

Petri Södö

**MAATILAN
SUUNNITTELU**

RAKENNUSTEN

LVI-JÄRJESTELMIEN

**MAATILAN
SUUNNITTELU**

RAKENNUSTEN

LVI-JÄRJESTELMIEN

Petri Södö
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t): Petri Södö
Opinnäytetyön nimi: Maatilanrakennusten LVI-järjestelmien suunnittelu
Työn ohjaaja(t): Rauno Holopainen, Mikko Niskala
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018
Sivumäärä: 37

Kuivaniemessä sijaitsevalla maatilalla suunnitellaan uuden hirsitalon ja navetan rakentamista. Maatilalla nykyisin oleva omakotitalo puretaan ja tilalle rakennetaan hirsitalo. Uusi navetta rakennetaan vanhan navetan viereen. Opinnäytetyön aiheena oli tehdä LVI-suunnitelmat maatilan uuteen hirsitaloon ja navettarakennukseen. Tekninen tila sijoitetaan uusien rakennusten vieressä sijaitsevaan autotalliin.

Järjestelmät suunniteltiin voimassa olevien asetusten ja ohjeiden mukaan. LVI-suunnitelmat tehtiin MagiCAD-ohjelmalla. Rakennukset mallinnettiin MagiCAD Room-ohjelmalla ja niiden energiakulutus laskettiin dynaamisella laskentamenetelmällä.

Opinnäytetyössä on esitetty LVI-järjestelmien suunnitteluun liittyvää teoriaa ja suunnitteluratkaisuja kohteessa. Lopullisia laitevalintoja ei vielä tehdä, koska rakennuksen rakentaminen aloitetaan myöhemmin ja laitteet voivat kehittyä nykyistä paremmiksi. Rakennusten suunnittelua vaikeuttivat mahdolliset tulevat tilamuutokset, jotka vaikuttavat myös LVI-järjestelmien suunnitteluun.

Asiasanat: hirsirakennus, navettarakennus, LVI-järjestelmät, tasauslaskenta, energiansimulointi

ALKULAUSE

Haluan kiittää työn ohjauksesta Rauno Holopaista ja Mikko Niskalaa. Lisäksi kiitän Kuusamon hirsitaloa ja Lambergin tilan maatalousyrittäjiä kuvien saamisesta opinnäytetyötäni varten.

Oulussa 17.4.2018

Petri Södö

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 LÄMMITYS	7
3 ILMANVAIHTO	8
4 KÄYTTÖVESI JA VIEMÄRÖINTI	9
5 KOHTEEN SUUNNITTELU	10
5.1 Lämmitysjärjestelmän suunnittelu	10
5.1.1 Lämpöhäviöt	11
5.1.2 Lämmityksen lämpöjohdot	14
5.1.3 Maalämmön suunnittelu	16
5.2 Ilmanvaihdon suunnittelu	17
5.2.1 Hirsitalon ilmanvaihto	18
5.2.2 Navetan karjatilan ilmanvaihto	22
5.2.3 Navetan toimiston ilmanvaihto	22
5.3 Käyttöveden ja viemäroinnin suunnittelu	23
5.3.1 Navetan käyttövesi ja viemärointi	23
5.3.2 Hirsitalon käyttövesi ja viemärointi	24
5.4 LVI-järjestelmien rakennuskustannukset	25
6 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	
Liite 1 Tasauslaskin	
Liite 2 Hirsitalon Riuska raportit	
Liite 3 Navetan Riuska raportit	
Liite 4 LVI-suunnitelmat	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana on kuivaniemeläiset maatalousyrittäjät Matti ja Tarja Södö. Tilalla on navetta, jossa tuotetaan maitoa meijerille. Nykyiset yrittäjät jatkoivat tilan toimintaa sukupolvenvaihdoksen jälkeen vuonna 1983. Maatilalla oleva omakotitalo puretaan ja tilalle rakennetaan hirsitalo. Uusi navetta rakennetaan vanhan navetan viereen.

Opinnäytetyön aihe on suunnitella uuteen pihattonavettaan ja hirsitaloon LVI-järjestelmät sekä laskea niiden kustannukset. Nykyinen lämmitysmuoto korvataan maalämmöllä. Vanhat rakennukset, kuten navetta ja autotalli jäävät varastotiloiksi. Navetan ja hirsitalon rakentaminen aloitetaan mahdollisesti vuonna 2020, kun maatilán uusi yrittäjä on varmistunut. Työssä tarkastellaan myös rakentamiskustannuksia LVI-järjestelmien osalta.

2 LÄMMITYS

Rakennuksen lämmittämiseen tarvitaan lämpöenergiaa. Lämmön jakeluun on mahdollista käyttää vesikiertoista verkostoa tai sähkölämmitystä. Lämmönjakelujärjestelmiä on mahdollista yhdistää erilaisissa tilanteissa. Lämpöä voidaan tuottaa erilaisilla menetelmillä esimerkiksi öljyllä ja sähköllä. Tässä työssä perehdytään maalämpöön lämmöntuotantomenetelmänä, jolla tuotetaan lämpöenergiaa rakennuksen lattialämmitysjärjestelmään.

Maalämmöllä tarkoitetaan maahan, kallioon tai vesistöön auringon säteilystä sitoutunutta energiaa. Energiaa otetaan talteen keruupiireillä tai porakaivoilla, joissa kiertävä maalämpöneste ohjataan maalämpöpumpulle, joka siirtää lämpöenergian kylmäaineen välityksellä lämmitettävään nesteeseen. Maalämpöä voidaan käyttää käyttöveden ja lämmitysjärjestelmän nesteen lämmittämiseen. Maalämpöpumpun porakaivon mitoitukseen vaikuttaa useita tekijöitä, kuten sijainti ja maalämpöpumpun teho. Porakaivon syvyudeksi riittää yleensä 100 - 200 metriä ja porakaivoja on mahdollista tehdä useita tarvittavan energianmäärän mukaan. (1.)

Ennen rakentamista tulee selvittää, onko maalämmön asentaminen mahdollista kiinteistölle. Keskustelu ja ilmoittaminen naapureille on hyvä aloittaa jo ennen hakemuksen laatimista. Kiinteistön maaperä tulee selvittää mahdollisen pohjavesialueen varalta. Energiakaivon sijoittamisessa otetaan huomioon kiinteistöllä valmiiksi olevat vesi- ja viemärlaitteet. Maalämpöpumpun asentajalla tulee olla maalämpö- ja sähköasennuksiin kuuluvat pätevyudet. (2.)

Uusien pientalojen yleisin lämmönjakotapa on vesikiertoinen lattialämmitys (3). Lattialämmitysverkostossa kiertää yleensä korkeintaan noin 40 °C:n vesi. Lattialämmitys sopii kaikkiin huonetiloihin ja lähes kaikkien pintamateriaalien kanssa käytettäväksi. Kosteisiin tiloihin asennettava lätilämmityspiiri pidetään yleensä päällä myös kesällä. Lattialämmitystaloissa ja suurissa taloissa on yleensä parempi maalämmön vuosihyötysuhde kuin patterilämmitystaloissa. (3.)

3 ILMANVAIHTO

Ilmanvaihdon määräykset on esitetty asetuksessa 1009/2017. Ilmavirtojen ohjearvoja on esitetty Finvacin raportissa (2017) ”Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet”. Huonetilojen oleskeluvyöhykkeellä on saavutettava tyydyttävä sisäilmasto. Ilmanvaihdolla pyritään hallitsemaan sisäilmaston puhtautta, lämpötilaa ja kosteutta. Vetoa ja melua ei saa esiintyä oleskeluvyöhykkeellä haitallista määrää. Ilmanvaihto suunnitellaan riittäväksi, jottei rakenteisiin tiivisty kosteutta ja synny kosteusvaurioita. Ympärivuotisessa käytössä olevalta rakennukselta edellytetään ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) huomioimista. Rakennukseen voidaan suunnitella painovoimainen ilmanvaihto ilman LTO:ta, kunhan rakennuksen suunnitteluratkaisu täyttää tasauslaskennan ja E-luvun arvot. (4.)

Päätelaitteiden asennuksen esimerkkejä on esitetty Finvacin raportissa (2017) ”Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet”. Tuloilmalaite tulisi sijoittaa makuuhuoneissa vuoteen paikan päätyseinään. Siirtoilmareittinä asuinhuoneista muihin poistolla varustettuihin tiloihin voidaan käyttää ovirakoa arvoon 18 dm³/s saakka, mutta ääneneristyksen vuoksi suositeltavaa käyttää erillistä siirtoilmalaitetta. Keittiöissä on suositeltavaa olla liesikupu tai -tuuletin, jonka ilmavirtaa voidaan tehostaa asuntokohtaisesti. Ilmanvaihdon toimiessa normaalissa käyttötilanteessa ilmannonopeus oleskeluvyöhykkeellä ei saa ylittää 3 minuutin mittausjakson aikana 0,2 m:ä/s mitattuna suuntariippumattomalla nopeuden mittauslaitteella. (5.)

