu työmenekki T3 ja T4, sekä työryhmän karkeutettu työsaavutus
5. lähtötilanne, lopputilanne, mitä lisätyövaiheita on huomioitava, jotka eivät sisälly kyseiseen Ratu-korttiin ja suositeltava työryhmäkoko

Seuraavilla sivuilla kerrotaan tarvittavat suunnitelmat ja asiakirjat. Ratu-kortista löytyvät sivut, josta voidaan työmenekki laskea eritellysti.

6. Aloittavien töiden työmenekki kuten käsin- tai koneelliset siirrot, valmistelut, mittaukset
7. Yksityiskohtainen työmenekki ja rakennusosan työmenekki.
8. Lopettavien töiden työmenekki, kuten suojaus ja siivous
9. Suoritemääräkerroin
10. Talvihaitan, lisäprosentti eriteltynä eri lämpötiloille
11. TL3-kerroinalue
12. Esitellään muuttujien vaikutusta, jotka ovat kyseiselle työlle tyypillisiä näiden perusteella voidaan valita sopiva TL3-kerroin.
13. Taulukoitu materiaalimenekki ja niissä käytettävät hukkaprosentit.

Ratu-kortti sisältää myös yksityiskohtaisen kuvauksen työmenetelmistä ja vaiheista, tietoa käytettävistä materiaaleista, esimerkkejä ja ohjeita, tarvittavista työvälineistä, työturvallisuuteen liittyvistä huomioista, laadunvarmistus toimenpiteistä ja laskuesimerkki, kuinka kortintietoja voidaan käyttää. [31].



Kuva 27. Ratu 0416 Puurunkorakentaminen, paikalla rakennettu puurunko. Kustannuslaskennan kannalta merkittävät asiat, numerointi selitetty yläpuolen tekstissä. [31.]

TALO 2000 NIMIKE JA SELITE		MÄÄRÄTIEDOT		TYÖKUSTANNUKSET				AINEKUSTANNUKSET			YHTEENSÄ				
Tunnus	Selite	Määrä	Yks	tth/yks	€/h	h/yht	€/Yks	yht	hukka%	€/Yks	YHT	Alikankinta	€/Yks	YHT€	
12	Talo-osat														
	1241	Ulkoseinät													
		71	Puurunkorakentaminen	140	m ²	0,57	15	79,80 €	8,55	1197,00	12,00 %	45,16	7 081,09 €	59,13 €	8 278,09 €
		74	Tuulensuojalevytyksisälälevy	140	m ²	0,4	15	56,00 €	6	840,00	10,00 %	5,7	877,80 €	12,27 €	1 717,80 €
		91	Lämmöneristys+höyrynsulku	140	m ²	0,33	15	46,20 €	4,95	693,00	4,00 %	28,5	4 149,60 €	34,59 €	4 842,60 €
		71	Ulkopuolen puuverhous+kooraus	140	m ²	0,6	15	84,00 €	9	1260,00	12,00 %	36,3	5 691,84 €	49,66 €	6 951,84 €
			Ulkoseinät yhteensä											21 790,33 €	

Kuva 28. Esimerkki ulkoseinän laskennasta

Kustannuslaskennassa tulisi käyttää erikseen laskettavaa työmenekkiä. Karkeutettua työmenekkiä voidaan käyttää suuruusluokan määrittelyyn, työaikaisiin aikatauluihin ja tehtäväsuunnitelmiin. (Kuvassa 28) esimerkki ulkoseinien kustannuslaskelmasta. Laskennassa käytetään talonrakennusalan TES:sin palkkaryhmän IV mukaista tuntipalkkaa sosiaalikulut huomioidaan laskennan yhteenvedossa. Rakennuskustannuksiin lisätään arvonlisävero yhteenvedossa. Opinnäytetyön kohteeseen tehty rakentamiskustannuslaskelma löytyy liitteestä seitsemän.

5 Yhteenveto

Opinnäytetyön aloitin joulukuussa 2021 työelämälähtöinen tilaaja ja aihe kuitenkin puuttui, joten päätin tehdä siitä omiin tarpeisiini sopivan. Ammatillinen työelämän ohjaus olisi kyllä ollut työn kannalta tervetullutta, mutta todellinenkin insinöörityö voi joissain tapauksissa olla itsenäistä työskentelyä ja tiedonhankintaa. Tällä saralla opinnäytetyö tarjosikin lisäarvoa ammatillisen osaamisen kehittymiseen ja kasvuun. Työelämäläheisyys näkyikin opinnäytetyössä itsenäisenä työskentelynä ja tiedonhankintana.

Omakotitalon rakentaminen on haaveissa lähitulevaisuudessa ja opinnäytetyön valmis suunnitelma auttaa hankkeen käynnistymisessä. Tietoa karttui runsaasti myös materiaalien fysikaalisista ominaisuuksista ja erityisesti niiden ympäristövaikutuksista.

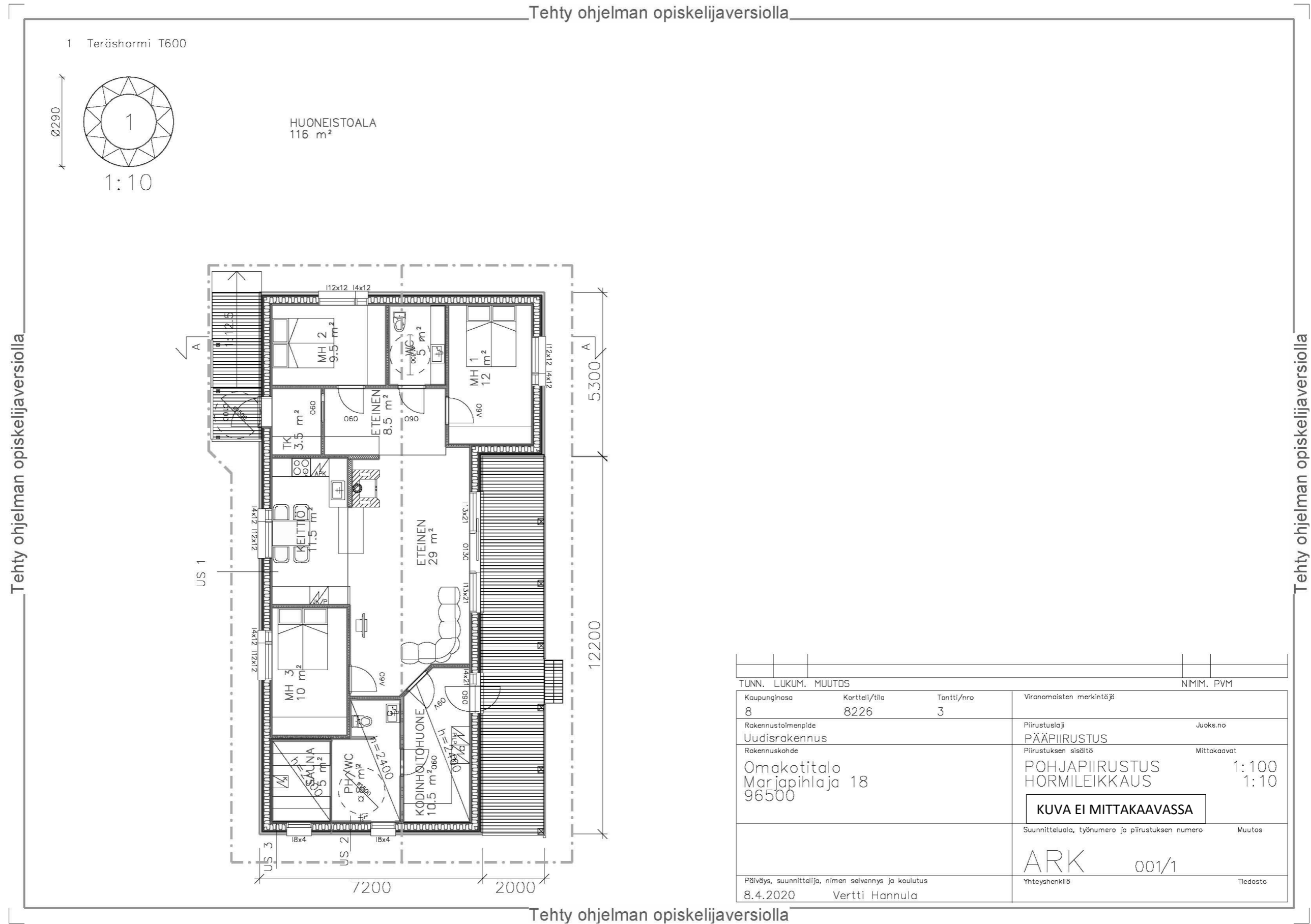
Ympäristöystävällisyyden huomioiminen rakentamisessa tulee kasvamaan lähitulevaisuudessa. Nykyisin rakentamisen ympäristövaikutuksia vähennetään määräyksillä- ja ohjeilla lähinnä lämmitysenergiamuotojen ja rakenteidenenergiatehokkuuden avulla. Lähitulevaisuudessa aletaan myös määrätä- ja ohjeistaa, myös rakennuksen materiaalien tuottamia päästövaikutuksia. Tästä syystä materiaalienpäästövaikutukset olivat mielekästä tuoda esiin, myös opinnäytetyössä. Kasvanut tietoisuus materiaalien ympäristövaikutuksista, tulee vaikuttamaan valittaessa, mitä materiaalia kulloinkin hankitaan.

Lähdeluettelo

1. Junnonen JM. Kankainen J. Rakennuttaminen. Vaasa; 2017.
2. RT 10-11226.Talonrakennushankkeen kulku. Rakennustieto OY; 2016.
3. Rakennuksenvähähiilisyiden arviointityökalu 2019 [viitattu 17.3.2022]. Saatavilla:
<https://elinkaarilaskenta.fi>
4. ROK 2021 rakennusosien kustannuksia. Viro: Rakennusteollisuus RT ry; 2021.
5. Rakennuksenvähähiilisyiden arviointimenetelmä 2021 Luonnos [viitattu 21.3.2022].
Saatavilla:
<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=0b297461-cdee-4657-9a4e-d2791315257d>
6. keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki [viitattu 21.3.2022]. Saatavilla:
<https://www.sitra.fi/artikkelit/keskivertosuomalaisen-hiilijalanjalki/>
7. Rovaniemen kaupungin vapaat tontit [viitattu 10.3.2022]. Saatavilla:
https://asiointi.rovaniemi.fi/IMS/?REQUEST=SiteSearch&layers=MML_Peruskartta&lon=Asema-%20ja%20rantakaavat
8. 132/1999. Rakennus- ja maankäyttölaki [viitattu 10.3.2022]. Saatavilla:
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17P120a>
9. Rovaniemen kaupungin pientalonrakentajan opas [viitattu 10.3.2022]. Saatavilla:
<https://admin.rovaniemi.fi/loader.aspx?id=c9d6144a-1cc3-4c72-a0de-011def333f8c>
10. Suomen rakentamismääräyskokoelma [viitattu 10.3.2022]. Saatavilla:
<https://ym.fi/rakentamismaaraykset>
11. Maankäytön suunnittelujärjestelmä [viitattu 10.3.2022]. Saatavilla:
https://www.ymparisto.fi/fiFI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma

