



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **Mökin ikkunaremontti ja varastorakennuksen käyttötarkoituksen muuttaminen**

Joona Mantila

Opinnäytetyö  
Heinäkuu 2016  
Rakennustekniikka  
Talonrakennustekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka  
Talonrakennustekniikka

Mantila Joonas  
Mökin ikkunaremontti ja varastorakennuksen käyttötarkoituksen muuttaminen

Opinnäytetyö 32 sivua  
Toukokuu 2016

---

Opinnäytetyössä tutkittiin Virroilla sijaitsevan kesämökin ja varastorakennuksen lämpö-  
talouden perusparannuskeinoja. Tavoitteena oli löytää toimiva ratkaisu molempien raken-  
nuksien lämpötekniisiin ongelmiin. Tutkimusmenetelminä käytettiin u-arvoa, eli lämmön-  
läpäisykertoimen laskelmia, joita suoritettiin DOF-lämpö ohjelmalla sekä rakennusmää-  
räyskokoelman C4 kaavoilla. Lisäksi tontilla suoritettiin silmämääräistä havainnointia.  
Lämpökamerakuvausta ei tehty tilaajan asettaman opinnäytetyön aikataulun sekä epä-  
edullisen vuodenajan tähden.

Mökin ikkunoiden osalta saatiin kaksi yleispätevää ratkaisua. Ensimmäisessä vaihtoeh-  
dossa vanhat ikkunat poistettaisiin ja tilalle asennettaisiin uudet eristyslaselementit. Toi-  
sessa vaihtoehdossa olemassa olevien ikkunoiden sisäpintaan asennettaisiin erillinen se-  
lektiivilasi. Molemmilla ratkaisuilla ikkunoiden kautta tapahtuva lämpöhäviö pienenesi  
merkittävästi. Myös varastorakennuksen osalta kehitettiin kaksi ratkaisukokonaisuutta,  
kylmän rakenteen muuttamisesta lämpimäksi tai puolilämpimäksi rakenteeksi.

Ennen remonttiin ryhtymistä on suotavaa tehdä laaja tutkimus olemassa olevista raken-  
teista, jotta saadaan tarkka yleiskuva nykytilanteesta. Näin ollen varsinaisen työn alkaessa  
ei tule yllätyksiä ja vaihtoehdot pystytään punnitsemaan tarkasti. Tehtävä työ on syytä  
kilpailuttaa, sillä alalla toimivia tahoja on lukuisia. Yleisenä ohjeena: Palkattavan yrityk-  
sen suuruuden tulisi vastata remontin laajuutta.

---

Asiasanat: korjausrakentaminen, ikkunaremontti, varastorakennus.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Building Construction

MANTILA JOONA:  
Cabins window renovation  
Change of the storehouse's purpose

Bachelor's thesis 32 pages  
July 2016

---

The purpose of this thesis was to examine and improve cabins and storehouses insulation. Both buildings are located in a Finnish town called Virrat. The goal was to find a working solution for both buildings. The research method used was calculating heat loss of both buildings.

Regarding the cabins windows, two good options were found. First solution was to entirely remove the current windows and replace them with prefabricated insulation glazing. Second solution was to install separate selective glazing on the current windows. With both options the heat loss from the windows would decrease significantly. Two options were also found regarding the storage building. First one was to change the cool room in to a semi-warm space and the second one was to change it in to a warm space.

One can say that this final thesis was successful. Two goals were set in the beginning of the process and good solutions were found to both of them. With these solutions the customer got a wide range of information, which he can use to make the final decisions.

---

Key words: renovation, windows, storehouse.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	Ikkunaremontti .....	6
2.1	Vaatimukset .....	6
2.2	Tutkimusmenetelmät .....	6
2.3	Erilaiset ikkunalasit.....	8
2.3.1	Tasolasi .....	8
2.3.2	Selektiivilasi.....	8
2.3.3	Eristyslasi .....	9
2.3.4	Auringonsuojalasi .....	10
2.3.5	Turvalasi.....	11
2.3.6	Palonsuojalasi.....	12
2.3.7	Sähkölämmitteinen lasi .....	12
2.3.8	Itsepuhdistuva lasi .....	13
2.4	Kohde.....	14
2.4.1	U-arvo -laskelmat.....	16
2.4.2	Hintavertailu.....	19
2.4.3	Ratkaisut.....	20
3	Varastorakennus .....	21
3.1	Vaatimukset .....	21
3.2	Lupa-asiat.....	22
3.3	Kohde.....	23
3.4	Lämmin toteutustapa.....	24
3.4.1	Ulkoseinä .....	24
3.4.2	Alapohja .....	25
3.4.3	Yläpohja .....	26
3.5	Puolilämmin toteutustapa .....	27
3.5.1	Ulkoseinä .....	27
3.5.2	Alapohja .....	28
3.5.3	Yläpohja .....	29
3.6	Ratkaisut .....	30
4	POHDINTA.....	31
	LÄHTEET.....	32

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on parantaa Virroilla sijaitsevan mökin ikkunoiden u-arvoa eli rakenteen lämmönläpäisykerrointa sekä muuttaa samalla tontilla sijaitsevan varastorakennuksen käyttötarkoitusta. Ajatus opinnäytetyön tekemiseen tuli isoisältäni hänen kertoessaan, että mökin ikkunat ovat alkuperäisinä puutteelliset nykyisiin eristävyys kriteereihin nähden ja näin ollen ne täytyy vaihtaa. Tämän jälkeen aihealuetta laajennettiin varastorakennuksen suunnittelulla.

Opinnäytetyössä tutkitaan erilaisten ikkunoiden soveltuvuutta kohteeseen u-arvo tarkasteluiden ja hintavertailun avulla. Tarkasteltavia ikkunoita ovat eristyslasit, selektiivilasit sekä tavalliset kaksi-, kolme- ja neljäruutuiset. Varastorakennuksen osalta tutkitaan lämpimän rakenteen ja puolilämpimän rakenteen vaihtoehtoja, joissa päävertailukohtana on hinta. Lupa-asioihin keskitytään vaadittavien dokumenttien osalta.

Tavoitteena on löytää sekä ikkunoiden, että varastorakennuksen osalta toimivat ja omistajaa miellyttävät ratkaisut. Ratkaisujen on tarkoitus vastata juuri tätä yksittäistä kesämökkiä, mutta niistä voi olla hyötyä myös muille peruskorjaajille. Tavoitteeseen on tarkoitus päästä riittävien lähtötietojen ja kattavan kirjallisen tutkimuksen sekä mitoitusohjelmiston avulla.

## 2 Ikkunaremontti

### 2.1 Vaatimukset

”Loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä, koskevat vain vaipan lämpöhäviön vaatimukset. Vaipan lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin seuraavilla vertailuarvoilla laskettu lämpöhäviö.” (RakMk D3)

TAULUKKO 1. Loma-asunnon lämmöneristysvaatimukset (RakMk D3)

seinä	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 130 mm)	0,80 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,15 W/(m <sup>2</sup> K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,19 W/(m <sup>2</sup> K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,4 W/(m <sup>2</sup> K)

### 2.2 Tutkimusmenetelmät

Paras tutkimusmenetelmä ikkunoiden kuntoa selvittäessä on lämpökamerakuvaus. Syynä tähän on, että rakenteita ei tarvitse rikkoa pätevien tutkimustuloksien saavuttamiseksi. Lämpökuvauksia tehdään rakennuksen ulkovaipan lämpöteknisen kunnan selvittämiseksi, eristyskerroksen toimivuuden tarkastamiseksi ja rakenteen tiiviyyden tutkimiseksi. Lämpökamerakuvauksilla saadaan selville myös asumisviihtyvyyteen vaikuttavia asioita, kuten ilman virtausreittejä, LVIS-laitteiden toimivuutta, mahdollisia kosteusvaurioita ja rakenteiden fysikaalista toimintaa. (RT 14–10850)