Maatalouden kotieläin- ja muiden tuotantorakennusten ilmanvaihto- ja lämmityslaitteiden suunnittelussa on otettava huomioon soveltuvin osin Suomen rakentamismääräyskokoelman uudistetut ohjeet. Ilmanvaihdolla ja lämmityksellä huolehditaan eläinsuojan huoneilmastosta, jotta eläimet voivat hyvin ja eläinten hoitajan työolosuhteet ovat tarkoituksenmukaiset. (6.)

4 KÄYTTÖVESI JA VIEMÄRÖINTI

Kiinteistön vesilaitteistosta otettava vesi ei saa aiheuttaa terveydellistä tai muuta haittaa tai vaaraa. Vesilaitteistosta on saatava käyttötarkoituksen vaatima vesimäärä. Vesilaitteisto on sijoitettava siten, että sen käytöstä ei aiheudu tapaturmariskiä tai hygieenisten haittojen vaaraa. Vesilaitteiston suunnittelussa ja toteutuksessa otetaan huomioon hyvän energiatalouden vaatimukset. Vesijohto ja siihen liittyvä laitteisto on asennettava rakennukseen siten, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita ajoissa ja vesijohto voidaan helposti korjata. Märkätilojen lattioihin ei saa tehdä läpivientejä vesijohdoille. (7.)

Kiinteistön jätevesilaitteisto on suunniteltava ja asennettava siten, että siitä ei aiheudu terveydellistä vaaraa, epämiellyttäviä hajuja, viemäritulvia, melua tai muita haittoja. Jätevesilaitteistoa suunniteltaessa on otettava huomioon sen sijoitus tarkoituksenmukaisesti ja sen tulee olla kestävä ja käyttövarma. Jätevesilaitteistoa ei saa kuormittaa tarpeettomasti ylimääräisillä laitteilla, jotka aiheuttavat melua. Jätevedessä ei saa olla vahingollisia aineita, joista on haittaa kiinteistön jätevesijärjestelmälle tai vesihuoltolaitokselle. Jätevedet on käsiteltävä ennen ympäristöön päästämistä, jotta niistä ei aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa. (7.)

5 KOHTEEN SUUNNITTELU

Suunniteltava navetta ja hirsitalo sijaitsevat Kuivaniemessä ja rakennusten rakentaminen on tarkoitus aloittaa 2020. Kohteessa on tällä hetkellä vuonna 1983 valmistunut navetta, josta tehdään kylmävarasto työkoneille. Vanhat LVI-putkistot puretaan navetasta. Nykyisen omakotitalon tilalle rakennetaan hirsitalo, koska vanhan omakotitalon kunto on vuosien aikana heikentynyt ja sen korjaamisesta tulisi huomattavat kustannukset.

Tekninen tila sijoitetaan uusien rakennusten vieressä sijaitsevaan autotalliin. Nykyisin rakennuksia lämmitetään hakkeella. Huonon kunnan vuoksi hakekattila ja sen hakesiilo puretaan ja uusien rakennusten lämmitysmuodoksi mitoitetaan tilaajan toiveesta maalämpö. Lämpökanaaleilla siirretään teknisestä tilasta lämmitys- ja käyttövesi navettaan ja hirsitaloon. Hirsitalon ja navetan toimisto-osan lämmönjakojärjestelmäksi tilaaja valitsi lattialämmityksen.

.

5.1 Lämmitysjärjestelmän suunnittelu

Hirsitalo sijaitsee Kuivaniemessä, joten mitoittavana ulkoilmanlämpötilana käytetään arvoa -32 °C . Hirsitalon sisälämpötilaksi valitaan 21 °C . Hirsitalon alapohjaan asennetaan lattialämmityspiirit.

Hirsitalosta laskettiin laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku) Riuska-ohjelmistoa käyttäen. Hirsitalosta ja navetasta laskettiin energiankulutus Riuskalla. Riuska-ohjelmistossa käytettävät arvot katsotaan energiantehokkuuden uudistetuista ohjeista. Voimassa olevan ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) mukaan hirsitalon E-luku saa olla korkeintaan $118\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Riuska-mallituksen perusteella talon E-luku on $118\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Navetan energiankulutuksen arviointiin käytettiin soveltuvilta osin energiatehokkuuden ohjeissa olevia toimistorakennuksen ohjearvoja. Riuska-raportit ovat liitteenä. (8.)

Eläintilojen lämmönkulutukseen vaikuttavat ilmanvaihdontarve, lämpötilan ero sisällä ja ulkona sekä rakenteiden U-arvo, rakennuksen muoto ja koko. Ulkoilman mitoituslämpötiloina käytetään -32 °C alueittain määrättyä ulkoilman mitoituslämpötilaa. Kylmiä lypsykarjapihattoja suunniteltaessa ei karjatilassa tarvitse huomioida rakennusosien lämmöneristyksen määräyksiä, mutta keskeisenä vaatimuksena on vedottomuuden aikaansaaminen. (4.)

Navetan karjatilaan ei tule erillistä lämmitystä, koska kyseessä on pihattonavetta. Ilmanvaihtoa ja lämpötilaa säädellään ulkoseiniin sijoitettavalla avattavalla verholla ja katonrajaan sijoitettavilla ilmaa sekoittavilla puhaltimilla. Navetan toimisto-osan lämmitysjärjestelmäksi suunnitellaan lattialämmitys. Lämmitykselle mitoitetaan jakotukkikaappien syöttöputket lämmitystarpeen mukaan. Lattialämmityskuvat toteutetaan laitetoimittajan ohjeiden mukaan.

5.1.1 Lämpöhäviöt

Hirsitalon rakenteiden U-arvoina käytetään ympäristöministeriön asetuksen 2017 ”Uuden rakennuksen energiatehokkuudesta” vertailuarvoja, joiden perusteella saadaan MagiCAD-ohjelman avulla mallinnettua rakennuksen huonekohtainen lämpöhäviö. Vertailuarvot ovat esitetty kuvassa 1.

Lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo on laskettava käyttämällä rakennusosien lämmönläpäisykertoimina seuraavia vertailuarvoja:

a) seinä	0,17 W/(m ² K);
b) massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm	0,40 W/(m ² K);
c) yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m ² K);
d) ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17 W/(m ² K);
e) maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/(m ² K);
f) ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0 W/(m ² K).

KUVA 1 Rakenteiden U-arvot

Massiivipuuseinien maksimi U-arvo $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ saavutetaan esimerkiksi vähintään 270 mm paksulla hirrellä. Hirsitalon yläpohjan U-arvo $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ saavutetaan lisäämällä puhallusvillan määrää yläpohjassa. Maanvaraisen alapohjan U-arvo $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ hirsitalossa saavutetaan lisäämällä eristystä. U-arvojen esimerkkilaskelmat on esitetty taulukossa 1. Alapohjan reuna- ja sisäalueen laskelmassa keskimääräinen U-arvo saadaan painottamalla reuna- ja sisäpinta-alat hirsitalon pinta-alalla.

TAULUKKO 1 Esimerkki hirsitalon rakenteiden U-arvolaskelmista

Rak	Materiaali	d	λ_n	R		
US1		m	W/mK	m^2K/W		
	R_{si}			0,13		
	Puu	0,27	0,12	2,25		
	R_{se}			0,04	U	
			ΣR	2,42	0,41	
Rak	Materiaali	d	λ_n	R		
YP2		m	W/mK	m^2K/W		
	R_{si}			0,1		
	Kipsilevy	0,013	0,23	0,06		
	R_g			0,16		
	R_q			0,02		
	puh.villa	0,5	0,041	12,20		
	R_u			0,3		
	R_{se}			0,04	U	
			ΣR	12,87	0,08	
YP2.2		m	W/mK	m^2K/W		
	R_{si}			0,1		
	kipsilevy	0,013	0,23	0,06		
	R_g			0,16		
	R_q			0,02		
	puh.villa	0,5	0,041	12,20		
	puu	0,098	0,12	0,82		
	R_u			0,3		
	R_{se}			0,04	U	
			ΣR	12,87	0,08	
				U_{kok}	0,08	
AP RA		m	W/mK	m^2K/W		
	R_{si}			0,17		
	betoni	0,08	1,2	0,07		
	polystyreeni	0,15	0,036	4,17		
	so-kerros			0,2		
	R_b			0,8	U	
			ΣR	5,40	0,19	
AP SA		m	W/mK	m^2K/W		
	R_{si}			0,17		
	betoni	0,08	1,2	0,07		
	polystyreeni	0,15	0,036	4,17		
	so-kerros			0,2		
	R_b			3,2	U	U-arvo
			ΣR	7,80	0,13	0,14

Navetan toimisto-osan rakenteista laskettiin seuraavanlaiset U-arvot: ulkoseinä 0,31 W/(m²K), yläpohja 0,18 W/(m²K), alapohja 0,18 W/(m²K) ja väliseinä 0,41 W/(m²K).