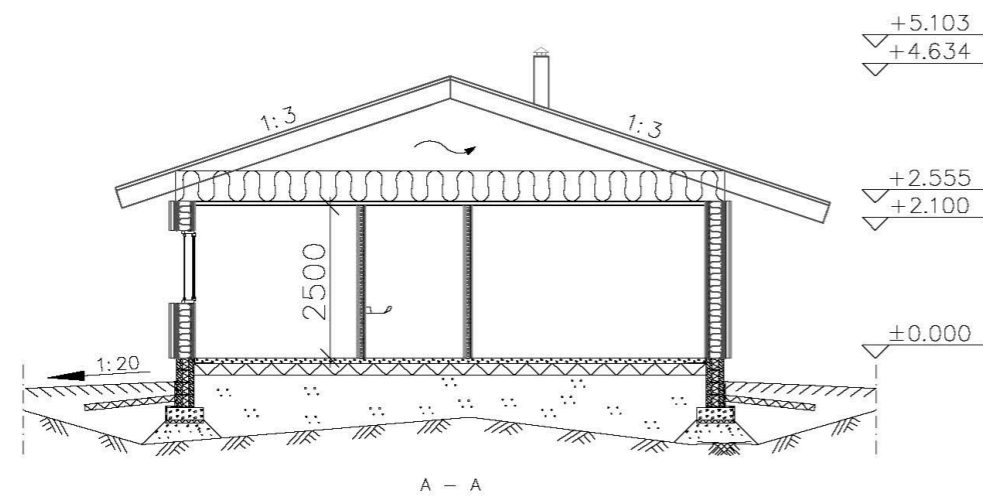
12. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen esteettömyydestä [viitattu 17.3.2022]. Saatavilla: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ohje_esteettomyys_2018-A2B183D6_3C10_40A3_AE1F_DB0898AAC3D8-137003.pdf/86e77f87-c19d-4139-f744-531b500b9a86/Ohje_esteettomyys_2018-A2B183D6_3C10_40A3_AE1F_DB0898AAC3D8-137003.pdf?t=1603260121408
13. Ympäristöministeriön ohje. Rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta [viitattu 22.4.2022]. Saatavilla: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ohje_Rakennusten-kosteustekninen-toimivuus-2020-F3A686EA_E374_4983_A396_CC15D6830B7B-156354.pdf/323bffe4-19f4-9b97-6c59-d314db622cb4/Ohje_Rakennusten-kosteustekninen-toimivuus-2020-F3A686EA_E374_4983_A396_CC15D6830B7B-156354.pdf?t=1603260109033
14. Lämmitys. [viitattu 17.3.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/rakentajan_ohjeet/hyva_talo/lammitys
15. Pientaloteollisuus PTT ry. [viitattu 17.3.2022]. Saatavilla: <https://www.pientaloteollisuus.fi/fin/rakentajalle/keskimaarainen-omakotitalo/lammitystavat/>
16. Motiva. Aurinkoenergia. [viitattu 17.3.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia
17. Aurinkoenergia laskuri PVGIS. [viitattu 10.4.2022]. Saatavilla: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en
18. Energiatodistus. [viitattu 10.4.2022]. Saatavilla: <https://www.ara.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Energiatodistus>
19. Eurokoodit. [viitattu 10.4.2022]. Saatavilla: <https://www.eurocodes.fi/eurokoodit-tarkoitus/>
20. RIL 205-1-2009 Puurakenteiden suunnittelu. Rakennusinsinööri liitto RIL ry.2009.
21. Ympäristöministeriön asetus. rakennusten paloturvallisuudesta. [viitattu 22.4.2022]. Saatavilla: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170848>

22. Sisäasiainministeriön asetus. Palovaroittimien sijoittamisesta ja kunnossapidosta. [viitattu 17.3.2022]. Saatavilla:
[https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090239?search\[type\]=pika&search\[pika\]=239%2F2009](https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090239?search[type]=pika&search[pika]=239%2F2009)
23. Siikanen U. Puurakentaminen. Tampere; 2008.
24. Siikanen U. Rakennusfysiikka Perusteet ja sovelluksia. Tampere; 2014.
25. C4. Ympäristöministeriö; 2003.
26. RIL routasuojaus. Tampere: Rakennusteollisuus RT ry; 2013.
27. STUK radon. [viitattu 10.4.2022]. Saatavilla: <https://www.stuk.fi/aiheet/radon>
28. RT 103123. Radonin torjunta ohjekortti. Tampere: Rakennusteollisuus RT ry; 2019.
29. Rakennustöiden menekit. Viro: Rakennusteollisuus RT ry; 2019.
30. Talo-2000. [viitattu 10.4.2022]. Saatavilla:
<https://www.rakennustieto.fi/nimikkeistot/talo-2000-nimikkeistot>
31. Ratu 0416. Puurunkorakentaminen, paikallaan rakennettu puurunko. Rakennusteollisuus RT ry.



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

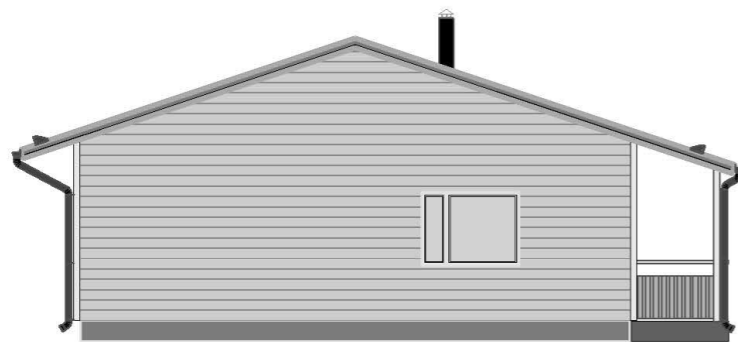
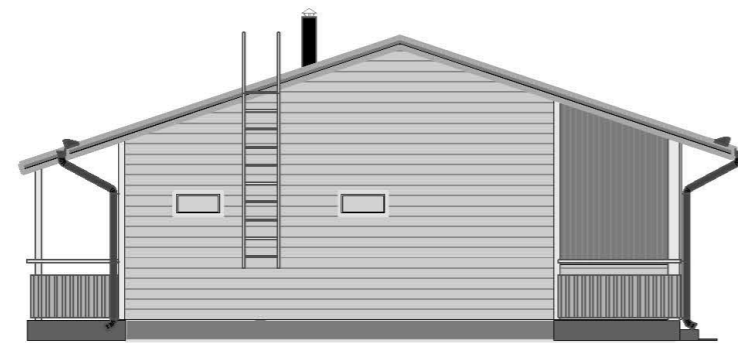
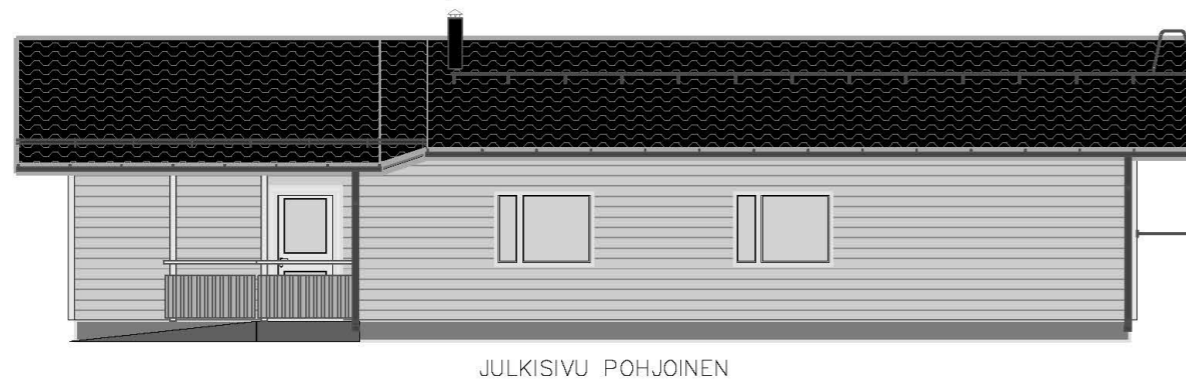
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	NIMM. PVM	
Kaupunginosa	Kortteli/tila	Tontti/nro	Viranomaisten merkintä	
8	8226	3	Piirustuslaji	Juoks.no
Rakennustoimenpide	Uudisrakennus		PÄÄPIIRUSTUS	
Rakennuskohde	Omakotitalo Marjapihlaja 18 96500		Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
			LEIKKAUS A-A	1:100
			KUVA EI MITTAKAAVASSA	
			Suunnitteluala, työnumero ja piirustuksen numero	Muutos
			001/2	
Päiväys, suunnittelija, nimen selvitys ja koulutus			Yhteyshenkilö	Tiedosto
8.4.2022 Vertti Hannula				

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



1. Musta betonitiili
2. Vaalea Tikkurila F308 ulkoverhouspaneli vaaka
3. Perusmuuri Tikkurila 1933
4. Tumma Tikkurila 1993 ulkoverhouspaneli vaaka



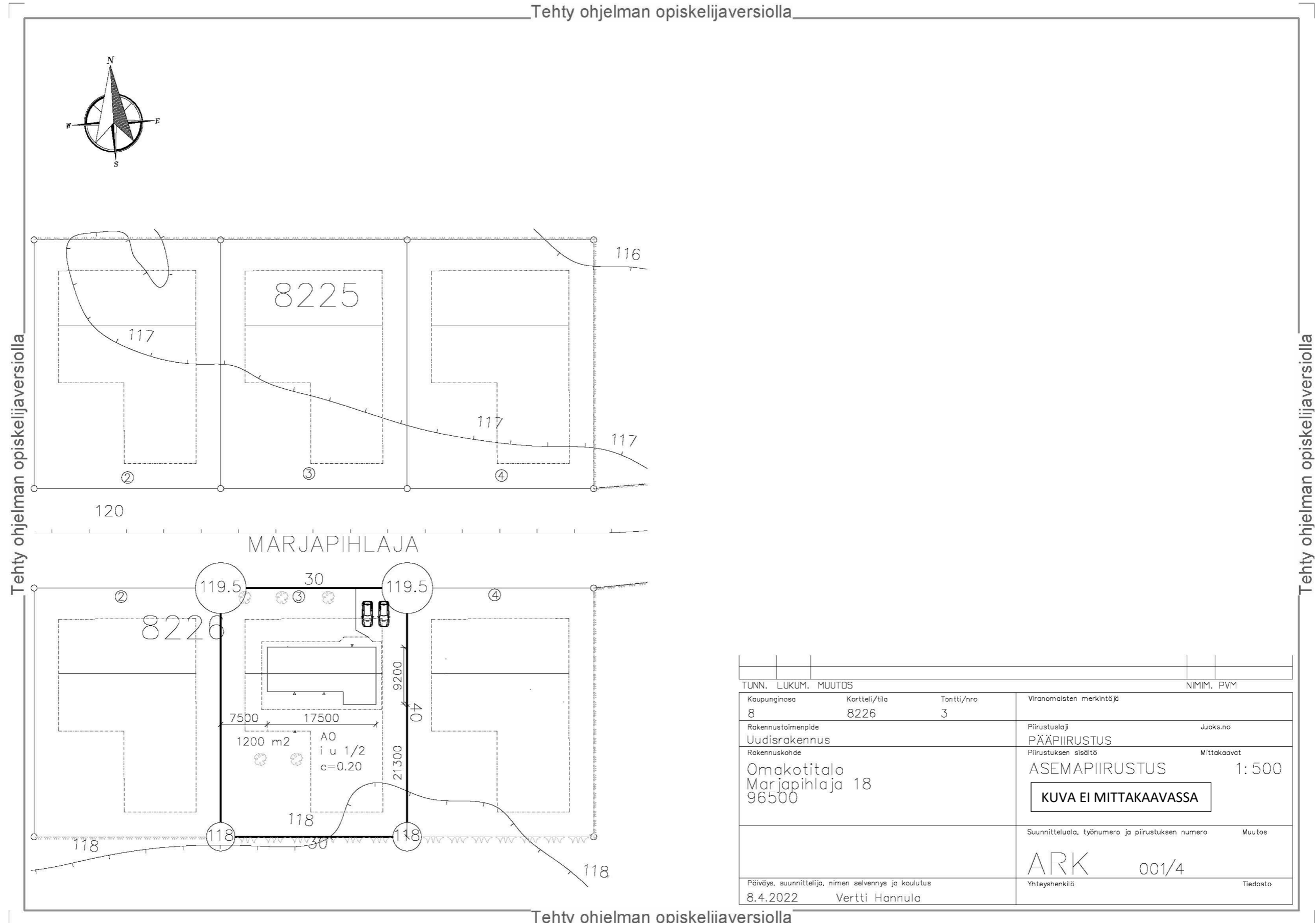
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	NIMIM. PVM	
Kaupunginosa	Kortteli/tila	Tontti/nro	Viranomaisten merkintä	
8	8226	3	Piirustuslaji	Juoks.no
Rakennustoimenpide	Uudisrakennus		PÄÄPIIRUSTUS	
Rakennuskohde	Omakotitalo Marjapihlaja 18 96500		Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
			JULKISIVUT	1:100
			KUVA EI MITTAKAAVASSA	
			Suunnittelualue, työnnumero ja piirustuksen numero	Muutos
			ARK	001/3
Päiväys, suunnittelija, nimen selvitys ja koulutus			Yhteyshenkilö	
8.4.2020			Vertti Hannula	
			Tiedosto	