Lämpökamerakuvaus tehdessä tulee huomioida, että rakennusten sisäpintojen lämpötila vaihtelee eri osia tarkasteltaessa. Jos siis jokin rakennuksen osa on muuta ympäristöä

kylmempi, ei se välttämättä tarkoita sitä, että rakenteessa tai eristeessä on siinä kohdassa jotain vikaa. Rakennuksen ulkonurkissa ja lattianrajoissa ilmenee myös kylmäsiltoja, jotka osaltaan vaikuttavat lämpökamerakuvauksiin. Kuvausta suorittavan henkilön ammattitaito nousee näin ollen tärkeään rooliin. (RT 14–10850)

Itse käytettävän lämpökameran tulee olla kalibroitu ja kuvantava mittalaite. Eli kameran tulee pystyä muodostamaan tarkka lämpökuva kohteen pintalämpötilasta johon itse kameran rungon tai ulkoisten olosuhteiden lämpötilavaihtelut eivät vaikuta. Kamerassa täytyy olla myös kuvien tallennusmahdollisuus myöhempää raportointia ja tuloksien analysointia varten. (RT 14–10850)



KUVA 1. Ikkunan lämpökamerakuvaus (Paloniitty Oy, lämpökuvaus liite)

Ennen lämpökuvauksen suorittamista tulee huomioida, että mittausolosuhteet ovat vaadittun mukaiset. Ulkolämpötila ei saa poiketa yli 10 °C kahdentoista edeltävän tunnin aikana. Kuvattava kohde ei saa myöskään olla alttiina auringon valolle. Jos näin kuitenkin käy, siitä on tehtävä merkintä raporttiin ja huomioitava säteilyn vaikutus lopullisiin tuloksiin. Itse kuvauksen aikana ulkolämpötila ei saa muuttua yli 5 °C ja sisälämpötilakin on pyrittävä pitämään vakiona. (RT 14–10850)

## 2.3 Erilaiset ikkunalasit

### 2.3.1 Tasolasi

Toiselta nimeltään float-lasi mielletään niin sanotuksi ”tavalliseksi lasiksi”. Se on Suomessa yleisimmin käytetty ikkunalasi. Se toimii myös muiden ikkunatyyppeiden raaka-aineena. Tasolasi saa nimensä sen valmistustavasta. Pitkä, jatkuva lasinauha valmistetaan vaakatasossa sulan tinan päällä, jonka jälkeen se leikataan pienemmiksi osiksi. Sitä voidaan valmistaa 2-25mm paksuisina levyinä ja yleisimmät varastokoot ovat 3210 x 6000 mm ja 3210 x 5100 mm. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.62)

### 2.3.2 Selektiivilasi

Selektiivilasi on päällystetty ohuella, läpinäkyvällä metalli- tai metallioksidikerroksella, jonka tehtävä on vähentää lasien välistä lämpösäteilyä ja näin ollen parantaa ikkunan lämmöneristävyyttä. Metallioksidikerroksen paksuus vaihtelee 5-100nm välillä. Pinnoitekerroksen selektiivinen tehokkuus riippuu sen paksuudesta, materiaalista, määrästä ja tyyppistä. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.46)

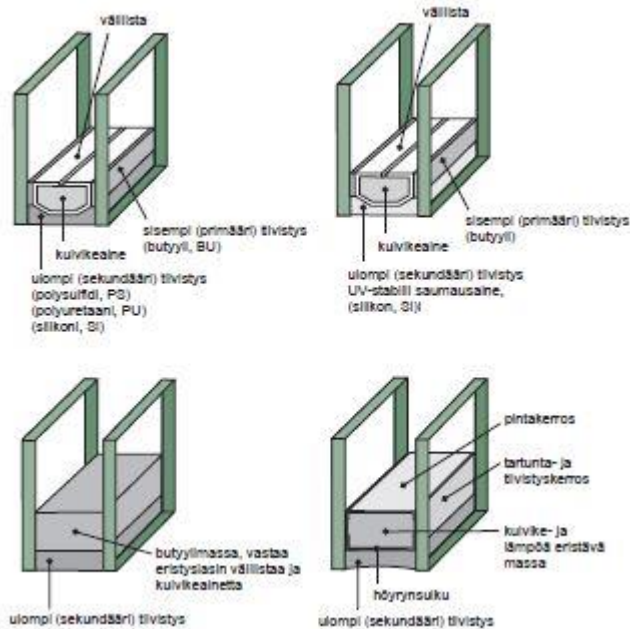
Selektiivilasin tehokkuudesta kertoo sen emissiviteetti. Emissiviteetin arvot pyörivät aina nollan ja yhden välillä, jossa 0 tarkoittaa täysin heijastavaa pintaa ja 1 täysin heijastamattomaa. Markkinoilla olevien parhaiden selektiivilasien kyseinen arvo on 0,02, mutta yleisimmin käytettävien tuotteiden emissiviteetin arvo on joko 0,04 tai 0,16. Vertailuarvona tavallisen lasin emissiviteetti on 0,84. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.46)

Selektiivilasit jaetaan kahteen kategoriaan, kova- ja pehmeäpinnoitettuihin. Kovapinnoitettuja lasia voidaan käyttää ikkunan uloimpana lasina jolloin ehkäistään kosteuden tiivistyminen lasin pintaan. Kovapinnoitettu lasi valmistetaan tavallisen lasin jatkona. Kuumen lasin pintaan valmistetaan metallikerros, joka reagoi kemiallisesti lasin kanssa ja muodostaa kestävänsidoksen. Pehmeäpinnoitteiset lasit valmistetaan myöskin valmiin lasin pintaan. Erona kovapinnoitteisiin lasiin on, että pehmeät valmistetaan täysin omassa linjastossaan. Pehmeiden selektiivilasien pinnat tulee aina sijoittaa lasin keskustaa kohti, koska ne ovat erittäin alttiita kosteudelle ja ilman epäpuhtauksille. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.46)



### 2.3.3 Eristyslasi

Eristyslasi muodostuu useimmiten kahden tai kolmen lasin tiiviistä elementistä. Lasit tiivistetään reunoiltaan elastisella massalla ja välitilat täytetään kaasulla. Tämä menetelmä mahdollistaa selektiivilasin käytön ikkunassa, jolloin saavutetaan lämmöneristävyyden kannalta parempi lopputulos. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.48)



KUVA 2. Eristyslasin rakenne-esimerkkejä (RT 38–10941)

Eristyslasin toimivuuden kannalta on kriittistä, että lasien reunojen tiivistys tehdään huolellisesti. Lasien välissä olevat täytekaasut sekä ilmassa esiintyvät kaasut omaavat pitoisuuseron, joka pyrkii tasoittumaan lasien tiivisteiden läpi. Erityisesti ympäröivän ilman sisältämä vesihöyryn diffusoituminen aiheuttaa monissa tilanteissa ongelmia.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.48)

Yleisin eristyslasien vika on tiivistysmassan irtoaminen. Tämän seurauksena tiivistyskaasu ja ympäröivän ilman kaasu ja kosteus sekoittuvat keskenään, jolloin ikkunan lämmöneristävyys heikkenee merkittävästi. Saumausmateriaalienkin laadussa on selviä eroja. Toiset läpäisevät vesihöyryä enemmän kuin toiset. Molempien tilanteiden seuraus on kuitenkin sama. Ikkunat niin sanotusti harmaantuvat.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.48)

### 2.3.4 Auringonsuojalasi

Auringonsuojalasin tehtävänä on minimoida ikkunan lasien läpi pääsevä auringon säteilyenergia. Auringonsuojalaseja löytyy sekä absorboivia että heijastavia.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.46)

