



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KIVINAVETAN MUUTOS- TYÖSUUNNITELMA

TEKIJÄ: Jouni Reunamo

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jouni Reunamo	
Työn nimi Kivinavetan muutostyösuunnitelma	
Päiväys 4.10.2018	Sivumäärä/Liitteet 45/4
Ohjaaja(t) Tuntiopettaja Teppo Houtsonen, lehtori Hannu Haaranen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Perustettava yhtymä XXX	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli käsitellä 1800-luvun loppupuolella rakennetun kivinavetan muutosta juhlatilaksi. Juhlatilaksi muuttaminen vaati tarkastelua sekä rakenteellisesta että kosteusteknisestä näkökulmasta. Opinnäytetyössä perehdyttiin rakennusmääräyksiin sekä sovellettiin niitä kyseiseen kohteeseen. Työssä myös tarkasteltiin välipohjarakenteiden rakenteellista kestävyyttä käsinlaskuna ja Finnwood-laskentaohjelman avulla. Työssä tutkittiin kohdetta myös kosteuden ja sisäpuoleisen lämmöneristämisen kannalta. Työn tavoitteena oli selvittää, kestäväkö puinen välipohja ilman lisäjäykistystä vai tarvitseeko välipohjaa jäykistää, sekä miten rakennusta voidaan lämmöneristää rakennuksen sisäpuolelta.</p> <p>Opinnäytetyössä aineistona käytettiin kivinavetan olemassaolevia rakennepiirustuksia ja tilalta otettuja valokuvia. Käytettävänä oli myös eri lähteistä kerätty materiaali ja Uuraisten kunnan rakennusviranomaisen kanssa käydyt keskustelut. Kestävyyden laskennan apuna ja vertailuna käsinlaskuihin käytettiin Finnwood-ohjelmaa ja lisälämmöneristämisen tutkimisen apuna käytettiin WUFI-ohjelmaa.</p> <p>Tämän työn tuloksena olivat välipohjarakenteen kestävyysarvot sekä lisälämmöneristämisen toteutus. Tulosten perusteella työn tilaaja saa käsityksen mitä välipohjalle tulee tehdä muutostyön yhteydessä ja miten välipohjan sekä ulkoseinän lämmöneristys toteutetaan.</p>	
Avainsanat Kivinavetta, Muutostyö, Välipohja, Rakennusmääräykset	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author(s) Jouni Reunamo			
Title of Thesis Repair Construction Plan for an Old Stone Byre			
Date	Oktober 4, 2018	Pages/Appendices	45/4
Supervisor(s) Mr. Teppo Houtsonen, Lecturer and Mr. Hannu Haaranen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Consolidated company xxx, yet to be established			
<p>Abstract</p> <p>The goal of the thesis was to cover the modification of a stone byre, built at the end of the 19th century, to a ceremony room. The objective was to calculate if the structure of the intermediate floor would sustain the loads as it were or would it have to be reinforced, and to find out how the building could be insulated from the inside against heat loss.</p> <p>Turning the stone byre into a ceremony room required both structural and humidity technical aspect. Local building code was both acquainted with and adapted to the subject in question. The load bearing capacity of the intermediate floor was examined by calculating it both by hand and by using the Finnwood-computer program. The humidity and interior heat insulation were also examined in the thesis.</p> <p>Structural plans of the stone byre and pictures taken from the ranch were used as source material. Also the material gathered from various sources and conversations with the building authority of Uurainen were utilized. Finnwood-computer program was used in comparison and as a support when calculating the capacity by hand. The calculation of supplemental heat insulation was made with the assistance of WUFI-computer program.</p> <p>The results of this work were the stability values of the intermediate floor and the implementation of supplemental heat insulation. Based on this thesis the client of this work now knows what needs to be done to the intermediate floor when modifying the stone byre and how the heat insulation of the intermediate floor and outer wall will be carried out.</p>			
<p>Keywords</p> <p>stone byre, alteration work, intermediate floor, building codes</p>			

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty vain tätä kyseistä kivinavettaa varten eikä tätä työtä voi käyttää rakenteiden suunnitteluun, eikä suoraan toiseen projektiin.

Haluan kiittää Ossi Pokelaa avustamisesta tässä työssä, sekä vastaavaa ohjaajaa Teppo Houtsosta Työn ohjaamisesta.

## SISÄLTÖ

ALKUSANAT .....	4
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Tausta ja tavoitteet .....	6
1.2 Lyhenteet ja määritelmät .....	9
2 RAKENNUMÄÄRÄYKSET KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUUTOKSEN YHTEYDESSÄ.....	10
2.1 Korjaus ja muutostyöt.....	10
2.2 Käyttöturvallisuus .....	10
2.3 Kantavat rakenteet .....	10
2.4 Rakennuksen energiatehokkuus.....	11
3 RAKENNUKSEN SISÄPUOLINEN LÄMMÖNERISTÄMINEN .....	12
3.1 Lämmöneristyksen lähtötiedot .....	12
3.2 Ulkoseinä .....	12
3.3 Välipohja .....	17
4 PUISEN VÄLIPOHJAN RAKENTEELLINEN KANTAVUUS.....	20
4.1 Kuormat .....	20
4.2 Välipohjapalkin tarkastelu .....	23
4.3 Välipohjan kannatinpalkin tarkastelu .....	30
5 YHTEENVETO .....	38
6 POHDINTA .....	39
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	41
LIITE 1: .....	43
LIITE 2: .....	44
LIITE 3: .....	44
LIITE 4: .....	45

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta ja tavoitteet

Karjankasvattamisen lopettamisen myötä yli 100 – vuotta vanha kiviavetta jäi tyhjilleen ja navetalle halutaan jokin uusi käyttötarkoitus. Navetan sijainti on visuaalisesti erittäin hieno, joten yhtenä hyvänä käyttötarkoituksena voisi olla juhlatila, missä voidaan pitää erilaisia kokouksia, häitä tai muita tapahtumia.

Tavoitteena on osoittaa mitä käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä on tässä työssä tutkittavalle kiviavetan välipohjalle sekä ulkoseinälle on tehtävä rakennusteknisestä näkökulmasta. Tilaajalle annetaan tarvittavat tiedot kiviavetan ulkoseinän ja välipohjan lämmöneristämisestä, sekä välipohjan rakenteellisesta kestävydestä mitoitustuloksineen.

Kiviavetta (KUVA 1) on rakennettu 1800-luvun loppupuolella ja navettaan on tehty muutoksia rakennuskuvien mukaan viimeisen kerran vuonna 1975. Rakennuksesta on käsin piirretty muutuskuvat vuonna 1975 ja nämä kyseiset rakennuskuvat ovat uusimmat saatavilla olevat kuvat. Navetassa on ollut karjaeläimiä vuosien varrella useita, mutta lehmiä navetassa on ollut viimeisen kerran kesällä 2017, jonka jälkeen navetta on ollut tyhjiään. Tässä työssä käsiteltävä navetta (KUVA 2) sijaitsee Uuraisten kunnassa, joka sijaitsee keskisuomen maakunnassa. Matkaa Uuraisten kunnasta Jyväskylään on noin 40 Km ja Äänekoskelle noin 30 Km.



