



Erkki Aleksu Nurmi

# Hirsitalon rakenne- ja lämmitysratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen ja rakennuskustannuksiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

13.5.2024

# Tiivistelmä

Tekijä:	Erkki Alekski Nurmi
Otsikko:	Hirsitalon rakenne- ja lämmitysratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen ja rakennuskustannuksiin
Sivumäärä:	27 sivua + 9 liitettä
Aika:	13.5.2024
Tutkinto:	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat:	Joonas Pusila, Lehtori

---

Työssä oli tarkoitus tutkia miten rakenne- ja lämmitysratkaisut vaikuttavat hirsitalon energiatehokkuuteen ja rakennuskustannuksiin. Työ toteutettiin Nordpine Forest Oy tuulevan hirsitalohankeen perustiedoilla. Hanke itsessään on vielä suunnitteluvaiheessa, joten saatujen tietojen odotetaan auttavan viimeisissä hankkeen rakennuspäätöksissä.

Työssä tutkittiin millainen vaikutus eri tehokkuuden omaavat lämpöpumppujen, ylä- ja alapohjan rakennusratkaisujen sekä energiatehokkaiden ikkunoilla on energiatehokkuuden kokonaisuudessa. Tässä käytettiin vertailukohtana E-lukua, samalla tutkittiin näiden muutosten kustannusvaikutusta alkuperäiseen suunnitelmaan nähden.

Työn tiedot kerättiin kirjallisuudesta sekä rakennuslupasuunnitelmista. Kustannuksiin käytettiin rautakauppahintoja pääsääntöisesti sekä työn hintaan työehtojenmukaista tuntihinnoittelua. Joistain työvaiheista oli käytössä myös urakkahinnoittelutieto, jota hyödynnettiin.

Alapohjan rakennetta parannettiin paremman U-arvon omaavalla eristeellä. Yläpohjan rakenteessa kasvatettiin eristekerroksen paksuutta. Ikkunoissa valittiin energiatehokkaat ikkunat ja lämpöpumppuissa otettiin paremman hyötysuhteen omaavat mallit.

Tuloksissa huomattiin, että kyseisillä ratkaisuilla saatu energiatehokkuus hyöty kustannuksiin nähden oli niin hyvin pieni. Verrattaessa vuotuista säästöä sähkön kulutuksessa. Samoin rakennuksen energialuokka pysyi samana. Rakentajan näkökulmasta siis lisääntyneet kustannukset eivät ole kannattavia, koska ne on vaikea perustella myyntihinnassa.

Avainsanat: hirsitalo, E-luku, energiatodistus, maalämpö, ilmavesi-lämpöpumppu

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Erkki Aleksu Nurmi  
Title: Effect of Log House's Structural and Heating Solutions on Construction Cost and Energy Efficiency  
Number of Pages: 27 pages + 9 appendices  
Date: 13 May 2024

Degree: Bachelor of Construction Site Management  
Degree Programme: Degree Programme in Construction Site Management  
Professional Major: Professional Major Building Construction  
Supervisors: Joonas Pusila, Senior Lecturer

---

The purpose of this graduate study was to investigate how structural and heating solutions affect the energy efficiency and construction costs of a log house. The study was carried out with the basic information of Nordpine Forest Oy's future log house project. The project itself is still in the planning phase, so the information obtained is expected to help in the final construction decisions of the project.

The study investigated the effect of heat pumps with different efficiencies, upper and lower floor structural solutions, and energy-efficient windows in the overall energy-efficient design. Here, the E-number was used as a reference point, while the cost impact of these changes was compared to the original plan cost.

The information for the study was collected from literature and building permit plans. Hardware store prices were used for the costs, and hourly pricing according to the terms of employment was used for the price of the work. For some work phases, contract pricing information was also utilized.

The structure of the subfloor was improved by insulation with a better heat transfer coefficient. In the structure of the upper floor, the thickness of the insulation layer was increased. Energy-efficient windows were chosen as windows and heat pump models with better efficiency as the heating method.

In the results, it was noticed that the energy efficiency benefit obtained with the solutions in question compared to the costs was very small when compared to the annual savings in electricity consumption. Also, the houses' energy class stayed the same. Therefore, from a builder's point of view the increased costs are not profitable because they are not easily justified in the selling price.

Keywords: log house, E-value, energy certificate, geothermal heat, air-to-water heat pump

---

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kirjallisuuskatsaus	2
2.1	Energiatehokkuus	2
2.2	Hirsirakennus	3
2.3	RATU – Rakennustöiden menekit 2020	4
2.4	Lämpöpumppu	4
2.4.1	Maalämpöpumppu	5
2.4.2	Ilmavesilämpöpumppu	6
2.5	U-arvo	6
2.6	Laskenta	7
2.6.1	E-luku	7
2.6.2	Työmenekit	7
3	Hirsirakennus	9
3.1	Mallirakennus	9
3.2	E-Luku	9
3.2.1	Alkuperäinen maalämpö ja ilmavesipumppu	10
4	Parannellut lämmitysratkaisut	11
4.1	Maalämpöpumppu	11
4.2	Ilma-vesipumppu	11
5	Rakenneratkaisut	12
5.1	Alapohja	12
5.1.1	EPS100 Pro -lattia	12
5.2	Yläpohja	12
5.3	Ikkunat	12
5.3.1	Pihla Termo	13
6	Laskelmat	14
6.1	Menekki ja kustannukset	14
6.2	Lämpöarvot ja E-luku	14

7	Tulokset	15
7.1	Kustannukset rakenneratkaisuille	15
7.2	E-Luku	22
8	Tulosten tarkastelu	23
8.1	Kustannukset	23
8.2	E-luku	24
9	Yhteenveto	25
	Lähteet	26
	Liitteet	
	Liite 1: Pohjakuva	
	Liite 2: Leikkauskuva	
	Liite 3: Vesi- ja viemärijohdot	
	Liite 4: Ilmanvaihto	
	Liite 5: Alkuperäinen energiatodistus maalämpö	
	Liite 6: Alkuperäinen energiatodistus VILP	
	Liite 7: Paranneltu energiatodistus maalämpö	
	Liite 8: Paranneltu energiatodistus VILP	
	Liite 9. E-luvun laskennan lähtötiedot	

## Lyhenteet

- COP: Coefficient of performance, sillä kuvataan lämpömäärän suhdetta käytettyyn työhön.
- E-Luku: Laskennallinen energiatehokuuden vertailuluku.
- RATU: Rakennustöiden menekit 2020.
- SCOP-A: Luku kertoo keskimääräisen hyötysuhteen tyypillisenä lämmitysvuonna Strasbourgissa. Average seasonal coefficient of performance.
- SPF: On vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle. Tämä on siis tuotetun energian suhde lämpöpumpun ja apulaitteiden vuotuisen energian kulutukseen.
- VILP: Ilmavesilämpöpumppu.
- U-arvo: Lämmönläpäisykerroin, jolla kuvataan rakennuksen eri osien lämmöneristävyttä.

# 1 Johdanto

Hirsirakentamisella Suomessa on pitkät perinteet ja se on ollut luontainen valinta aikojensaatuissa. Johtuen pitkälti Suomen pohjoisesta sijainnista havumetsävyöhykkeellä, raaka-aine on ollut helposti saatavilla. Hirsirakentamisen suosio on vaihdellut eri vuosikymmenillä paljonkin, kuitenkin nostaen nykyisin taas suosioon ekologisen vaihtoehdon omien hyvän sisäilmanlaadun.

Suomen ollessa osa Euroopan Unionia, tuo se tullessaan meille kovempia vaatimuksia rakennusten energiatehokkuuteen. Hirsimateriaalinaan on hyvin lämpöä johtavaa, joten tämä aiheuttaa hankaluuksia meidän vaihtelevissa olosuhteissa energiantalouteen. Hirsitalon energiatehokkuutta voidaan kuitenkin parantaa erilaisilla rakenteellisilla ratkaisuilla sekä lämmitysmuodoilla.

Työn tavoite on tarkastella, miten eri lämmitysmuodot ja rakenneratkaisut vaikuttavat hirsitalon energiatehokkuuteen sekä rakennuskustannuksiin. Kustannuksia on tarkoitus tarkastella vain osakokonaisuuksina kuten alapohjan, yläpohjan, ikkunoiden ja lämpöpumppujen osalta. Kustannuksiin otetaan mukaan niin materiaali kuin työn kustannus. Tarkoitus on tarkastella kustannuksia grynderin näkökulmasta, mikä on järkevä sijoitus lisättyyn energiatehokkuuteen ja saadaanko sille mahdollisesti riittävä lisäarvo, jotta mahdollinen lisäkustannus on perusteltu ja pystytään tuomaan myyntihintaan. Työn lähtötietoina ja verrokkimateriaalina pidetään Nordpien Forest Oy:n tulevaa hirsitaloprojektia.

## 2 Kirjallisuuskatsaus

### 2.1 Energiatehokkuus

Energiatehokkuutta koskevat määräykset uudisrakentamiseen tulee Suomen rakennuslain rakentamismääräyskokoelmista, jotka vuorostaan ovat EU:n asetusten mukaiseksi säädetty. Vuonna 2017 voimaan tullessa ympäristöministeriön asetuksessa 1048/2017 on määritelty uudisrakennuksen energiatehokkuudesta.

Energiatehokkuuden vähimmäisvaatimuksen täyttymisestä uudisrakennushankkeessa tulee huolehtia pääsuunnittelijan, erityissuunnittelijan sekä rakennussuunnittelijan koskien jokaisen omia tehtäviä (YM asetus 1048/2017).