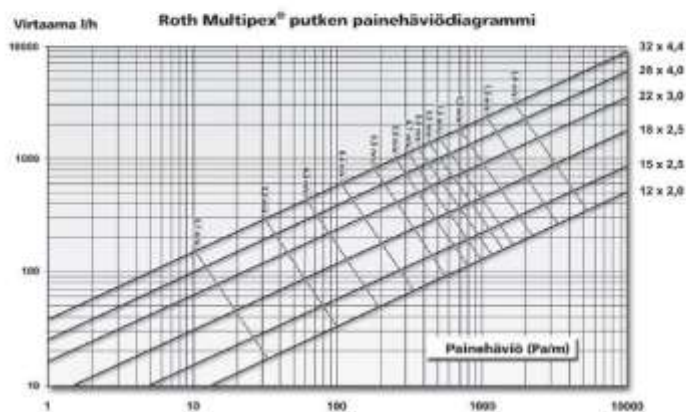
Hirsitalon ja navetan toimisto-osan lämpöhäviöt mitoitetaan MagiCAD-ohjelman avulla. Kokonaislämpöhäviö toimisto-osalla on 6,54 kW ja hirsitalolla 6,18 kW.

5.1.2 Lämmityksen lämpöjohdot

Rakennusten lämmitysverkoston lämpöjohdot viedään maan alla autotallin teknisestä tilasta rakennuksille. Lämpöjohtona voi käyttää esimerkiksi Roth Multipex eristettyä kaksiputkista lämpöjohtoa. Lämpöjohdot kytketään jakotukkeihin kupariputkien avulla. Lattialämmitysjakotukkien paluupuolelle sijoitetaan linjasäätöventtiili. Lattialämmityspiirit toteutetaan laitetoimittajan kuvien perusteella. Jakotukeille mitoitetaan syöttöjohdot lämmitystarpeen ja lämpötilaeron avulla. Lattialämmityksen syöttöputkien mitoitus toteutetaan valmistajan antamien ohjeiden avulla. Kuvassa 2 on valmistajan esimerkkilaskelmat.

Lämmitysjärjestelmän mitoitus

Tarkan lämmitysjärjestelmän mitoitus tulee tehdä markkinoilta saatavien laskentaohjelmien avulla. Näissä ohjelmissa käytetään Roth Multipex[®] putken lämpöjohtokäyttöä ja keruukoefi. 0,0005. Manuaalisessa laskennassa voidaan käyttää ohjesta painehäviödiagrammia siten, että kokonaispainehäviö on suhteessa valttun pumpun nostokorkeuteen.



Esimerkki:

Jakotukin syöttöjohto mitoitetaan seuraavasti:

F= 3,0 kW

Delta T°C= 10°C

Pituus= 20 m (meno + paluu)

Vesivirta= 3000 W x 0,86 = 258 l/h 10°C

Valitse Multipex[®] 22 x 3,0 mm, joka antaa painehäviöksi 0,12 kPa/m. Syöttöjohtoon kokonaispainehäviö = 20m x 0,12 kPa/m = 2,4 kPa

KUVA 2 Lämmitysjärjestelmän mitoitus esimerkki (9)

Hirsitalon tekniseen tilaan ja vaatehuoneeseen sijoitetaan lattialämmitysjakotukki. Jakotukit asennetaan pinta-asennusjakotukkikaappeihin, joihin tulee vuotoilmaisoin. Hirsitalon kokonaislämmöntarve on 6,18 kW. Laskelmat on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2 Mitoitetut syöttöjohdot valmistajan ohjeiden avulla

	JT1	JT2	kanaali
w	4290	1885	6175
l/h	368,94	162,11	531,05
pituus m		30	60
Syöttöputken koko		28x4,0	32x4,4
kPa/m		0,01	0,08
Δp_{tot} (kPa)		0,3	4,8
m/s		0,2	0,4

Navetan lattialämmityksen jakotukki sijoitetaan maituhuoneen ja karjakeittiön väliseinään jakotukkikaappiin. Yläkerran lattialämmityspiirit kulkevat väliseinän sisällä suojaputkissa. Navetan kokonaislämmöntarve on 6,5 kW. Navetan lämmityksen syöttöjohdon mitoitus on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3 Mitoitetut syöttöjohdot valmistajan ohjeiden avulla

	JT1
w	6540
l/h	562,4
pituus m	60
Syöttöputken koko	32x4,4
kPa/m	0,1
Δp_{tot} (kPa)	6
m/s	0,4

5.1.3 Maalämmön suunnittelu

Porakaivo mitoitettiin LPoptima-ohjelmaa käyttäen. Ohjelmaan annetaan tarvittavat tiedot kuten paikkakunta ja talon vuotuinen energiantarve. Energian tarpeet saatiin Riuska-ohjelmalla tehtyjen laskemien perusteella, josta laskettiin lämmityksen ja käyttöveden osuudet LPoptima-ohjelman tarvitseviin kohtiin. Rakennusten maksimi lämpötehoksi ohjelma mitoitaa 16,8 kW. Lämpöpumppu mitoitetaan 80-prosentin osateholla, koska asuinrakennuksessa on takka, jota voidaan hyödyntää lämmitykseen. Osatehoiselle pumpulle ei tarvitse niin syvää porakaivoa, josta tulee säästöjä syvempään kaivoon verrattuna. Maalämpöpumpulla lämmitetään navetan ja hirsitalon käyttövettä ja tarvittaessa sähkövastuksilla, jos lämmityksentarve on hetkellisesti suuri. Ohjelmaan syötetyt tiedot ovat kuvassa 3.

Lämpöpumpun mitoitus: 189 Sodo

Lämpöpumppu | Vaakaputki/ maa | Vaakaputki/ vesistö | Lämpökaivot

Max energiamäärä 47630 kWh/v

Max lämpöteho 16,8 kW

Lämpöpumpputyyppi Varaajalämpöpumppu, perinteinen

Lopullinen putkistovalinta

- Vaakaputki/maa
- Vaakaputki/vesistö
- Lämpökaivo

Takaisin

Lopeta


Raportit

Lämpöpumpun mitoitus

	Teho (kW)	Osuus huipputehosta (%)	Lämpöpumpun osuus max energiantarpeesta (kWh)	%	
LP ohjeellinen	16,8	100	47630	100	Laske
LP mitoitus	13,5	80	47161	99	
Tarvittava lisälämmitys	3,3	20	469	1	
Yhteensä	16,8	100	47630	100	

Maasta otettava energia 29022 kWh/v

Maaputkiston teho 8,31 kW



KUVA 3 LPoptima-mitoitusohjelman mitoitus tiedot

LPOptima-mitoitusohjelmalla saadaan mitoitettua porakaivojen syvyydeksi 146 m. Mitoituslämpötilaero on 2,1 K. Porakaivoja tarvitaan 2 kpl. Putkikoko kaivoissa on PEM50. Maaliuoksena tässä mitoituksessa käytettiin 30-prosenttista etanoliliuosta. Lämpöpumppu mitoitettiin 80 %:n osateholla. Ohjelmasta saadut laskelmat on esitetty kuvassa 4.

Lämpöpumpun mitoitus: 189 Sodo


Lämpöpumppu Vaakaputki/ maa Vaakaputki/ vesistö Lämpökaivot

Maaputkiston teho 8,31 kW Maasta otettava energia 29022 kWh/v Tulostus raporttiin

	Märkä	Valinta	Kuiva
Maaliuos	Etanoliliuos 30 til-%	Etanoliliuos 30 til	Etanoliliuos 30 til-%
Putkiston max painehäviö (kPa)	25	25	25
Porareian aktiivisyys (m)	104	146	146
Porareikien lukumäärä (kpl)	1	2	2
Siirtoputken pituus ja koko		20 PEM50	
Mitoituslämpötilaero (C)	2,4	2,1	2,1
Putkikombinaatio	.OPN6 + 2 x PEM40PN6	1 x PEM50 + 1 x	1 x PEM50 + 1 x PEM50
Massavirta (kg/s)	0,87	0,99	0,99
Tilavuusvirta (dm ³ /s)	0,892	1,020	1,020

Porareikäkohtaiset mitoitustiedot	Meno		Paluu		Meno		Paluu	
	PEM40PN6	PEM40PN6	PEM50	PEM50	PEM50	PEM50	PEM50	PEM50
Putkityyppi	PEM40PN6	PEM40PN6	PEM50	PEM50	PEM50	PEM50	PEM50	PEM50
Rinnakk.putket (m)	2 x 104	2 x 104	1 x 146	1 x 146	1 x 146	1 x 146	1 x 146	1 x 146
Virtausnopeus (m/s)	0,4584	0,4584	0,3899	0,3899	0,3899	0,3899	0,3899	0,3899
Turbulentsuus	2482	2482	2448	2448	2448	2448	2448	2448
Putkiston painehäviö (kPa)	10,8	10,8	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5

Takaisin
Lopeta
Raportit
Etsi
Seuraava
Laska
Pumppu
Help



KUVA 4 LPOptima-mitoitusohjelman laskelmat

5.2 Ilmanvaihdon suunnittelu

Ilmanvaihdon suunnittelussa otetaan huomioon Finvacin (2017) ”Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet” tekemät ohjeet. Ilmanvaihdon tulee olla riittävä rakennuksessa, jotta rakennuksen huoneilmalaatu pysyy halutulla tasolla. Tuloilman lämpötilaksi mitoitetaan 18 °C.