Absorboiva lasi valmistetaan metallioksideja sisältävästä lasimassasta. Lasin paksuus ja tummuus vaikuttavat absorboituvan energian määrään. Käyttökohteina ovat yksittäiset lasit ja eristyslasit. Toimintaperiaate perustuu siihen, että lasiin absorboituva lämpöenergia jakautuu. Osa heijastuu sisäpuolelle ja osa takaisin ulkoilmaan.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.46, s.62)

Heijastava lasi pinnoitetaan ohuella metalli- tai metallioksidipinnoitteella. Tämän tehtävänä on heijastaa osa tulevasta säteilyenergiasta takaisin. Pinnoitusta tehdään kahdella eri tavalla. On-line – menetelmässä pinnoitus tehdään tavallisen float-lasin pintaan saman valmistusprosessin yhteydessä. Tällä menetelmällä valmistettuja laseja voidaan absorboivien lasien tapaan käyttää sekä erillisissä laseissa että eristyslaseissa. Off-line – menetelmässä metallioksidipinnoite lisätään lasin pintaan vasta myöhemmin. Niitä voidaan puolestaan käyttää pelkästään eristyslaseissa pinnoitteen herkkyyden vuoksi.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.46, s.62)

Auringonsuojalasiin yhteinen ominaisuus on niiden kyky suodattaa auringon näkyvää valoa. Ne ehkäisevät auringon valoa samassa suhteessa kuin sen energian säteilyäkin. Oletetusti kummatkin lasityypit toimivat paremmin auringon ominaisuuksien ehkäisemisessä kuin tavalliset float-lasit tai selektiivilasit. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.46)

### 2.3.5 Turvalasi

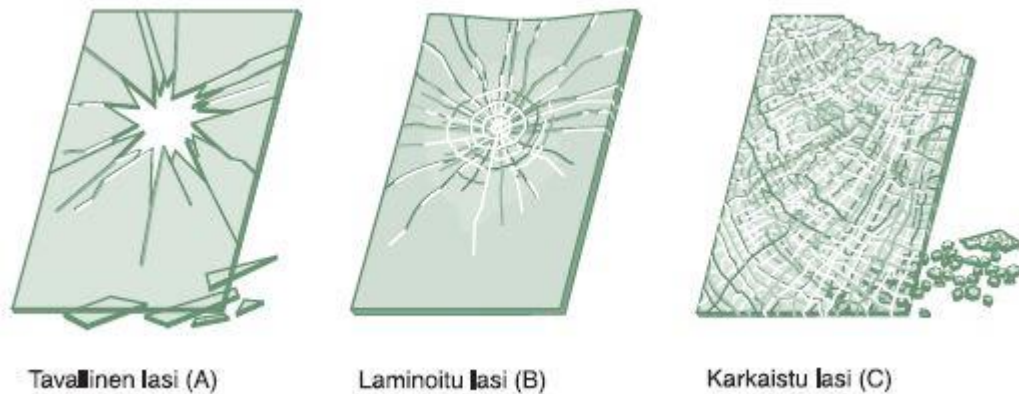
Turvalasin tehtävänä on estää ihmisten loukkaantuminen lasin rikkoutuessa. Turvalaseja käytetäänkin usein avonaisissa julkisissa tiloissa, joissa valonpääsy on tärkeässä roolissa. Turvalaseja on kolmen tyyppisiä: Karkaistu lasi, laminoitu lasi ja lankalasi.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.44)

Karkaistun lasin toimivuus perustuu lasin sisäisiin jännityseroihin. Lasin pinnoissa esiintyy puristusjännitys kun sisäosassa puolestaan vastaavaan suuruinen vetojännitys. Tämä jännitysero saadaan aikaan lasin valmistuksen yhteydessä. Lasi lämmitetään yli 600 °C lämpötilaan, jonka jälkeen se jäähdytetään nopeasti ilmasuihkujen avulla. Tällä menetelmällä valmistettu lasi leviää hajotessaan erittäin pieniksi ja tylpiksi osiksi eikä näin ollen aiheuta helposti henkilövahinkoja. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.44)

Laminoidussa lasissa käytetään sulatettua muovikalvoa lasien välissä. Muovikalvon tehtävänä on sitoa lasin hajotessa muodostuvat palat itseensä ja näin ollen estää henkilövahinkojen syntyminen. Laminoitu lasi soveltuu käytettäväksi myös eristyslaseissa.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.45)



KUVA 3. Lasien rikkoutumistavat (RT 38–10901)

Lankalasin toiminta on hyvin samantapainen kuin laminoidulla lasilla. Siinä käytetään muovikalvon sijasta teräslankaverkkoa. Teräslankaverkko sitoo lasin hajotessa palaset itseensä ja estää niiden putoamisen henkilöiden päälle. Lankalasia käytetään turvalasien lisäksi palonsuojalasina ja murtosuojalasina. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.46)

### 2.3.6 Palonsuojalasi

Palonsuojalasiensa tehtävänä on pysäyttää tai hidastaa palon kulku lasin alueella. Lasit jaetaan kolmeen eri luokkaan: paloa kestäviin, lämpösäteilyä osittain rajoittaviin ja paloa osastoiviin. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.64)

Paloa kestävien lasien eli toisin sanoen E-luokan lasien vaatimuksena on, että rakenne pysyy tiiviinä liekkejä ja niiden aiheuttamia kaasuja vastaan. Sen sijaan kuumuuden siirtymiselle ei ole vaatimusta. E-luokan lasina käytetään yleensä lankalasia. Lämpösäteilyä osittain rajoittavien eli EW-luokan lasien vaatimuksena on, että niiden rakenne pysyy tiiviinä ja madaltaa läpi pääsevän säteilyn lämpötilaa. Niissä ei puolestaan ole rajoituksia lasin pintalämpötilalle. Paloa osastoivien lasien eli EI-luokan lasien vaatimuksena on, että rakenne pysyy tiiviinä ja rajoittaa palon vastakkaisen puolen pintalämpötilaa.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.47)

Palonsuojalaseja suunniteltaessa tulee huomioida myös sitä ympäröivät rakenneosat eli kehykset ja karmit. Jos nämä eivät kestä paloa ei palonsuojalasista itsessään ole paljoakaan hyötyä. Lasit irtoavat helposti ja palo pääsee leviämään.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.47)

### 2.3.7 Sähkölämmitteinen lasi

Sähkölämmitteisiä lasia käytetään eristyslaselementeissä, joissa se sijoittuu sisimmäksi lasiksi. Lasin pintaan tehdään selektiivilasin tapainen sähköä johtava pinnoite, joka lämmittää lasia kun siihen johdetaan sähkövirtaa. Lämmöneristävyysominaisuuksiltaan sähkölämmitteinen lasi vastaa selektiivilasin arvoja. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.47)

Lasin käyttötarkoituksia ovat:

- kosteuden tiivistymisen estäminen lasin pintaan
- huonetilan lämmittäminen
- suurien lasipintojen vedontunteen estäminen
- kattolasituksen päällä olevan lumen sulattaminen.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.48)

Sähkölämmitteisiä laseja käytetään Suomessa melko vähän sen kovan hinnan takia. Yleisiä käyttökohteita ovat suuren kosteuspitoisuuden sisältämät tilat kuten uimahallit ja kylpylät. Sen avulla voidaan myös alentaa rakennuksen normaalia sisälämpötilaa, sillä lämpöä ei karkaa niin paljon ulos kuin normaalia lasia käytettäessä.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.48)