Taulukossa 1 on esitettyä erikäyttötarkoituseriöluokkien laskennalliset energiatehokkuusluvut eli E-luku. E-luvun yksikkö on kWhE/m<sup>2</sup>a, tämän työn kannalta tarkasteltava käyttöluokka on luokka 1. Siinä A kohdan 50-150 m<sup>2</sup> rakennus, jonka raja-arvo 200-0,6 A<sub>netto</sub>. Perusperiaate: mitä pienempi arvo sen parempi energiatehokkuus

**Taulukko 1. Käyttötarkoituseriöluokkien E-luvun raja-arvot (YM asetus 1048/2017).**

	Käyttötarkoituseriöluokka	E-luvun raja-arvo kWhE/(m <sup>2</sup> a)
Luokka 1	Pienet asuinrakennukset:a) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joidenlämmitetty nettoala (Anetto) on 50–150 m <sup>2</sup> b) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joidenlämmitetty nettoala (Anetto) on enemmän kuin 150 m <sup>2</sup> kuitenkin enintään 600 m <sup>2</sup> c) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joidenlämmitetty nettoala (Anetto) on enemmän kuin 600 m <sup>2</sup> d) Rivitalo ja asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia enintään kahdessa kerroksessa	200–0,6 Anetto 116–0,04 Anetto 92 105
Luokka 2	Asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa	90
Luokka 3	Toimistorakennus, terveyskeskus	100
Luokka 4	Liikerakennus, tavaratalo, kauppakeskus, myymälärakennus lukuun ottamatta päivittäistavarakaupan alle 2000 m <sup>2</sup> yksikköä, myymälähalli, teatteri, ooppera-, konsertti- ja kongressitalo, elokuvateatteri, kirjasto, arkisto, museo, taidegalleria, näyttelyhalli	135
Luokka 5	Majoitusliikerakennus, hotelli, asuntola, palvelutalo, vanhainkoti, hoitolaitos	160
Luokka 6	Opetusrakennus ja päiväkot	100
Luokka 7	Liikuntahalli lukuun ottamatta uimahallia ja jäähallia	100
Luokka 8	Sairaala	320
Luokka 9	Muu rakennus, varastorakennus, liikenteen rakennus, uimahalli, jäähalli, päivittäistavarakaupan alle 2000 m <sup>2</sup> yksikkö, siirtokelpoinen rakennus	ei raja-arvoa



”Massiivipuorakennuksessa voidaan edellä 1 ja 2 momentissa esitetyt E-luvun raja-arvot ylittää käyttötarkoitukseluokan 1a rakennuksessa 20 prosentilla, 1b–c rakennuksessa 15 prosentilla ja muussa käyttötarkoitukseluokan 1d–8 rakennuksessa 10 prosentilla” (YM asetus 1048/2017). Edellä mainittujen ylitysten perusteella voidaan hirsirakenteisessa pientalossa ylittää E-luvun raja-arvo tarkastelunalla olevassa kohteessa 20 %. Tämä tarkoittaa siis E-luvun minimiarvoksi 148 m<sup>2</sup> kohteella 133 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup>vuosi), normaalissa samansuuruisessa omakotitalossa luku olisi 111 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup>vuosi).

## 2.2 Hirsirakennus

Hirsirakentamisessa on pitkät perinteet Suomessa. Hirsi oli aina 1950-luvulle yksi tärkeimmistä rakennusmateriaaleista Suomessa. Perinteiset pyöröhirsirakenteet ovat vaihtuneet pitkälti veistettyihin tai lamellihirsiksi parantaen seinärakennetta (Saarelainen 1993,11s).

Hirsi on puuta, joka on hygroskooppinen aine. Se siis joko sitoo tai luovuttaa ympärillään olevaa vesihöyryä. Tämän takia se tasoittaa huoneilman kosteusvaihtelua. Mikä suoraa vaikuttaa sisäilman laatuun, kun ääri vaihtelu jää käytännössä pois (RT 82-11168, 3-4s).

Hirsirakenteen painuminen on tärkeä asia, joka tulee muistaa. Tämä tulee ennakoita jo suunnittelussa. Hirsi painuu hirsityypistä riippuen 10-50 mm/korkeusmetri. Tämä johtuu suurimmalta osalta kuivumisesta mutta myös fyysisestä kuormasta. Painuminen on selvästi kovempaa kuivemmissä sisäseinä rakenteissa kuin ulkoseinärakenteissa. Markkinoilla on myös painumatonta hirttä, minkä painumisenhuomiointi tarve vastaa normaalia puurakentamista (RT 82-11168, 3-4s).

Hirsirakenteen vaipan ilmanpitävyys pitää olla samanlainen kuin muidenkin rakennusten. Tätä pyritään teollisesti valmistetuissa hirsissä hallitsemaan oikeanlaisella varauksien muotoillulla sekä hirsien välisien saumojen tiivisteiden avulla. Kriittisimmät kohdat ilmatiiveyden kannalta hirsitalossa on rakenneosien liitokset

ulkovaipassa sekä läpiviennit. Näiden oikea suunnittelu ja toteutus takaa ilmatii-  
veyden hirsirakenteessa (RT 82-11168, 3-4s).

### 2.3 RATU – Rakennustöiden menekit 2020

Kirja on työmaan suunnittelun karkea menekkien suunnittelu opas. Kirjaan on  
koottu niin työsuorituksen ajanmenekki kuin materiaalien karkeat menekit. Se  
käyttää Talo 2000 työläjnimikkeistön mukaista jaottelua (Ratu 2019, 5-6s).

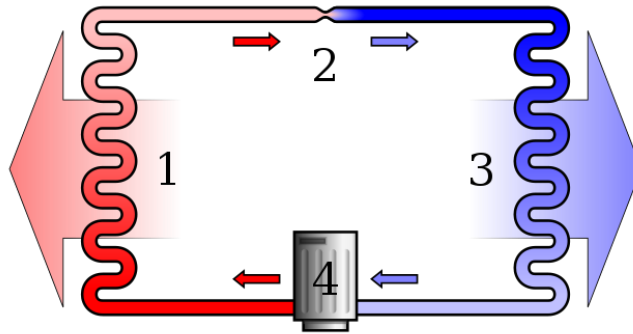
Kirjan käyttökohde on antaa työmenekkitieto kustannusten sekä aikataulun suun-  
nittelun perustiedoksi. Näin pystytään muodostamaan rakennushankeen yleisai-  
kataulu, jota pystytään tarkentamaan työvaihekohtaisesti materiaalien ja resurs-  
sien varmentuessa (Ratu 2019, 9s).

### 2.4 Lämpöpumppu

Lämpöpumput ovat nykyaikainen ekologinen tapa tuottaa rakennusten lämmitys.  
Varsinkin kun vihreät arvot ja tahto on minimoida fossiilisten polttoaineiden käyt-  
töä.

Lämpöpumppu on kaikessa yksinkertaisuudessaan laite, joka siirtää lämpöä kyl-  
mästä lämpimään. Pääsääntöisesti lämpöpumput mielletään rakennusten sisäti-  
lojen lämmittämiseen tarkoitettuina laitteina, kuitenkin monet jäähdyttävät laitteet  
toimivat samalla periaatteella kuten pakastin ja jääkaappi (Lämpöpumppu 2024).

Lämpöpumpun toimintaa yksinkertaistettuna kuvataan kuvassa 1. Lämpöpum-  
pussa on kaksi lämmönvaihdinta osat 1 ja 3. Osa 2 on kuristin ja osa 4 on kom-  
pressori. Järjestelmässä kiertää kylmäaine, jonka olomuoto muuttuu suunnitellun  
käyttökohteen mukaan. Itse kylmäaine on aina systeemissä joko nesteenä tai  
kaasuna. Kun kylmäaine höyrystyy ja siihen sitoutuu lämpöenergia, jonka se luo-  
vuttaa lauhduttimessa lämpimällä puolella muuttuessaan takaisin nesteeksi  
(Lämpöpumppu 2024).



Kuva 1. Lämpöpumpun toimintaperiaate (Lämpöpumppu 2024).

Lämpöpumpuille on laskettava myös lakisäätoinen SCOP-A-luku. Luku kertoo keskimääräisen hyötysuhteen tyypillisenä lämmitysvuonna Strasbourgissa. SCOP-A on lyhenne sanoista average seasonal coefficient of performance. Käytössä on myös vapaaehtoinen SCOP-C, jossa C merkitsee sanaacolder. Tämä luku vuorostaan kertoo hyötysuhdetta Helsingin ilmastossa (Lämpöpumppu 2024).

Toinen tärkeä luku on COP-luku, joka on lämpökerroin. COP on coefficient of performance, sillä kuvataan lämpömäärän suhdetta käytettyyn työhön. Yksinkertaisesti lämpökerroin kertoo suoraan, kuinka moninkertaisesti lämpöä laite tuottaa verrattuna suoraan sähkölämmitykseen (Lämpöpumppu 2024).

SPF-luku (Seasonal Performance Factor) on kolmas tärkeä luku, joka on käytössä nimenomaan E-luvun laskennassa. SPF-luku on vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle. Tämä on siis tuotetun energian suhde lämpöpumpun ja apulaitteiden vuotuiseseen energian kulutukseen. (Lämpöpumppujen energialaskentaopas 2012, 4s).

#### 2.4.1 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpussa käytetään maaperään tai vesistöön varastoitunutta lämpöenergia. Lämpöenergia pumpataan sisätiloihin letkujen avulla. Maaperään tehdään energiakaivo, tapaa kutsutaan pystykeruiksi. Routarajan alle kaivettujen tai

vesistöjen pohjaan upotettujen letkujen avulla tapahtuvaa keruuta kutsutaan vaakakeruuksi (Maalämpö 2024).

Maalämpöpumppu tarvitsee toimiakseen sähköä, mutta sillä saadaan tuotettua pumpun kuluttamaa energiaa suurempi lämpöenergia määrä. Maalämmön hyötysuhde paranee mitä haaleammalla vedellä esimerkiksi lattialämmitys toimii. Siiten hyvin energiatehokkaissa taloissa voidaan käyttää matalaa vedenkiertolämpö noin 30 °C:ta. Näin voidaan savuttaa hyvinkin alhainen sähkön kulutus, joka vastaisi vain 25% suorasta sähkölämmityksestä (Maalämpö 2024).

#### 2.4.2 Ilmavesilämpöpumppu

Ilmavesilämpöpumpussa toiminta periaate on sama kuin muissakin lämpöpumpuissa. Kuitenkin lämpöenergia otetaan ilmasta ja siirretään veteen ja näin rakennuksen lämmitysjärjestelmään (Ilmavesilämpöpumppu 2024).

Ilmavesilämpöpumpun kohdalla on huomioitava, että sen hyötysuhde heikkenee ulkoilman viilentyessä, joten hyötysuhteella on eroa, ollaanko Pohjois- vai Etelä-Suomessa. Ilmaston eroista johtuen vuodessa saattaa olla joitain päiviä, kun laitteen teho ei riitä yksin rakennuksen lämmittämiseen. Lämmityskaudessa näitä kuitenkin esiintyy hyvin harvoin varsinkin Etelä-Suomessa (Motiva 2022).

Ilmavesilämpöpumppu on myös perustamiskustannuksiltaan maalämpöä edullisempi ratkaisu. Sen huono puoli on heikompi hyötysuhde vuositasolla (Motiva 2022).

#### 2.5 U-arvo

U-arvo eli lämmönläpäisykerroin kuvaa rakennustekniikassa eri rakennuksen osien lämmöneristyskykyä. U-arvo kuvaa, kuinka paljon tarvitaan tehoa pinta-alaa kohden, että eristerakenteen yli saavutetaan tietty lämpötilaero (Lämmönläpäisykerroin 2024). Kaavassa 1 on U-arvon laskemiseen vaadittava kaava.

$$U = \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad (1)$$

Taulukossa 2 on kuvattuna eri rakenneosien minimi U-arvot (W/m<sup>2</sup>K). Huomattavaa että hirsirakenteissa on suuremmat U-arvot sallittuja ulkoseinärakenteessa. Hirsiseinän ulkoseinän minimi arvo on 0,4 W/m<sup>2</sup>K. Kuitenkin tästä tulevaa energiatehottomuutta tulee kompensoida muissa rakenteissa.