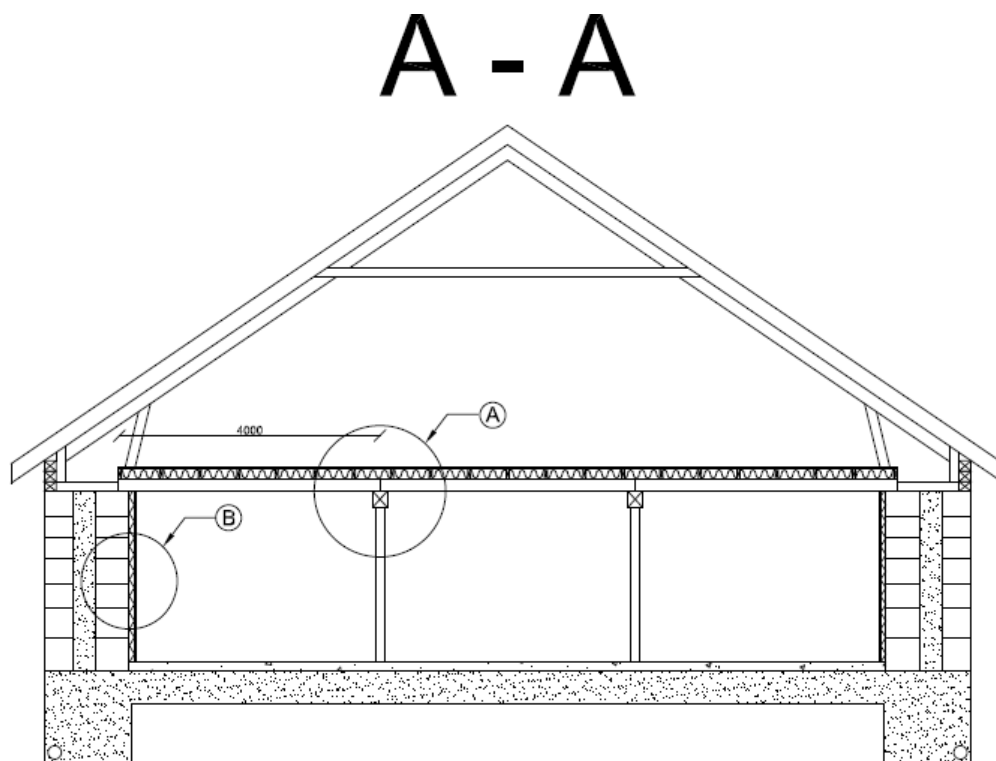
KUVA 1. Opinnäytetyössä tutkittava vanha kiviavetta (Pokela 2017-02-07)



KUVA 2. Uuraisilla sijaitseva kavinavetta päädyistä kuvattuna (Pokela 2017-02-07).

Navetta on kaksikerroksinen ja rakenteissa on käytetty kantavina osina kiveä, puuta ja terästä, sekä eristeenä mineraalivillaa, puhallusvillaa ja purueristettä. Navetan ulkoseinät on tehty luonnonkivistä siten, että ulkopinnassa sekä sisäpinnassa on 0,45 m paksu luonnonkivi ja kivien välissä on eristeenä hiekkaa 40 cm paksuinen kerros. Välipohja ja vesikattorakenteet on tehty pääasiassa puusta. Välipohjan rakenne koostuu rakennuksen pitempään suuntaan menevistä 220 mm\*250 mm puupalkeista ja rakennuksen lyhyempään suuntaan menevistä 180 mm\*180 mm puupalkeista. Eristeenä vanhassa välipohjassa on vanhalla osalla purua 180 mm ja vuonna 1975-1976 tehdyn laajennuksen osalla puhallusvillaa. Navetan ulkoseinän rakenteet katsottiin vanhoista vuonna 1975 käsin piirretyistä kuvista ja välipohjan rakenteita katsottiin purkamalla olemassa olevaa rakennetta pisteittäin välipohjan reunoilta, sekä kantavien linjojen kohdalta.

Välipohjaa kannattelevat luonnonkivistä tehdyt ulkoseinät sekä rakennuksen sisäpuolella kahdessa rivissä olevat pyöreät, halkaisijaltaan 140 mm teräspilarit, jotka on valettu täyteen betonilla. Teräspilarien ja puupalkkien väliin on laitettu 160 mm\*180 mm\*10 mm kokoiset teräslevyt. Teräspilarit on sijoitettu rakennuksen pidempään suuntaan, kahdessa rivissä menevien 220 mm\*250 mm puupalkkien alle 2,4 m välein. Välipohjan rakenteet on esitetty liitteissä 1, 2 ja 3 sekä kuvassa 3.



Kuva 3. Leikkaus A – A, (Reunamo 2018-11-15)

Opinnäytetyössä käsitellään teoriaosuutta sekä laskennallista osuutta. Teoriaosuudessa tutkitaan rakennuksen lämmöneristystä ja lämmöneristykseen tutkimisen apuna käytetään WUFI-ohjelmaa. Teoriaosaan tietoa haetaan erilaisista määräyksistä ja ohjeista, kuten esimerkiksi ympäristöministeriön asetuksista. Laskennallisessa osuudessa tutkitaan välipohjan rakenteellista kestävyyttä käsinlaskuilla ja tulosten tarkistamiseksi, sekä vertailuksi laskut tehdään myös Finnwood-ohjelmalla. Finnwood-ohjelmalla laskettuja tuloksia verrataan käsinlaskettuihin tuloksiin ja näin voidaan verrata tuloksia. Jos tulokset ovat yhteneväiset, eli lähellä toisiaan, voidaan tuloksia pitää luotettavina ja laskuvirheiden todennäköisyyttä pienenä. Tämän työn tarkoituksena on antaa tilaajalle rakennekuvia pääasiassa välipohjan rakenteista ja kuvien piirtämisessä sekä mallintamisessa käytetään tietokoneohjelmia, kuten REVIT ja AUTO CAD. Laskelmissa käytetään apuna olemassaolevia käsin piirrettyjä kuvia sekä navetasta itse tehtyjä mittauksia.



## 1.2 Lyhenteet ja määritelmät

U-arvo = Lämmönläpäisykerroin

KRT = Käyttörajatila

MRT = Murtorajatila

$G_{kj}$  = Pysyvien kuormien ominaisarvo

$Q_{k,1}$  = Määräävän muuttuvan kuorman ominaisarvo

$Q_{k,i}$  = Muun muuttuvan kuorman ominaisarvo

$K_{FI}$  = seuraamusluokasta riippuva kuormakerroin

$\Psi$  = Muuttuvan kuorman yhdistelykerroin

$W_c$  = *esikorotus*

$W_{fin}$  = *kokonaistaipuma*

$W_{creep}$  = *viruman aiheuttama lisätaipuma*

$W_{inst}$  = *hetkellinen taipuma*

$W_{net,fin}$  = *lopputaipuma*

## 2 RAKENNUSMÄÄRÄYKSET KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUUTOKSEN YHTEYDESSÄ

### 2.1 Korjaus ja muutostyöt

Tässä työssä tarkastellaan rakentamisen ja muutostöiden osalta säädöksiä ja määräyksiä suunnittelun kannalta. Vanhan kivinavetan muutostyö tarkoittaa nykyisten säädösten ja määräysten kannalta, että rakennus ei ole uudisrakennus. Rakennus ei ole uudisrakennus ja näin ollen säädöksiä, ohjeita sekä määräyksiä tulee noudattaa soveltavin osin. Toisissa säädöksissä tai määräyksissä on erityismaininta, että muutostyön yhteydessä tai muiden ehtojen täytyttyä ei ohjetta tai määräystä huomioida edes soveltavin osin. Rakentamiseen liittyviä määräyksiä, ohjeita sekä asetuksia löytyy ympäristöministeriön julkaisuista. Ympäristöministeriö jakaa verkkosivujen kautta julkaisut ja kumoaa vanhoja julkaisuja. Korjausrakentamista käsitellään käyttöturvallisuuden osalta ympäristöministeriön asetuksessa 1007/2017, ja kantavien rakenteiden osalta ympäristöministeriön asetuksessa 447/2014 sekä rakennuksen energiatehokkuuden osalta ympäristöministeriön asetuksessa 4/13 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus ja muutostöissä.

### 2.2 Käyttöturvallisuus

Käyttöturvallisuutta käsitellään ympäristöministeriön ohjeissa ja säädöksissä. Tämä kivinavetta ei kuitenkaan ole terveydelle tai turvallisuudelle erityisen vaarallinen, joten käyttöturvallisuuden säädöstä koskien rakennuksen käyttöturvallisuutta rakennuksen muutostöiden yhteydessä ei tarvitse huomioida. Termillä terveydelle tai turvallisuudelle erityisen vaarallinen tarkoitetaan, että rakennus ei saa aiheuttaa vaaraa rakennuksessa oleville ihmisille turvallisuuden tai terveellisyyden näkökulmasta. Rakennuksessa ei ole havaittu sisäilmaan vaikuttavia ongelmia eikä rakennuksessa ole nähtävissä mitään mikä voisi aiheuttaa ihmisten turvallisuudelle vaaraa. Ympäristöministeriön asetuksessa sanotaan seuraavasti:

Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tätä asetusta on sovellettava, jos alkuperäinen ratkaisu on turvallisuuden tai terveydellisyyden kannalta ilmeisen haitallinen. (Ympäristöministeriön asetus 1007/2017, 1§).