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	NIMIM. PVM	
Kaupunginosa	Kortteli/tila	Tontti/hro	Viranomaisten merkintä	
8	8226	3	Piirustuslaji	Juoks.no
Rakennustoimenpide			PÄÄPIIRUSTUS	
Rakennuskohde			Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
Omakotitalo			ASEMAPIIRUSTUS	1:500
Marjapihlaja 18			KUVA EI MITTAKAAVASSA	
96500			Suunnittelualue, työnnumero ja piirustuksen numero	Muutos
			ARK	001/4
Päiväys, suunnittelija, nimen selvitys ja koulutus			Yhteyshenkilö	Tiedosto
8.4.2022	Vertti Hannula			

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

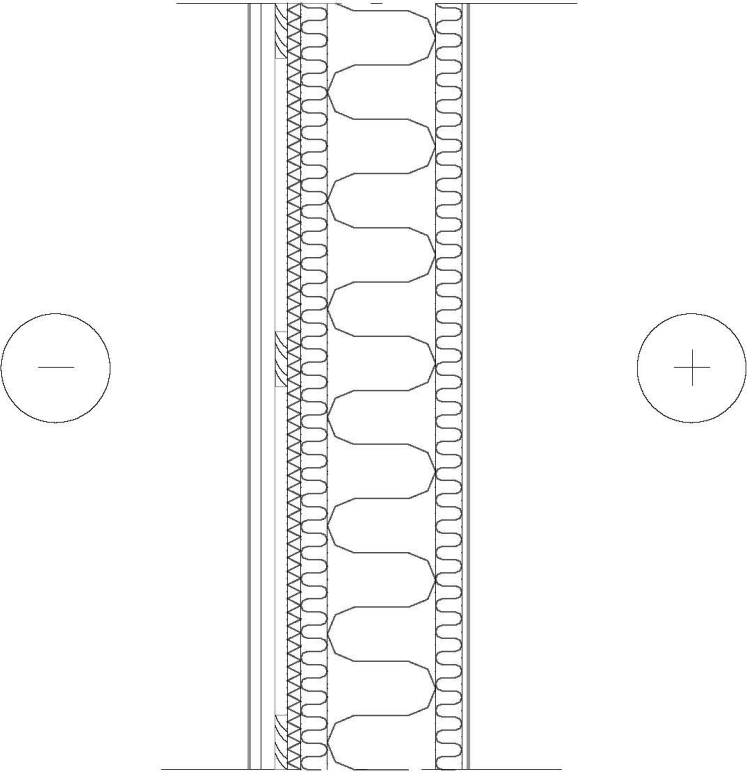
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

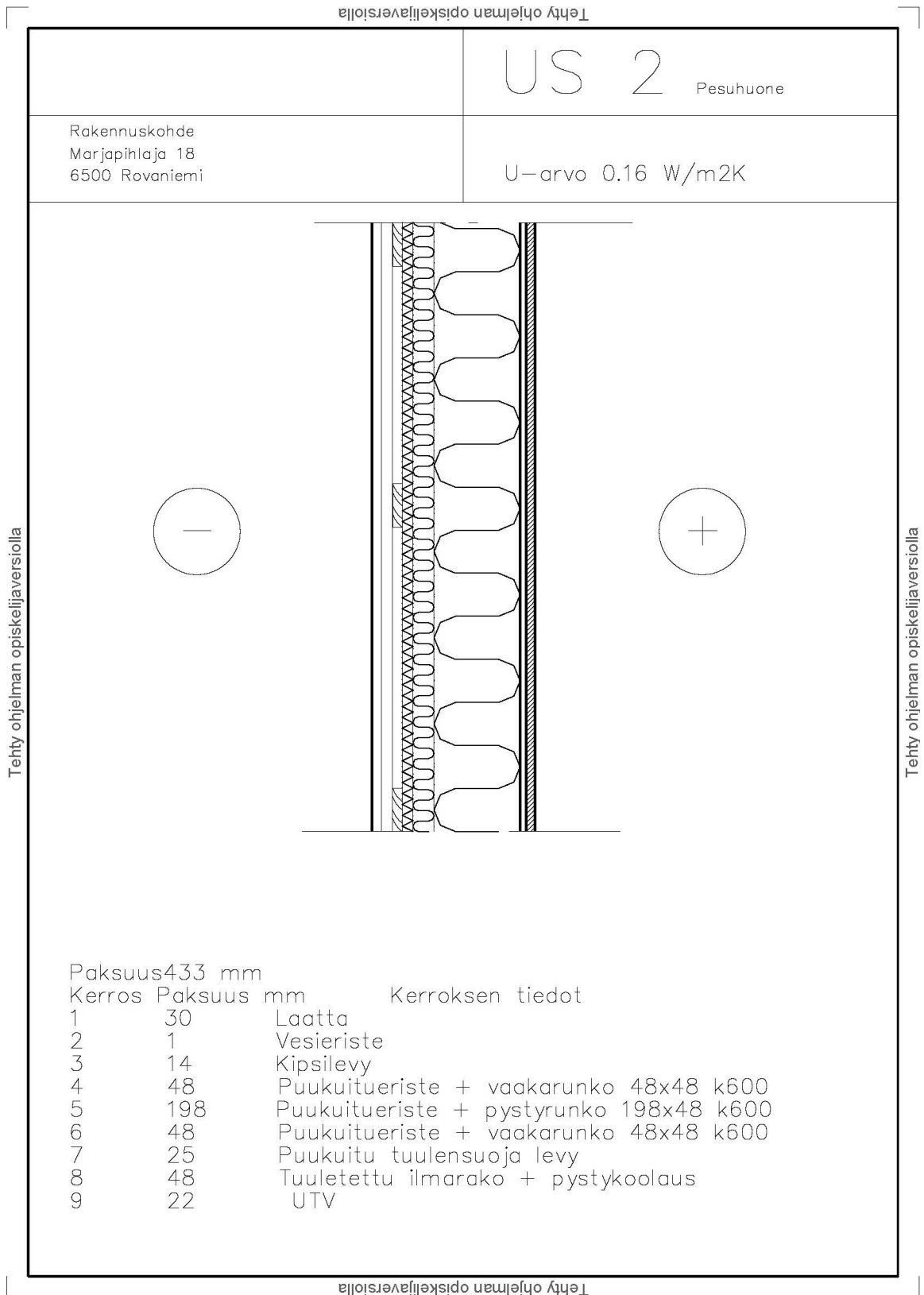
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

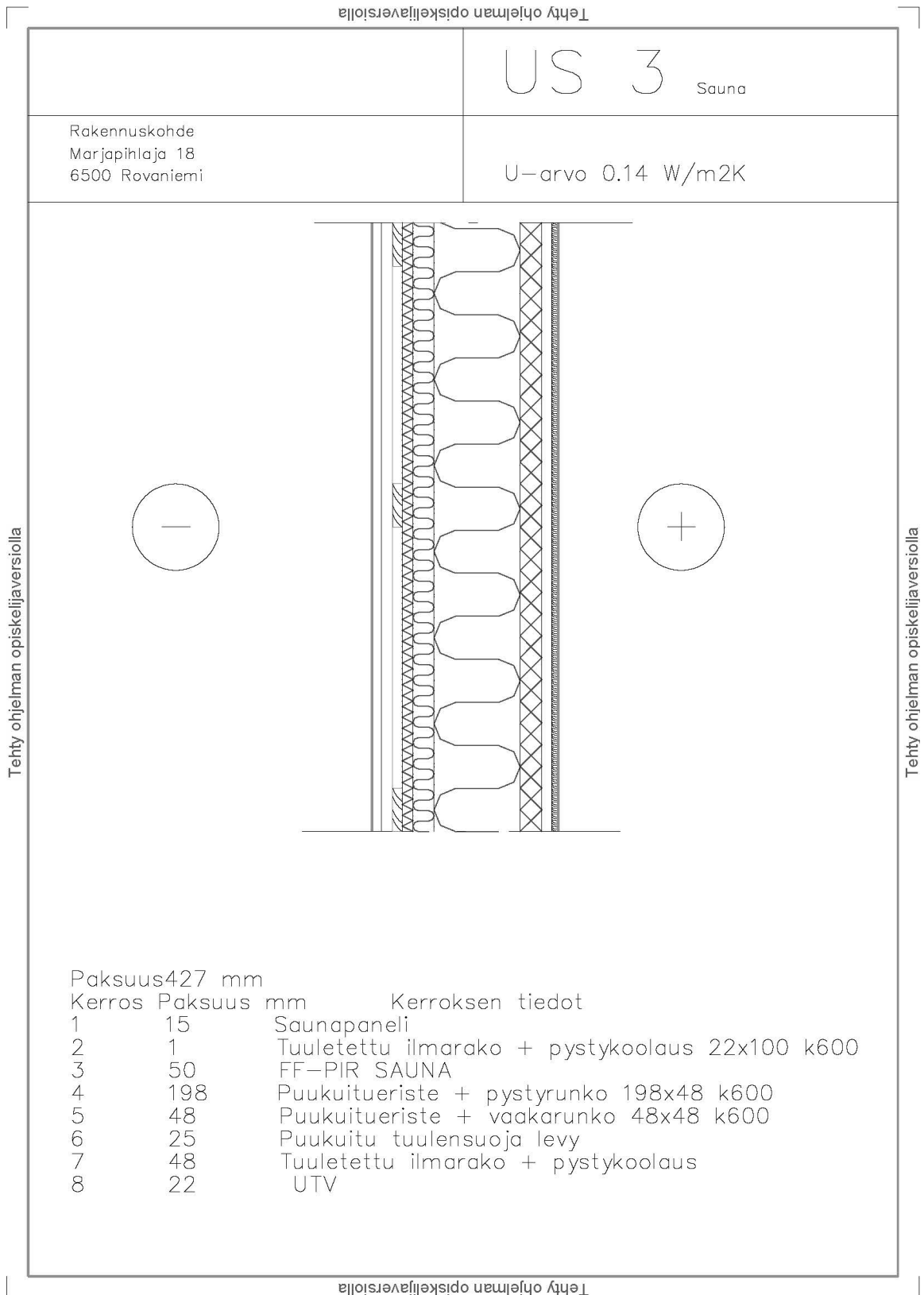
TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	NIMIM. PVM	
Kaupunginosa	Kortteli/tila	Tontti/nro	Viranomaisten merkintäjä	
8	8226	3		
Rakennustoimenpide	Pääpiirustus		Piirustuslaji	Juoks.no
Uudisrakennus	Pääpiirustus			
Rakennuskohde	Pääpiirustuksen sisältö		Mittakaavat	
Omakotitalo Marjapihlaja 18 96500	Rakennetyypit		1:10	
			KUVAT EI MITTAKAAVASSA	
			Suunnittelualue, työnnumero ja piirustuksen numero	Muutos
			001/5	
Päiväys, suunnittelija, nimen selvennys ja koulutus			Yhteyshenkilö	Tiedosto
8.4.2022 Vertti Hannula				