### Taulukko 2. Minimi U-arvot eri rakenneosilla (YM asetus 1048/2017).

Rakenneosa	Lämmönläpäisykerroin U-arvo W/(m <sup>2</sup> K)
Seinä	0,17
Massiivipuuseinä min 180 mm	0,4
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,14
Maata vasten oleva rakennusosa	0,16
Ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0

## 2.6 Laskenta

### 2.6.1 E-luku

E-luvun laskennassa yksi mahdollinen käytettävä palvelu on laskentapalvelut.fi, jossa rekisteröitymällä saa ilmaispalvelun käyttöön. Tällöin pystyy laskemaan hankesuunnitteluvaiheen erilaisia alustavia laskentoja kuten E-luvun ja energiatodistuksen. Kuitenkin ilmaisversiossa ei voida tallentaa projekteja ilman, että maksaa lisenssimaksun (Laskentapalvelut.fi 2024).

### 2.6.2 Työmenekit

Työmenekkien laskennassa käytetään RATU 20 -tietoja. Eri työvaiheen kokonaisaika T4 lasketaan RATU-tiedoista ottamalla työvaiheen tehollinen työaika T3 esimerkiksi neliötä kohden. Korjataan tätä lukua TL3 lisäkertoimella, jolloin muodostuu T4 kokonaisaika. T4 aika kerrotaan esimerkinmukaisella kokonaisneliömäärällä, tällöin saadaan työvaiheeseen kuluva kokonaisaika. Kuvassa 2 on esitetty T4 ajan muodostaminen.

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 tautot	
Kokonaisaika (työnvaihe aika) T4			

Kuva 2. T4 ajan muodostuminen (RATU2020).

RATU 2020:sta saadaan myös eri materiaalien menekit eri työvaiheissa, jolloin voidaan laskea vielä materiaalikustannus. Yhdistämällä tämä palkkakulujen kanssa saadaan tehtyä kustannusarvio kokonaiskulusta.

Varsinaisen työnkulun laskentaan käytetään tässä tutkimuksessa Rakennusliiton työehtosopimuksen mukaista kokeneen ammattilaisen tuntipalkkaa. Työvaiheen kokonaiskustannus lasketaan kertomalla kokonaistyöaika tuntipalkalla, jolloin muodostuu työvaiheen kokonaiskustannus ilman sosiaalikuluja. Taulukossa 3 on kuvattu eri ammattitaitotason mukainen tuntipalkka. Kululaskennassa ei huomioida lisiä, sekä sosiaalikulujen kertoimena käytetään valistuneena arvauksena 1,8, jolla kertomalla saadaan lopullinen työnkustannus.

**Taulukko 3. Talonrakentajan tuntipalkka (Rakennusliitto 2023).**

Palkkaryhmä	€/h
I Aloitteleva työntekijä	11,71
II Vähän kokemusta omaava	13,19
III Aloitteleva ammattilainen	14,45
IV Ammattilainen	15,91
V Kokenut ammattilainen	17,32
VI Erittäin kokenut ammattilainen	18,52

### 3 Hirsirakennus

#### 3.1 Mallirakennus

Työn pohjana toimii Nordpine Forest Oy:n tulevan hankkeen hirsirakennus, jonka pohjakuva on liitteessä 1 ja leikkauskuva liitteessä 2. Rakennuksen maanpäälleinen kerrosala on 160 m<sup>2</sup> ja lämmitetty nettoala 148 m<sup>2</sup>. Rakennus on suunniteltu Uudellemaalle Nurmijärvelle. Taulukossa 4 on kerrottu rakennuksen perustietoja. Rakennuksen ilmanvuotolukuna on käytetty 3 maalämmön kanssa ja VILP kanssa 4. Rakennuksen ulkoseinien hirrenkoko on 200x220 mm. Lämmitys vesikiertoinen lattialämmitys. Rakennuksen ilmanvaihtokoneena laskennassa on Vallox 101MV.

**Taulukko 4. Rakennuksen perustiedot.**

Rakennuksen perustiedot	
Rakennetilavuus	553 m <sup>3</sup>
Rakennuksen ilmatilavuus	392 m <sup>3</sup>
Maanpäällinen kerrostasoala	160 m <sup>2</sup>
Lämmitetty nettoala Anetto	148 m <sup>2</sup>
Lämpökapasiteetti Crak omin	110 Wh/m <sup>2</sup> K
Ulkopuolisen tilan lämpötila	17,0 °C

#### 3.2 E-Luku

E-luvun laskennassa käytettyjä perustietoja on kerrottu taulukoissa 5 ja 6. Liitteessä 9 on kerrottu tarkemmin kaikki laskennan lähtötiedot. Tärkein taulukossa 5 muuttuva tieto on U-arvo. Tämä muuttuu eri rakenne ratkaisujen mukaan. Taulukossa mainitaan myös g-arvo, joka kuvaa ikkunan auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerrointa.

**Taulukko 5. Rakenneosien pinta-alat, U-arvot ja ikkunoiden g-arvot.**

Rakenneosa	Pinta-ala m <sup>2</sup>	U-arvo W/m <sup>2</sup> K	g-arvo
Hirsiseinä ulkoilmaa vasten	119,6	0,54	
Yläpohja ulkoilma vasten	147,9	0,06	
Alapohja (maanvastainen)	147,9	0,13	
Ikkunat pohjoiseen	6,5	0,8	0,63
Ikkunat itään	4,2	0,8	0,63
Ikkunat etelään	15,7	0,8	0,63
Ikkunat länteen	8,3	0,8	0,63
Ulko-ovet	4,4	0,8	

**Taulukko 6. Kylmäsiltojen pituudet ja lisäkonduktanssi.**

Kylmäsilat	m	Lisäkonduktanssi W/mK
US-US(ulkonurkka)	15,9	0,04
US-US(sisänurkka)	5,3	-0,04
US-YP	59,9	0,05
US-AP	59,9	0,06
US-ikkunat	95,9	0,04
US-ovet	13	0,04

### 3.2.1 Alkuperäinen maalämpö ja ilmavesipumppu

Rakennukseen on tehty kaksi virallista energiatodistusta aikaisemmassa luvussa mainituilla tiedoilla. Laskenta on tehty laskentapalvelut.fi:n selainpohjaisella ohjelmistolla.

Maalämmöllä päästiin E-lukuun 88 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup>vuosi), 133 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup>vuosi) on 148m<sup>2</sup> hirsitalon minimi energiatehokkuus vaatimus. E-luvulla 88 päästään energiatehokkuusluokkaan B. Laskennassa laitteena on käytetty NIBE F1145-6 lämpöpumppua. Sen SPF-luku tilojen lämmitykseen on 4,25 ja käyttöveden lämmitykseen 3,00.

Ilmavesilämpöpumpulla päästiin E-lukuun 93 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup>vuosi), 133 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup>vuosi) on 148 m<sup>2</sup> hirsitalon minimi energiatehokkuusvaatimus. Päästiin siis samaan energiatehokkuusluokkaan kuin maalämmöllä.



## 4 Parannellut lämmitysratkaisut

### 4.1 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpuksi valittiin Jäspi Jämä Star RST Inverter 6, joka on varustettu kierroslukuohjatulla inventer-kompressorilla. Tämä säätyy automaattisesti vastaamaan talon ja käyttöveden tehon tarvetta. Pumppuun on mahdollista lisäasentaa myös jäähdytys ominaisuus. Pumpussa on myös integroitu käyttövesivaraaja 180L (Jäspi RST 2024). Pumpun energiatehokkuusluokka on A+++ ja SCOP 5,5 (0/35°C) (Star tuotekortti 2024). Laskentapalvelut-ohjelmasta saadaan suoraan SPF-luku tilojen lämmitykseen ja käyttövedenlämmitykseen 4,8/2,6. Pumpun hinta on 9 674€ alv 24% (Lämpöpumppuhuolto 2024).

### 4.2 Ilma-vesipumppu

Ilma-vesipumpuksi valittiin Jäspi Tehowatti Air Nordic 12. Pumpun COP-luku on 9,1 ja energiatehokkuusluokka A+++ . Pumpussa on myös integroitu käyttövesivaraaja 215L (Nordic tuotekortti 2024). Laskentapalvelut-ohjelmasta saadaan suoraan SPF-luku tilojen lämmitykseen ja käyttövedenlämmitykseen 4,8/2,6. Pumpun hinta on 13 499,00 alv 24% (LVI tarvikkeet.net).

## 5 Rakeneratkaisut

### 5.1 Alapohja

Alapohjan suunniteltu rakenne on 80 mm teräsbetonilaatta, Styroplast EPS100 200 mm ja yli 300 mm sorastus. Tälle rakeenteelle on laskennassa käytetty U-arvo 0,16 W/m<sup>2</sup>K. Todellisuudessa Styroplastin rakennekortin mukaan se kuitenkin olisi vain 0,18 W/m<sup>2</sup>K.

#### 5.1.1 EPS100 Pro -lattia

Vaihtoehdoksi korvaamaan Styroplast EPS100 rakenne on Styroplast EPS100 Pro -lattiaeriste. Alapohjan rakenne pysyy muuten samana mutta eristemateriaali muuttuu ja sitä tulee 200 mm sijaan 300 mm. Näin päästään alkuperäisestä U-arvosta 0,18 W/m<sup>2</sup>K, arvoon U-arvoon 0,10 W/m<sup>2</sup>K. Styroplast harmaa EPS100 Pro -lattia on uusi eriste, jolla on pyritty vastaamaan tiukentuneisiin energia- ja hiilijälkivaatimukseen (Styroplast 2024).

### 5.2 Yläpohja

Yläpohjan rakenne on puhallusvilla 500 mm, höyrynsulkuaperi, koolaus 48x48 k600 ja kattopaneeli, tällä U-arvo 0,08 W/m<sup>2</sup>K. Käytännössä ainoa sopiva puhallusvilla materiaali käytettäväksi höyrynsulkupaperin kanssa on ekovilla.

Vertailu tehdään muuttamalla eristekerroksen paksuutta. Ekovilla-puhallusvillan hinta on 18,95 € säkki (13 kg) alv 24%. Kuutioon eristettä tarvitaan 2,5 sakkia. (Byggmax Eko, 2024). Puhallusvillakerroksen paksuus nostetaan 700 mm:iin, jotta saadaan parannettua yläpohjan U-arvoa.