### 2.3 Kantavat rakenteet

Kantavat rakenteet mitoitetaan ja suunnitellaan standardien mukaisesti. Kaikilla rakenteilla on omat En-standardit ja kaikki viralliset kirjat joissa ohjeistetaan tai neuvotaan rakenteiden mitoittamisessa perustuvat standardeihin. Tässä työssä välipohjan kestävyyksien laskuissa käytetään RIL 205-1-2017 kirjaa ja tämä kirja perustuu eurokoodi EN 1995-1-1 standardiin. EN-standardin mukainen mitoitus etenee niin, että määritellään rakennuksen kuormat ja kerrotaan kuormia standardin mukaisilla varmuuskertoimilla sekä määritellään rakenteiden kestävyksiä kuten esimerkiksi taivutuskestävyys ja leikkauskestävyys. Rakenteen lujuudet lasketaan määritellyillä kuormilla eikä lujuudet saa ylittää kestävyysarvoja. EN-standardeissa on määriteltä eri materiaaleille mitoituksessa käytettäviä arvoja ja näitä arvoja ei saa muuttaa. Rakentamiseen liittyviä EN-standardeja on erityisesti EN 1995 sekä EN 1990.

Kantavien rakenteiden ohjeita ja määräyksiä tulee noudattaa tässä työssä, sillä aikaisemmin rakennus on ollut navettana, jossa on elänyt karjaeläimiä ja muutostöiden jälkeen rakennuksen käyttötarkoituksena on kokoontumistila. Tässä työssä noudatettavia määräyksiä on esitetty erityisesti EN 1990 ja EN 1995 standardeissa. Rakennuksen kantavien rakenteiden vaurioitumisesta voi aiheutua vaaraa henkilöturvallisuudelle, joten ympäristöministeriön asetus sanoo seuraavasti:

Tätä asetusta sovelletaan rakennusten kantavien ja jäykistävien rakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen, rakenteiden korjaus- ja muutostyöhön sekä rakenteiden rakenteellisten vahvistusten suunnitteluun ja toteutukseen, sekä niiden korjaus- ja muutostyöhön, kun niiden mahdollisesta vauriosta voi aiheutua vaaraa henkilöturvallisuudelle. (Ympäristöministeriön asetus 447/2014, 1§).

Rakenteiden kestävyys on käyttötarkoituksen muutoksen vuoksi laskettava uuden käyttötarkoituksen mukaisilla kuormilla. Ohjeavot hyötykuormille kokoontumistilassa katsotaan (RIL 205-1-2017 Taulukko 2.5-FI, 34) ja siellä olevia kuormia käytetään tämän työn laskentaosiossa myöhemmin.

Paloturvallisuuteen liittyen kävimme sähköpostikeskustelun Uuraisten rakennusviranomaisen kanssa ja keskustelussa todettiin, että tässä tapauksessa voidaan pitää paloluokkana P3 sekä ihmismääränä soveltaa 1 kerroksista rakennusta. Keskustelussa todettiin myös, että paloturvallisuuden kannalta rakennuksessa täytyy olla alkusammutuskalusto sekä sähköverkkoon kytketyt hätäpoistumiskyltit. Uuraisten kunnan paloviranomainen ottaa tarvittaessa tarkemmin kantaa paloturvallisuuden vaatimuksiin muutostyön yhteydessä. (Jokinen 2018-02-09).

Rakennuksen paloluokkana pidetään luokkaa P3 ja ympäristöministeriön asetuksessa 848/2017 määritellään kantavien rakenteiden palonkesto aika. Palonkesto aika on määritelty paloluokissa P1 ja P2, mutta luokassa P3 ei ole kantaville rakenteille palonkestovaatimuksia. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan tämän rakennuksen kantavia rakenteita ei tarvitse mitoittaa paloturvallisuuden kannalta. (Ympäristöministeriön asetus rakennustien paloturvallisuudesta 848/2017, 12§, taulukko 3, s.7.)

## 2.4 Rakennuksen energiatehokkuus

Rakennuksen energiatehokkuutta täytyy parantaa käyttötarkoituksen muutoksen myötä, sillä rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu kokoontumistilaksi. Korjaus ja muutostöiden yhteydessä rakennuksen energiatehokkuutta tulee parantaa seuraavasti:

1) Ulkoseinä: Alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin enintään 0.17 W/ (m<sup>2</sup> K). Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin 0,60 W/ (m<sup>2</sup> K) tai parempi.

2) Yläpohja: Alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin enintään 0.09 W/ (m<sup>2</sup> K). Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin 0,60 W/ (m<sup>2</sup> K) tai parempi.

3) Alapohja: Energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan.

4) Uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvon on oltava 1.0 W/ (m<sup>2</sup> K) tai parempi. Vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia korjattaessa on lämmönpitävyyttä parannettava mahdollisuuksien mukaan. (Ym.fi, 4§, 2.)

### 3 RAKENNUKSEN SISÄPUOLINEN LÄMMÖNERISTÄMINEN

#### 3.1 Lämmöneristykseen lähtötiedot

Rakennuksen sisäpuolinen lämmöneristäminen on haastavaa erityisesti rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden kannalta. Tässä työssä käytetään ruiskutettavaa polyuretaanieristettä eristeen hyvien ominaisuuksien vuoksi. Ruiskutettavan polyuretaanieristeen hyviä ominaisuuksia on tämän työn kannalta erityisesti ruiskutuksen myötä tuleva täysin ilmatiivis sauma ruiskutettavan pinnan ja eristeen väliin. Täysin ilmatiivis sauma ruiskutettavan pinnan ja eristeen välissä tarkoittaa, että kosteus ei pääse tiivistymään eristeen ja tässä tapauksessa kiven väliin. Ruiskutettava polyuretaanieriste on hyvä myös siksi, että ei tule saumoja verrattuna levy-eristeisiin. Eriste toimii myös höyrynsulkuna eikä ole homehtuvaa materiaalia. Ruiskutettavan polyuretaanieristeen paksuutta voidaan säätää tarpeen mukaan ja eristeen käyttöikäksi luvataan jopa yli 100 vuotta. (Polyuretaani.fi, RT 38911 Ruiskutettava polyuretaanieriste - Bang & Bonsomer Group Oy 2017, 2.)

Tässä työssä alakerran kiviseinän eristys tehdään n.8 cm paksuisella ruiskutettavalla polyuretaanieristeellä ja välipohjan eristys tehdään 150 mm paksulla mineraalivillakerroksella. Alakerta on puoliilämmintä tilaa ja yläkerta on kylmää tilaa, joten välipohjan eristys liittyy alakerran seinien eristeseen. Alakerran kiviseiniin ruiskutettavan polyuretaanieristeen pintaan asennetaan rappausverkko sekä n. 2 cm paksuinen sementtirappaus. Puhallettavan polyuretaanieristeen pitää pysyä kiinni luonnonkivessä sekä luonnonkivien välissä olevissa saumoissa. Eriste ei saa irrota saumojen kohdalta, koska jos eriste irtoaa sauman kohdalta, muodostuu eristeen ja sauman väliin rako ja kosteus voi tiivistyä raon kylmemmälle reunalle. Luonnonkivien välissä on jonkinlainen valusauma ja sauman pinta on siisti ja sileä. Sauma ei ole hiekkamainen, eikä saumasta irtoa palasia, joten voimme olettaa puhallettavan polyuretaanieristeen pysyvän kiinni myös kivien saumoissa.

Luvussa 3.1 tutkitaan sekä vanhan, että uuden seinän rakennetta WUFI ohjelmalla ja ohjelmasta saadaan u-arvot, sekä rakenteen kosteustekninen käyttäytyminen eri vuodenaikoina. WUFI ohjelman tarkastusväli on 1.10.2016 – 1.10.2018 ja tällä aikavälillä saadaan vuoden kylmin, sekä lämpimin ajankohta. Ohjelmaan valitsin säätiedoiksi Espoon säätiedot, sillä Espoon säätiedot ovat suomesta ainoat ohjelmassa saatavilla olevat säätiedot.