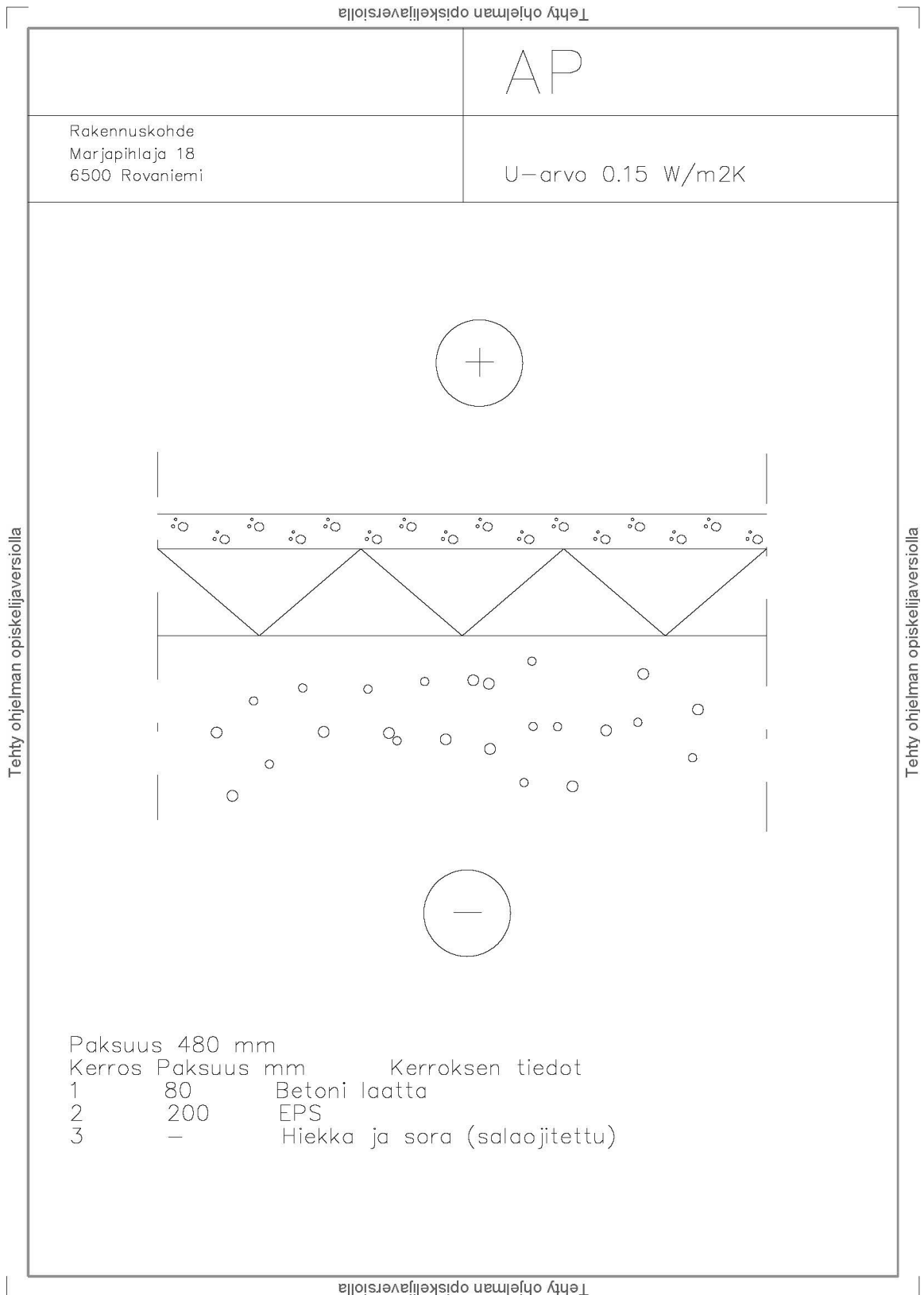
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

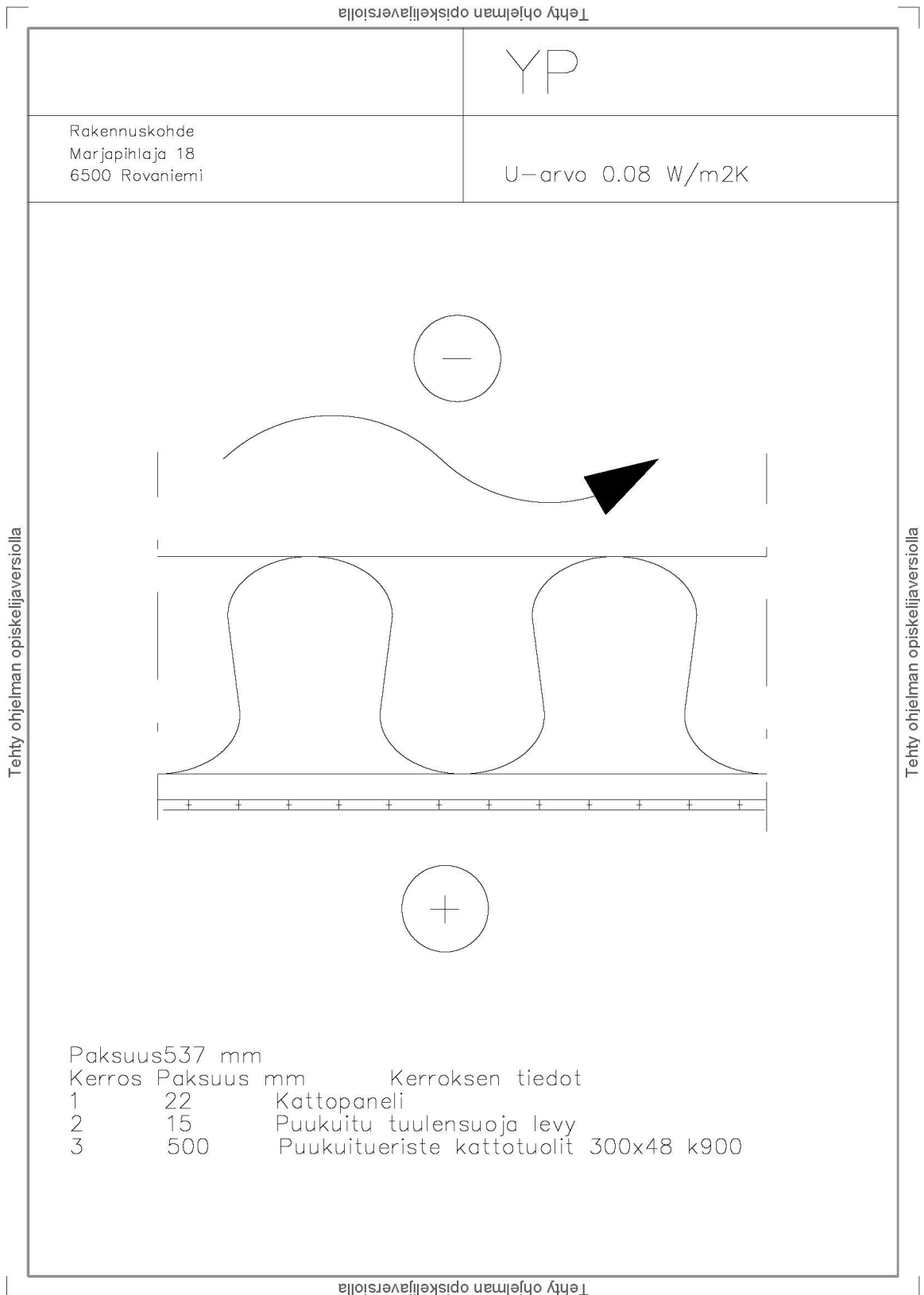
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla	
Rakennuskohde Marjapihlaja 18 6500 Rovaniemi	
<h1>RAKENNETYYPPILUETTELO</h1> <p>US 1 Yleensä US 2 Pesuhuone US 3 Sauna AP YP</p>	
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla	

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla																												
Rakennuskohde Marjapihlaja 18 6500 Rovaniemi	US 1 Yleensä U-arvo 0.16 W/m2K																											
																												
<p>Paksuus400 mm</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kerros</th> <th>Paksuus mm</th> <th>Kerroksen tiedot</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12</td> <td>Huokoinen puukuitulevy</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>48</td> <td>Puukuitueriste + vaakarunko 48x48 k600</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>Ilmansulkupaperi</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>198</td> <td>Puukuitueriste + pystyrunko 198x48 k600</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>48</td> <td>Puukuitueriste + vaakarunko 48x48 k600</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>25</td> <td>Puukuitu tuulensuoja levy</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>48</td> <td>Tuuletettu ilmarako + pystykoolaus</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>22</td> <td>UTV</td> </tr> </tbody> </table>		Kerros	Paksuus mm	Kerroksen tiedot	1	12	Huokoinen puukuitulevy	2	48	Puukuitueriste + vaakarunko 48x48 k600	3	0	Ilmansulkupaperi	4	198	Puukuitueriste + pystyrunko 198x48 k600	5	48	Puukuitueriste + vaakarunko 48x48 k600	6	25	Puukuitu tuulensuoja levy	7	48	Tuuletettu ilmarako + pystykoolaus	8	22	UTV
Kerros	Paksuus mm	Kerroksen tiedot																										
1	12	Huokoinen puukuitulevy																										
2	48	Puukuitueriste + vaakarunko 48x48 k600																										
3	0	Ilmansulkupaperi																										
4	198	Puukuitueriste + pystyrunko 198x48 k600																										
5	48	Puukuitueriste + vaakarunko 48x48 k600																										
6	25	Puukuitu tuulensuoja levy																										
7	48	Tuuletettu ilmarako + pystykoolaus																										
8	22	UTV																										
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla																												









Lämmitystapojen vertailulaskuri

Tällä laskurilla voit vertailla pientalon lämmitysvaihtoehtojen kustannuksia. Laskuria voidaan käyttää sekä uusille että vanhoille taloille.

Laskuri soveltuu vain pientaloille: laskurin ohjeavot vastaavat pientaloja ja esitäytetyt arvot uuden pientalon tyypillisiä arvoja. Kaikki ilmoitetut hinnat sisältävät niihin liittyvät verot.