### 5.3 Ikkunat

Alkuperäisten suunnitelmien mukaan ikkunoiden U-arvo tulee olla alle 1 W/m<sup>2</sup>K. E-luvun laskennassa on käytetty arvoa 0,8 W/m<sup>2</sup>K.

Perusvaihtoehtona käytetään Pihla Varma -ikkunoita, jotka ovat kolmilasisia, energialuokaltaan A ja omaavat U-arvon 0,8 W/m<sup>2</sup>K (Pihla 2019 s.4). Kohteen ikkunoiden yksikkö hinnat vaihtelevat välillä 373-1048 €/kpl ALV 24% (Netrauta Varma 2024).

### 5.3.1 Pihla Termo

Pihla Termo on nelilasininen ikkuna. Sen energialuokka on A++ ja U-arvo 0,63 W/m<sup>2</sup>K (Pihla 2019 s.5). Kohteen ikkunoiden yksikköhinnat vaihtelevat välillä 456-1570 €/kpl ALV 24% (Netrauta Termo 2024).

## 6 Laskelmat

Laskennassa käytetään palkkaryhmää V eli kokenut ammattilainen, mikä on 17,32 €/h (Rakennusliitto 2023). Kululaskennassa ei huomioida lisiä, ja sosiaalikulujen kertoimena käytetään valistuneena arvauksena 1,8.

### 6.1 Menekki ja kustannukset

Liitteiden 1,2,3,4 ja 5 avulla laskettiin eri materiaalien menekit sekä niihin käytettiin rautakauppojen yksikköhintoja. Lattiavalu saatiin urakkana, samoin lattialämmitysputkien suunnittelu, materiaalit ja asennus. Muiden osalla käytettiin RATU 2020 avulla saatuja T4 aikoja. Tällä saatiin laskettua työn kustannus tuntipalkan ja sosiaalikulukertoimen avulla. Samoin kustannuksiin laskettiin mahdolliset koneurakoinnit kaivutöissä sekä konevuokraus villanpuhallukseen.

### 6.2 Lämpöarvot ja E-luku

Yläpohjan U-arvon laskentaan käytettiin kaavaa 1. Alapohjarakenteiden U-arvot saatiin valmistajien valmiista rakennekuvista, joissa arvot olivat laskettuna. Samoin Ikkunoiden kohdalla käytettiin valmistajan ilmoittamaa parasta U-arvoa. Paksummalla yläpohjan eristekerroksella saatiin U-arvoksi rakenteelle. 0,049 W/m<sup>2</sup>K.

E-luvun laskentaan käytettiin laskentapalvelu.fi-sivustoa. Samalla palvelulla on tehty alkuperäiset todistukset, joten tulokset ovat hyvin vertailukelpoisia.

## 7 Tulokset

### 7.1 Kustannukset rakenneratkaisuille

Taulukossa 7 on yläpohjan alkuperäisen suunnitelman mukaiset työn kustannukset. Taulukossa 8 on alkuperäisen suunnitelman mukaiset materiaalikustannukset.

#### Taulukko 7. Alkuperäisen suunnitelman yläpohjatyöt.

Yläpohja alkuperäinen työt						
				TTH T4	Hinta työ €/h	T4 Työhinta €
Höyrynsulku						
		148	m <sup>2</sup>	4,9	17,32	84,59 €
Eristys	500 mm	74	m <sup>3</sup>			
	Valmistelut	74	150m <sup>3</sup>	0,5	17,32	9,40 €
	Puhallus	74	m <sup>3</sup>	10,6	17,32	183,28 €
	Purku ja siivous	74	150m <sup>3</sup>	0,3	17,32	4,70 €
Iv putket						
	Eritys	148	m <sup>2</sup>	11,4	17,32	197,38 €
	Kanavointi	148	m <sup>2</sup>	21,2	17,32	366,56 €
Koolaus	Valmistuleu	148	m <sup>2</sup>	2,4	17,32	42,30 €
	48x48 k400	148	m <sup>2</sup>	9,8	17,32	169,18 €
Pintapaneli	Valmistelut	148	m <sup>2</sup>	2,4	17,32	42,30 €
	MDF	148	m <sup>2</sup>	31,1	17,32	538,31 €
Yhteensä sosiaalikulku kerroin 1,8						2 948,38 €

**Taulukko 8. Alkuperäisen suunnitelman mukaiset materiaalikustannukset.**

Yläpohja alkuperäinen materiaalit						
				Menekki materiaali per yksikkö	Hukka %	Korjattu hinta pakkauskoolla € alv 24
Höyrynsulku		148	m <sup>2</sup>			220,05 €
Eristys	500 mm	74	m <sup>3</sup>			4 200,00 €
Laitevuokra		25 €/vrk		2 pv		50,00 €
lv putket						
	160 mm	53,5	m	55,105	3	624,15 €
	125 mm	4,5	m	4,635	3	53,70 €
	100 mm	23,5	m	24,205	3	184,32 €
	äänenvaimennin	160x600mm	3 kpl			359,85 €
		160x1000mm	1 kpl			199,95 €
Eriste						
	160 mm	53,5	m	55,105	3	2 201,60 €
	125 mm	4,5	m	4,635	3	138,80 €
	100 mm	23,5	m	24,205	3	676,52 €
Koolaus						
	48x48 k400	148	m <sup>2</sup>	381,1	3	476,38 €
Pintapaneli						
	MDF	148	m <sup>2</sup>	152,44	3	3 893,67 €
Yhteensä ALV 24%						13 278,98 €

Taulukossa 9 näkyy työnkustannus, kun yläpohjarakennetta on paranneltu. Taulukko 10 näyttää parannetun ratkaisun materiaalikustannuksen.

**Taulukko 9. Paranneltu yläpohjan työnkustannus.**

Yläpohja paranneltu työt						
				TTH T4	Hinta työ €/h	T4 Työnhinta €
Höyrynsulku						
		148	m <sup>2</sup>	4,9	17,32	84,59 €
Eristys	700 mm	103,6	m <sup>3</sup>			
	Valmistelut	103,6	150m <sup>3</sup>	0,8	17,32	13,16 €
	Puhallus	103,6	m <sup>3</sup>	14,8	17,32	256,59 €
	Purku ja siivous	103,6	150m <sup>3</sup>	0,4	17,32	6,58 €
lv putket						
	Eristys	148	m <sup>2</sup>	11,4	17,32	197,38 €
	Kanavointi	148	m <sup>2</sup>	21,2	17,32	366,56 €
Koolaus	Valmistelut	148	m <sup>2</sup>	2,4	17,32	42,30 €
	48x48 k400	148	m <sup>2</sup>	9,8	17,32	169,18 €
Pintapaneli	Valmistuleu	148	m <sup>2</sup>	2,4	17,32	42,30 €
	MDF	148	m <sup>2</sup>	31,1	17,32	538,31 €
Yhteensä sosiaalikulku kerroin 1,8						3 090,49 €

### Taulukko 10. Parannettu yläpohjan materiaalikustannus.

Yläpohja parannettu materiaalit						
				Menekki materiaali per yksikkö	Hukka %	Korjattu hinta pakkauskoolla € alv 24
Höyrynsulku		148	m <sup>2</sup>			220,05 €
Eristys	500 mm	103,6	m <sup>3</sup>			5 040,00 €
Laitevuokra		25 €/vrk		3pv		75,00 €
lv putket						
	160 mm	53,5	m	55,105	3	624,15 €
	125 mm	4,5	m	4,635	3	53,70 €
	100 mm	23,5	m	24,205	3	184,32 €
	äänenvaimennin	160x600mm	3 kpl			359,85 €
		160x1000mm	1 kpl			199,95 €
Eriste						
	160 mm	53,5	m	55,105	3	2 201,60 €
	125 mm	4,5	m	4,635	3	138,80 €
	100 mm	23,5	m	24,205	3	676,52 €
Koolaus						
	48x48 k400	148	m <sup>2</sup>	381,1	3	476,38 €
Pintapaneli						
	MDF	148	m <sup>2</sup>	152,44	3	3 893,67 €
Yhteensä ALV 24%						14 143,98 €

Taulukossa 11 on ikkunoiden asennuskustannus. Taulukossa 12 on Varma-perusikkunoiden kustannus ja taulukossa 13 on Termo-ikkunoiden kustannus.

### Taulukko 11. Ikkunoiden asennustyöt

Ikkuna Työt				
Ikkuna	kpl	Menekki T4 (1,1) tth	2 RAM Hinta työ €/h	T4 työhinta €
Siirto	8	0,7	34,64	25,50 €
12mx12m ikkunaasennus	8	5,1	34,64	175,28 €
Tilkitsiminen uretaani	8	1,4	34,64	47,80 €
keskikokoinen asennus	5	4,6	34,64	159,34 €
Tilkitsiminen uretaani	5	1,2	34,64	39,84 €
15mx15m ikkuna asennus	4	4,4	34,64	151,38 €
Tilkitsiminen uretaani	4	1,2	34,64	39,84 €
Yhteensä sosiaalikulku kerroin 1,8				1 150,14 €

**Taulukko 12. Varma-ikkunoiden kustannus.**

Ikkuna Varma		
Ikkuna	kpl	Yhtensä € alv 24
6x6	3	1 119,00 €
9x20	5	3 465,00 €
9x12	3	1 605,00 €
12x4	2	854,00 €
18*23	4	4 192,00 €
Yhteensä	17	11 235,00 €
Rahti		200,00 €
Yhteensä		11 435,00 €

**Taulukko 13 Termo-ikkunoiden kustannus.**

Ikkuna Thermo		
Ikkuna	kpl	Yhtensä € alv 24
6x6	3	1 368,00 €
9x20	5	4 710,00 €
9x12	3	2 088,00 €
12x4	2	1 040,00 €
18*23	4	6 280,00 €
Yhteensä	17	15 486,00 €
Rahti		200,00 €
Yhteensä		15 686,00 €



Taulukossa 14 on alkuperäisen alapohjan työ- ja urakkakulut. Taulukossa 15 on alkuperäisen alapohjan materiaalikustannus.