#### 3.2 Ulkoseinä

Ulkoseinärakenne on ennen muutostyötä kolmikerroksinen ja kerrokset koostuvat 0,45 m paksusta luonnonkivestä, 0,4 m paksusta hiekkakerroksesta ja 0,45 m paksusta luonnonkivestä. Luonnonkiveä kuvataan graniittina WUFI ohjelmassa ja rakennekuva vanhasta ulkoseinästä näytetään kuvissa 3 ja 4. WUFI ohjelma laskee U-arvon ja kuvan 4 oikeassa alanurkassa näkyy vanhan rakenteen U-arvo, joka on  $0,665 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Kohdassa 2.4 rakennuksen energiatehokkuus käsiteltiin ohjeita ja määryksiä, mitä asetetaan rakenteille. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan vanhan rakenteen

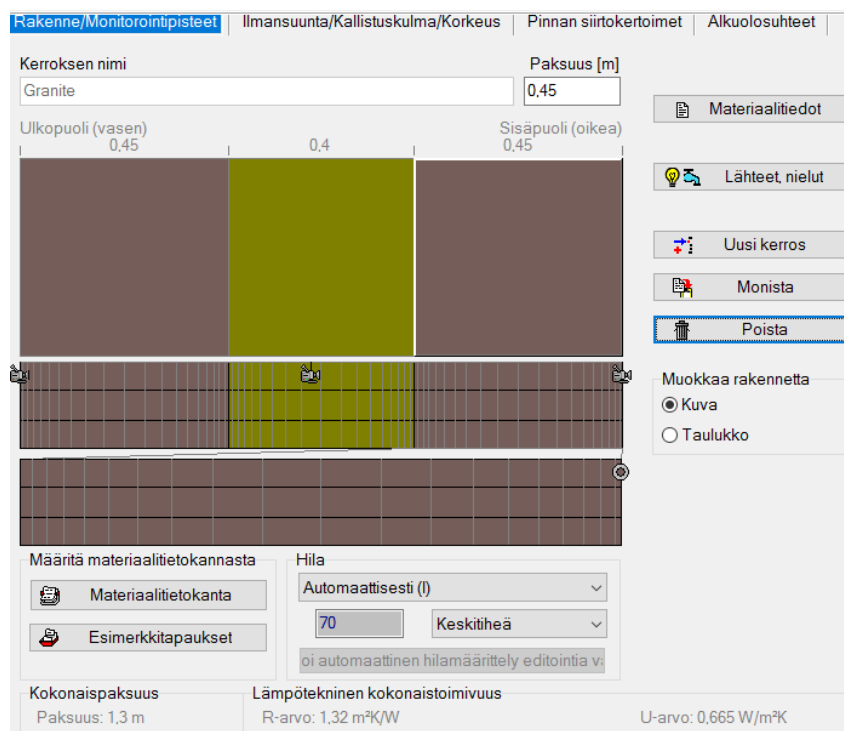
energiätehokkuutta tulee parantaa niin, että U-arvo on uudessa rakenteessa vähintään puolet parempi mitä vanhassa rakenteessa, kuitenkin vähintään  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja enintään  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ . U-arvon ohjearvo enintään  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  ei kuitenkaan tarkoita sitä ettei rakenteen u-arvo saisi olla parempi. U-arvon enimmäisarvo tarkoittaa sitä, että ei tarvitse pyrkiä parempaan arvoon, mutta arvo saa olla parempi kuin  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Ym.fi, 4§, 2)

Ympäristöministeriön asetus tässä ulkoseinässä tarkoittaa, että uuden rakenteen U-arvon tulee olla muutostöiden jälkeen:

Vähintään:  $0,5 * \text{vanhan rakenteen } U - \text{arvo}$

$$0,5 * 0,665 \text{ W/m}^2\text{K} = 0,3325 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Enintään:  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$



KUVA 4. Rakennekuva ulkoseinästä ennen muutostyötä (Reunamo 2018-03-17)

Rakenne/Monitorointipisteet	Ilmansuunta/Kallistuskulma/Korkeus	Pinnan siirtokertoimet	Alkuolosuhteet
Komponentin alkukosteus <input checked="" type="radio"/> Vakio koko komponentissa <input type="radio"/> Jokaisessa kerroksessa <input type="radio"/> Lue tiedostosta		Komponentin alkulämpötilä <input checked="" type="radio"/> Vakio koko komponentissa <input type="radio"/> Lue tiedostosta	
Alkutilanteen suhteellinen kosteus [-] <input type="text" value="0,8"/>		Komponentin alkulämpötilä [°C] <input type="text" value="20"/>	
Eri kerroksien alkutilanteen kosteuspitoisuus			
No.	Materiaali Kerros	Paksuus [m]	Kosteus- pitoisuus [kg/m³]
1	Granite	0,45	7,33
2	Sand	0,4	53,08
3	Granite	0,45	7,33

KUVA 5. Vanhan seinärakenteen alkuolosuhteet (Reunamo 2018-03-17)

Muutostyön jälkeen ulkoseinärakenteeseen kuuluu ulkopinnasta sisäänpäin mentäessä: 0,45 m luonnonkiveä, 0,4 m hiekkakerros, 0,45 m luonnonkiveä, 0,08 m puhallettavaa polyuretaanieristettä ja n.0,02 m sementtirappaus. Rakenteen ulkoseinissä oleva luonnonkivi halutaan jättää näkyviin ulospäin ja näin ainut eristämismahdollisuus on rakenteen sisäpuoleinen lämmöneristys. Uuden rakenteen WUFI malli näkyy kuvassa 6 sekä alkuolosuhteet kuvassa 7. Liitteessä 3 näytetään detaljikuva ulkoseinärakenteen sisäpinnasta. Kuvassa 6 oikeassa alanurkassa näytetään uuden rakenteen U-arvo, joka on  $0,218 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ja tämä U-arvo sopii hyvin aikaisemmin lasketun raja-arvon  $0,3325 \text{ W/m}^2\text{K} - 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  välille.

Ulkoseinärakennetta pitää tarkastella myös kosteusteknisestä näkökulmasta ja WUFI ohjelma osoittaa miten rakenteen kosteuspitoisuus muuttuu eri vuodenaikoina. Kuvassa 8 on rakenteen simulointi, josta voidaan tarkastella rakenteen lämpötilan ja kosteuden käyttäytymistä. Rakenteiden kosteuspitoisuus on esitetty kuvassa 9. Kuvassa 10 on luonnonkivien välissä olevan hiekan lämpötila- ja kosteuskäyttäytyminen ja voimme todeta, että uuden rakenteen myötä kosteus ei tiivisty hiekkakerrokseen, sillä kosteusprosentti on suurimmillaan alkuvuodessa, jolloin suhteellinen kosteus on n.83 %. Kuvassa 11 esitetään puhallettavan polyuretaanikerroksen lämpötila- ja kosteuskäyttäytyminen ja jos sisätilan lämpötilaa ylläpidetään, pysyy suhteellinen kosteus alle 62 % ympäri vuoden. Kuvista 8, 9, 10 ja 11 voimme päätellä, ettei kosteus tiivisty vedeksi missään kohtaa rakennuksen ulkoseinää.

Rakenne/Monitorointipisteet | Ilmansuunta/Kallistuskulma/Korkeus | Pinnan siirtokertoimet | Alkuolosuhteet

Kerroksen nimi: PU (Lämmönj.: 0.026 W/mK) Paksuus [m]: 0.08

Ulkopuoli (vasen): 0,45      0,4      0,45      Sisäpuoli (oikea): 0,00,02

Materiaalitiedot

Lähteet, nielut

Uusi kerros

Monista

Poista

Muokkaa rakennetta

Kuva  
 Taulukko

Määritä materiaalitietokannasta

Materiaalitietokanta

Esimerkkitaipaukset

Hila: Automaattisesti (l)

70 Keskitiheä

oi automaattinen hilamääritys editointia v.