Voit muuttaa vihreiden kenttien arvoja. Hyödyllistä lisätietoa saat klikkaamalla kenttiä, joiden vieressä on (!)-merkki. Laskurin tulokset ovat suuntaa-antavia.

[Lisätietoja laskurista \(Motiva.fi\)](#)



Voit valita enintään 8 lämmitystapaa kerrallaan vertailuun. Valittuna 8. **Maksimimäärä lämmitysjärjestelmiä valittuna!**

Valitse päälämmitystapa	Valitse tukilämmitys		
Puupelletti <input type="checkbox"/>			
Kaukolämpö <input type="checkbox"/>			
Maalämpö <input checked="" type="checkbox"/>			
Uukoilma-vesilämpöpumppu ja sähkö <input checked="" type="checkbox"/>	Tulsiija <input checked="" type="checkbox"/>		
Postoilma-lämpöpumppu ja sähkö <input checked="" type="checkbox"/>	Tulsiija <input checked="" type="checkbox"/>		
Uukoilma-vesilämpöpumppu ja öljy <input type="checkbox"/>	Tulsiija <input type="checkbox"/>		
Sähkölämmitys <input checked="" type="checkbox"/>	Tulsiija <input type="checkbox"/>	Ilmalämpöpumppu <input checked="" type="checkbox"/>	Tulsiija ja ilmalämpöpumppu <input checked="" type="checkbox"/>
Öljy <input type="checkbox"/>	Tulsiija <input type="checkbox"/>	Ilmalämpöpumppu <input type="checkbox"/>	Tulsiija ja ilmalämpöpumppu <input type="checkbox"/>
Aurinkolämpö <input type="checkbox"/>			
Aurinkolämpö <input type="checkbox"/>			

Hahua määrittää lämmitysenergian kulutustiedot Rakennuksen tiedoilla Antamalla vuosikuluhuksen

1. Rakennuksen tiedot	Lämmitysenergian tarve vuodessa
Rakennuksen pinta-ala <input type="text" value="118"/> m ²	Käyttöveden lämmitysenergia <input type="text" value="3000"/> kWh/a
Huonekorkeus (m) <input type="text" value="2.5"/> m	Lämmitysenergian kokonaistarve vuodessa <input type="text" value="11900"/> kWh/a
Asukasmäärä <input type="text" value="3"/>	
Rakennuksen energiatehokkuus tai ikä <input type="text" value="Matalaenergia"/>	
Rakennuksen sijainti <input type="text" value="IV Lappi"/>	

Voit tarkentaa laskelmaa muuttamalla energiahintatietoja, investoinnin laskentakokoa tai laskenta-akaa.

2. Lämmitystapojen hinnat	Energiahintojen nousu (%:a vuodessa)	Investoinnit
Sähkö <input type="text" value="14"/> cKWh (linkki)	Sähkö <input type="text" value="3"/> %	Koko <input type="text" value="2"/> %
Sähkölämmitys <input type="text" value="14"/> cKWh (linkki)	Sähkölämmitys <input type="text" value="2"/> %	Laskenta-akaa <input type="text" value="15"/> Vuotta
Polttopuu <input type="text" value="55"/> €/m ³ (linkki)	Polttopuu <input type="text" value="0"/> %	

Voit tarkentaa laskelmaa jos esimerkiksi investointikustannus tai järjestelmän hyötysuhde ovat tarkemmin tiedossa.

3. Lämmitystapojen tiedot

Investointikustannus (€)	<input type="text" value="20000"/> €	<input type="text" value="4000"/> €
Avustukset ja tuet	<input type="text" value="0"/> €	<input type="text" value="0"/> €
Lopullinen investointikustannus	<input type="text" value="20000"/> €	<input type="text" value="4000"/> €

Poistoilmalämpöpumput (PILP)	Poistoilma-lämpöpumppu ja sähkö
Lämpöpumpun lämpökerroin	<input type="text" value="2.5"/> SPF
Osuus lämmitysenergiasta (%)	<input type="text" value="60"/>
Investointikustannus (€)	<input type="text" value="8000"/> €
Avustukset ja tuet	<input type="text" value="0"/> €
Lopullinen investointikustannus	<input type="text" value="8000"/> €

Ulkoilma-vesilämpöpumppu (UVLP)	Ulkoilma-vesilämpöpumppu ja sähkö
Lämpöpumpun lämpökerroin	<input type="text" value="2,3"/> SPF
Osuus lämmitysenergiasta (%)	<input type="text" value="70"/>
Investointikustannus (€)	<input type="text" value="12000"/> €
Avustukset ja tuet	<input type="text" value="0"/> €
Lopullinen investointikustannus	<input type="text" value="12000"/> €

Tulisija

Hyötysuhde %	<input type="text" value="70"/> %
Käytetty polttoainu määrä	<input type="text" value="4"/> (t-m ³)
Investointikustannus (€)	<input type="text" value="0"/> €
Avustukset ja tuet	<input type="text" value="0"/> €
Lopullinen investointikustannus	<input type="text" value="0"/> €

Ilmälämpöpumppu (ILP)

Investointikustannus (€)	<input type="text" value="2500"/> €
Avustukset ja tuet	<input type="text" value="0"/> €
Lopullinen investointikustannus	<input type="text" value="2500"/> €

Laskuri laskee annetuilla lähtötiedoilla arvon vuotuisista investointi- ja energiakustannuksista.

4. Arvio vuotuisista kokonaiskustannuksista

	Maalämpö	Sähkölämmitys
Vuosittaiset lämmityskulut		
Vuotuinen investointikustannus	<input type="text" value="1557"/> €/a	<input type="text" value="311"/> €/a
Vuotuinen energiakustannus	<input type="text" value="578"/> €/a	<input type="text" value="1695"/> €/a
YHTEENSÄ		
Vuotuinen kokonaiskustannus (€ vuodessa)	<input type="text" value="2135"/> €/a	<input type="text" value="2006"/> €/a
Vuotuinen kokonaiskustannus (c/kWh)	<input type="text" value="17.8"/> c/kWh	<input type="text" value="16.7"/> c/kWh

Ilmälämpöpumppu (ILP)	Sähkö ja ILP
Vuosittaiset lämmityskulut	
Vuotuinen investointikustannus	<input type="text" value="506"/> €/a
Vuotuinen energiakustannus	<input type="text" value="1333"/> €/a

YHTEENSÄ

Vuotuinen kokonaiskustannus (€ vuodessa) 1839 €/a

Vuotuinen kokonaiskustannus (c/kWh) 15.3 c/kWh

Poistoilmalämpöpumput (PILP)**Poistoilma-lämpöpumppu ja sähkö****Vuosittaiset lämmityskulut**

Vuotuinen investointikustannus 623 €/a

Vuotuinen energiakustannus 1081 €/a

YHTEENSÄ

Vuotuinen kokonaiskustannus (€ vuodessa) 1704 €/a

Vuotuinen kokonaiskustannus (c/kWh) 14.2 c/kWh

Ulkoi ilma-vesilämpöpumppu (UVLP)**Ulkoi ilma-vesilämpöpumppu ja sähkö****Vuosittaiset lämmityskulut**

Vuotuinen investointikustannus 934 €/a

Vuotuinen energiakustannus 1019 €/a

YHTEENSÄ

Vuotuinen kokonaiskustannus (€ vuodessa) 1953 €/a

Vuotuinen kokonaiskustannus (c/kWh) 16.3 c/kWh

Tulisija ja PILP**Sähkö ja PILP ja tulisija****Vuosittaiset lämmityskulut**

Vuotuinen investointikustannus 623 €/a

Vuotuinen energiakustannus 968 €/a

YHTEENSÄ

Vuotuinen kokonaiskustannus (€ vuodessa) 1591 €/a

Vuotuinen kokonaiskustannus (c/kWh) 13.3 c/kWh

Tulisija ja UVLP**Sähkö ja UVLP ja tulisija****Vuosittaiset lämmityskulut**

Vuotuinen investointikustannus 934 €/a

Vuotuinen energiakustannus 906 €/a

YHTEENSÄ

Vuotuinen kokonaiskustannus (€ vuodessa) 1840 €/a

Vuotuinen kokonaiskustannus (c/kWh) 15.3 c/kWh

Tulisija ja ILP**Sähkö ja ILP ja tulisija****Vuosittaiset lämmityskulut**

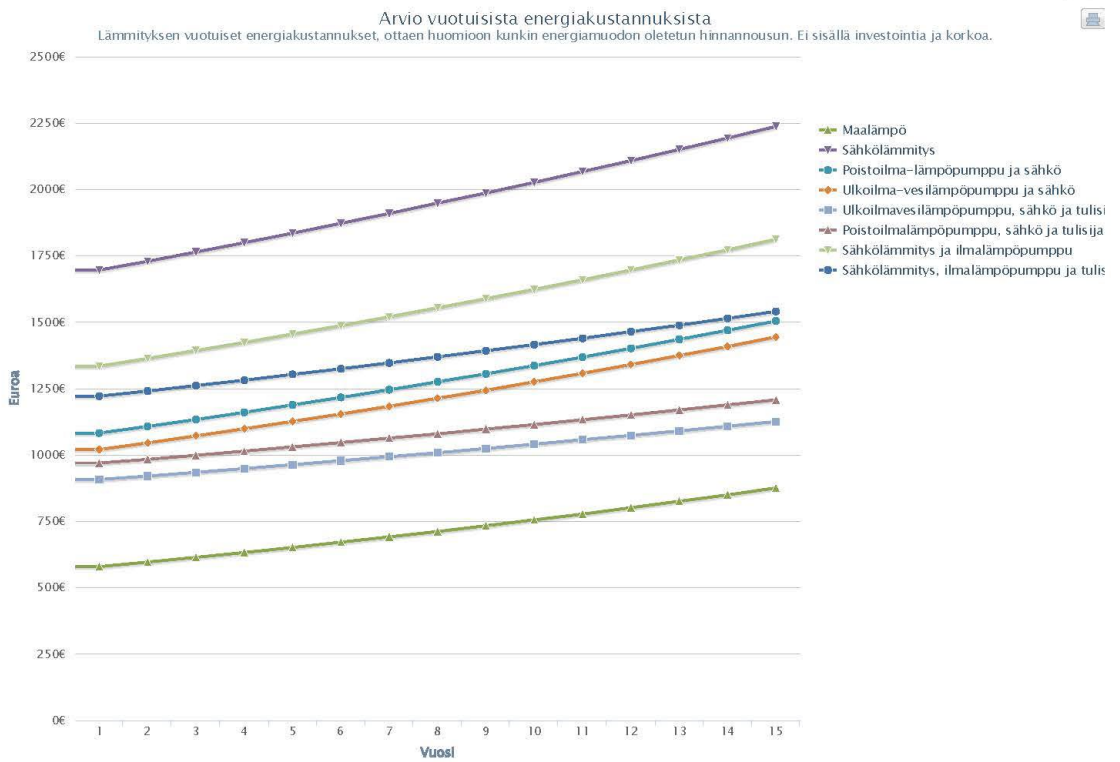
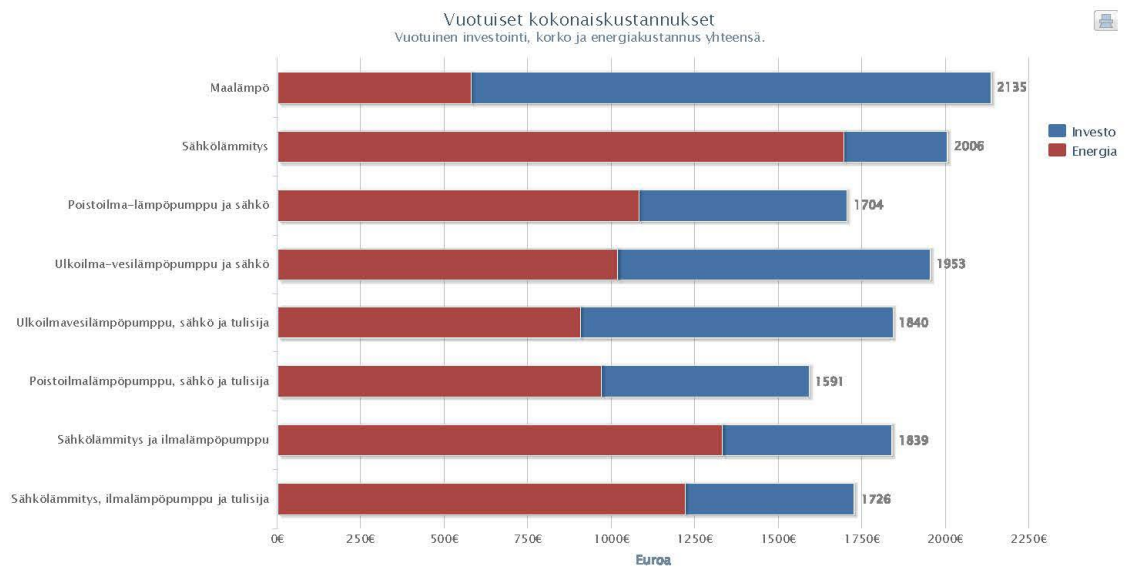
Vuotuinen investointikustannus 506 €/a