### Taulukko 14. Alkuperäinen alapohjatyö ja urakkakustannukset.

Alapohja alkuperäinen työt ja urakat						
			TTH T4	Hinta työ €/h	T4 Työhinta €	
Sorastus						
	Valmistelu	148	tth/150m <sup>3</sup>	1,09	17,32	18,80 €
450mm patja	Sorastus	66,6	m <sup>3</sup>	3,66	17,32	63,44 €
	Tiivistys	148	m <sup>2</sup>	3,26	17,32	56,39 €
	lopettavat työt	148	tth/150m <sup>3</sup>	1,09	17,32	18,80 €
Putkitus	V75	24,2	jm	4,36	17,32	75,45 €
	V110	51,6	jm	9,29	17,32	160,87 €
	Vesijohto	221,4	jm	13,28	17,32	230,08 €
Eristys	levyn ladonta	296	m <sup>2</sup>	6,51	17,32	112,79 €
Verkotus	Verkotus 6 mm 10 m <sup>3</sup>	447,1489	kg	3,69	17,32	63,89 €
Lattialämmitysputket	Urakka		25 € alv 0 m <sup>2</sup>			
sis suunnittelu, materiaali ja työt			148 m <sup>2</sup>			4 588,00 €
Kaivinkone	Urakka	Urakka alv 24				1 000,00 €
Valu						
Maakoestea betoni		Urakka	25 € alv 0 m <sup>2</sup> 100mm laatta			
sis. Materiaalit ja työ			148 m <sup>2</sup>			4 588,00 €
Urakat ja työ yhteensä sosiaalikulku kerroin 1,8						11 616,91 €

### Taulukko 15. Alkuperäinen alapohjan materiaalikustannus

Alapohja alkuperäinen materiaalit						
				Menekki materiaali per yksikkö	Hukka %	Korjattu hinta pakkauskoolla € alv 24
Sora		109,89	t	1,65		2 875,46 €
Putkitus	V75	24,2	jm	24,926	3	162,45 €
	V110	51,6	jm	53,148	3	536,85 €
	Vesijohto	221,4	jm	228,042	3	977,50 €
Eristys		296	m <sup>2</sup>	304,88	3	3 328,00 €
Raudoitusverkko		447,1489	kg			1 258,00 €
Yhteensä ALV 24%						9 138,26 €

Taulukossa 16 on parannetun alapohjan työ- ja urakkakulut. Taulukossa 17 on parannetun alapohjan materiaalikustannus.

### Taulukko 16. Parannetun alapohjan työ ja urakka kustannus.

Alapohja parannettu työt ja urakat						
				TTH T4	Hinta työ €/h	T4 Työhintä €
Sorastus						
	Valmistelu	148	tth/150m <sup>3</sup>	1,09	17,32	18,80 €
450mm patja	Sorastus	66,6	m <sup>3</sup>	3,66	17,32	63,44 €
	Tiivistys	148	m <sup>2</sup>	3,26	17,32	56,39 €
	lopettavat työt	148	tth/150m <sup>3</sup>	1,09	17,32	18,80 €
Putkitus	V75	24,2	jm	4,36	17,32	75,45 €
	V110	51,6	jm	9,29	17,32	160,87 €
	Vesijohto	221,4	jm	13,28	17,32	230,08 €
Eristys	levyn ladonta	296	m <sup>2</sup>	6,51	17,32	112,79 €
Verkotus	Verkotus 6 mm 10 m <sup>3</sup>	447,1489	kg	3,69	17,32	63,89 €
Lattialämmitysputket		Urakka	25 € alv 0 m <sup>2</sup>			
sis suunnittelu, materiaali ja työt			148 m <sup>2</sup>			4 588,00 €
Kaivinkone	Urakka	Urakka alv 24				1 000,00 €
Valu						
Maakoestea betoni		Urakka	25 € alv 0 m <sup>2</sup> 100mm laatta			
sis. Materiaalit ja työ			148 m <sup>2</sup>			4 588,00 €
Urakat ja työ yhteensä sosiaalikulku kerroin 1,8						11 616,91 €

### Taulukko 17. Parannetun alapohjan materiaalikustannus.

Alapohja parannettu materiaalit						
				Menekki materiaali per yksikkö	Hukka %	Korjattu hinta pakkauskoolla € alv 24
Sora		109,89	t	1,65		2 875,46 €
Putkitus	V75	24,2	jm	24,926	3	162,45 €
	V110	51,6	jm	53,148	3	536,85 €
	Vesijohto	221,4	jm	228,042	3	977,50 €
Eristys		296	m <sup>2</sup>	304,88	3	2 570,75 €
Rauditusverkko		447,1489	kg			1 258,00 €
Yhteensä ALV 24%						8 381,00 €

Taulukossa 18 on kuvattu eri lämpöpumppujen laite-, asennus- ja työkulut.

### Taulukko 18. Lämpöpumppujen kustannukset.

Lämpöpumppu kustannukset			
	Nibe F1145-6kW	Jäspi Jämä Star	VILP
Laite hinta alv 24%	7 490,00 €	9 674,00 €	13 499,00 €
Asennus ja tarvikkeet	6 107,00 €	6 107,00 €	2 995,00 €
Kaivon poraus ja putkitus 180m	2 995,00 €	2 995,00 €	- €
Kokonaiskulu alv 24%	16 592,00 €	18 776,00 €	16 494,00 €

Taulukossa 19 on koottu yhteen alkuperäisen suunnitelman mukaiset kulut joko maalämmöllä toteutettaessa tai VILP toteutus. Taulukossa 20 on tehty sama koonti, kun on tehty rakenneparannukset.

### Taulukko 19. Alkuperäisten suunnitelmien kustannukset.

Maalaämpö NIBE			VILP		
	Alv 0%	Alv 24%		Alv 0%	Alv 24%
YP työt	1 436,31 €	2 948,38 €	YP työt	1 436,31 €	2 948,38 €
AP työt	1 132,01 €	1 440,91 €	AP työt	1 132,01 €	1 440,91 €
Urakat	8 206,45 €	10 176,00 €	Urakat	8 206,45 €	10 176,00 €
Ikkuna työt	969,17 €	1 201,77 €	Ikkuna työt	969,17 €	1 201,77 €
Ikkuna materiaalit	9 060,48 €	11 235,00 €	Ikkuna materiaalit	9 060,48 €	11 235,00 €
Materiaalit YP	7 824,41 €	13 278,98 €	Materiaalit YP	7 824,41 €	13 278,98 €
Materiaalit Ap	7 369,56 €	9 138,26 €	Materiaalit Ap	7 369,56 €	9 138,26 €
Maalämpö Nibe	6 040,32 €	7 490,00 €	VILP	10 886,29 €	13 499,00 €
Asennus urakka poraus yms.	7 340,32 €	9 102,00 €	Asennus urakka	2 415,32 €	2 995,00 €
Kokonaiskustannus	49 379,03 €	66 011,30 €	Kokonaiskustannus	49 300,00 €	65 913,30 €

### Taulukko 20. Parannettujen rakennratkaisujen kustannukset.

Maalaämpö Jäspi			VILP		
	Alv 0%	Alv 24%		Alv 0%	Alv 24%
YP työt	2 492,33 €	3 090,49 €	YP työt	2 492,33 €	3 090,49 €
AP työt	1 162,03 €	1 440,91 €	AP työt	1 162,03 €	1 440,91 €
Urakat	8 206,45 €	10 176,00 €	Urakat	8 206,45 €	10 176,00 €
Ikkuna työt	969,17 €	1 201,77 €	Ikkuna työt	969,17 €	1 201,77 €
Ikkuna materiaalit	12 488,71 €	15 486,00 €	Ikkuna materiaalit	12 488,71 €	15 486,00 €
Materiaalit YP	11 406,44 €	14 143,98 €	Materiaalit YP	11 406,44 €	14 143,98 €
Materiaalit Ap	6 758,87 €	8 381,00 €	Materiaalit Ap	6 758,87 €	8 381,00 €
Maalämpö Jäspi	7 801,61 €	9 674,00 €	VILP	10 886,29 €	13 499,00 €
Asennus urakka poraus yms.	7 340,32 €	9 102,00 €	Asennus urakka	2 415,32 €	2 995,00 €
Kokonaiskustannus	58 625,93 €	72 696,16 €	Kokonaiskustannus	56 785,61 €	70 414,16 €

## 7.2 E-Luku

Taulukossa 21 on kuvattu E-luvun muutos ja vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergian määrä kWh/vuodessa. Energialuokka pysyy rakennemuutosten jälkeen edelleen B-luokassa.

**Taulukko 21. E-lukuvertailu.**

E-luku vertailu maalämpö			
	Maalämpö alkuperäinen	Maalämpö paranneltu	Muutos
E-luku kWh/(m <sup>2</sup> a)	88	82	-6
Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	10739	10043	-696
E-luku vertailu VILP			
	VILP alkuperäinen	VILP paranneltu	
E-luku kWh/(m <sup>2</sup> a)	93	88	-5
Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	11442	10820	-622

## 8 Tulosten tarkastelu

Taulukossa 22 on kuvattu koko tutkimuksen erivaihtoehtojen kokonaiskustannus ja E-luvut.

**Taulukko 22. Kokonaiskustannukset ja E-luku**

Kokonaiskustannukset ja E-Luku				
	Alkuperäinen maalämpö	Alkuperäinen VILP	Paranneltu maalämpö	Paranneltu VILP
Kokonaiskustannus € alv 24%	66 011,30 €	65 913,30 €	72 696,16 €	70 414,16 €
E-luku kWh/(m <sup>2</sup> a)	88	93	82	88

### 8.1 Kustannukset

Yläpohjassa suurin kustannus lisäys syntyy materiaalin määrän kasvusta ja siihen liittyvästä laitevuokrasta, syntyvä kustannus on 865 € alv 24 %. Työn määrän lisäys nostaa marginaalisesti kustannuksia tässä vain 142,11 € alv 24 %, joten kokonaiskustannusten lisäys näillä parannuksilla on 1007,11 € alv 24 %.

Ikkunoiden parannuksesta syntyy merkittävä kustannus. Energiatehokkaammat Thermo-ikkunat nostavat kustannusta 4251 € Alv 24%. Työn kustannus pysyy samassa.

Alapohjan kustannuksissa tapahtuvat muutokset ovat myös marginaalisia ja työn kustannukset pysyvät samana. Eristemateriaalin hinta on ainut, jossa tapahtuu parannetun ratkaisun eduksi, koska kustannukset tippuvat 757,25€ alv 24%. Tämä selittyy, että Pro-lattialle saatiin tarjoushinta. Muut materiaalit ovat suoraan rautakauppahintoja. Syy tähän on se, että rautakaupoissa ei ollut suoraan tarjolla Pro-lattia EPS:ää.

Maalämpöpumpuissa kustannusero muodostuu laitehinnassa. Niben ja Jäspin välinen hintaero oli 2184 € alv 24%. VILP-laskentaan käytettiin molemmissa

tapauksissa samaa lämpöpumppua, joten tästä ei syntynyt kustannuseroja. Syy tähän oli siinä, että ei löydetty, millä laitteella E-luku oli laskettu alkuperäisessä energiatodistuksessa.

Verrattaessa kokonaiskustannuksia alkuperäisten rakenteiden ja parannettujen ratkaisujen välillä saatiin maalämmössä kustannusten kasvun määräksi 6 633,23 € alv 24 %. VILP-vaihtoehdolla kustannukset kasvoivat 4 449,23 € alv 24 %.