### **2.3.8 Itsepuhdistuva lasi**

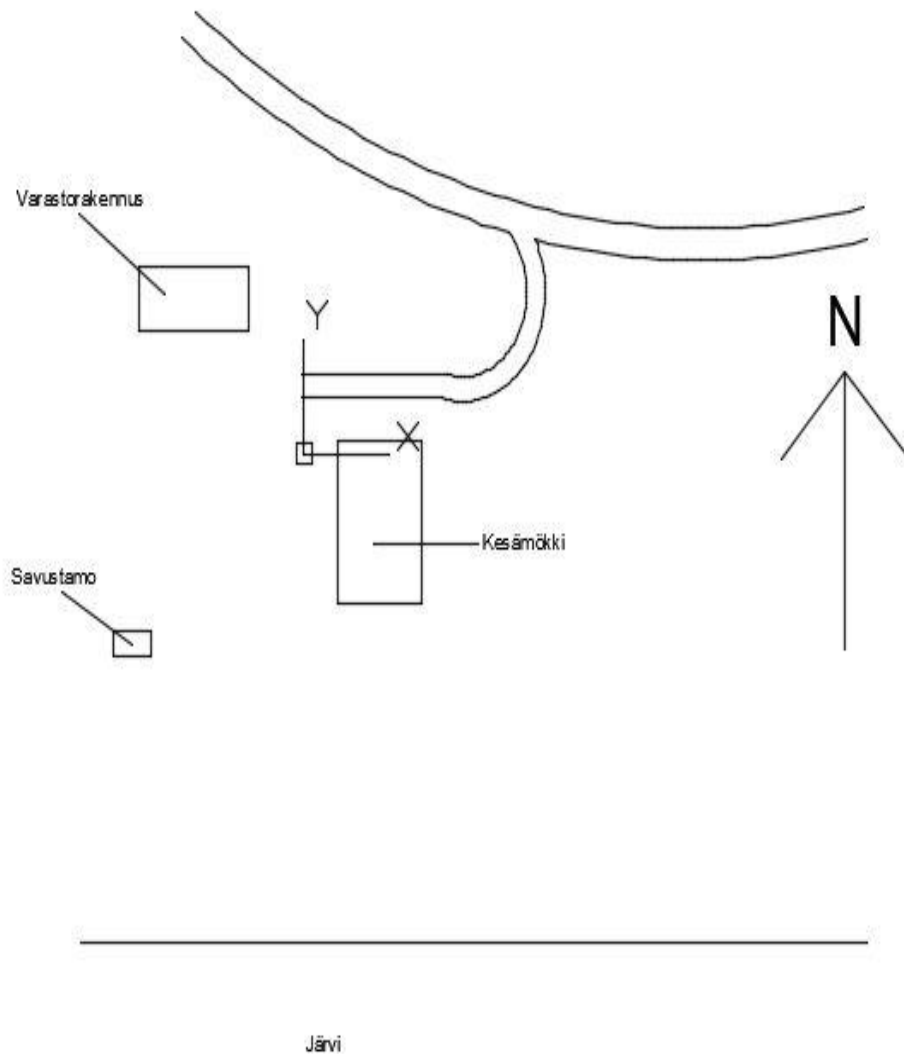
Itsepuhdistuvien lasien toiminta perustuu kemialliseen reaktioon lasin pinnassa olevan titaanioksidin ja auringon ultraviolettisäteilyn välillä. Reaktion tapahtuessa lasin pinnassa olevat epäpuhtaudet hajoavat. Pinnoite johtaa myös hyvin vettä. Sadeveden osuessa lasin pintaan vesipisarot leviävät koko lasin alueelle ja pesevät hajotetut epäpuhtaudet pois.

(Liikuntahallien lasirakenteet, s.48)

Jotta itsepuhdistuva lasi toimisi, tulee sen olla avoimena luonnon kosteudelle ja auringon ultraviolettisäteilylle. Jos nämä ehdot eivät toteudu, lasi ei toimi enää itsepuhdistuvana vaan mekaanista kastelua vaaditaan. Sisätiloissa lasin käyttö ei ole suositeltavaa, sillä auringon ultraviolettisäteily on vähäistä. Näin ollen edes mekaanisen kastelun avulla lasia ei saada toimimaan sen tarkoitetulla tavalla. (Liikuntahallien lasirakenteet, s.48)

## 2.4 Kohde

Kohde sijaitsee Virtojen Vaskuussa. Kyseessä on vuonna 1999 rakennettu hirsirakenteinen mökki, joka on ympärivuotisessa käytössä. Tämänhetkiset ikkunat ovat kiinteitä, kaksiuutuisia, u-arvoltaan  $2.7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Nykyvaatimusten mukaan loma-asunnossa, joka on suunniteltu ympärivuotiseen käyttöön, tulee ikkunoiden u-arvo olla vähintään  $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .



KUVA 4. Havainnollinen tonttikartta



KUVA 5. Mökin julkisivu

Ikkunoita uusiessa tulee huomioida myös nykyisen seinärakenteen lämmöneristävyysominaisuudet. Ulkoseinän runkona on käytetty höylähirttä 92x145. Tämän lisäksi seinärakenne sisältää 100 mm mineraalivillaa ja sisäpuolen pintaverhoiluna vaakapaneelin 22 mm x 100 mm.

Ulkoseinien u-arvoksi muodostui Dof-lämpö -ohjelman perusteella 0,32 W/(m<sup>2</sup>K). Ympäri vuoden asuttavissa loma-asunnoissa vastaava vaatimus on hirsirakenteissa 0,80 W/(m<sup>2</sup>K). Näin ollen nykyrakenteella täytetään selvästi vaatimustaso.

Kohteessa on painovoimainen ilmanvaihto. Sisääntuloventtiili on makuuhuoneessa ja poisto tapahtuu keittiön liesituulettimen kautta. Ilmanvaihdon tulisi siis olla riittävän hyvä, vaikka ikkunoiden tiiviys paraneekin uudistuksen yhteydessä.

### 2.4.1 U-arvo -laskelmat

Laskelmat on tehty rakennusmääräyskokoelman c4-liitteen avulla.

Ikkunoiden lämmönläpäisykerroin lasketaan kaavalla (1)

$$U_i = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \psi_g + \sum l_p \psi_p}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_f} \quad (1)$$

Jossa

$U_i$	ikkunan lämmönläpäisykerroin	$W/(m^2 K)$
$U_g$	valoaukon lämmönläpäisykerroin, kaava (2)	$W/(m^2 K)$
$U_p$	umpiosan lämmönläpäisykerroin, joka lasketaan kohdassa 2 esitetyn laskentamenetelmän mukaisesti	$W/(m^2 K)$
$U_f$	karmirakenteen lämmönläpäisykerroin, kaava (3)	$W/(m^2 K)$
$\psi_g$	valoaukon välilistan tai ulkoreunojen viivamainen lisäkonduktanssi	$W/(m^2 K)$
$A_g$	valoaukon pinta-ala	$m^2$
$A_p$	umpiosan pinta-ala	$m^2$
$A_f$	karmirakenteen projektiopinta-ala rakennusosan tasossa	$m^2$
$l_g$	valoaukon välilistan tai ulkoreunojen viivamaisen kylmäsillan pituus	$m$
$l_p$	umpiosan ulkoreunojen viivamaisen kylmäsillan pituus	$m$

(RakMk C4)



Valoaukon lämmönläpäisykerroin ( $U_g$ ) lasketaan kaavalla (2)

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \sum \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum R_{sn}} \quad (2)$$

Jossa

$U_g$	valoaukon lämmönläpäisykerroin	$W/(m^2K)$
$R_{si} + R_{se}$	sisä- ja ulkopuolen pintavastusten summa	$m^2K/W$
$d_j$	lasin tai läpinäkyvän ainekerroksen j paksuus	$m$
$\lambda_j$	lasin tai läpinäkyvän ainekerroksen j lämmönjohtavuus	$W/(mK)$
$R_{sn}$	lasivälin n lämmönvastus $R_s$ , taulukko 8	$m^2K/W$