5.2.1 Hirsitalon ilmanvaihto

Hirsitalon ilmanvaihtoa mitoitettaessa otetaan huomioon Finvacin (2017) ”Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet” tekemät ohjeet asuinrakennuksille, joiden perusteella rakennuksen tulo- ja poistoilmavirrat mitoitetaan tasapainoon. Mitoitetut ilmavirrat huonekohtaisesti on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4 Hirsitalon mitoitettut huonekohtaiset ilmavirrat.

Huone nro.	Tunnus	Tuloilma [l/s]	Poistoilma [l/s]
1	TEKN.	0	6
2	MH1	12	0
3	MH2	8	0
4	WC	0	7
5	OH	10	0
6	ET + käytävä	0	6
7	Ruokailu	10	0
8	Keittiö	0	10
9	MH3	12	0
10	KHH	0	10
11	PH	0	13
12	Sauna	6	6
13	WC	0	6
14	VH	0	6
15	MH4	12	0
	yht.	70	70

Hirsitalon ilmanvaihtojärjestelmä suunnitellaan MagiCAD-ohjelmalla. Ilmanvaihtojärjestelmän kanaviston sijoituksessa tulee ottaa huomioon rakennuksen rakenteet, jotta kanaviston asennuksessa päästään pohjakuvien mukaiseen lopputulokseen.

MagiCAD-ohjelmalla suunnitellun kanaviston painehäviöiksi saatiin taulukon 5 esittämät painehäviöt.

TAULUKKO 5 Kanavistojen aiheuttamat painehäviöt

Tulo	Poisto	Ulko	Ulospuhallus	
48,4	-74,3	-30,5	16,7	Pa

Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde lasketaan käyttämällä LTO-Laskin 2018 Excel-laskuria. Voimassa olevan asetuksen mukaan ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhteen vertailuarvo on 55 %. Hirsitaloon valittiin ilmanvaihtokoneeksi Vallox 110 MV, jonka varmennettu LTO:n vuosihyötysuhde on 75 % (kuva 6). Talon keittiössä on liesikupu, joka on kytketty huippumuriin (LTO = 0 %). Hirsitalon ilmanvaihdon LTO:n hyötysuhde on näillä lähtöarvoilla ja asetuksen mukaisilla ilmavirroilla ja käyttöajoilla 72,8 %. Excel-laskelmat on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6 LTO-Laskin

								Poistoilmavirta, m ³ /s [Q _{v, a}]	Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _{av}]
Taulukko 1. Lämpimät tilat								0,072	72,8 %
Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat ilmanvaihtokoneet		Käyttötapa	Mitoitus-tuloilmavirta, m ³ /s	Mitoitus-poistoilmavirta, m ³ /s	Käyttö-ilmavirta-konein	Käyttöajan keskimääräinen poistoilmavirta, m ³ /s	Käyntiaikatekijät t _a t _o	Käyntiajoilla painotettu poistoilmavirta, m ³ /s	Ilmanvaihtokoneen LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _{av, koneet}]
Kone	Palvelualue								
Pientalokone	Koko rakennus	Jatkuva	0,07	0,07	1	0,070	24 7	0,070	75 %
Huippumun	Keittiön liesikupu	Tehostus		0,025	1	0,025	2 7	0,002	0 %

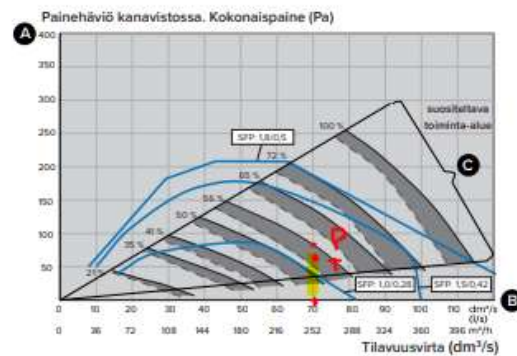
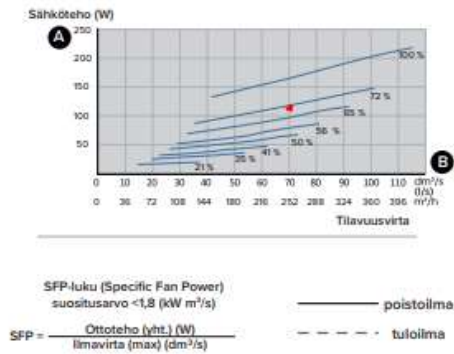
Ilmanvaihtokoneeksi hirsitaloon suunnitellaan Vallox 110 MV. Vallox 110 MV on tarkoitettu käytettäväksi asunnon ilmanvaihtokoneena. Koneen puhaltimien toimintapisteeet ja tarkemmat tekniset tiedot kuvassa 5.

TEKNISET TIEDOT

Nimikkeet Vallox 110 MV R Vallox 110 MV L	Tuotenumerot 3446650 3446750	LVI-numerot 7912035 7912040	Lisälämmitysatteri	Sähkö 900 W
Ilmämäärät	Tuloilma Poistoilma	107 l / s, 386m ³ /h, 100 Pa 113 l / s, 407m ³ /h, 100 Pa	Puhaltimet	Tuloilma Poistoilma
Sähköliitäntä		230 V, 50 Hz, 9.6 A pistotulppa	Hyötösytyhteet	Vuosihyötösuhde Tuloilmahyötösuhde Ominais sähköteho (SFP)
Koteointiluokka		IP 34	Suodattimet	G4 ja F7 G4
Jälkilämmitysatteri		Sähkö, 900 W	Lämmöntalteenoton ohitus	Automaattinen
Etuilämmitysatteri		-	Paino	64 kg
			Mitat (leveys x korkeus x syvyys)	638 x 678 x 472 mm

PUHALTIMEN OTTOTEHOT

TULO-/POISTOILMAMÄÄRÄT



ÄÄNIARVOT

Säätöasento	Koneesta tuloilmakanavistoon lähtevä äänitehotaso oktaavikaistoittain L _p dB								Koneesta poistoilmakanavistoon lähtevä äänitehotaso oktaavikaistoittain L _p dB							
	21 %	35 %	41 %	50 %	56 %	65 %	72 %	100 %	21 %	35 %	41 %	50 %	56 %	65 %	72 %	100 %
Ilmavirta dm ³ /s (l/s)	25,7	39,3	44,9	51,0	57,5	67,6	76,6	88,9	27,8	43,1	46,7	58,8	61,9	70,8	78,4	88,8
Ilmavirta m ³ /h	92,52	141,48	161,64	183,6	207	243,36	275,76	320,04	100,08	155,16	168,12	211,68	222,84	254,88	282,24	319,68
Oktaavi- kaistan keski- taajuus Hz	63	60	65	68	69	72	74	75	77	58	62	65	68	72	74	73
125	55	63	66	69	71	72	74	78	45	52	56	58	62	64	65	68
250	49	57	60	64	66	68	70	73	32	38	41	45	48	51	53	56
500	49	51	53	56	59	61	63	67	36	45	43	46	48	51	53	56
1000	46	53	55	58	60	62	63	65	31	37	39	42	43	45	47	50
2000	37	46	50	54	57	60	62	65	19	25	28	31	33	36	38	41
4000	27	39	43	47	50	53	56	60	-	-	13	16	21	23	26	30
8000	-	26	32	37	42	46	49	55	-	-	-	-	-	-	-	20
L _p dB	62	68	71	73	76	77	79	82	58	62	65	68	72	74	74	77
L _{wa} dB(A)	50	56	59	62	65	67	69	72	37	44	46	48	51	53	55	58
Koneesta valpan läpi tuleva A-painotettu äänitaso dB (A) huoneilassa, johon se on asennettu (10 m ² :n äänenabsorptio)																
SÄÄTÖASENTO / ILMAVIRRAT (tulo/poisto)																
Säätöasento	21 %	35 %	41 %	50 %	56 %	65 %	72 %	100 %								
Ilmavirta dm ³ /s (l/s)	29/32	45/50	51/59	60/67	67/75	77/84	84/90	98/105								
Ilmavirta m ³ /h	104,4/115,2	162/180	183,6/212,4	216/241,2	241,2/270	277,2/302,4	302,4/324	352,8/378								
L _{wa} dB (A)	24	32	32	35	37	40	42	45								

Vallox-ilmanvaihtokoneiden vuosihyötysuhde on varmennettu VTT:n tutkimuksella. Kuvassa 6 on esitetty energiatehokkuuslaskelmat. Ilmanvaihtokoneiden energiatehokkuuslaskelmat ovat tehty paikkakunnan mitoitus tietojen perusteella.