Kokonaispaksuus: Paksuus: 1.4 m

Lämpötekninen kokonaistoimivuus: R-arvo: 4,41 m²K/W

U-arvo: 0,218 W/m²K

KUVA 6. Uuden seinärakenteen malli (Reunamo 2018-03-17)

Rakenne/Monitorointipisteet | Ilmansuunta/Kallistuskulma/Korkeus | Pinnan siirtokertoimet | Alkuolosuhteet

Komponentin alkukosteus

Vakio koko komponentissa

Jokaisessa kerroksessa

Lue tiedostosta

Komponentin alkulämpötila

Vakio koko komponentissa

Lue tiedostosta

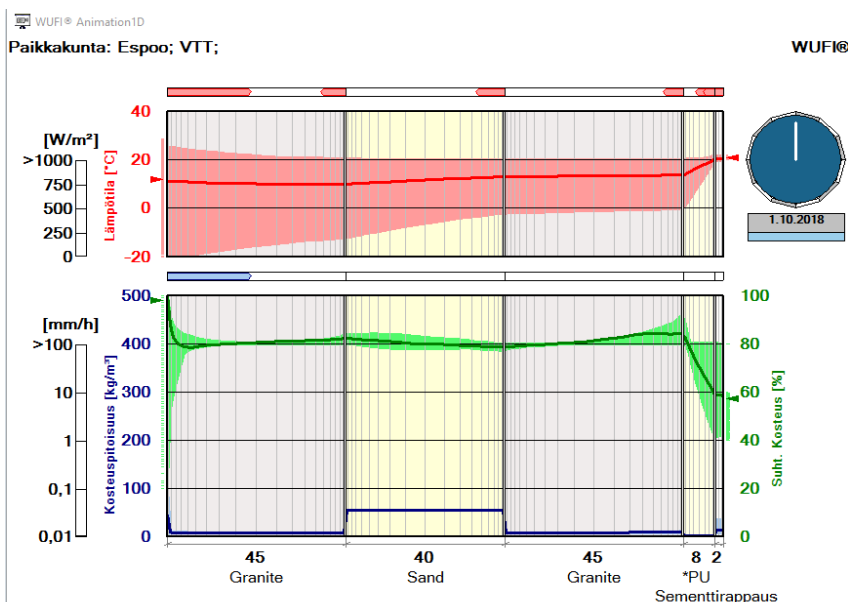
Alkutilanteen suhteellinen kosteus [-]: 0,8

Komponentin alkulämpötila [°C]: 20

Eri kerroksien alkutilanteen kosteuspitoisuus

No.	Materiaali Kerros	Paksuus [m]	Kosteus- pitoisuus [kg/m³]
1	Granite	0,45	7,33
2	Sand	0,4	53,08
3	Granite	0,45	7,33
4	PU (Lämmönj.: 0.026 W/mK)	0,08	0,09
5	Sementtirappaus (A-arvo: 0.51 kg/m²h0.5)	0,02	35,0

KUVA 7. Uuden seinärakenteen alkuolosuhteet (Reunamo 2018-03-17)



KUVA 8. Uuden seinärakenteen simulointi (Reunamo 2018-03-17)

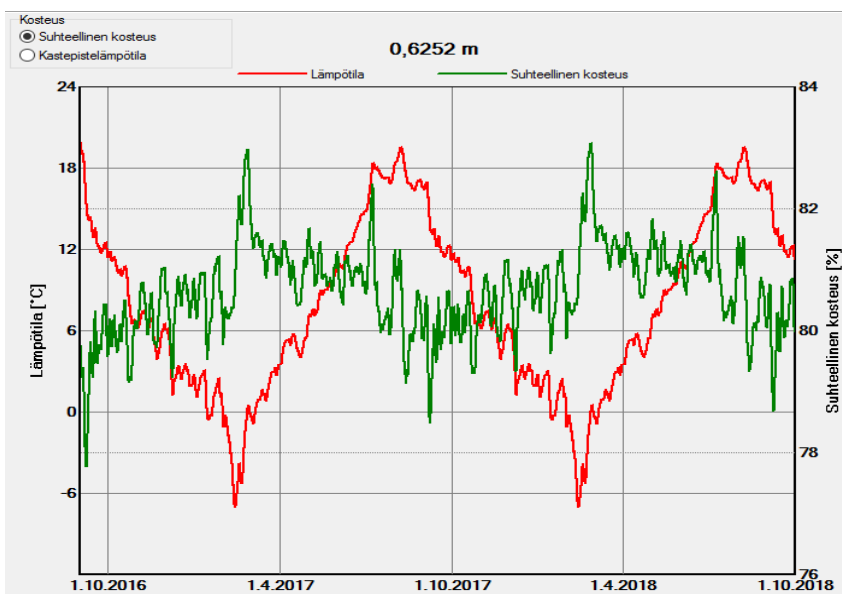
Kosteuspitoisuus [kg/m³]

	Alku	Loppu	Min.	Max.
Kokonaiskosteus	28,53	28,37	28,06	28,53

Kosteuspitoisuus [kg/m³]

Kerros/Materiaali	Alku	Loppu	Min.	Max.
Granite	7,33	7,69	7,26	8,16
Sand	53,08	53,08	53,08	53,08
Granite	7,33	7,57	7,33	7,64
*PU (Lämmönj.: 0,026 W/mK)	0,09	0,06	0,05	0,09
Sementtirappaus (A-arvo: 0,51 kg/m²h0,5)	35,00	13,49	7,01	35,00

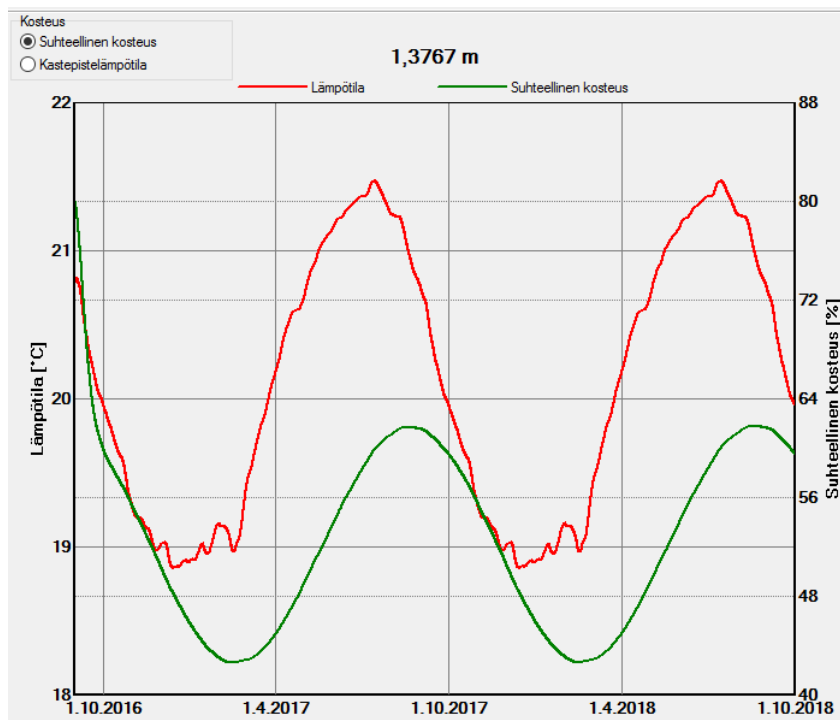
KUVA 9. Uuden seinärakenteen kosteuspitoisuudet (Reunamo 2018-03-17)



KUVA 10. Luonnonkivien välissä olevan hiekkakerroksen lämpötilä ja kosteuspitoisuudet (Reunamo 2018-03-17)