(RakMk C4)

TAULUKKO 2. Valoaukon yhden lasivälin lämmönvastuksia.(RakMk C4)

Lasivälin paksuus, mm / lasien lukumäärä	Lämmönvastukset $R_s$ , $m^2K/W$ <sup>x)</sup>											
	Ilma emissiviteetti				Argon emissiviteetti				Krypton emissiviteetti			
	0,04	0,16	0,4	0,837	0,04	0,16	0,4	0,837	0,04	0,16	0,4	0,837
9 / 2	0,336	0,280	0,214	0,154	0,462	0,362	0,258	0,176	0,715	0,502	0,322	0,204
12 / 2	0,438	0,348	0,251	0,173	0,597	0,440	0,296	0,193	0,745	0,516	0,328	0,206
15 / 2	0,536	0,407	0,280	0,186	0,707	0,498	0,321	0,203	0,702	0,495	0,319	0,203
18 / 2	0,539	0,408	0,281	0,187	0,688	0,488	0,316	0,202	0,647	0,467	0,308	0,198
9 / 3	0,336	0,280	0,214	0,154	0,462	0,362	0,258	0,176	0,715	0,502	0,322	0,204
12 / 3	0,438	0,348	0,251	0,173	0,597	0,440	0,296	0,193	0,909	0,590	0,356	0,217
15 / 3	0,536	0,406	0,280	0,186	0,724	0,506	0,324	0,205	0,903	0,587	0,355	0,217
18 / 3	0,630	0,458	0,303	0,196	0,843	0,561	0,345	0,213	0,864	0,571	0,349	0,215
20 / 2	0,527	0,401	0,277	0,185								
25 / 2	0,491	0,380	0,267	0,181								
30 / 2	0,445	0,352	0,253	0,174								
30-300 / 2	0,442	0,350	0,252	0,174								
20 / 3	0,671	0,480	0,313	0,200								
25 / 3	0,647	0,467	0,307	0,198								
30 / 3	0,613	0,449	0,300	0,195								
30-300 / 3	0,573	0,427	0,290	0,191								

x) Lasivälin toisen pinnan emissiviteetti on 0,837

Yleisen puuikkunan karmirakenteen lämmönläpäisykerroin ( $U_f$ ) lasketaan kaavalla (3)

$$U_f = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \frac{\beta d}{\lambda_v}} \quad (3)$$

jossa

$U_f$	kehärakenteen lämmönläpäisykerroin	$W/(m^2 K)$
$R_{si} + R_{se}$	sisä- ja ulkopuolen pintavastuksen summa	$m^2 K/W$
$\beta$	moniulotteisen lämpövirran huomioon ottava korjauskerroin, esimerkiksi tavanomaiselle puuikkunalle 0,7	–
$d$	kehärakenteen keskimääräinen paksuus	$m$
$\lambda_v$	kehärakenteen lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo	$W/(mK)$

(RakMk C4)

Lasketaan u-arvo kohteen nykyiselle ikkunalle. Kyseessä on kiinteä 2-lasinen puuikkuna, jonka moduulimitat ovat 8M x 11M.

Karmirakenteen lämmönläpäisykerroin:

$$U_f = \frac{1}{(0,13 + 0,04)m^2 K/W + \frac{0,7 * 0,17m}{0,12W/(mK)}} = 0,861W/(m^2 K) \quad (3)$$

Valoaukon lämmönläpäisykerroin:

$$U_g = \frac{1}{(0,13 + 0,04)m^2 K/W + \frac{2 * 0,004m}{1,0W/(mK)} + 0,186m^2 K/W} \quad (2)$$

$$= 2,747W/(m^2 K)$$

Koko ikkunan lämmönläpäisykerroin:

$$U_w = \frac{2 * 0,7m^2 * 2,747W/(m^2 K) + 0,18m^2 * 0,861W/(m^2 K)}{2 * 0,7m^2 + 0,18m^2} = 2,532W/(m^2 K) \quad (1)$$

Alla olevassa taulukossa on esitettyä saman kokoiselle ikkunalle ratkaisuvaihtoehtoja eri lasityypeillä ja eristyskaasuilla.

TAULUKKO 3. Erilaisia ikkunaratkaisuja.

Lasien lkm	Lasityyppi	Täytekaasu	U-arvo
4	float	ilma	1,31
4	float	argon	1,23
3	2x float 1x selektiivi (0,16)	ilma	1,26
2	1x float 1x selektiivi (0,16)	argon	1,40
2	1x float 1x selektiivi (0,04)	ilma	1,34

#### 2.4.2 Hintavertailu

Ikkunatoimittajille lähetettiin identtiset sähköpostiviestit, joissa kerrottiin kohteen nykyisten ikkunoiden tiedot. Samalla pyydettiin tarjousta joko irtonaisista selektiivilaseista tai eristyslaselementeistä. Taulukossa x on esitettyä saatujen tarjousten hinnat. Taulukko sisältää pelkästään tuotteiden hinnat ilman kuljetusta tai asennusta.

TAULUKKO 4. Ikkunoiden hintavertailu.

Ikkunatoimittaja	Tuote	Hinta (sis.alv)	Elementti/irtolasi	U-arvo
Fenestra	Fw-primus fixed-135T	1741e	elementti	0,89
Hr-ikkunat	MEK-2K 131	1300e	elementti	1,30
Alavus ikkunat	MSEA 170	2087e	elementti	1,00
Aki-lasi	2K4s-12	638e	elementti	1,30
Aki-lasi	sunenergy selektiivilasi	381e	irtolasi	1,26

### 2.4.3 Ratkaisut

Ikkunoiden parantamisvaihtoehtoja tarkasteltaessa kaksi ratkaisuvaihtoehtoa erottuu joukosta. Ikkunaelementtien vaihto kahden lasin eristyslaselementteihin tai erillisen selektiivilasin asentaminen nykyisten ikkunoiden sisäpintaan.

Eristyselementin vahvuutena on pitempiaikainen ratkaisu. Vanhojen ikkunaelementtien purku ja uusien asentaminen tulee maksamaan enemmän kuin yhden lasin ratkaisu, mutta se tuottaa pysyvämmän lopputuloksen. Huoltovälikin tulee olemaan suurempi.

Erillisen selektiivilasin vahvuutena on ehdottomasti sen hinta ja asentamistavan helppous. Asennus onnistuisi omana työnä, jolloin hintaero valmiisiin eristyslaselementteihin kasvaisi entisestään.

### 3 Varastorakennus

#### 3.1 Vaatimukset

”Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään seuraavia rakennusosakohtaisia lämmönläpäisykertoimia ja ikkunapinta-alan vertailuarvoa.” (Rakmk D3)

”Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa.” (Rakmk D3)

seinä	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m <sup>2</sup> K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
maata vasten olevan rakennusosa	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku (Rakmk D3)	1,0 W/(m <sup>2</sup> K)

”Puolilämpimän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa.” (Rakmk D3)

seinä	0,26 W/(m <sup>2</sup> K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,60 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14 W/(m <sup>2</sup> K)

ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,26 W/(m <sup>2</sup> K)
maata vasten olevan rakennusosa	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku (Rakmk D3)	1,0 W/(m <sup>2</sup> K)

### 3.2 Lupa-asiat

Varastorakennuksen muuttaminen lämpimäksi tai puolilämpimäksi rakenteeksi vaatii rakennusluvan. Poikkeuksena on alle 10 m<sup>2</sup> kevyt rakenne, jolloin rakennusvalvonta vaatii ainoastaan kirjallisen ilmoituksen. (Rautalahti, A)

Rakennusluvan saamiseen vaadittavat asiakirjat:

- hakemuslomake
- selvitys rakennuspaikan hallintaoikeudesta
- karttaote
- pääpiirustukset
- rakennushankeilmoitus
- naapurien kuuleminen
- ulkoväriyessuunnitelma
- energiatodistus ja –selvitys tai kokonaislämpöhäviölaskelma
- selvitys rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteista
- suunnitelma jätevesien käsittelyjärjestelmästä

(Virtain kaupunki)

Ikkunoiden vaihdon osalta ei vaadita minkäänlaisia lupia, ellei julkisivu muutu merkittävästi. (Rautalahti, A)

### 3.3 Kohde

Varastorakennus sijaitsee samalla tontilla mökkirakennuksen kanssa. Sen ulkomitat ovat 9 m x 4 m. Varastorakennus koostuu varastosta ja autotallista joiden molempien leveys on 4,5 m.