Selvästi suurin kustannusten nostaja molemmissa tapauksissa tulee parannetuista ikkunoista yksittäisenä tekijänä varsinaiset työn kustannukset eivät muutu kuin tuon yläpohjasta muodostuva 142,11 € alv 24%.

Työn kustannusten muutos tosiaan pysyi hyvin maltillisena johtuen siitä, että rakenneratkaisujen muutokset eivät juuri lisänneet työtä, vaan muutos tuli materiaalivalinnasta.

Suurin kustannus tämän perusteella tosiaan syntyy materiaaleista hankkeessa, työnosuus jää huomattavasti pienemmäksi. Joten suurimman säästön varmasti ja vastineen omalle työlleen saa oikeilla materiaalivalinnoilla ja sen kilpailutuksella.

## 8.2 E-luku

Kun katsotaan rakentamisen lisäkustannusta. Voidaan todeta, että saavutettu energiatehokkuushyöty ei ole riittävä. Kovempaa kustannusta on hyvin hankala tuoda mukaan myyntihintaan. Mikäli olisi päästy A-energialuokkaan näillä parannuksilla, olisi se voinut olla perusteltua tehdä. A-energialuokkaan olisi voitu päästä esimerkiksi paksummalla hirrellä seinärakenteissa. Tällöin suuremman hinnan markkinointi kuluttajalle olisi ollut selvemmin perusteltavissa. Kuitenkin näillä tutkimuksen rakenne- ja lämmitysmuotomuutoksilla vuotuinen sähkönkulutuksen säästö on marginaalinen. Puhutaan vain alle 700 kWh säästöstä parhaasakin tapauksessa maalämmöllä.

## 9 Yhteenveto

Työn tavoite oli selvittää, miten eri rakenneratkaisut ja lämmitysmuodot vaikuttavat hirsitalon energiatehokkuuteen ja rakentamiskustannukseen. Merkittävimpiä kustannukseen vaikuttavia tekijöitä olivat materiaalit rakenneratkaisuissa. Varsinainen työn kustannus ei muuttunut. Parannetut materiaalit rakenneratkaisuissa ja lämpöpumput eivät myöskään tuoneet merkittävää parannusta rakennuksen energialuokkaan.

Vaikka näillä erilaisilla materiaalivalinnoilla saadaan E-luku parannettua, ei se tuo vastaavaa lisäarvoa gryndaajan eikä mahdolliseen asukaan näkökulmasta. Tulisi tehdä radikaalimpia ratkaisuja, kuten paksumpi hirsirunko, jotta E-luku saataisiin A-energialuokkaan. Tällöin korkeampi hinta voisi olla markkinoitavissa asiakkaalle. Tämän työn menetelmillä saavutettu parannus jäi vielä niin marginaaliseksi, että rakennuksen energialuokka jäi jo olleeseen B-luokkaan.

## Lähteet

Byggmax Eko 2024, Ekovilla Puhallusvilla 13kg, Verkkosivu Lainattu 25.3.2024

Saatavissa: [https://www.byggmax.fi/l%C3%B6sull-eko-villa?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwwYSwBhDcARIsAOyL0fhYK1x0Datj51tR3WY37C8fvJk1Ltdj864QnfB-iBtIO\\_tjB2r65NAaAs-MUEALw\\_wcB](https://www.byggmax.fi/l%C3%B6sull-eko-villa?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwwYSwBhDcARIsAOyL0fhYK1x0Datj51tR3WY37C8fvJk1Ltdj864QnfB-iBtIO_tjB2r65NAaAs-MUEALw_wcB)

Motiva 2022, Ilma-vesipumppu, Verkkodokumentti Lainattu 14.3.2024 Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/energiatehokas\\_pientalo/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu\\_ivlp](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/energiatehokas_pientalo/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_ivlp)

Star tuotekortti 2024, Jämä Star RST Inverter Maalämpöpumppu käyttövesivaraajalla, inverter kompressori.

Jäspi RST 2024, Jämä Star RST Inverter maalämpöpumppu Verkkosivu Lainattu 21.3.2024 Saatavissa <https://jaspi.fi/tuote/jama-star-rst-inverter-maalampopumppu/#yleista>

Ilmavesilämpöpumppu, Wikipedia 2024 Verkkodokumentti Lainattu 14.3.2024 Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Ilma-vesil%C3%A4mp%C3%B6pumppu>

Laskentapalvelut.fi,2024 Verkkopalvelu Lainattu 18.3.2024 Saatavissa [https://www.laskentapalvelut.fi/index\\_for\\_JRF.php](https://www.laskentapalvelut.fi/index_for_JRF.php)

Lämpöpumppujen energialaskentaopas 2012

Lämpöpumppu 2024, Maalämpöpumppu Jämä Star RST Inverter 6kW. Verkkosivu Lainattu 21.3.2024 Saatavissa <https://www.xn--lmpumppuhuolto-0kb22a.com/index.php/maalaempoepumput/maalampopumput-jama/jama-star-rst-inverter-maalampopumput/maalampopumppu-jama-star-rst-inverter-6kw-detail>



Lämpöpumppu, Wikipedia 2024 Verkkodokumentti Lainattu 14.3.2024 Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4mp%C3%B6pumppu>

Lämmönläpäisykerroin, Wikipedia 2024 Verkkodokumentti Lainattu 18.3.2024 Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4mm%C3%B6nl%C3%A4p%C3%A4isykerroin>

LVI tarvikkeet.net Ilma-vesilämpöpumppu Tehowatti Air NORDIC 12 kW Verkkosivu Lainattu 21.3.2024 Saatavissa <https://www.lvi-tarvikkeet.net/Ilma-vesilampoempumppu-Tehowatti-Air-NORDIC-12-kW>

Maalämpö, Wikipedia 2024 Verkkodokumentti Lainattu 14.3.2024 Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Maal%C3%A4mp%C3%B6>

Netrauta Termo 2025 Verkkosivu Lainattu 28.3.2024 Saatavissa <https://www.netrauta.fi/pihla-termo-2-2-lasinen-matalaenergiaikkuna-a-malli-huurtumaton>

Netrauta Varma 2025 Verkkosivu Lainattu 28.3.2024 Saatavissa <https://www.netrauta.fi/pihla-varma-kiinteaa-3-lasinen-puualumiini-ikkuna-a-malli>

Pihla ikkunat ja ovet esite 2019

Ratu,2019. Rakennustöiden menekit 2020

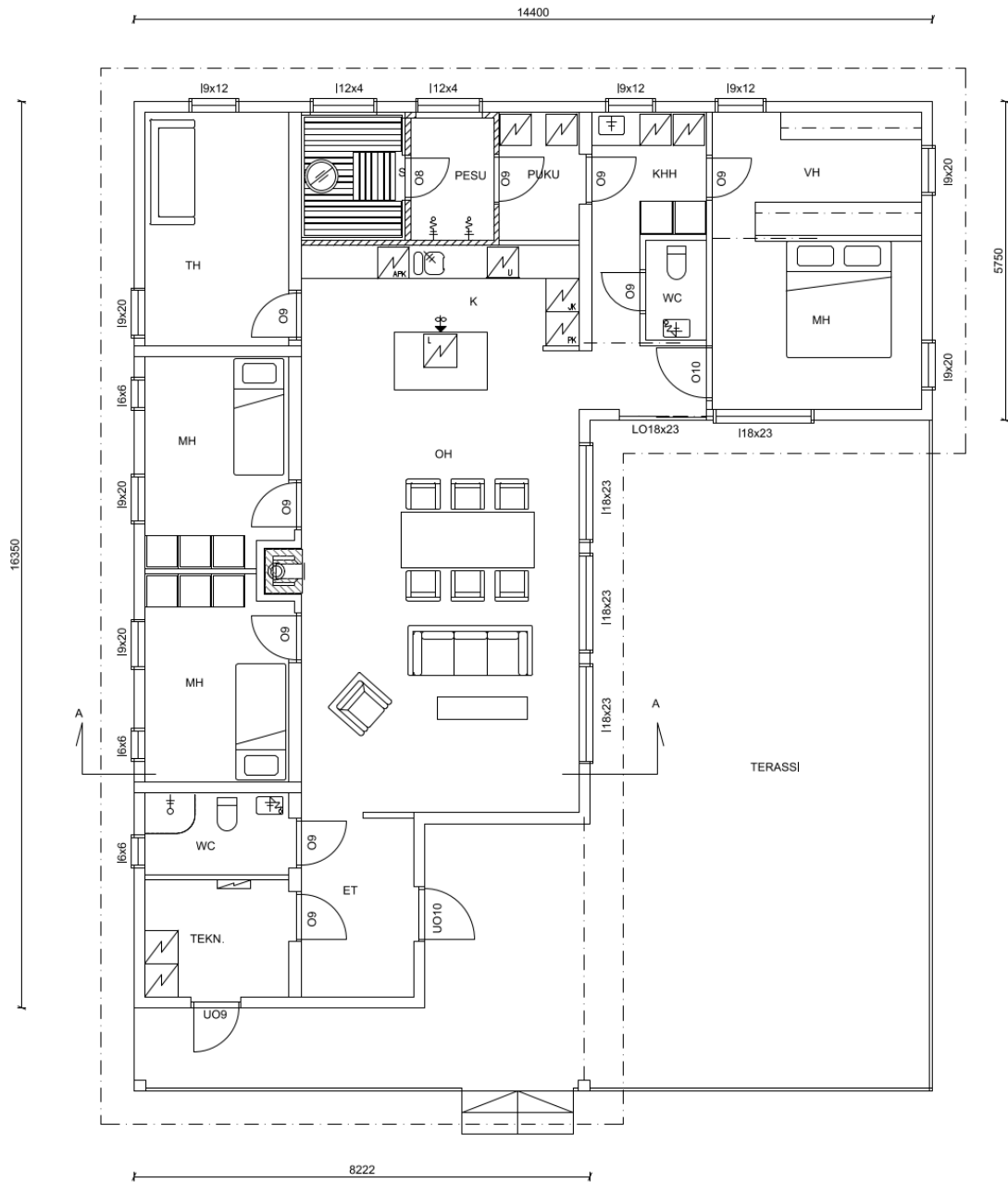
Rakennusliitto 2023, Talonrakennusala 2023 Verkkodokumentti Lainattu 18.3.2024 Saatavissa: <https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2023/03/Talonrakennusalan-TES-lennakki-2023.pdf>