TUOTESERTIFIKAATTI

Liite VTT:n tuotesertifikaattiin Nro VTT-C-9168-12
3 (5)

Ilmanvaihtokone Vallox 110 SE

Keski-Suomen sääoloissa

Asunnon ilmanvaihtokoneen energiatehokkuuden laskennan lähtötiedot

Säätiedot	Jyväskylän testivuosi TRY 2012
Ulkoilman mitoituslämpötila	-32 °C
Ulkoilman keskilämpötila lämmityskaudella	-0,1 °C
Poistoilman lämpötila	21 °C
Tuloilman lämmityspatterin asetuslämpötila	15 °C
Tuloilman maksimilämpötilan rajoitus	ei rajoiteta
Jäteilman minimilämpötila, LTO:n jäätymissuojaus	-4,7 °C
Lämmitysraja (ulkoilman maksimilämpötila)	12 °C
Keskimmäinen poistoilmavirta	50 dm ³ /s

Ilmanvaihtokoneen mitattuihin suoritusarvoihin perustuvat lähtötiedot

Laskennan perusteena oleva käyttöaika	Säätö-asento	Paine ulko- ja tuloilmakanavistoissa	Tuloilmavirta	Paine poisto- ja jäteilmakanavistoissa	Poistoilmavirta	Ilmanvirta-suhde (tulo/poisto)	Sähkö-teho	Tuloilman lämpötila-hyötysuhde LTO:ssa
		Pa	dm ³ /s	Pa	dm ³ /s	%	W	%
0,0 h/vrk	SA8	167	92	181	95	97	196	79
0,0 h/vrk	SA7	123	79	137	83	96	130	80
0,0 h/vrk	SA6	101	72	114	76	95	103	81
2,0 h/vrk	SA5	77	63	91	67	93	77	82
11,5 h/vrk	SA4	61	56	72	60	93	60	83
2,5 h/vrk	SA3	44	47	52	51	93	43	84
0,0 h/vrk	SA2	32	41	39	44	92	32	84
8,0 h/vrk	SA1	15	28	19	31	91	19	85

Laskentamenetelmä

Ympäristöoppaan 106 ja Ympäristöministeriön monisteen 122 mukainen ulkolämpötilan pysyvyysetietoihin perustuva laskentamenetelmä.

Lämmöntalteenoton (LTO) VTT:n laskentamalli LTOCALC.

Asunnon ilmanvaihtokoneen energiatehokkuuden laskennan tulokset

Ilmanvaihdon laskennallinen energiantarve, kWh vuodessa

Ilmanvaihdon lämmityksen energiantarve ilman lämmöntalteenottoa	8 725 kWh/a	100 %
Ilmanvaihdon lämmityksen energiantarve lämmöntalteenoton kanssa	2 204 kWh/a	25 %
Poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia	6 521 kWh/a	75 %

Tuloilman lämmityspatterin energiankulutus	176 kWh/a
Ilmanvaihtokoneen sähkönkulutus (ei sisällä lämmitystä)	401 kWh/a

Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, η_p	75 %
Ilmanvaihtokoneen ominais sähköteho	0,9 kW/(m ³ /s)
Lämpökerron	1 kWh sähköä tuottaa 16,3 kWh lämpöä

Todellinen energiankulutus ja lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde riippuvat tuotteen käyttötavoista ja ilmastosta.

Copyright © VTT Expert Services Oy 2012

KUVA 6 Vallox 110 ilmanvaihtokoneen energiatehokkuus laskentatulokset (tuotesertifikaatti)

5.2.2 Navetan karjatilän ilmanvaihto

Navetan karjatilän puolella ilmanvaihdosta huolehditaan avaamalla ja sulkemalla rakennuksen ulkoseinällä olevia avattavia verhoja. Ilmanvaihto tehostuu verhoja avattaessa ja pienenee sulkemalla verhot. Karjan oleskelunvyöhykkeen yläpuolelle sijoitettavilla puhaltimilla sekoitetaan navetan huoneilmaa. Rakennuksen poistoilma poistuu painovoimaisesti katonharjassa olevan tuuletusraon kautta. Painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta navettarakennuksessa on kuvattu tarkemmin lähteessä 10 ”Opas painovoimaisen ilmanvaihdon toteutukseen nautakarjarakennuksissa”.

5.2.3 Navetan toimiston ilmanvaihto

Toimisto-osassa on koneellinen ilmanvaihto. Ilmanvaihdon mitoituksessa on käytetty Finvacin (2017) ”Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet” annettuja ohjeita. Maitohuoneen, navettakeittiön ja toimiston ilmanvaihdon tarpeet on arvioitu pinta-alan perusteella. Taulukossa 7 on esitetty suunnitellut ilmavirrat huonekohtaisesti.

Ilmanvaihtokone sijoitetaan toimisto-osan korkean käytävän katonrajaan. Kanavisto suunnitellaan kulkeväksi yläpohjassa ja alemman kerroksen katonrajassa. Kanavisto

eristetään ullakolla vähintään 100 mm:n vahvuisella lämpöeristeellä. Ilmanvaihtokoneeksi valitaan Vallox-110 MV.

TAULUKKO 7 Navetan sosiaalitilojen suunnitellut ilmavirrat.

Huone nro.	Tunnus	Tuloilma [l/s]	Poistoilma [l/s]
2.kerros 201	Valvonta	20	
1.kerros 101	Maituhuone	20	20
102	Eteisaula		7
103	SPK		6
104	PKH/TS	10	10
105	WC		7
106	Karjakeittiö	10	10
yht.	yht.	60	60

5.3 Käyttöveden ja viemäroinnin suunnittelu

Käyttövesi ja viemärointi suunnitellaan MagiCAD-ohjelmalla. Vesikalusteiden mitoituksessa käytetään MagiCAD-ohjelman antamia mitoitusvirtaamia. Teknisestä tilasta rakennuksille lähteviin käyttövesilinjoihin asennetaan vesimittarit, jotta rakennuskohtaista vedenkulutusta on helpompi seurata.

5.3.1 Navetan käyttövesi ja viemärointi

Kylmä-, lämmin- ja kiertovesijohto tuodaan maan alle asennettavassa kanaalissa teknisestä tilasta navettaan. Navetan käyttövesijohdot asennetaan toimisto-osalla alapohjan eristeen väliin. Kylmävesijohdot asennetaan hiekkaan. Karjatilan puolella juottoaltaisiin menevän kylmävesisyöttöön asennetaan sulatuskaapeli mahdollisen jäätyamisen ehkäisemiseksi. Karjatilan juottoaltaisiin menevää vettä lämmitetään erillisellä lämmönsiirtimellä, jossa lypsetystä maidosta otetaan lämpö talteen. Juomaveden lämmittämisen on todettu vaikuttavan eläinten terveyteen myönteisesti vastaavanlaisilla maataloilla tehtyjen tutkimuksen mukaan (11). Juottoaltaiden putkenpaksuus tulee olla tarpeeksi suuri, sillä juoma-allas ei saa tyhjentyä käytönaikana. Juottoaltaiksi valitaan DeLavalin kipattavat juoma-altaat T-80, joiden maksimivirtaama on 1,45 l/s. Navetan lämminvesivaraajiksi suunnitellaan 1000 litran varaaja, koska navetassa lypsyn aikana

on suuri lämpimänveden tarve. Varaaja sijoitetaan autotallintekniseen tilaan maalämpöpumpun viereen. Maalämpöpumppu lämmittää varaajan lämpimänkäyttöveden 58-asteeseen noin 4 tunnin aikana. Laskelmat on esitetty taulukossa 8.

TAULUKKO 8 Varaajan lämmitys

	Varaajan lämmitys	
V	1000	Kg
Δt	48	°C
Cp	4200	J/KgK
P	13500	W
t	14933,3	s
	4,1	h

Maituhuoneen ulko-oven eteen lattiaan asennetaan ritiläkouru, joka kerää talvisin huoneeseen siirtyvän lumen ja hiekan viereen sijoitettavaan hiekanerotuskaivoon. Kalusteilta ja hiekanerotuskaivolta tulevat viemäriputket ohjataan lypsyasemalle ja sieltä navetan jätevesiverkostoon. WC-istuimelta tuleva viemäriputki johdetaan erillisen saostuskaivon kautta kiinteistön jätevesiverkostoon.

5.3.2 Hirsitalon käyttövesi ja viemäröinti

Kylmä-, lämmin- ja kiertovesijohto tuodaan maan alle asennettavassa kanaalissa teknisestä tilasta hirsitalolle. Hirsitalon käyttövesi ja viemäröinti suunnitellaan asennettavaksi hirsitalon alapohjaan. Kylmävesijohdot asennetaan hiekkään. Lämminvesijohdot asennetaan ensimmäisen ja toisen styroksi-kerroksen väliin urittamalla. Vesikalusteiden lähimpään seinään asennetaan hanakulmarasiat vesijohdoille, sekä esimerkiksi keittiössä voidaan putket tuoda suoraan kaapin sisään ilman hanakulmarasioita. Hirsitalon teknisen tilan pinta-asennetut putket ovat kuparia. Hirsitalon lämminvesivaraajaksi suunnitellaan henkilömäärän mukaan 300 litran varaaja, jota lämmitetään maalämpöpumpulla.