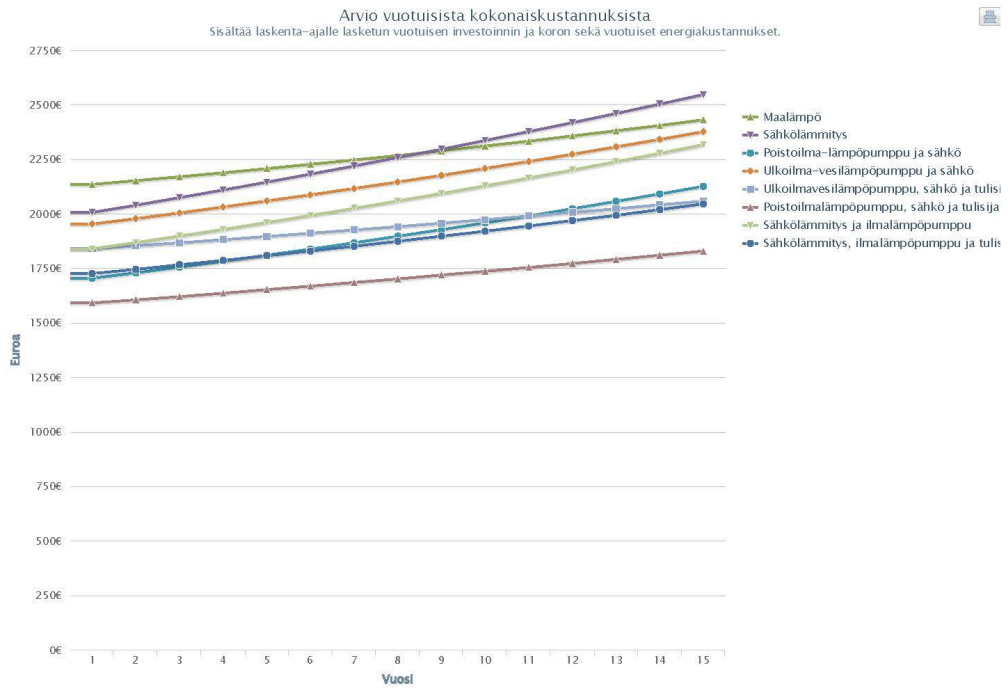
Vuotuinen energiakustannus 1220 €/a

YHTEENSÄ

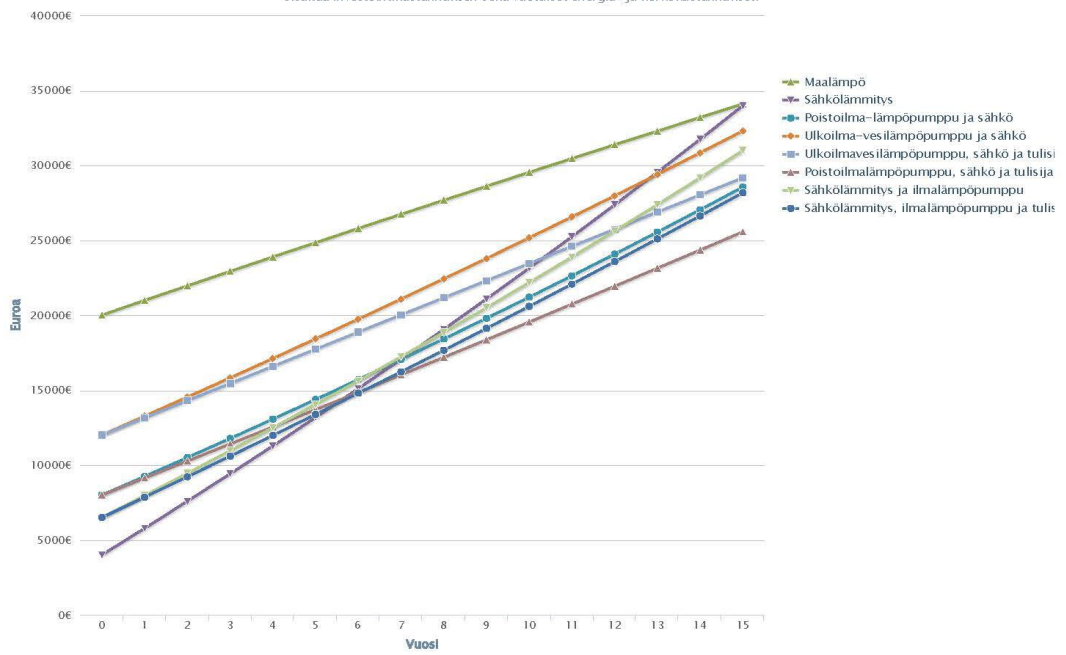
Vuotuinen kokonaiskustannus (€ vuodessa) 1726 €/a

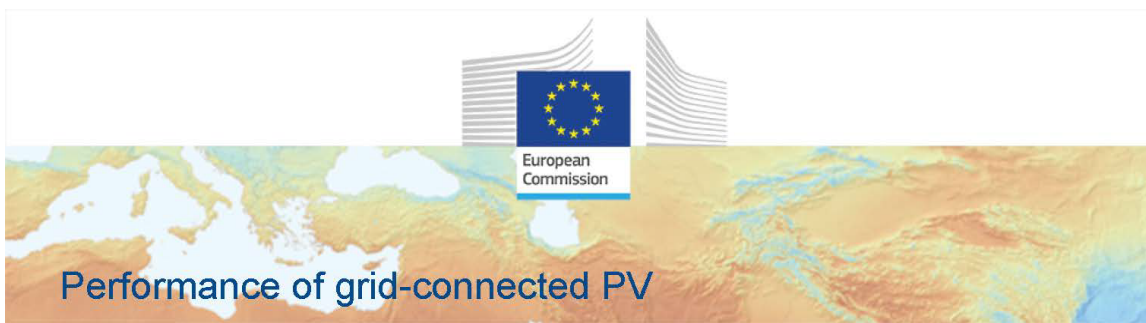
Vuotuinen kokonaiskustannus (c/kWh) 14.4 c/kWh





Arvio kumulatiivisista kokonaiskustannuksista
Sisältää investointikustannuksen sekä vuotuiset energia- ja korkokustannukset.





PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

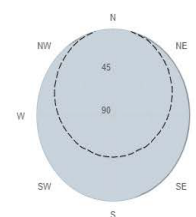
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 66.519,25.642
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-ERA5
 PV technology: CdTe
 PV installed: 6 kWp
 System loss: 12 %

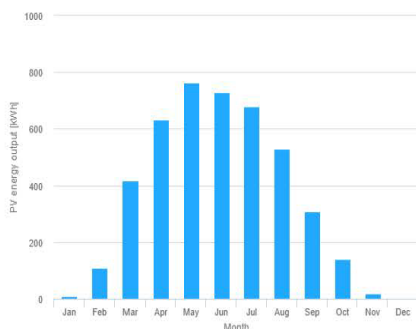
Simulation outputs

Slope angle: 30 °
 Azimuth angle: -15 °
 Yearly PV energy production: 4335.27 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 926.73 kWh/m²
 Year-to-year variability: 274.47 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -3.55 %
 Spectral effects: NaN %
 Temperature and low irradiance: -8.14 %
 Total loss: -22.03 %

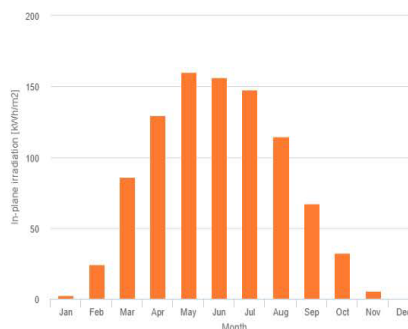
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	8.5	2.7	6.2
February	108.0	24.4	25.8
March	418.2	85.9	65.3
April	632.7	129.8	84.7
May	762.6	159.9	92.4
June	729.5	156.6	93.1
July	679.2	147.4	94.4
August	528.6	114.3	80.0
September	307.7	67.4	47.2
October	140.9	32.4	44.0
November	19.3	5.6	6.6
December	0.0	0.1	0.0

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
 H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
 SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep the information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

It is our goal to minimize disruption caused by technical errors. However, some data or information on this site may have been outdated or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

For more information, please visit https://ec.europa.eu/info/legal-notice_en

Joint
 Research
 Centre

PVGIS ©European Union, 2001-2022.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2022/05/06

ENERGIATODISTUS 2018

Rakennuksen nimi ja osoite: **Marjapihlaja 18**
Marjapihlaja 18
96500 Rovaniemi

Pysyvä rakennustunnus: **xxx**
 Rakennuksen valmistumisvuosi: **2023**
 Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: **Yhden asunnon talot**

Todistustunnus: **xxx**

Energiatodistus on laadittu

- Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa
 Uudelle rakennukselle käyttöönottoaiheessa
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä:

	Energiatodistuksen luokka
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	

Rakennuksen laskennallinen
 energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku
 Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus

64 kWh_e/(m²vuosi)
 <= 130

Todistuksen laatija:

Vertti Hannula

Allekirjoitus:

Yritys:

Opinnäyteyö

Sudentie 1

96500

Todistuksen laatimispäivä:

6.5.2022

Viimeinen voimassaolopäivä:

6.5.2032

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA				
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				
Lämmitetty nettoala		116 m ²		
Lämmitysjärjestelmän kuvaus				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus				
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	-	kWh _E /(m ² vuosi)
Sähkö	3829	33	1.2	39.6
Uusiutuva polttoaine	5500	47.4	0.5	23.7
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	2439	21		
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				64
Rakennuksen energiatehokkuusluokka				
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko				
Luokkien rajat asteikolla				
		A (<=86)	B (<=145)	C (<=182)
		D (<=262)	E (<=392)	F (<=462)
		G (>462)		
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka				
A				
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jotta 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, sulanapolttimetykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>				
TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI				
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)				
<p>Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".</p>				