KUVA 6. Varastorakennus

Ulkoseinän runkona on 50 mm x 100 mm tolpat 600 mm:n jaolla, jonka päällä on puolestaan ulkoverhous. Rakennuksen nurkissa on käytetty 100 mm x 100 mm tolppia.

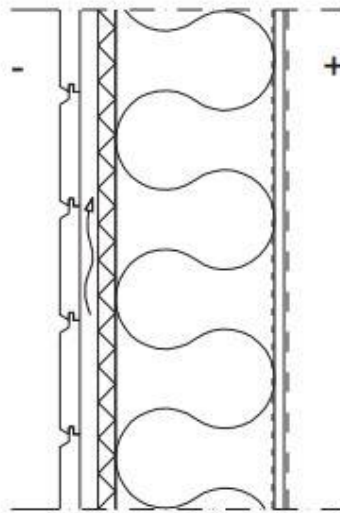
Alapohja on rossipohjainen. Harkkojen varaan on asennettu 50 mm x 100 mm:n puutavara kaksinkertainen rankarakenne. Sisäpinnassa on 22 mm:n lastulevy.

Yläpohjan runkona on seiniin nähden kohtisuorasti 50 mm x 100 mm puutavara 900 mm:n jaolla. Seinälinjalta lähtee myös vinosti 50 mm x 50 mm olevat korokerimat 900 mm:n jaolla. Näiden päällä on kohtisuorasti 22 mm x 100 mm olevat ruoteet. Päällimmäisenä rakenteena on peltikatto.

### 3.4 Lämmin toteutustapa

#### 3.4.1 Ulkoseinä

Olemassa olevasta ulkoseinästä irrotetaan ulkoverhouslaudat tuulensuojalevyn ja tuuletusvälin asentamisen mahdollistamiseksi. Ulkoverhouslautojen kunto arvioidaan, jonka jälkeen ne joko hävitetään tai otetaan uudestaan käyttöön uuden pinnoitteen kera. Pysty-  
tolppien kylkeen rakenteen sisäpuolelle kiinnitetään 42 mm x 123 mm:n kokoinen toinen  
runkotolppa. Näin ollen varmistetaan riittävä lämmöneristeen vahvuus. Tämän jälkeen  
sisäpuolelle asennetaan höyrynsulkumuovi ja rakennuslevy. Viimeisenä tehdään seinä-  
pinta ja pintakäsittely tilaajan toiveiden mukaan.



#### Rakennekerrokset:

28 mm	Pintakäsittely rakennusselostuksen mukaan
22...25 mm	Ulkoverhous rakennusselostuksen mukaan, ulkoverhouslauta (vähintään 24 mm)
	Tuuletusväli
25 mm	Pystylaudat, 22...25 mm k 600 kiinnityslaudat runkotolppien kohdilla
223 mm	Tuulensuoja, mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,033$ W/mK
	Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, puurunko 48x223 k 600
	Lämmöneriste, 223 mm mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,036$ W/mK
0,2 mm	Ilman- ja höyrynsulku, polyeteenimuovikalvo, saumat ilma- ja höyrytiivit
9...15 mm	Rakennuslevy, esimerkiksi vaneri, lastulevy, kartonkipintainen kipsilevy
	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

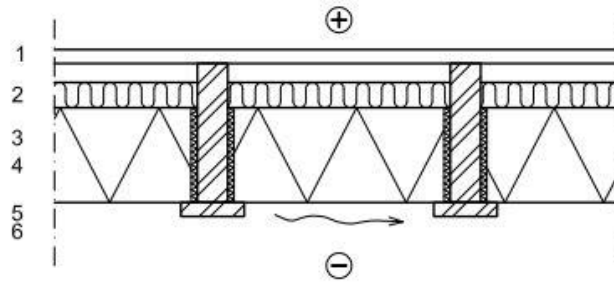
KUVA 7. Ulkoseinärakenne (RT 82-11006)

Rakenteen u-arvo on  $0,17$  W/(m<sup>2</sup> K). Näin ollen lämpimän rakenteen ulkoseinän vaatimukset täyttyvät.



### 3.4.2 Alapohja

Olemassa olevat lastulevyt irrotetaan ja hävitetään niiden huonon kunnon vuoksi. Rankarakenteen alapintaan asennetaan tukilaudat. Spu-eristeet ja ohut mineraalivillakerros asennetaan tukilautoja vasten lattiavasojen väliin. Pintaan asennetaan lattialevy ja siihen pintakäsittely tilaajan toiveiden mukaan.

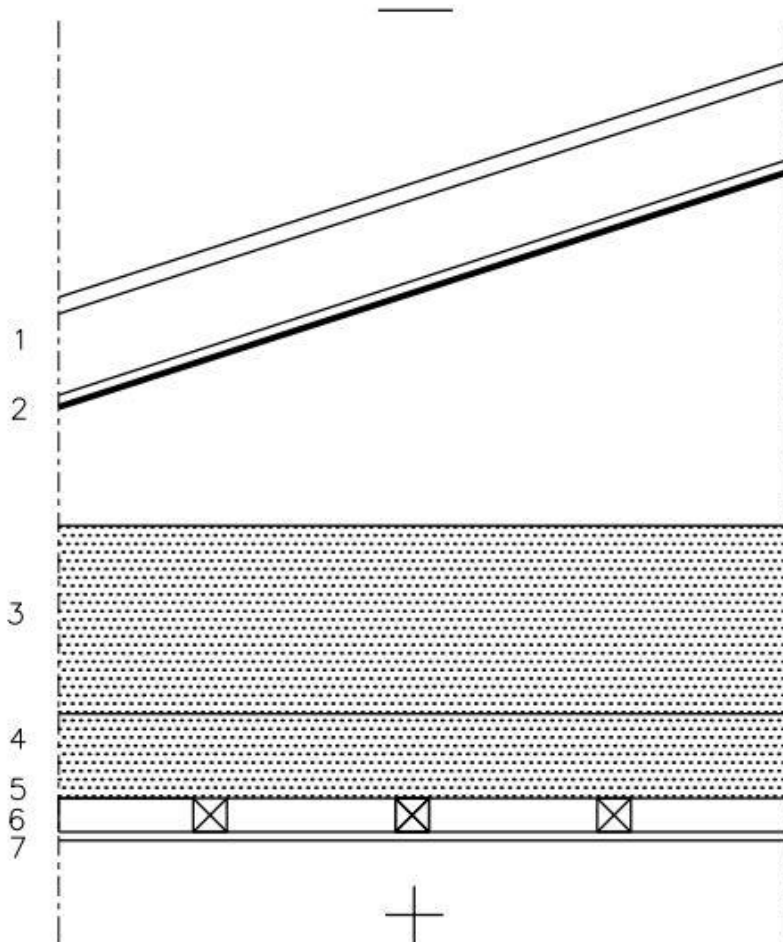


Rakenne	1	Lattialevy
	2	Askeläänieriste 40 mm (esimerkiksi pehmeä mineraalivilla)
	3	Lattiavasat k400 rakennesuunnitelmien mukaan
	4	SPU AL 150 mm, vaahdotus runkoon
	5	Lattiavasojen alapinnassa tukilaudat, joita vasten SPU AL on helppo asentaa
	6	Tuulettuva tila
U-arvo		0,16 W/m <sup>2</sup> K (SPU AL $\lambda_D$ 0,023 W/mK, Mineraalivilla $\lambda_D$ 0,037 W/mK)

KUVA 8. Alapohjarakenne (spu.fi).