5.4 LVI-järjestelmien rakennuskustannukset

Rakennusten LVI-järjestelmien suunnitelmien perusteella tehdään kustannuslaskelma osien ja valittujen laitteiden osalta. Kustannusarviot ovat suuntaa antavia tämän hetkisten tarjousten vuoksi. Lopullisia laitevalintoja ei vielä tehdä, koska rakennuksen rakentaminen aloitetaan vuonna 2020, kun oletetaan laitteiden parantuvan parissa vuodessa. Hinnat tuotteelle saadaan osoitteesta www.taloon.com. Taloon.comin antamat tavaroiden hinnat sisältävät arvolisäveron.

Ilmanvaihdon osalta lasketaan kustannukset ilmanvaihtokoneelle, äänenvaimentimille, kulmille, ilmanvaihtoventtiileille, liesikuvulle, huippuimurille sekä kanavistolle. Laitteiden kokonaishinnaksi arvioidaan hirsitalolle noin 5500 euroa ja navetalle noin 4700 euroa. Ilmanvaihdon kustannusarvio esitetty taulukossa 9.

TAULUKKO 9 Ilmanvaihdon kustannusarvio

	Hirsitalo	Navetta
Ilmanvaihto	hinta	hinta
ivkone	3162	3162
Käyrä 200/90	70,2	70,2
Käyrä 160/90	105	42
Käyrä 125/90	29,16	29,16
Käyrä 100/90	63,5	95,25
Kanava 200	79,08	39,54
Kanava 160	125,8	37,74
Kanava 125	146,7	58,68
Kanava 100	76,33	112,25
Kulma 125/45	24,76	24,76
Kulma 160/45	37,14	24,76
Kulma 100/45	23,4	58,5
T-haara 100	115	115
T-haara 125	129	77,4
T-haara 160/100	55,8	55,8
ÄV	100	100
Venttiili 125	23	
Venttiili 100	162	174
Kaulus	60	65
Eristeet	450	350
Liesikupu	150	
Huippuimuri	210	
yhteensä	5397,87	4692,04

Lämmityksen osalta lasketaan kustannukset syöttöjohdoille ja kupariputkille sekä tarvittaville osille ja venttiileille. Maalämpöpumpun hinta on noin 11 000 euroa ja porakaivon kustannusarvio on noin 28–35 euroa/m. Porakaivon lopullinen hinta selviää vasta porauksen jälkeen. Lattialämmitystoimittajalta saadaan myöhemmin tarjous lattialämmitystarvikkeista ja asennuksesta. Myöhemmin valittava lämmityksen pumppu nostaa lämmityksen tavaroiden hintaa.

TAULUKKO 10 Lämmitysjärjestelmän kustannusarvio

	Hirsitalo	Navetta
Lämmitys	hinta	hinta
CU-putkisto	200	200
CU-osat	300	300
Syöttöputket	900	1500
LSV	160	80
yhteensä	1560	2080

Käyttövesi- ja viemärijärjestelmien kustannukset lasketaan taulukossa 11 esitettyjen tarvikkeiden osalta. Hirsitalon kokonaiskustannuksiksi laskettiin noin 2500 euroa ja navetan noin 4200 euroa. Hintaa nostaa jatkossa esimerkiksi valittu kiertovesipumppu.

TAULUKKO 11 Käyttövesijärjestelmän kustannusarvio

	Hirsitalo	Navetta
KV-Viem	hinta	hinta
Viemäriputket	233	233
osat	200	200
Hek		750
Kaivot	200	200
JA-putket		400
Pex-Putket	600	600
Sulatuskaapelit		480
Hanakulmarasiat	350	225
Jakotukit	125	100
Eristettyyöttöput	750	1000
yht.	2458	4188

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli suunnitella LVI-järjestelmät hirsitaloon sekä navettaan. Työssä tavoitteena oli myös tarkastella LVI-järjestelmien kustannuksia.

Työn edetessä saatiin selvitettyä rakennusten lämmitysenergian tarpeet. Rakennuksiin mitoitettiin ilmavirrat ohjeiden ja kokemusperäisten tietojen avulla. Käyttövesi- ja viemärintilalaitteiston mitoituksessa käytettiin MagiCAD-ohjelman oletusarvoina olevia mitoitustietoja. Lämmitykselle mitoitettiin syöttöputket lattialämmitysjakotukeille.

Rakennuksista laskettiin E-luku voimassa olevan asetuksen mukaan. Hirsitalon E-luku on $118\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Suunnitelmien perusteella tehdyt kustannusarviot laskettiin Taloon.comin antamien hintojen perusteella. Hintoihin vaikuttavat vielä myöhemmässä vaiheessa valittavat lämmityksen ja kiertoveden pumppu, sekä lattialämmitys urakoitsijalta saatava urakkahinta. Suurimman hinnannousun aiheuttavat myöhemmin valittava maalämpöpumppu ja porattava porakaivo. LVI-järjestelmien kokonaiskustannusarvio on noin 20 000 euroa.

Lopputuloksena saatiin suunniteltua hirsitalolle sekä navetalle LVI-järjestelmät sekä laskettua LVI-järjestelmien kustannukset. Hinnat voivat muuttua rakentamisen aloittamiseen mennessä.

LÄHTEET

1. Maalämpöpumpun ja porakaivon mitoitus. Maalämpö.fi. Saatavissa: <http://www.maalampo.fi/artikkelit/maalampopumpun-ja-porakaivon-mitoitus/>. Hakupäivä 7.3.2018.
2. Juvonen, Janne – Lapinlampi, Toivo 2013. Energiakaivo. Ympäristöopas 2013. Ympäristöministeriö.
3. Vesikeskuslämmitys. 2017. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/vesikeskuslammitys. Hakupäivä 23.3.2018
4. Hirsitalon suunnitteluperusteet. 2012. Hirsitaloteollisuus HTT RY. Saatavissa: <http://www.aihkitalot.fi/wp-content/uploads/2016/05/HirsitalonSuunnitteluperusteet.pdf>. Hakupäivä 21.1.2018.
5. Asetus 1009/2017. Ilmavirtojen ohjeavot FINVAC (2017) ”Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet”
6. C2.2. 2011. Maa- ja metsätalousministeriön rakennusmääräykset ja ohjeet. Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto.
7. D1 (2007). 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot. Määräykset ja ohjeet. D1 Suomen Rakentamismääräyskokoelma.
8. 1010/2017. 2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Suomen säädöskokoelma.
9. Multipex-käyttövesijärjestelmä. ROTH FINLAND OY. Saatavissa: http://rothkasikirja.fi/kaesikirja/technical-data-details/?tx_roth_pi1%5BtechnicalUid%5D=255&cHash=0feafa9118df1eb3e737bc5b02c17f39. Hakupäivä: 29.3.2018.
10. Luonnollinen ilmanvaihto. 2013. MTT, VTT. Saatavissa: http://www.mtt.fi/julkaisut/Maito-ja-Me-Ilmanvaihtoliite_2013.pdf. Hakupäivä 3.4.2018.

11.Esa Manninen 2015. Maitohuoneen LVIS-suunnittelu. Valion Navettaseminaari.
Valio.

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, 2018 (voimassa 1.1.2018 alkaen)

Rakennuskohde	Maatila/Kuivaniemi
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	Asuinrakennus, pieni omakotitalo
Pääsuunnittelija	Petri Söder
Tasauslaskelman tekijä	Petri Söder
Päiväys	19.3.2018
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	342 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasot yhteensä	137 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	137 m ²
Lämmitetty nettoala, puoiliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerros määrä	1 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 137 m²
 Ikkunapinta-ala on 16 % maanpäällisestä kerrostasoaalasta
 Ikkunapinta-ala on 16 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 96 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