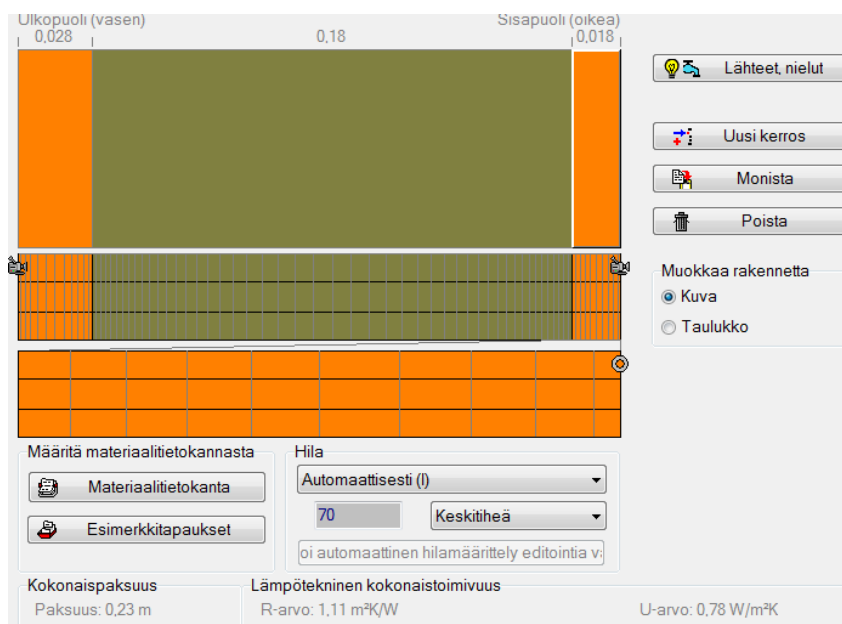
Kuvasta 10 selviää suhteellisen koteuden hiekkakerroksessa olevan korkeimmillaan n.83 % maaliss – huhtikuussa, jolloin lumet sulavat. Rakenteen sisäpuolella olevan polyuretaanieristeen suhteellinen kosteus (Kuva 11) on korkeimmillaan n.60 %, eli ei ole vaaraa kosteuden tiivistymisestä.



KUVA 11. Puhallettavan polyuretaanin lämpötila ja kosteuskäyttäytyminen (Reunamo 2018-03-17)

### 3.3 Välipohja

Välipohjarakenne ennen muutostöitä on kolmikerroksinen ja rakenne näkyy kuvissa 12 ja 13. Rakenteet välipohjassa ovat alhaalta ylöspäin: 0,018 m vaneri, 0,18 m purueristettä ja päällimmäisenä on irtonainen lattialaudoitus. Lattialaudoitus on irtonainen ja lautojen välissä on paljon rakoja. Välipohjarakenteessa oleva purueriste on poistettava huolellisesti muutostyön yhteydessä. Luvussa 2.4 Rakennuksen energiatehokkuus käsitellään rakennuksen energiatehokkuutta ja kerrotaan, miten rakennuksen energiatehokkuutta tulee parantaa muutostyön yhteydessä. Ympäristöministeriön ohjeiden mukaan kyseisen välipohjan energiatehokkuutta tulee parantaa siten, että rakenteen U-arvo on vähintään  $0,5 * 0,78 \text{ W/m}^2\text{K} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ , mutta kuitenkin enintään  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Rakenteen u-arvon tavoitearvo  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$  on arvo mitä parempaan arvoon ei tarvitse pyrkiä. U-arvo saa kuitenkin olla parempi eikä rakenteen eristävyttä tarvitse heikentää jos rakenteen u-arvo on parempi, kuin  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

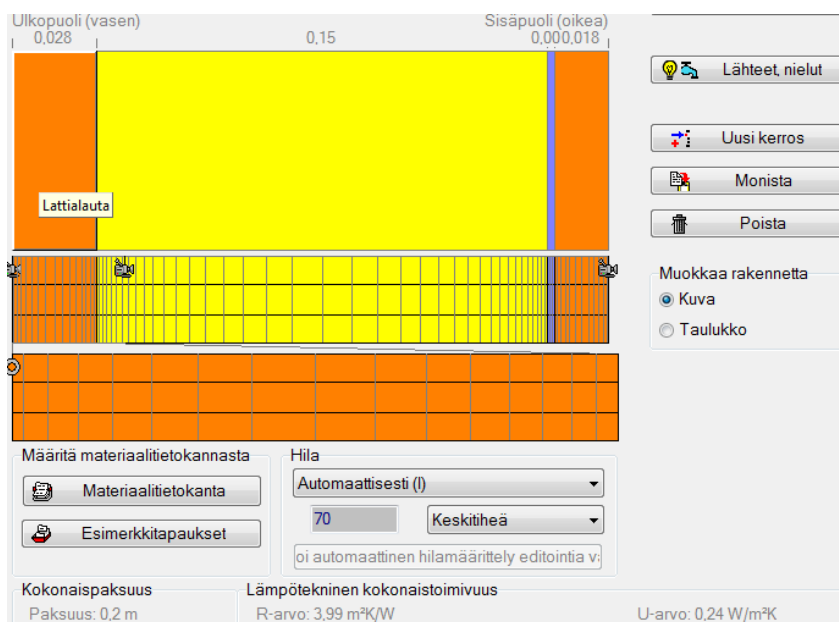


KUVA 12. Rakennekuva välipohjasta ennen muutostöitä (Reunamo 2018-10-31)

Eri kerroksien alkutilanteen kosteuspitoisuus			
No.	Materiaali Kerros	Paksuus [m]	Kosteus- pitoisuus [kg/m³]
1	Lattialauta	0,028	80,0
2	Purueriste	0,18	73,0
3	Havuvaneri 18mm	0,018	75,0

KUVA 13. Vanhan välipohjarakenteen alkuolosuhteet (Reunamo 2018-10-31)

Välipohjarakenne muutostöiden jälkeen näkyy kuvissa 14 ja 15 sekä liitteessä 2. Rakenteen alapinnassa on 0,018 m havuvaneri ja vanerin päälle asennetaan ilmansulkupaperi (0,3 mm) ja paperin päälle laitetaan mineraalivillaa 0,15 m. Mineraalivillan päälle tulee yläkerran lattian pintamateriaali eli puusta sahattu lankkulattia. Lankut sahataan omasta metsästä ja lankkuja ei tehdä tasalevyisiksi jolloin lankkujen väliin tulee jäämään rakoja. Uuden välipohjarakenteen U-arvo tulee olemaan  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  (kuva 14) ja tämä arvo sopii aikaisemmin todettujen raja-arvojen väliin, jotka olivat  $0,39 \text{ W/m}^2\text{K} - 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

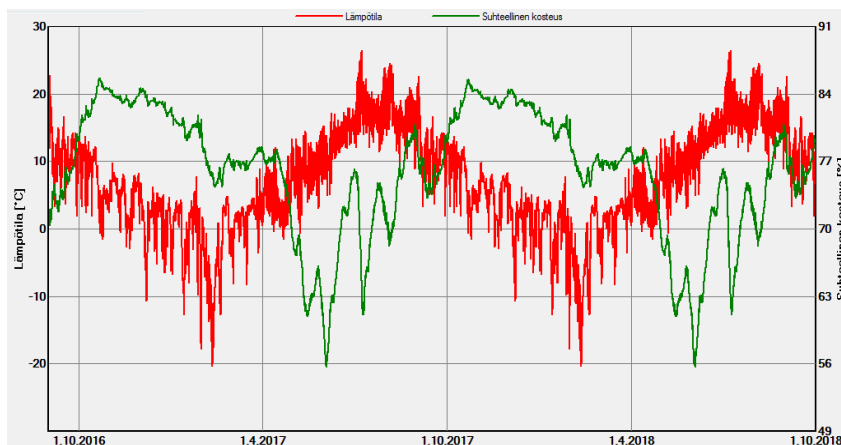


KUVA 14. Välipohjan rakennemalli muutostöiden jälkeen (Reunamo 2018-10-31)

Eri kerroksien alkutilanteen kosteuspitoisuus			
No.	Materiaali Kerros	Paksuus [m]	Kosteus- pitoisuus [kg/m³]
1	Lattialauta	0,028	64,67
2	Mineraalivilla (Lämmönj.: 0,04 W/mK)	0,15	1,06
3	ilmansulkupaperi	0,003	0,0
4	Havuvaneri 18mm	0,018	63,33

Kuva 15. Uuden välipohjarakenteen alkuolosuhteet (Reunamo 2018-11-01)

Välipohjarakennetta pitää tarkastella myös kosteusteknisestä näkökulmasta ja WUFI ohjelma näyttää miten rakenteen kosteuspitoisuus muuttuu eri vuodenaikoina ja lämpötilan vaihtuessa. Kuvassa 16 on esitetty mineraalivillan yläpinnassa oleva lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen eri vuodenaikoina ja kuvasta selviää suhteellisen kosteuden olevan korkeimmillaan n.85 % marras- joulukuussa. Kosteus tiivistyy vedeksi, jos suhteellinen kosteus on 100 %, mutta tässä välipohjassa ei suhteellinen kosteus yllä näin korkealle minkään vuodenaja aikana, joten kosteus ei tiivisty vedeksi välipohjarakenteen sisälle eri vuodenaikojen aikana.