### 3.4.3 Yläpohja

Yläpohjan rungon alapintaan asennetaan sisäverhouslevyt ja niille pintakäsittely tilaajan toiveita noudattaen. Rungon yläpintaan asennetaan ilmansulku ja tämän päälle lämmöneristekerros. Autokatoksen puoleiselle seinälle tehdään kulkuluukku, jonka kautta puhalluseriste saadaan asennettua. Näin ollen vesikatto pystytään säilyttämään entisellään.



Yläpohja puhalluseristeellä

- 1 Vesikate
- 2 Reuna-alueella tuuliohjain
- 3 Lämmöneriste EKOVILLA 405mm
- 4 Kantavarakenne rakennesuunnitelmien mukaan
- 5 EKOVILLA X5-ilmansulku
- 6 Koolaus 50x50mm k 300
- 7 Sisäverhous

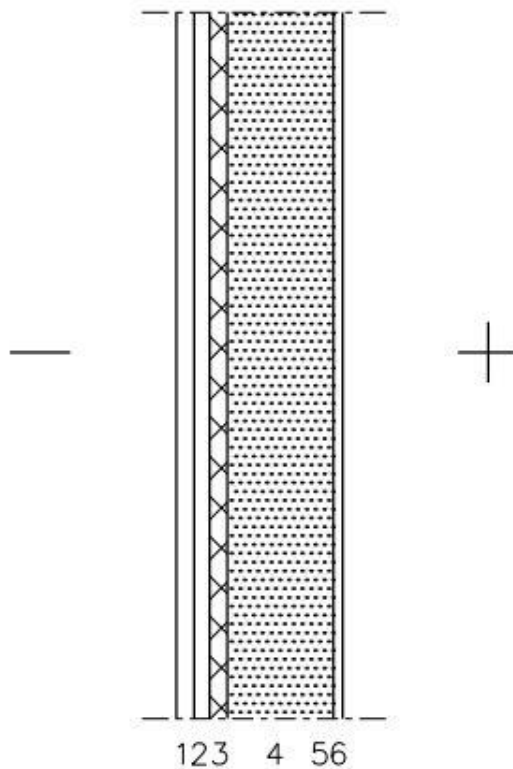
U-arvo 0,09 W/m<sup>2</sup>K

KUVA 9. Yläpohjarakenne (ekovilla.com)

### 3.5 Puolilämmin toteutustapa

#### 3.5.1 Ulkoseinä

Kuten lämpimässäkin ratkaisussa olemassa oleva ulkoverhous poistetaan ja sen mahdollisen käytön kohtalo ratkaistaan myöhemmin. Runkoleiyoja ja ilmaraon mahdollistava pystylauditus asennetaan ulkopuolelta runkotolppia vasten. Runkotolppien kylkeen rakennuksen sisäpuolelle asennetaan pystyyn 48 mm x 48 mm olevat lisätolpat riittävän eristekerroksen mahdollistamiseksi. Lopuksi sisäpuolelle asennetaan höyrynsulku ja sisäverhoilu tilaajan mukaan.

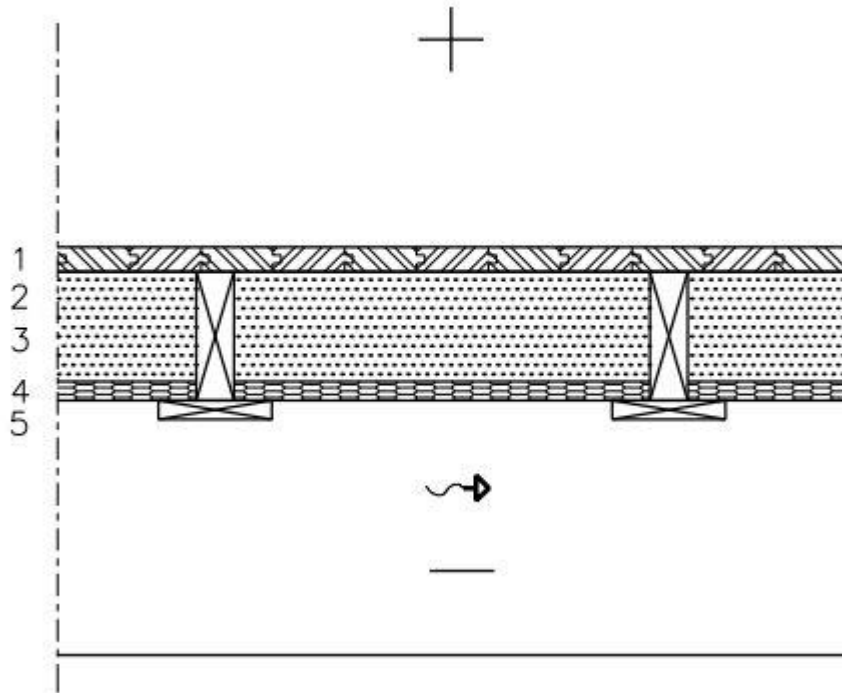


- 1 Ulkoverhous 25X125mm
- 2 Ilmarako / lauta 22x100mm k 600
- 3 Tuulensuoja Runkoleijona 25mm
- 4 Lämmöneriste EKOVILLA 148mm  
ja kantava runko 48x148mm k 600
- 5 EKOVILLA X5-ilmansulku
- 6 Sisäverhous

U-arvo: 0,26 W/m<sup>2</sup> K

### 3.5.2 Alapohja

Olemassa olevat lastulevyt irrotetaan ja hävitetään. Lattiakannattajien alle asennetaan laudat samalla jaolla tuulensuojalevyjen asentamisen helpottamiseksi. Päälle puhalletaan kuvasta poiketen 200 mm ekovillaa rakenteen paremman tiiviyyden varmistamiseksi. Viimeisenä pintaan asennetaan rakennuslevy ja sen mahdollinen pintakäsittely.