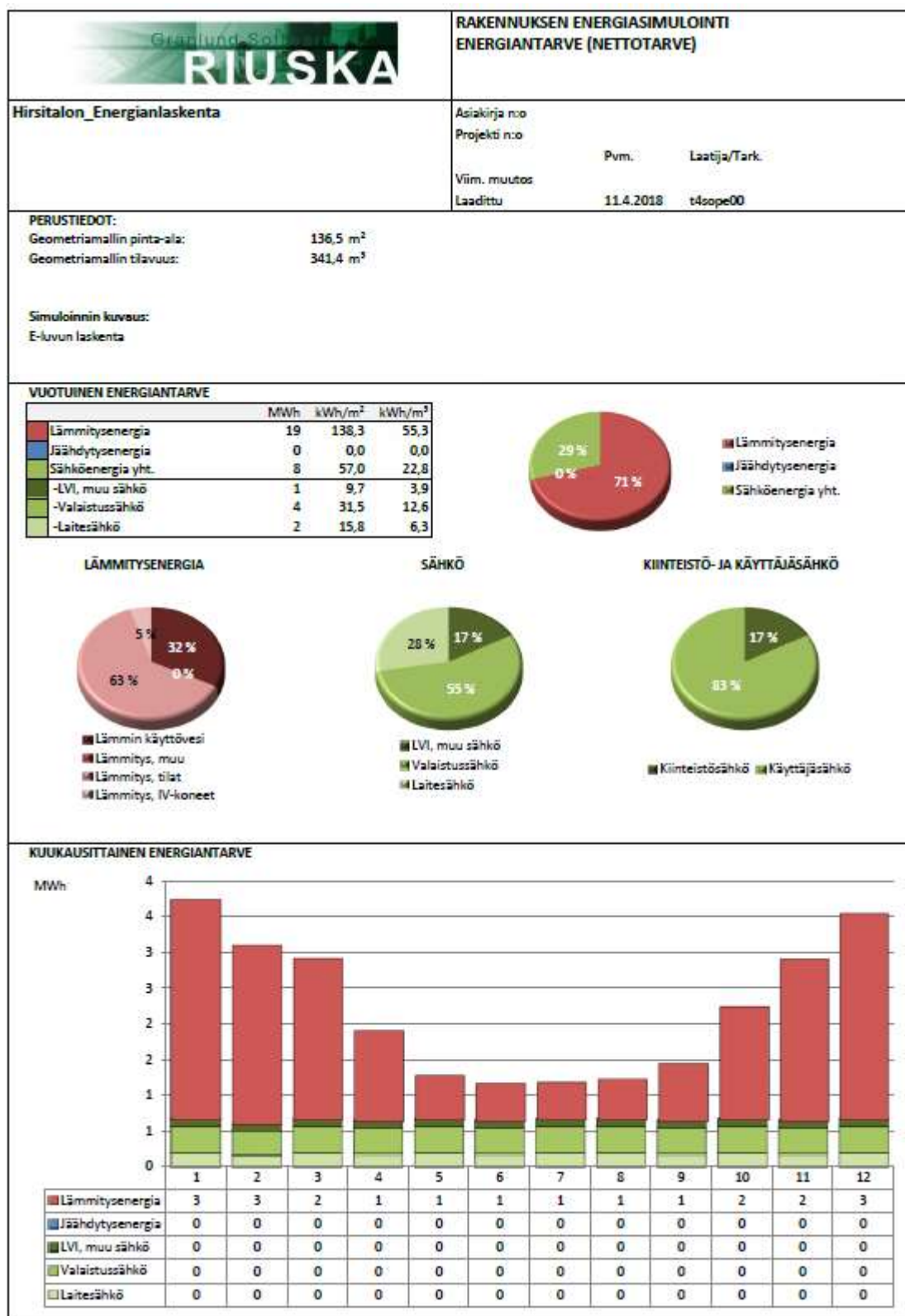
Perustiedot	Pinta-alat, m ²		U-arvot, W/(m ² K)		Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT						
Lämpimät tilat						
Ulkoseinä			0,17		-	-
Massiivipuseinä ¹⁾	109	107	0,40	0,48	43,5	51,5
Yläpohja	137	137	0,09	0,08	12,3	11,0
Alapohja (ulkolmaan rajoittuva)			0,09		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)			0,17		-	-
Alapohja (maanvastainen)	137		0,16	0,14	21,9	19,2
Muu maanvastainen rakennusosa			0,16		-	-
Ikkunat	20,6	21,9	1,00	1,00	20,6	21,9
Uiko-ovet ja tuuletusluukut ²⁾	7,8		1,00	1,00	7,8	7,8
Kattoikkunat			1,00		-	-
Kattovalokuvut			1,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	411	411			106,1	111,3
<i>Puoiliämpimät tilat tai määrälliset rakennukset</i>						
Ulkoseinä			0,26		-	-
Massiivipuseinä ¹⁾			0,60		-	-
Yläpohja			0,14		-	-
Alapohja (ulkolmaan rajoittuva)			0,14		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)			0,26		-	-
Alapohja (maanvastainen)			0,24		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa			0,24		-	-
Ikkunat			1,40		-	-
Uiko-ovet ja tuuletusluukut ²⁾			1,40		-	-
Kattoikkunat			1,40		-	-
Kattovalokuvut			1,40		-	-
Puoiliämpimät tilat yhteensä						
VAIPAN ILMAVUODOT						
	Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²)		Vuotoiljavirta, m ³ /s		Ominaislämpöhäviö, W/K	
	[q _{v,0}]		[q _{v,v} = q _{v,0} / 35 · A/3600]		[H _{vuotolma} = 1200 · q _{v,v}]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Vuotolima						
Lämpimät tilat	2,0	2,0	0,0065	0,0065	7,8	7,8
Puoiliämpimät tilat	2,0				-	-
ILMANVAIHTO						
	Poistoiljavirta, m ³ /s		Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a]		Ominaislämpöhäviö, W/K	
	[q _{v,p}]				[H _v = 1200 · q _{v,p} · (1-η _a)]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Hallittu ilmanvaihto						
Lämpimät tilat	0,055		55	72,8	29,6	17,9
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-
Puoiliämpimät tilat			55		-	-
Puoiliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus						
					Ominaislämpöhäviö, W/K	
					[H = H _l + H _{vuotolma} + H _v]	
	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö			143	137		
Puoiliämpimien tilojen			-	-		




¹⁾ Massiivipuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm.

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, 2018 (voimassa 1.1.2018 alkaen)

Rakennuskohde	Maatila/Kuivaniemi
Rakennuslupatunnus	

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista			
Pinta-alat			
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketusta maanpäällisistä kerrostasosioista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa			
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rakennusvalpan ilmanpitävyys			
Rakennusvalpan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enimmäisarvo Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4 2,00
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus			
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertailuarvo Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	143 W/K 137 W/K
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tarkistustulosten yhteenveto			
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lisätietoja			
Rakennuksen ilmanpitävyys			
Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvalpan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvoa.			
Rakennuksen valpan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä.			
Jos ilmanpitävyyttä ei tulla osoittamaan mittaamalla tai teollisen talonrakennuksen laadunvarmistusmenettelyillä, rakennusvalpan ilmanvuotolokuna käytetään arvoa $4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.			
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde			
Ilmanvaihtokoneen poistoliman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään käyttäen lämmöntalteenottolaitteen ominaisuuksia ja ilmanvaihtokoneen suunniteltuja ilmavirtoja sekä asetuksen liitteessä 1 säädetyä säävyöhykkeen 1 säätiöitä. Kahden tai useamman ilmanvaihtokoneen poistoliman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään suunniteltujen ilmavirtojen ja käyntiaikojen painotettuna vuosihyötysuhteena. Rakennuksen suunnitteluratkaisun ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan käyttäen näin määritettyä poistoliman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta ja asetuksen 26 § mukaisia ilmavirtojen arvoja ja käyntiaikoja.			
Huomautus			
Tässä lomakkeessa esitetyt lämpöhäviövaatimukset koskevat rakennuksia, joiden kerrosala on 50 m^2 tai enemmän.			