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoituusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	2023	Lämmitetty nettoala	116	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	2	m ² /(hm ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	126	0.16	20	29
Yläpohja	116	0.08	9	13
Alapohja	116	0.13	15	21
Ikkunat	17	0.8	13	19
Ulko-ovet	4	0.8	3	4
Kylmäsiilat	-	-	10	14
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	gkohtisuora	
	m ²	W/(m ² K)		
Pohjoinen	4	0.8	0.6	
Koillinen	0	0	0	
Itä	2	0.8	0.6	
Kaakko	0	0	0	
Etelä	11	0.8	0.6	
Lounas	0	0	0	
Länsi	0	0.8	0.6	
Luode	0	0	0	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:				
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhte	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0.046/0.046	2.17	60 %	-
Erillispoistot	0	0	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.046/0.046	2.17		
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 45 %				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:				
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	92 %	2.4	1.5
Lämpimän käyttöveden valmistus	-	89 %	2.4	0
1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) Lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulfisija	1	4400		
Ilmalämpöpumppu	0	0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	566.38	33.04		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	W/m ²		
Henkilöt	60 %	2		
Kuluttajalaitteet	60 %	3		
Valaistus	10 %	6		

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoituusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2023			
Lämmitetty pinta-ala, m ²	116			
E-luku, kWh _E /(m ² vuosi)	64			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi kWh _E /(m ² vuosi)	
Sähkö	3829	1.2	4595	39.6
Uusiutuva polttoaine	5500	0.5	2750	23.7
YHTEENSÄ	9329		7345	64
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitason erittely lisätiedoissa)				
Aurinkosähkö		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
		4300	37.07	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		1.55	0.04	-
Tuloilman lämmitys		0	21.63	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0	45.74	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		7.62	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0	-	0.0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21.03	-	-
YHTEENSÄ		30.2	67.41	0.0
1) ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		4405	37.97	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		2509	21.63	
Lämpimän käyttöveden valmistus		3833	33.04	
Jäähdytys		0	0	
2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		4135	35.6	
Henkilöt		1219	10.5	
Kuluttajalaitteet		1829	15.8	
Valaistus		610	5.3	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		500	4.3	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	CADMATIC Building 19.0			

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET E-LUVUN PARANTAMISEKSI				
Toimenpide-ehdotukset lähtevät 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	kWh _E /(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	kWh _E /(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	kWh _E /(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	kWh _E /(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	kWh _E /(m ² vuosi)
1				
2				
3				
Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon (eivät vaikuta E-lukuun)				
Lisätietoja energiatehokkuudesta				
Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, www.motiva.fi				

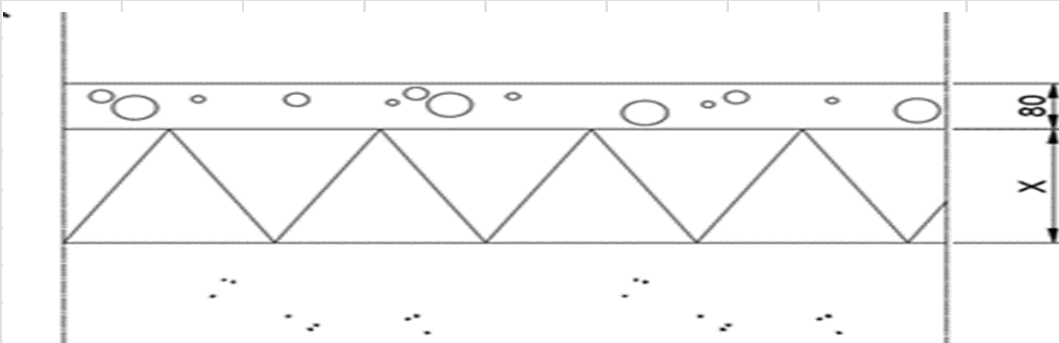
LISÄMERKINTÖJÄ

KUONNOS

Lämpimän rakennuksen alapohjan, -perusmuurin ja routaeristeen mitoitus

Eristeiden määrittäminen tehdään RIL 261-2013 ohjeistuksen mukaisesti. Rakennuksen eristeiden määrittäminen alapohjan sekä perusmuurin ja roudaneristeisiin tarkoituksena valita eristekerroksen paksuus ja tyyppi.

ALA POHJAN LÄMMÖNERISTEEN MITOITUS



Kuva 1 Mitoitettava rakenne 80 mm betoni + eriste + hiekka/sora

Lähtötiedot

U_v	U-arvo vaatimus	0,16	W/m ² K
λ_b	Betonin Lämmönjohtavuus	1,7	W/mK
R_{si}	Sisäpinnan pintavastus	0,17	m ² K/W
R_{se}	Ulkopinnan pintavastus	0,04	m ² K/W
	Yksinkertaistettu maanlämmönvastus kerroin	0,9	
λ_e	EPS 100 lattia	0,036	W/mK
d_b	Betonin paksuus	0,08	m

Kaava 1 Rakenteen lämmönvastus määritetään kaavalla, m²K/W

$$R_b = \frac{d_b}{\lambda_b}$$

Kaava 2 Rakennusosan U-arvo W/m²K on käänteisluku kokonaislämmönvastukselle m²K/W, rakennusosan vaadittulämmönvastus saadaan kaavalla

$$U = \frac{1}{R_t} \rightarrow R_t = \frac{1}{U_v}$$

Kaava 3 Lasketaan eristeen vaadittu lämmönvastus, vähentämällä rakenteen vaaditusta lämmönvastuksesta, rakennekerrosten lämmönvastukset sekä sisä- ja ulkopinnan vastukset sekä huomioidaan yksinkertaistettu maanlämmönvastuksen kerroin.

$$R_e = (R_a - R_{si} - R_b - R_{se}) * 0,9$$

Kaava 4 eristeen teoreettinen paksuus

$$d_e = R_e * \lambda_e$$

Teoreettisen eristepaksuuden määrittäminen				
R_b	Betonin lämmönvastus		0,05	m^2K/W
R_a	Rakennusosan vaadittu lämmönvastus		6,25	m^2K/W
R_e	Eristeen vaadittu lämmönvastus		5,37	m^2K/W
d_e	Eristeen teoreettinen paksuus	EPS 100 lattia	0,193	m

Kaava 5 Rakennusosan lämmönvastus lasketaan kaavalla

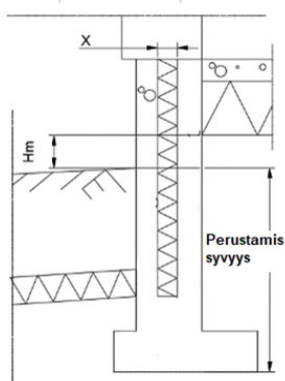
$$R_a = R_{si} + R_b + R_e + R_{se}$$

Rakennusosan U-arvo tarkastetaan valitulla eristeellä				
d_e	Eristeen valittu paksuus	EPS 100 lattia	0,200	m
R_e	Valitun eristeen lämmönvastus		5,56	m^2K/W
R_a	Rakennusosan lämmönvastus valitulla eristeellä		5,81	m^2K/W
U	Rakennusosan U-arvo valitulla eristeellä		0,15	W/m^2K
Täyttääkö rakenne vaaditun lämmönläpäisykerroksen vaatimuksen			KYLLÄ!	

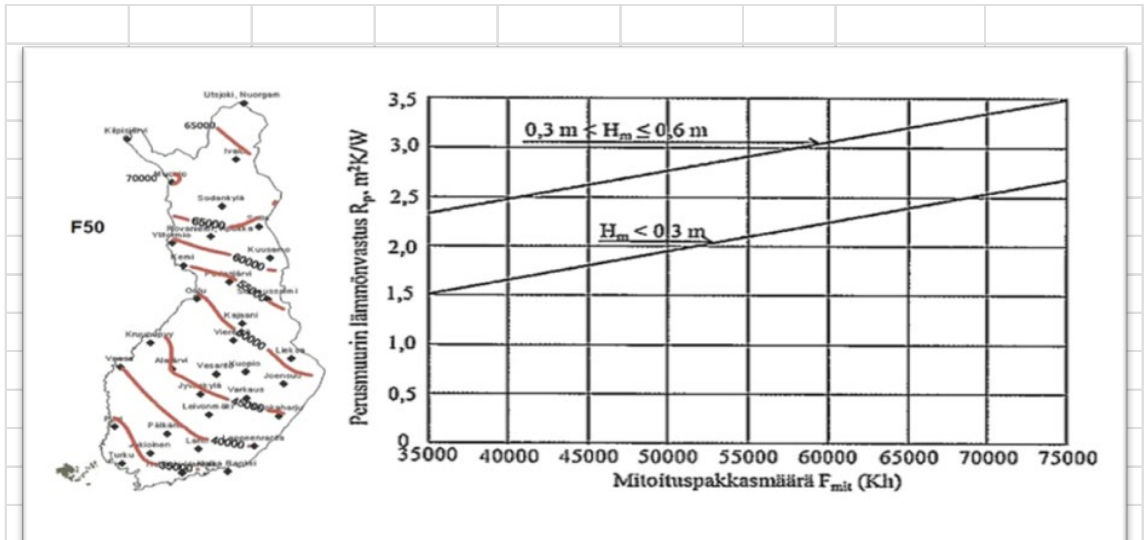
Valittu eristepaksuus tulee olla suurempi kuin teoreettinen eristepaksuus, Valintaa vaikuttaa paksuuksien standardi paksuudet, valittu eriste 100 mm + 100 mm, tällöin eristeet pystytään latomaan ristiin ja vuotavia saumoja ei synny. Excel laskee toteutuvan U-arvon, ja määrittää täyttääkö tämä vaaditun arvon.

PERUSMUURIN LÄMMÖNVASTUS

Laskentaa voidaan soveltaa, mikäli alapohjan eristyksen alapinnan etäisyydestä ulkopuolen maanpintaa H_m ei ole suurempi kuin 0,6 m. Kuvassa 2 on esitetty H_m arvon ja perustamis-syvyyden mitoittaminen. Mitoituspakkasmäärä F50 on paikkakunnasta riippuvainen. Kuvasta 3 voidaan katsoa mitoituspakkasmäärä ja määrittää vaadittava perusmuurin lämmönvastus mitoituspakkasmäärän ja H_m arvojen avulla.



Kuva 2 Periaatekuva perustamis- syvyyden ja alapohjan eristyksen alapinnan etäisyydestä ulkopuolen maanpintaa H_m

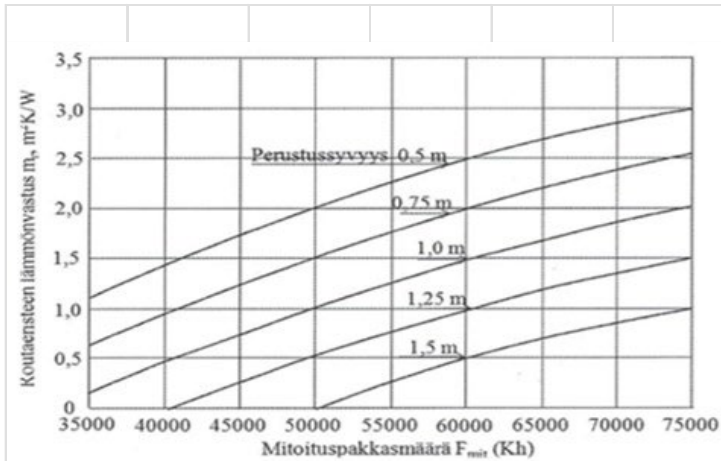


Kuva 3 Mitoituspakkasmäärä F50 ja perusmuurin lämmönvastus suositukset, maanvaraisen alapohjarakenteen yhteydessä.