Kuva 16. Välipohjarakenteen lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen (Reunamo 2018-11-01)

#### 4 PUISEN VÄLIPOHJAN RAKENTEELLINEN KANTAVUUS

Tässä luvussa tarkastellaan välipohjan rakenteellista kantavuutta laskemalla käsin sekä vertaamalla tuloksia Finnwood-ohjelmalla laskettuihin tuloksiin. Välipohjapalkki näkyy navetan leikkauskuvassa liitteessä 1.

Välipohja koostuu rakennuksen lyhyempään suuntaan menevistä 180 mm \* 180 mm palkeista sekä välipohjan kannatinpalkeista 225 mm \* 250 mm, jotka menevät rakennuksen pidemmän suunnan mukaisesti. Leikkaus rakenteesta näkyy liitteessä 1.

Laskuissa käytettävien merkintöjen selityksiä:

$G_{kj}$  = Pysyvien kuormien ominaisarvo

$Q_{k,1}$  = Määräävän muuttuvan kuorman ominaisarvo

$Q_{k,i}$  = Muun muuttuvan kuorman ominaisarvo

$K_{FI}$  = Taulukon 2.1-FI mukainen seuraamusluokasta riippuva kuormakerroin

MRT = Murtorajatila

KRT = Käyttörajatila

Tässä työssä seuraamusluokka on CC2, jolloin  $K_{FI} = 1,0$  (RIL 205-1-2017, taulukko 2.1-FI, 28)  
ja käyttöluokka 2 (RIL 205-1-2017, 2.3.1.3, 33)

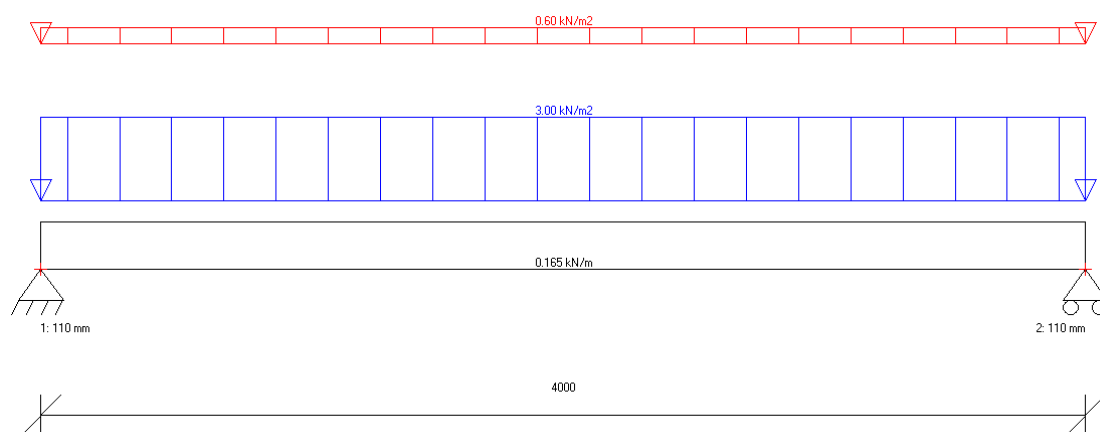
##### 4.1 Kuormat

Omapainot:

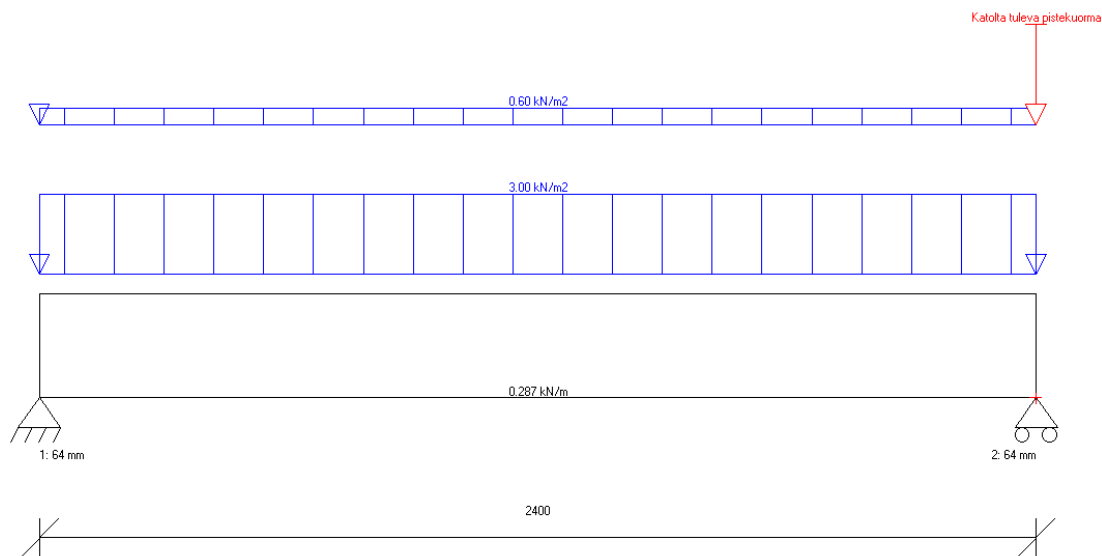
Välipohjan omapaino  $0,6 \text{ kN/m}^2$

Välipohjan palkki  $0,165 \text{ kN/m}$

Välipohjan kannatinpalkki  $0,281 \text{ kN/m}$



Kuva 17. Rakennemalli välipohjapalkin kuormituksesta (Reunamo 2018-10-31)



Kuva 18. Rakennemalli välipohjan kannatinpalkin kuormituksesta (Reunamo 2018-10-31)

Muuttuvan kuorman ominaisarvot:

Välipohjan hyötykuorma  $Q_{k,1} = 3 \text{ kN/m}^2$  (RIL 205-1-2017, taulukko 2.5-FI, 34)

Katolta tuleva pistekuorma  $Q_{k,2} = 7,3 \text{ kN}$

Välipohjapalkille:

Kuormitusleveys  $0,7 \text{ m}$

Käyttörajan kuorma (KRT) (RIL 205-1-2017, kaava 2.1.6S, 30)

$$G_{kj} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (1)$$

$$g_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$P_k = 0,7 \text{ m} * (0,6 \text{ kN/m}^2 + 3 \text{ kN/m}^2) + 0,165 \text{ kN/m}$$

$$P_k = 2,7 \text{ kN/m}$$

Murtorajan kuorma (MRT) (RIL 205-1-2017, kaava 2.1.1S, 27)

$$1,5 * K_{FI} * G_{kj} + 1,5 * Q_{k,1} + 1,5 K_{FI} * \sum_{i>1} \Psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (2)$$

Tai

$$1,35 * K_{FI} * G_{kj} \quad (3)$$

$$P_d = 0,7m * (1,15 * 1,0 * 0,6 \text{ kN/m}^2 + 1,5 * 1,0 * 3 \text{ kN/m}^2) + 1,1 * 0,165 \text{ kN/m}$$

$$P_d = 3,8 \text{ kN/m}$$

$$P_d = 0,7m * (1,35 * 1,0 * 0,6 \text{ kN/m}^2) + 1,35 * 0,165 \text{ kN/m}$$

$$P_d = 0,8 \text{ kN/m}$$

Kuormista valitaan suurempi,  $P_d = 3,8 \text{ kN/m}$

välipohjan kannatinpalkille:

Kuormitusleveys = 3,95m

Käyttörajan kuorma (KRT)