RT 82-11168, 2014. Hirsitalon suunnittelunperusteet

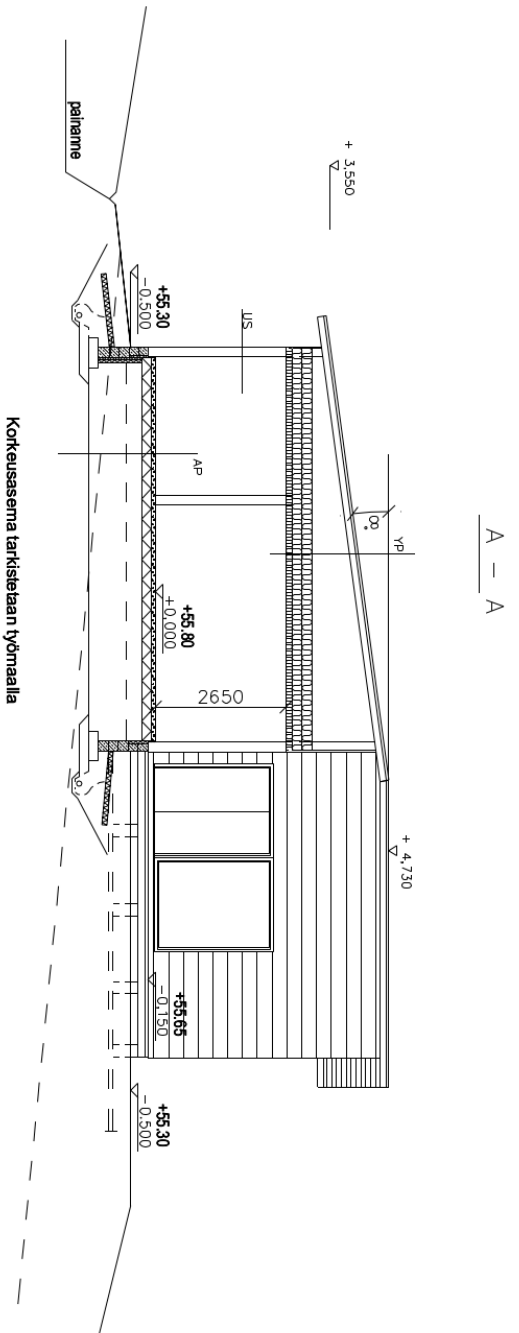
Saarelainen, Eero 1993. Hirren maailma.

Styroplast 2024, Lattiaeristeet harmaa EPS 100 Pro Lattia Verkkodokumentti Lainattu 27.3.2024 Saatavissa <https://www.styroplast.fi/lattiaeristeet>

## Liite 1. Rakennuksen pohjakuva



## Liite 2. Leikkauskuva



YP  
 -pettikate (musto)  
 -32\*100 k200  
 -22\*50 k900  
 -diluuskate  
 -tehdostekoiset ristikköt  
 -puhallusvilla 500  
 -höyrynsulkupaperi  
 -koolaus 48x48 k600  
 -kattopaneeli  
 U-ARVO = 0,08 W/m<sup>2</sup> K

IKKUNAT  
 U-ARVO = < 1,00 W/m<sup>2</sup> K  
 OVI  
 U-ARVO = < 1,00 W/m<sup>2</sup> K

US  
 -hirsi 200x220 (normoo)  
 U-ARVO = 0,54 W/m<sup>2</sup> K  
 AP  
 -teräsbetonilaatta 80 mm  
 -silyrox EPS 100 200 mm  
 -sorstus > 300 mm  
 U-ARVO = 0,16 W/m<sup>2</sup> K

PERUSTUKSET, ROLTAERISTYS JA SALAOJITUS ERIKOISSUUNNITELMIEN MUKAAN.

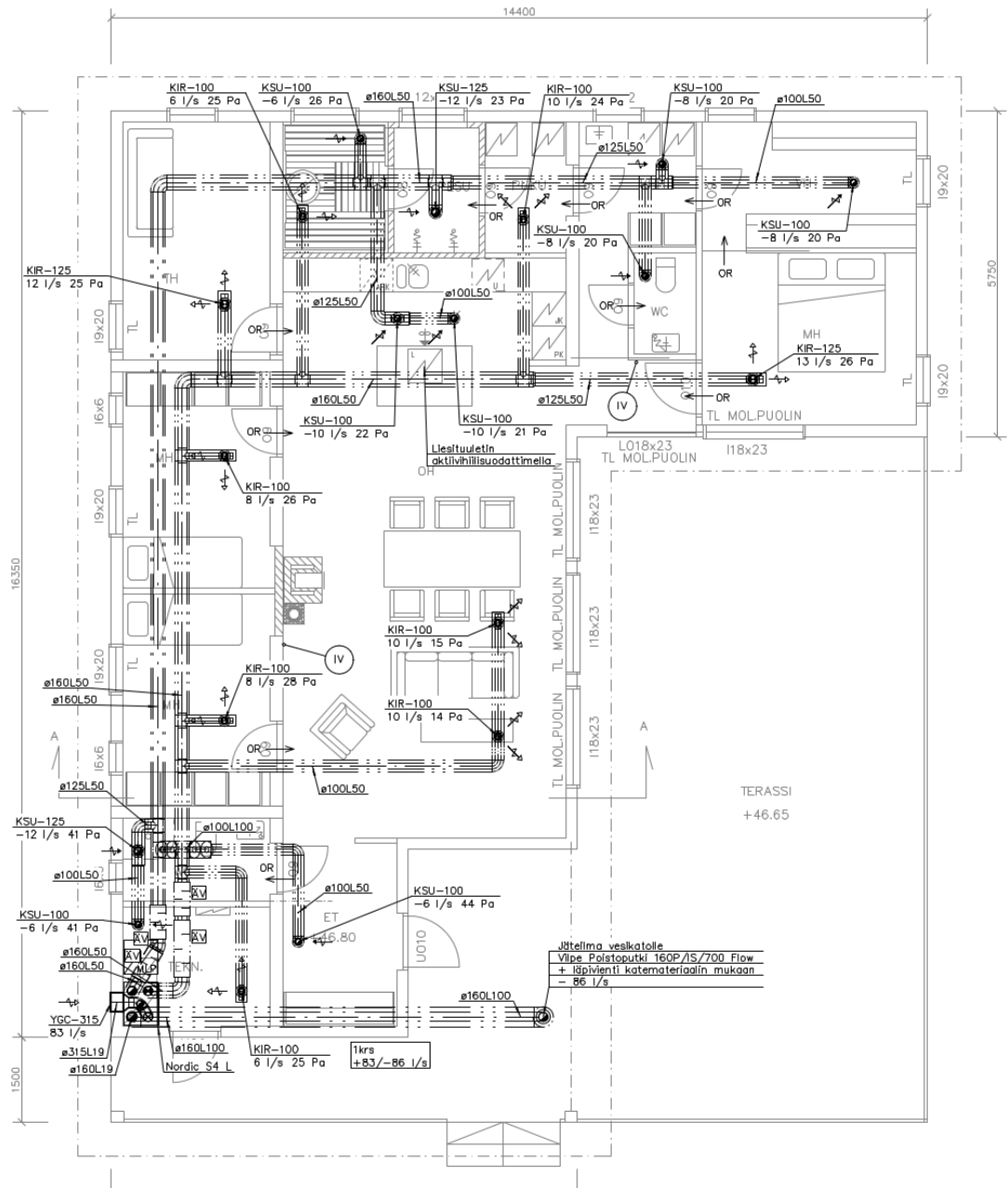
RAKENNUKSEN KÄYTTÖTURVALLISUUS YM:n ASETUKSEN 1007/2017 MUKAAN.

RAKENNUKSEN KOSTEUSTEKNISEN TOIMIVUUDEN SUUNNITTELU JA  
 RAKENTAMINEN YM:n ASETUKSEN 782/2017 MUKAAN.

KATTAMATTOMAN ULKOPORTAAN ETENEMÄ VÄHINTÄÄN 390 mm, NOUSU ENINTÄÄN 130 mm.



# Liite 4. Ilmanvaihto



## Liite 5. Alkuperäinen energiatodistus maalämpö

ENERGIATODISTUS 2018	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Uudispientalo Helkuntie 79 01830 LEPSÄMÄ
Pysyvä rakennustunnus:	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	2023
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Yhden asunnon talot
Todistustunnus:	304112
Energiatodistus on laadittu	
<input checked="" type="checkbox"/> Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa	
<input type="checkbox"/> Uudelle rakennukselle käyttöönottoaiheessa	
<input type="checkbox"/> Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä:	
	Energiatodistusluokka
A	
B	B 2018
C	
D	
E	
F	
G	
Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi) 88 ≤ 111
Todistuksen laatija: Matikka, Kimmo	Yritys: KM Solutions Oy
Sähköinen allekirjoitus: Matikka, Kimmo 28.01.2023 12:56:43	
Todistuksen laatimispäivä: 28.01.2023	Viimeinen voimassaolopäivä: 28.01.2033

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAEHDOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala	148,0 m <sup>2</sup>												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Maalämpöpumppu, Sähkö Vesikiertoinen lattialämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	-	kWh <sub>e</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)									
kaukolämpö sähkö uusiutuva polttoaine fossiilinen polttoaine kaukojäähdytys	10739	73	0,5 1,2 0,5 1 0,28	87									
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				<b>88</b>									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokittelustaikko	<b>1. Pienet asuinrakennukset</b>												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ... 80</td> <td>B: 81 ... 126</td> <td>C: 127 ... 163</td> </tr> <tr> <td>D: 164 ... 243</td> <td>E: 244 ... 373</td> <td>F: 374 ... 443</td> </tr> <tr> <td>G: 444 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ... 80	B: 81 ... 126	C: 127 ... 163	D: 164 ... 243	E: 244 ... 373	F: 374 ... 443	G: 444 ...		
A: ... 80	B: 81 ... 126	C: 127 ... 163											
D: 164 ... 243	E: 244 ... 373	F: 374 ... 443											
G: 444 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	<b>B</b>												
<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. Vakiodusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI													
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)													
<p>Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".</p>													

## Liite 6. Alkuperäinen energiatodistus VILP

ENERGIATODISTUS 2018	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Uudispientalo Helkuntie 79 01830 LEPSÄMÄ
Pysyvä rakennustunnus:	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	2024
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Yhden asunnon talot
Todistustunnus:	503089
Energiatodistus on laadittu	
<input checked="" type="checkbox"/> Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haattaessa	
<input type="checkbox"/> Uudelle rakennukselle käyttöönottovaiheessa	
<input type="checkbox"/> Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä:	
	Energiatehokkuusluokka
A	
B	B 2018
C	
D	
E	
F	
G	
Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus	kWh <sub>e</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi) 93 ≤ 111
Todistuksen laatija: Matikka, Kimmo	Yritys: KM Solutions Oy
Sähköinen allekirjoitus: Matikka, Kimmo 25.01.2024 17:54:39	
Todistuksen laajimpäivä: 25.01.2024	Viimeinen voimassaolopäivä: 25.01.2034



YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala	148,0 m <sup>2</sup>												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesi-ilmalämpöpumppu, Sähkö												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys												
	Vallox 101 MV												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	-	kWh <sub>e</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)									
kaukolämpö	11442	77	0,5	93									
sähkö			1,2										
uusiutuva polttoaine			0,5										
fossiilinen polttoaine			1										
kaukojäähdytys			0,28										
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				93									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokittelusteikko	1. Pienet asuinrakennukset												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ... 80</td> <td>B: 81 ... 126</td> <td>C: 127 ... 163</td> </tr> <tr> <td>D: 164 ... 243</td> <td>E: 244 ... 373</td> <td>F: 374 ... 443</td> </tr> <tr> <td>G: 444 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ... 80	B: 81 ... 126	C: 127 ... 163	D: 164 ... 243	E: 244 ... 373	F: 374 ... 443	G: 444 ...		
A: ... 80	B: 81 ... 126	C: 127 ... 163											
D: 164 ... 243	E: 244 ... 373	F: 374 ... 443											
G: 444 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	B												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti, 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, sujanapitoilmitukset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI													
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)													
Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".													