Perusmuurin pystyeristyksen määrittäminen		
H_m	Alapohjan eristyksen alapinnan etäisyys	0,08 m
F50	Mitoituspakkasmäärä Rovaniemellä	60000 Kh
R_p	Perusmuurin lämmönvastus	2,3 m ² K/W
λ_h	Kevytsoharkon lämmönjohtavuus	0,25 W/mK
d_b	Kevytsoharkon paksuus	0,2 m
λ_e	XPS 300	0,034 W/mK
R_b	Kevytsoharkon lämmönvastus	0,80 m ² K/W
R_e	Eristeen vaadittu lämmönvastus	1,50 m ² K/W
d_e	Eristeen vaadittu paksuus	0,054 m
U_{EH-300}	Kevytsoharkon EH-300 lämmönjohtavuus	0,24 W/mK
R_b	Kevytsoharkon lämmönvastus	4,17 m ² K/W
Täyttääkö rakenne vaaditun lämmönläpäisykerroksen vaatimuksen		KYLLÄ!

ROUTASUOJAUS

Routasuojauksen mitoituksessa tarvittavia lähtötietoja ovat routaeristeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, mitoituspakkasmäärä F50 ja perustamissyvyys, näiden perusteella voidaan määrittää vaadittu routaeristeen lämmönvastus kuvasta 4. Mitoitus pakkasmäärä saadaan kuvasta 3. Perustamis-syvyys mitoitetaan piirustuksista. Routaeristeenä EPS routa joka lämmönjohtavuus arvo on 0,036 W/mk.



Kuva 4 maanvaraisen alapojan lämmönvastuksen ollessa alle 10,0 m²k/W. Voidaan routaeristeen vaadittu lämmönjohtavuus arvo lukea kuvasta.

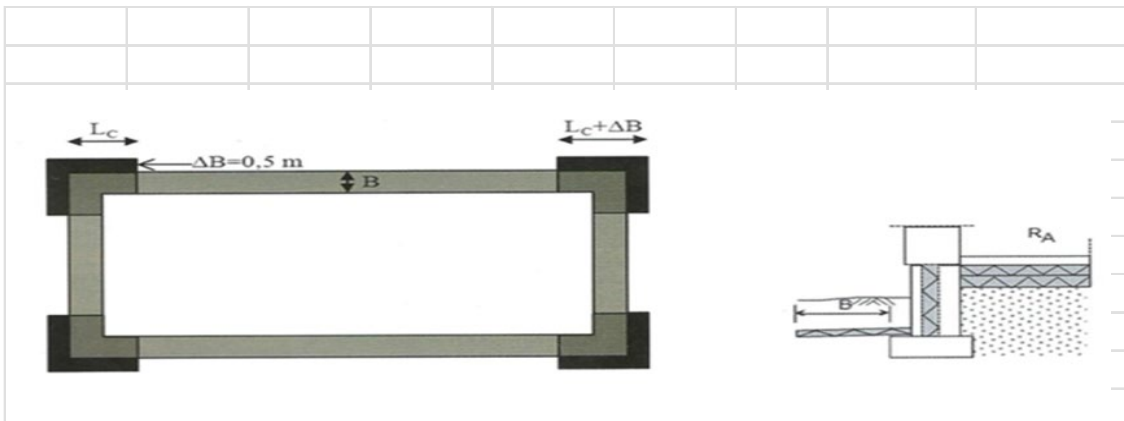
Eristeen vaadittupaksuus saadaan kaavalla 4. Nurkka alueella on eristevahvuus oltava kaksinkertainen.

Routaeristeen määrittäminen		
	Perustamis-syvyys	0,7 m
F50	Mitoituspakkasmäärä Rovaniemellä	60000 Kh
R _p	Vaadittava routaeristeen lämmönvastus	2,3 m ² K/W
λ _e	EPS routa	0,036 W/mK
d _e	Eristeen vaadittu paksuus	0,083 m
d _e	Eristeen vaadittu paksuus, nurkka-alueella kootetaan 100%	0,166 m

Alapohjan tyyppi	Alapohjan lämmönvastus R _a [*] , m ² K/W	Mitoituspakkasmäärä F _{mit} , Kh	Routaeristeen leveys B, m	Routaeristeen lisäleveys ΔB, m
Maanvastainen alapohjarakenne	< 7,5	35 000...55 000	1,0	
	< 7,5	55 000...75 000	1,2	
	7,5...< 10,0	35 000...55 000	1,2	
	7,5...< 10,0	55 000...75 000	1,5	
	10,0...14,0	35 000...40 000	1,0	0,5
	10,0...14,0	40 000...60 000	1,5	0,5
Ryömintätällainen alapohjarakenne	≤ 6,25	35 000...55 000	1,2	
	≤ 6,25	55 000...75 000	1,5	
	> 6,25...< 10,0	35 000...55 000	1,2**	
	> 6,25...< 10,0	55 000...75 000	1,5**	

Mitoituspakkasmäärä F ₅₀ , Kh	L _c , m
35 000...55 000	1,5
> 55 000...65 000	2,0
> 65 000...75 000	2,5

Kuva 5 Kuvasta saadaan vaadittava routa eristeen leveys B, lisäleveys ΔB ja nurkka-alueen pituus l_c



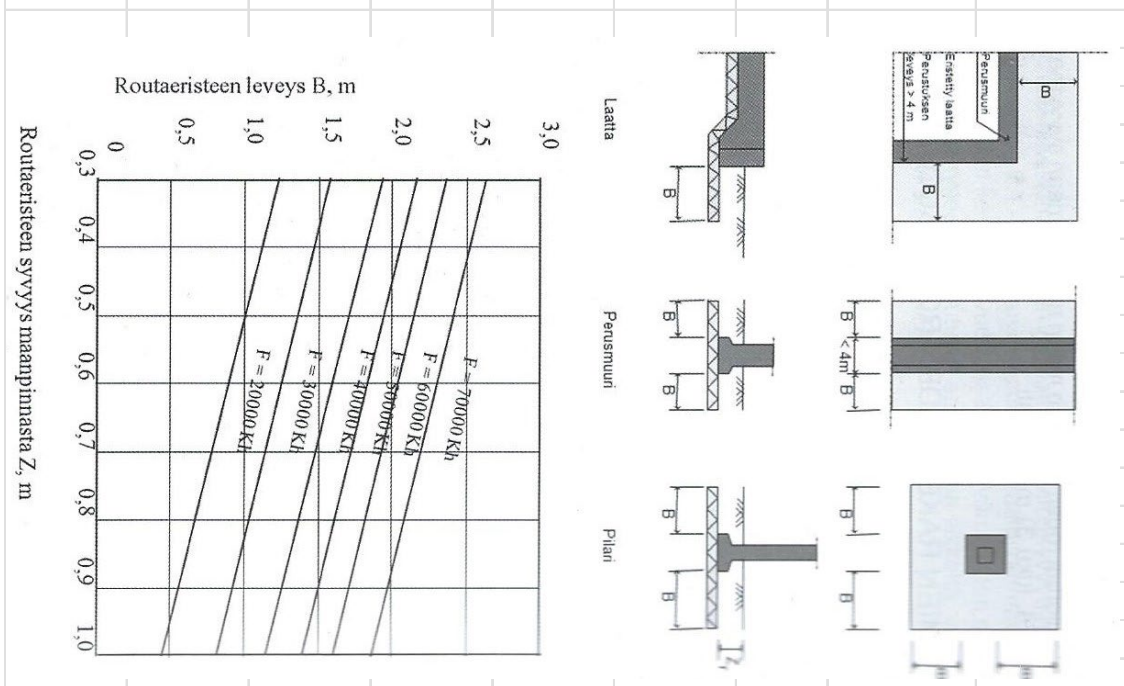
Kuva 6 Periaatekuva routaeristeen asennuksesta.

Routaeristeen mitat		
B	Routaeristeen leveys	1,5 m
L _c	Routaeristeen leveys nurkka-alueella	2 m
L _c +ΔB	Routaeristeen nurkka-alueella lisä eristyksen pituus	2,5 m

KYLMIEN RAKENTEIDEN ROUTASUOJAUS

Mitoitetaan routa eristeen leveys mitoituspakkasmäärän ja perustamis syvyyden avulla kuvasta

Routaeristeen määrittäminen		
Z _r	Routaeristeen syvyys maanpinnasta	0,4 m
F50	Mitoituspakkasmäärä Rovaniemellä	60000 Kh
B	Routaeristeen leveys	2,5 m



Kuva 7 Kylmien rakennusten routaeristeen määrittäminen

Lämmönvastuksen määrittään kuvan 8 perusteella mitoituspakkasmäärän, keskilämpötilan ja rakenteen alapuolisen routimattoman kerroksen perusteella

Mitoituspakkasmäärä F_{mit} , Kh	Routaeristeen vaadittava lämmönvastus m_{ro} , m ² K/W													
	20 000			30 000				40 000			50 000			≥ 60 000
Vuoden keskilämpötila T_m , °C	+2	+3	≥ +4	+1	+2	+3	≥ +4	+1	+2	+3...+4	+1	+2	+3	0...+1
Routaeristeen alapuolisen routimattoman kerroksen paksuus Z_m , m														
0,2	1,6	1,4	1,2	3,2	2,6	2,2	1,8	(4,2)	3,5	2,8	*	(4,6)	3,8	*
0,4	1,4	1,1	0,8	2,6	2,1	1,7	1,4	3,5	2,8	2,2	(4,6)	3,8	3,1	*
0,6	1,0	0,7	0,5	2,1	1,7	1,3	1,0	2,8	2,2	1,6	3,8	2,9	2,3	(5,0)
0,8	0,6	0,4	0,3	1,7	1,3	1,0	0,7	2,2	1,6	1,3	2,9	2,2	1,8	3,8
1,0	0,4	0,3	0,2	1,3	1,0	0,7	0,5	1,6	1,2	1,0	2,2	1,7	1,4	2,8
1,5	0	0	0	0,8	0,6	0,4	0,2	1,0	0,7	0,5	1,4	1,0	0,8	1,8

Kuva 8 Kylmien rakenteiden routasuojauksen määrittäminen, saatua lämmönvastustavoidsaan pienentää asennussyvyyden huomioidulla. Kaavan 6 mukaisesti

$$m_r = m_{ro} - (Z_r - 0,3) * 1$$

Routaeristeen määrittäminen		
Z_m	Rakenteen alapuolinen routimaton kerros paksuus	0,6 m
F50	Mitoituspakkasmäärä Rovaniemellä	60000 Kh
m_{ro}	Taulukosta saatu routaeristeen lämmönvastus	5 m ² K/W
Z_r	Routaeristeen syvyys maanpinnasta	0,4 m
m_r	Routaeristeen vaadittu lämmönvastus	4,9 m ² K/W
λ_e	EPS routa	0,036 W/mK
d_e	Eristeen vaadittu paksuus	0,176 m