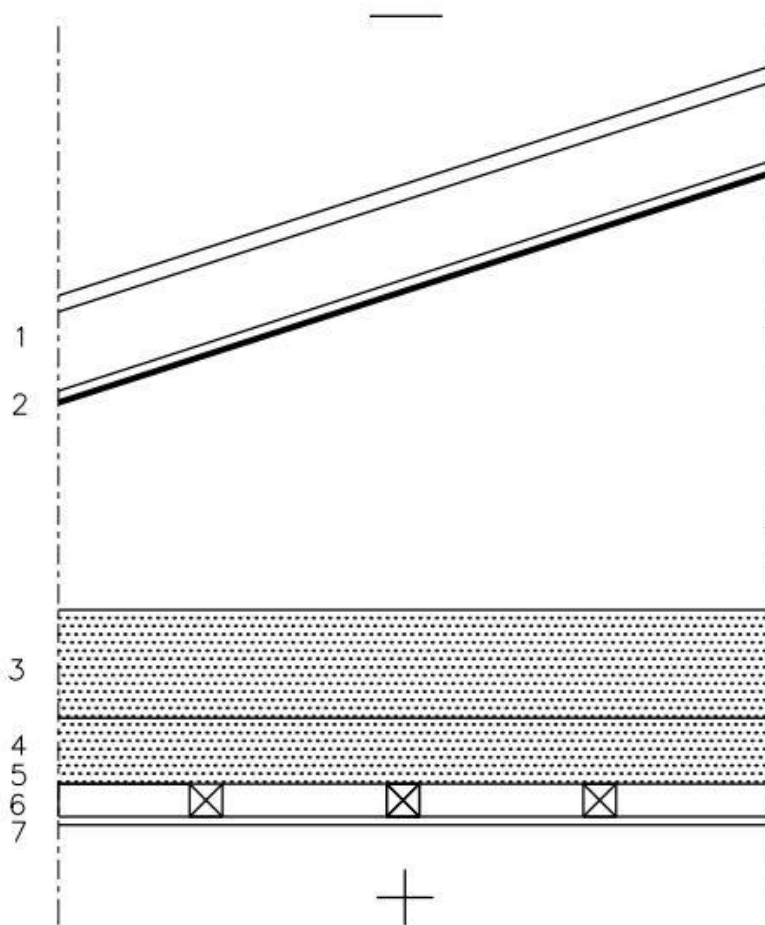
- 1 Lattialauta 28x95mm pontattu tai LattiaWilhelmi 22 mm
- 2 EKOVILLA X5-ilmansulku
- 3 Lämmöneriste EKOVILLA 150 mm ja lattiakannattajat rakennesuunnitelman mukaan
- 4 Tuulensuoja Runkoleijona 25mm
- 5 Lauta 25x150mm  
Tuuletettu ryömintätila  
Karkea sora

U-arvo: 0,26 W/m<sup>2</sup> K

KUVA 11. Alapohjarakenne (ekovilla.com)

### 3.5.3 Yläpohja

Toteutus tehdään täysin samalla tavalla kuin lämpimän rakenteen ratkaisussakin. Ainoana erona on käytettävän eristekerroksen paksuus. Yläpohjan rungon alapintaan asennetaan sisäverhouslevyt ja niille pintakäsittely tilaajan toiveita noudattaen. Rungon yläpintaan asennetaan ilmansulku ja tämän päälle lämmöneristekerros. Autokatoksen puoleiselle seinälle tehdään kulkuluukku, jonka kautta puhalluseriste saadaan asennettua. Näin ollen vesikatto pystytään säilyttämään entisellään



Yläpohja puhalluseristeellä

- 1 Vesikate
- 2 Reuna-alueella tuuliohjain
- 3 Lämmöneriste EKOVILLA 265mm
- 4 Kantavarakenne rakennesuunnitelmien mukaan
- 5 EKOVILLA X5-ilmansulku
- 6 Koolaus 50x50mm k 300
- 7 Sisäverhous

U-arvo 0,14 W/m<sup>2</sup>K

KUVA 12. Yläpohjarakenne (ekovilla.com)

### 3.6 Ratkaisut

Varastorakennuksen tulevaisuuden käyttötarkoituksena on majoittaa tontilla vierailevia ihmisiä ja toimia osin varasto- ja talousrakennuksena. Tätä konseptia ajatellessa järkevämpi ratkaisu tulee olemaan varaston muuttaminen puolilämpimäksi rakenteeksi. Se on vaihtoehdoiltaan helpompi toteuttaa ja hinta on merkittävästi alhaisempi.

Tulevaisuudessa eristemateriaalien kehittyessä ja toivottavasti eristyspaksuuksien pientyessä varastorakennuksen muuttaminen lämpimäksi rakenteeksi nousee järkevämmäksi ja helpommaksi vaihtoehdoksi. Tilaajalla on nyt sitä varten perusratkaisu jonka pystyy toteuttamaan pelkästään eristemateriaalin korvaamalla.

Puolilämpimän vaihtoehdon suurin etu lämpimään verrattuna on hinta. Materiaalien kustannukset ovat paljon pienemmät sekä ulkoseinässä, alapohjassa että yläpohjassa. Myös työmäärä on vähäisempi kun vaadittu eristystilavuus on pienempi. Lämpimän vaihtoehdon etuna puolestaan on pitkäikäisyys. Rakenteet säilyvät paremmassa kunnossa kun sisälämpötila pidetään riittävällä tasolla.

## 4 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää toimivat ratkaisut sekä ikkunoiden parantamiseen, että varastorakennuksen käyttötarkoituksen muuttamiseen. Ikkunoihin löydettiin työn avulla kaksi erilaista korjausratkaisua: Ikkunoiden vaihtaminen kokonaan uusiin eristyslaselementteihin tai erillisen selektiivilasin lisääminen olemassa olevien ikkunoiden sisäpintaan. Molemmilla vaihtoehdoilla on omat etunsa. Eristyslaselementti on pitkäikäinen, mutta lyhyellä aikavälillä kallis ratkaisu. Selektiivilasi on puolestaan halpa ja helppo toteuttaa, mutta vaatii nopeammin jatkotoimenpiteitä. Tilaaja saa näin ollen tehdä lopullisen päätöksen.

Varastorakennuksen osalta tutkimukset jäivät suppeiksi tilaajan esittämistä aikataulullisista syistä. Paremmalla aikataululla ratkaisuvaihtoehtoja olisi muodostunut useampia. Näistä olisi myös päästy tekemään hintavertailuja, jotka olisivat olleet asiakkaalle havainnollisempia. Tilaajalle pystyttiin kuitenkin kokoamaan yksi ratkaisu sekä lämpimälle, että puolilämpimälle vaihtoehdolle. Tämän avulla hän pystyy paremmin selvittämään onko käyttötarkoituksen muuttaminen vielä ajankohtaista ja kannattavaa.

Työn tuloksia voidaan pitää pätevinä, sillä lukuisia asioita selvitettiin suoraan alalla toimivilta henkilöiltä. Näitä olivat ikkunavalmistajat ja Virtain kaupungin rakennusvalvonnassa toimiva Anita Rautalahti. Opinnäytetyön alussa asetettuihin ongelmiin onnistuttiin myös löytämään ratkaisut. Jatkotutkimuksen aiheena voisi olla lämpökamerakuvausten suorittaminen ikkunaremontin ja lämmöneristämisen jälkeen. Näin saataisiin varmuus rakenteen riittävästä tiiviydestä ja työn onnistumisesta.

## LÄHTEET

Rautalahti, A. Lupavalmistelijä. Haastattelu 28.4.2016. Haastattelija Mantila, J. Tampere.

C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma, ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä 30.10.2002.

D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma, ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 30.3.2011

ekovilla.com. Rakennesuunnittelu.

<http://www.ekovilla.com/ohjeet/ohjeet-suunnittelijoille/>

Hemmilä, K & Heimonen, I. 2012. Liikuntahallien lasirakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Paloniitty, S & Kauppinen T. 2005. Rakennuksen lämpökuvaus. RT 14-10850.

Paloniitty oy. Lämpökuvaus, ohjeet ja määräykset.

<http://paloniitty.fi/files/RLK%20L%C3%A4mp%C3%B6kuvaus%20OHJEET%20JA%20M%C3%84R%C3%84R%C3%84YKSET%20LIITE.pdf>

Rakennussäätiö RTS:n toimikunta, 2007. Rakennuslasit, tasolasit. RT 38-10901.

Rakennussäätiö RTS:n toimikunta, 2008. Eristyslasit. RT 38-10941.

Rakennussäätiö RTS:n toimikunta, 2010. Ulkoseinärakenteita. RT 82-11006.

spu.fi. Detaljikirjasto, tuulettuva alapohja.

<http://www.spu.fi/suunnittelu/detaljikirjasto/alapohjat/>

Virrat.fi. Rakennuslupa. Luettu 28.4.2016.

<http://www.virrat.fi/kaupunkipalvelut/asuminen-ja-rakentaminen/rakennusvalvonta/rakennuslupa/>