## Liite 7. Paranneltu energiatodistus maalämpö

ENERGIATODISTUS 2018	
<b>LUONNOSVERSIO - virallinen todistus ARA:n valvontajärjestelmästä</b>	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Hirsitalo 1
Pysyvä rakennustunnus:	01830
Rakennuksen valmistumisvuosi:	?
Rakennuksen käyttötarkoituusluokka:	Pientalo
Todistustunnus:	?
Energiatodistus on laadittu: Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa	
	Energiehokkuusluokka
A	
B	B 2018
C	
D	
E	
F	
G	
	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
Rakennuksen laskennallinen energiehokkuuden vertailuluku eli E-luku	82
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus (Huom! Yliäoleva on 2018 säädöksen vaatimustaso mahdolliset helpotukset huomioiden)	133
Todistuksen laatija:	Yritys:
?	?
Sähköinen allekirjoitus:	?
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:
24.04.2024	?

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

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	148												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Maalämpöpumppu Jämä Star Inverter RST 6 / Maalämpöpumppu Jämä Star Inverter RST 6												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vallox 101 MV (10-98 L/s)												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)			kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)								
Sähkö	10043	68	1.20	81.4									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3111	21.0											
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				82									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko	Erilliset pientalot												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ...80</td> <td>B: 81 ... 126</td> <td>C: 127 ... 163</td> </tr> <tr> <td>D: 164 ... 243</td> <td>E: 244 ... 373</td> <td>F: 374 ... 443</td> </tr> <tr> <td>G: 444 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ...80	B: 81 ... 126	C: 127 ... 163	D: 164 ... 243	E: 244 ... 373	F: 374 ... 443	G: 444 ...		
A: ...80	B: 81 ... 126	C: 127 ... 163											
D: 164 ... 243	E: 244 ... 373	F: 374 ... 443											
G: 444 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	B												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapoltolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI													
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)													
<p>Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".</p>													

## Liite 8. Paranneltu energitodistus VILP

ENERGIATODISTUS 2018	
<b>LUONNOSVERSIO - virallinen todistus ARA:n valvontajärjestelmästä</b>	
Rakennuksen nimi ja osoite:	<b>Hirsitalo 1</b>
	<b>01830</b>
Pysyvä rakennustunnus:	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	?
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	
<b>Pientalo</b>	
Todistustunnus:	?
Energiatodistus on laadittu: Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa	
	Energiatehokkuusluokka
<b>A</b>	
<b>B</b>	<b>B 2018</b>
<b>C</b>	
<b>D</b>	
<b>E</b>	
<b>F</b>	
<b>G</b>	
Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi 88
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus (Huom! Ylioleva on 2018 säädöksen vaatimustaso mahdolliset helpotukset huomioiden)	133
Todistuksen laatija:	Yritys:
?	?
Sähköinen allekirjoitus:	?
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:
<b>24.04.2024</b>	?

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

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	148												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	VILP Jäsپی Tehowatti Air NORDIC 12 / VILP Jäsپی Tehowatti Air NORDIC 12												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vallox 101 MV (10-98 L/s)												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)			kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)								
Sähkö	10820	73	1.20	87.7									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3111	21.0											
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				88									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokittelustaieikko	Erilliset pientalot												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ...80</td> <td>B: 81 ... 126</td> <td>C: 127 ... 163</td> </tr> <tr> <td>D: 164 ... 243</td> <td>E: 244 ... 373</td> <td>F: 374 ... 443</td> </tr> <tr> <td>G: 444 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ...80	B: 81 ... 126	C: 127 ... 163	D: 164 ... 243	E: 244 ... 373	F: 374 ... 443	G: 444 ...		
A: ...80	B: 81 ... 126	C: 127 ... 163											
D: 164 ... 243	E: 244 ... 373	F: 374 ... 443											
G: 444 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	B												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI													
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)													
<p>Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".</p>													

## Liite 9. E-luvun laskennan lähtötiedot

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
<b>Päätiedot</b>				
Rakennuskohde:	Uudispienitalo			
Osoite 1:	Helkuntie 79			
Osoite 2:	01830 Lepsämä			
Todistustunnus:	863/2023/KMS			
Kiinteistötunnus:	543-409-16-15			
Rakennustunnus:				
Rakennusluvan hakemisvuosi:	2023			
Valmistumisvuosi:	2023			
Rakennuksen käyttötarkoitus:	Yhden asunnon talot			
Pääsuunnittelija:	Markku Valimaa			
Laskelman tekijä:	Kimmo Matikka			
Yritys:	KM Solutions Oy			
Tilaaja:	Aleksi Nurmi			
Päiväys:	28.01.2023			
Sijainti/paikkakunta:	Nurmijärvi=1			
<b>Rakennusluokka:</b>	<b>1 Hirsitalo</b>			
Kerroslukumäärä:	1			
Rakennustilavuus (m³):	553			
Rakennuksen ilmatilavuus (m³):	392			
Maanpäällinen kerrostasoala (m²):	160			
Lämmitetty nettoala Anetto (m²):	148			
Lämpökapasiteetti Crak omin (Wh/m²K):	110			
Ulkopuolisen tilan lämpötila:	17.0 astetta			
Asuntojen lukumäärä:	1			
Laskentamallin tila:	Lupa haettu			
Rakennuslupa hyväksytty (pvm):				
Käyttöönottotarkastus suoritettu (pvm):				
<b>Rakenneosat</b>				
<b>rakenneosa:</b>	<b>Pinta-ala:</b>	<b>U-arvo:</b>	<b>g-arvo:</b>	<b>Fverho * Fkehä:</b>
	m²	W/m²K		
Hirsiseinä ulkoilmaa vasten	119.6	0.54		
Yläpohja ulkoilmaa vasten	147.9	0.06		
Alapohja (maanvastainen)	147.9	0.13		
Ikkunat pohjoiseen	6.5	0.8	0.630	0.75
Ikkunat itään	4.2	0.8	0.630	0.75
Ikkunat etelään	15.7	0.8	0.630	0.75
Ikkunat länteen	8.3	0.8	0.630	0.75
Uiko-ovet	4.4	0.8		
<b>Kylmäsiilat</b>				
<b>Kylmäsiilat:</b>	<b>Pituus:</b>	<b>Lisäkonduktanssi:</b>		
	m	W/mK		
US-US (ulkonurkka)	15.9	0.04		
US-US (sisänurkka)	5.3	-0.04		
US-YP	59.9	0.05		
US-AP	59.9	0.06		
US-ikkunat	95.9	0.04		
US-ovet	13.0	0.04		
<b>Ilmanvaihto</b>				
<b>Vaipan ilmanvuodot:</b>				
Ilmanvuotoluku q50:	3			
<b>Ilmanvaihto:</b>				

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT												
Kuvaus	Vallox 101 MV (10-98 L/s)											
LTO %:	72.1											
Ominaisähköteho/SFP-luku (kW/m <sup>2</sup> /s):	1.54											
Muu ilmanvaihtojärjestelmän sähköteho (W):	0											
Tuloilman lämpötilan asetusarvo:	17 astetta											
Jäteilman lämpötila mitoitustilanteessa:	-3.7 astetta											
Poistoilmamäärän suunnitteluarvo (L/s):	59.2											
Poistoilmamäärän suunnitteluarvo ilman LTO-vaatimusta (L/s):	0											
Tuloilman suhde poistoilmavirtaan:	0.9											
Lämpötilan nousu puhaltimessa:	0.9 astetta											
Esilämmityspiirin vuosituotto:	0 kWh											
IV-laitteessa automaattinen LTO:n poiskytkentä asetustilanteesta ylittyessä:	Kyllä											
LTO:n ja jälkilämmityspatterin kuukausipäälläolo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lämmitysjärjestelmä												
<b>Käyttöveden lämmitys:</b>												
Kuvaus	Maalämpöpumppu NIBE F1145-6											
Käyttöveden varaajahäviöt (kWh/vuosi):	830											
Käyttöveden kiertojohdon häviöt (kWh/vuosi):	1296											
Käyttöveden siirron hyötysuhde:	0.96											
Käyttöveden mitoitusvirtaama (litra/s):	0.25											
Käyttöveden kiertojohdon ominaisteho (W/m <sup>2</sup> ):	0											
Käyttöveden kiertojohdon pumpun ottoteho:	50 W											
Jäteveden LTO:stä hyödynnetty energia:	0 kWh/vuosi											
Sähkölämmityksen hyötysuhde (käyttövesi):	1											
<b>Tilojen lämmitys:</b>												
Kuvaus	Maalämpöpumppu NIBE F1145-6											
Lämmityksen varaajahäviöt (kWh/vuosi):	1300											
Häviöt lämmittämättömään tilaan (kWh/vuosi):	0											
Lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde:	0.8											
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteet (kWh/m <sup>2</sup> ):	1.2											
Varaavien tulisijojen lukumäärä:	0											
Ilmalämpöpumpujen lukumäärä:	0 kpl (SPF-luku=2.8)											
Sähkölämmityksen hyötysuhde (tilojen lämmitys):	1											
Märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tilojen lämmityksestä:	0											
Lämpöpumput												
<b>Maalämpöpumppu:</b>												
Kuvaus	NIBE F1145-6											
Tuotto-osuus lämpöenergian tarpeesta:	0.98											
SPF-luku tilojen lämmitykselle:	4.25											
SPF-luku käyttöveden lämmitykselle:	3.00											
Laskenta ja tulokset												
Tilojen lämmitystapa:	Maalämpöpumppu											
Tilojen varalämmitys:	Sähkövastukset varaajassa											
Käyttöveden lämmitystapa:	Maalämpöpumppu											
Käyttöveden varalämmitys:	Sähkövastukset varaajassa											
Jälkilämmityspatteri:	Sähkö											
Oma sähköntuotanto (kWh/a):	0											