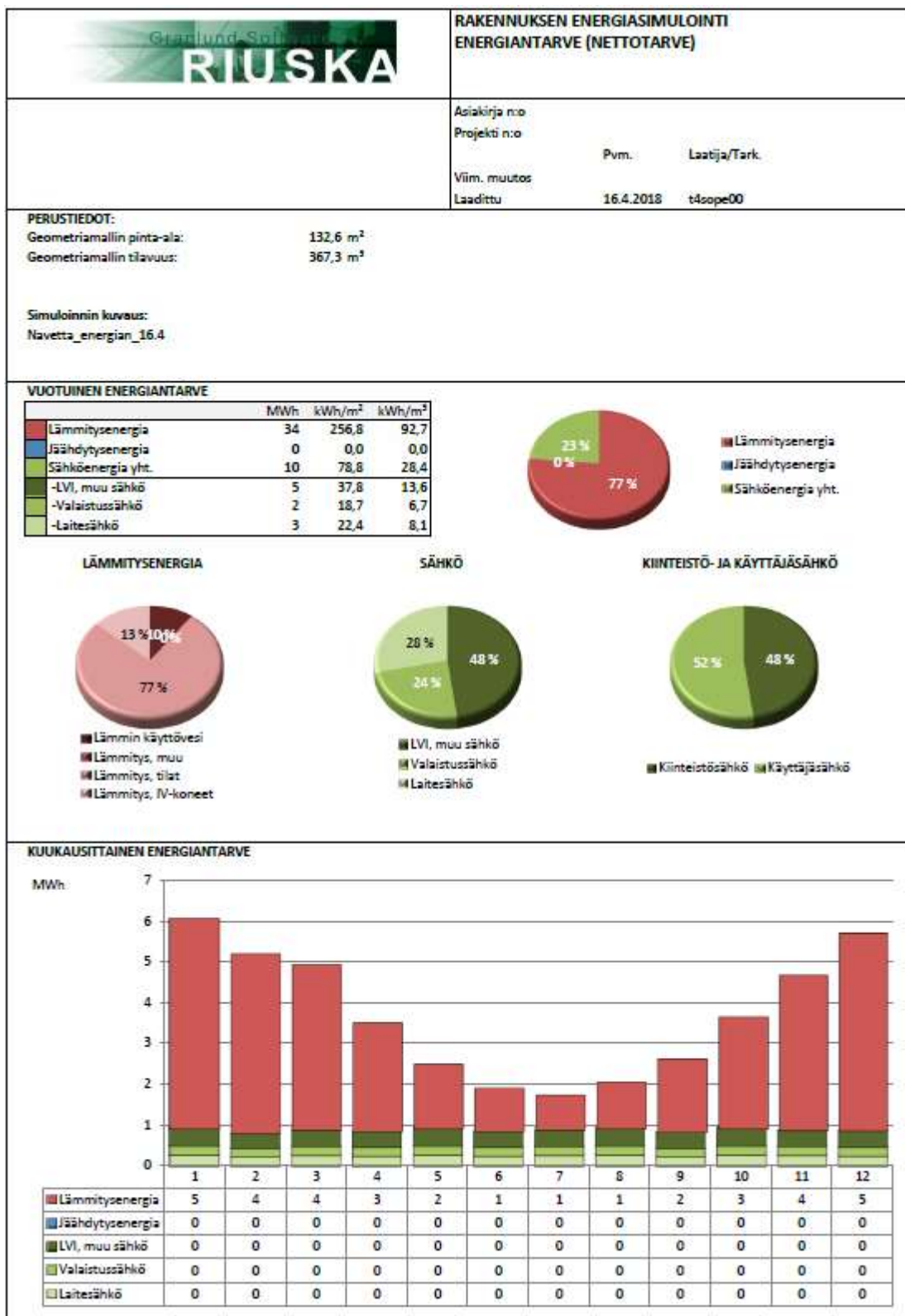





		LAMPOHAVIOLASKELMA RAKENNUKSEN YHTEENVETO	
Hirsitalon_Energianlaskenta		Asiakirja n:o	
		Projekti n:o	
		Pvm.	Laatija/Tark.
		Viim. muutos	
		Laadittu	11.4.2018 t4sope00
RAKENNUKSEN TIEDOT		VAIPAN JA VUOTOILMAN LAMPOHAVIOT Häviöt käyttäjän määrittelemillä U-arvoilla	
		SRMK 2010	
		W/m ²	W
Geometriamallin pinta-ala:	137 m ²	Seinät:	7,9 19,8 47 2708 959
Geometriamallin tilavuus:	341 m ³	Ikkunat:	2,9 7,2 17 961 981
Vaipan pinta-ala:	405 m ²	Ovet:	1,1 2,9 7 392 392
Keskimääräinen vaipan U-arvo:	0,27 W/(m ² ·K)	Katot:	1,7 4,2 10 579 651
Keskimääräinen vuotoilmakerroin:	0,068 1/h	Lattiat:	2,0 5,0 12 683 683
Ulkoikkunoiden osuus kerrosalasta:	14 %	Kylmäsiillat:	0,0 0,0 0 0 0
Ikkunoiden osuus ulkoseinästä:	14 %	Johtuminen:	15,6 39,1 93 5342 3666
Ulkoämpötila:	-32 °C	Vuotoilma:	1,2 3,0 7 408 820
Keskimääräinen lämpöhäviön korjauskerroin:	1,00	Yhteensä:	16,8 42,1 100 5750 4485
		Yhteensä korjauskertoimen kanssa:	5750
Vaippe = Rakenteet, jotka ovat ulkoilmaa tai maaperää vastaan.			
VAIPAN RAKENNETYYPI			
Osuudet vaipan alasta %		Johtumislämpöhäviöt %	
			
Nimi (kirjastotyyppi)	W/(m ² ·K)	m ²	
Seinät	0,48	106	
US HT (US 16)	0,48	106	
Ikkunat	1,00	18	
IHT (2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6+6mm)	1,00	19	
Ovet	1,00	7	
UO1 (UO 01)	1,00	7	
Katot	0,08	137	
YP1 (YP05)	0,08	137	
Lattiat	0,16	137	
AP1 (AP 01)	0,16	137	

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuustiedot:

Geometriamallin pinta-ala:
Geometriamallin tilavuus:136,5 m²
341,4 m³

	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	1000 kg CO ₂	E-luku MWh	E-luku kWh/m ²
						118
Ostoenergia:						
• Lämmitysenergia:	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
• Jäähdytysenergia:	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
• Sähköenergia:	13,4	98,1	39,2	3,0	16,1	117,7
• Lämmityssähkö:	5,6	41,1	16,4			
• Jäähdytys­sähkö:	0,0	0,0	0,0			
• LVI, muu sähkö:	1,3	9,7	3,9			
• Valaistussähkö:	4,3	31,5	12,6			
• Laitesähkö:	2,2	15,8	6,3			
Uusiutuva omavaraisenergia:	11,2	82,2	32,9			
Lämmitysenergian tarve:	16,8	123,3	49,3			
✓ • Simuloitu, IV-kone:	0,7	4,9	2,0			
• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓ • Simuloitu, tilalaitteet:	8,1	59,0	23,6			
• Häviöenergia:	2,0	14,7	5,9			
✓ • Lämmin käyttövesi:	4,8	35,0	14,0			
• Häviöenergia:	1,3	9,7	3,9			
✗ • Muu:	0,0	0,0	0,0			
Jäähdytysenergian tarve:	0,0	0,0	0,0			
✓ • Simuloitu, IV-kone:	0,0	0,0	0,0			
• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓ • Simuloitu, tilalaitteet:	0,0	0,0	0,0			
• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✗ • Muu:	0,0	0,0	0,0			
LVI, muu sähkön tarve:	1,3	9,7	3,9			
✓ • Simuloitu, puhaltimet:	1,0	7,0	2,8			
✓ • Muu:	0,4	2,7	1,1			
Valaistussähkön tarve:	4,3	31,5	12,6			
✓ • Tilat:	4,3	31,5	12,6			
✓ • Rakennus:	0,0	0,0	0,0			
Laitesähkön tarve:	2,2	15,8	6,3			
✓ • Tilat:	2,2	15,8	6,3			
✓ • Rakennus:	0,0	0,0	0,0			



		LÄMPÖHAVIOLASKELMA RAKENNUKSEN YHTEENVETO				
		Asiakirja n:o				
		Projekti n:o				
		Viim. muutos		Pvm.	Laatija/Tark.	
		Laadittu		16.4.2018	t4sope00	
RAKENNUKSEN TIEDOT		VAIPAN JA VUOTOILMAN LÄMPÖHAVIOT				
		Häviöt käyttäjän määrittelemillä U-arvoilla				SRMK 2010
		W/m ³		W/m ²		W
				%		W
Geometriamallin pinta-ala:	133 m ²	Seinät:	7,6	21,0	44	2788
Geometriamallin tilavuus:	367 m ³	Ikkunat:	1,0	2,9	6	382
Vaipan pinta-ala:	385 m ²	Ovet:	1,7	4,7	10	625
Keskimääräinen vaipan U-arvo:	0,27 W/(m ² ·K)	Katot:	2,6	7,1	15	944
Keskimääräinen vuotoilmakerroin:	0,175 1/h	Lattiat:	1,3	3,7	8	487
Ulkoikkunoiden osuus kerrosalasta:	5 %	Kylmäsiillat:	0,0	0,0	0	0
Ikkunoiden osuus ulkoseinästä:	4 %	Johtuminen:	14,2	39,4	82	5225
Ulkolämpötila:	-32 °C	Vuotoilma:	3,1	8,6	18	1135
Keskimääräinen lämpöhäviön korjauskerroin:	1,00	Yhteensä:	17,3	48,0	100	6360
		Yhteensä korjauskertoimen kanssa:				6360
Vaippa = Rakenteet, jotka ovat ulkoilmaa tai maaperää vastaan.						
VAIPAN RAKENNETYYPIIT						
Osuudet vaipan alasta %			Johtumislämpöhäviöt %			
						
Nimi (kirjastotyyppi)		W/(m ² ·K)	m ²			
Seinät		0,31	170			
USNAV1 (US16)		0,31	88			
USNAV2 (US16)		0,31	82			
Ikkunat		1,00	7			
I1 (2xclearlow-e, (Argon+Argon) 6+6+6mm)		1,00	7			
Ovet		1,00	12			
UO1 (UO 01)		1,00	6			
UOYK (UO 01)		1,00	5			
Katot		0,18	99			
YP_NAV (YP_NAV)		0,18	99			
Lattiat		0,16	97			
AP1 (AP 01)		0,16	97			