(RIL 205-1-2017, kaava 2.1.6S, 30)

$$G_{kj} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (4)$$

$$g_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$P_k = 3,95m * (0,765 \text{ kN/m}^2 + 3 \text{ kN/m}^2) + 0,281 \text{ kN/m}$$

$$P_k = 15,2 \text{ kN/m}$$

Murtorajan kuorma (MRT)

(RIL 205-1-2017, kaava 2.1.1S, 27)

$$1,5 * K_{FI} * G_{kj} + 1,5 * Q_{k,1} + 1,5 K_{FI} * \sum_{i>1} \Psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (5)$$

Tai

$$1,35 * K_{FI} * G_{kj} \quad (6)$$

$$P_d = 3,95m * (1,15 * 1,0 * 0,765 \text{ kN/m}^2 + 1,5 * 1,0 * 3 \text{ kN/m}^2) + 1,15 * 0,281 \text{ kN/m}$$

$$P_d = 21,57 \text{ kN/m}$$

$$P_d = 3,95m * (1,35 * 1,0 * 0,765 \text{ kN/m}^2) + 1,35 * 0,281 \text{ kN/m}$$

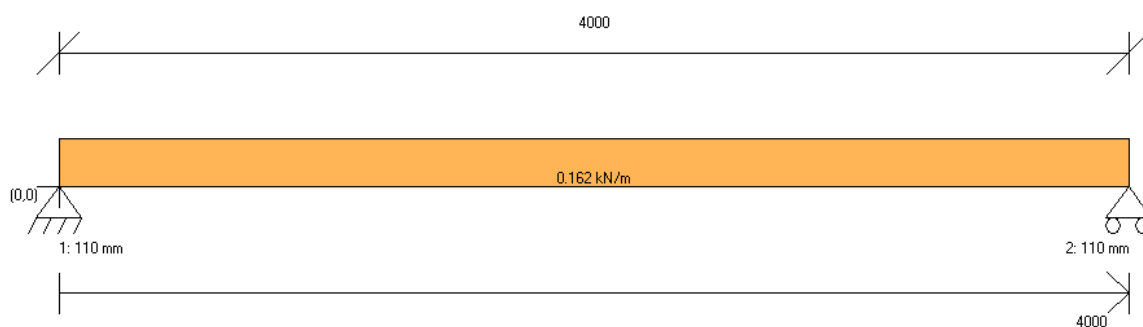
$$P_d = 4,5 \text{ kN/m}$$

Kuormista valitaan suurempi,  $P_d = 21,57 \text{ kN/m}$

## 4.2 Välipohjapalkin tarkastelu

Tässä luvussa tutkitaan välipohjapalkin taivutuskestävyyttä, leikkausvoimakestävyyttä, tukipainekestävyyttä sekä Palkin taipumaa. Tuloksia verrataan Finnwood ohjelman antamiin tuloksiin. Kaikista mitoituksista pitää käyttöasteeksi tulla alle 100 %, sillä jos käyttöaste ylittää 100 % rajan, tarkoittaa tämä sitä, että rakenteella ei ole riittävää varmuutta ilman muutoksia näissä olosuhteissa ja kuormitustilanteissa. Käyttöasteen ylitettäessä 100 % rajan, Rakenneosaa jäykistetään tapauskohtaisesti. Välipohjapalkin kuormituksesta on esitetty rakennemalli kuvassa 17.

### Taivutuskestävyys MRT



Kuva 19. Rakennemalli välipohjapalkista (Reunamo 2018-10-31)

Maksimi taivutusmomentti (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 29,33)

$$M_d = \frac{P_d \cdot L^2}{8} \quad (7)$$

$$M_d = 7,6 \text{ kNm}$$

Taivutusjännitys (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 33)

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} \quad (8)$$

$$\sigma_{m,y,d} = 7,82 \text{ N/mm}^2$$

Taivutuslujuus (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 33)

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} \quad (9)$$

$$f_{m,d} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

Jossa

$$f_{m,k} = 24 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.3S, 51})$$

$$k_{mod} = 0,8 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.1, 49})$$

$$\gamma_m = 1,3 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 2.12-FI, 47})$$

Mitoitusehto (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 33)

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d} \quad (10)$$

$$7,6 \leq 14,8$$

Käyttöaste

51%

*Ok! Kestää.*

Leikkausvoimakestävyys MRT

Maksimi leikkausvoima (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 33)

$$V_d = \frac{L}{2} * P_d \quad (11)$$

$$V_d = 7,6 \text{ kN}$$

Jossa

$$L = \text{palkin pituus}$$

$$q_d = \text{Murtorajatilan kuorma}$$

Leikkausjännitys (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 33)

$$\tau_d = 1,5 * \frac{V_d}{b_{ef} * h} \quad (12)$$

$$\tau_d = 0,352 \text{ N/mm}^2$$

Jossa



$V_d = \text{maksimi leikkausvoima}$

$b_{ef} = 180\text{mm}$  (RIL 205-1-2017, kaava 6.13a, 75)

$h = \text{palkin korkeus}$

Leikkauslujuus (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 33)

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} * K_{mod}}{\gamma_m} \quad (13)$$

$$f_{v,d} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

Jossa

$f_{v,k} = 4$  (RIL 205-1-2017, taulukko 3.3S, 51)

$K_{mod} = 0,8$  (RIL 205-1-2017, taulukko 3.1, 49)

$\gamma_m = 1,3$  (RIL 205-1-2017, taulukko 2.12-FI, 47)

Mitoitusehto (RIL 205-1-2017, kaava 6.13, 74)

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (14)$$

$$0,352 \text{ N/mm}^2 \leq 2,5 \text{ N/mm}^2$$

Käyttöaste

14% *Ok! kestää.*

Tukipainekestävyys MRT

Tukireaktio (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 20,34)

$$A_d = V_d$$

Syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 34)

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{A_d}{b * l} \quad (15)$$

$$\sigma_{c,90,d} = 0,375 \text{ N/mm}^2$$

Jossa

$b = \text{kosketuspinnan leveys}$

$l = \text{kosketuspinnan pituus}$

Puristuslujuus syysyyntä vastaan (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 34)

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} K_{mod}}{\gamma_m} \quad (16)$$

$$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

Jossa

$$f_{c,90,k} = 2,5 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.3s, 51})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus (RIL 205-1-2017, kappale 6.1.5, 72)

$$l_{c,90,ef} = 140 \text{ mm} \quad (17)$$

Tukipainekerroin (RIL 205-1-2017, kaava 6.4S, 72)

$$K_{c\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * K_{c,90} \quad (18)$$

$$K_{c\perp} = 1,91$$

Jossa

$$K_{c,90} = 1,5 \quad (\text{RIL 205-1-2017, luku 6.1.5, 72})$$

Mitoitusehto (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 34)

$$\sigma_{c,90,d} \leq K_{c\perp} * f_{c,90,d} \quad (19)$$

$$0,375 \leq 1,91 * 1,54$$

Käyttöaste

13%

Ok! kestää

## Taipuma KRT

Taipumaa laskettaessa voidaan lopputaipuman kestävyysarvo kertoa luvulla  $K_{sys}$ , mikäli Pääkannattimet yhdistetään toisiinsa jatkuvilla poikittaisilla kuormaa jakavilla rakenteilla. Kuormaa jakavien rakenteiden on mentävä vähintään kahden pääkannattimen yli eikä vierekkäisten osien jatkoskohdat saa olla kohdakkain. Tässä tapauksessa  $K_{sys} = 1,1$ . (RIL 205-1-2017, 94.)

$$W_{net,fin} = W_{inst} + W_{creep} - W_c = W_{fin} - W_c \quad (\text{RIL 205-1-2017, kaava 7.2, 97}) \quad (20)$$

## Jossa

$$W_c = \text{esikorotus}$$

$$W_{fin} = \text{kokonaistaipuma}$$

$$W_{creep} = \text{viruman aiheuttama lisätaipuma}$$

$$W_{inst} = \text{hetkellinen taipuma}$$

$$W_{net,fin} = \text{lopputaipuma}$$

Palkin jäyhysmomentti (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 35)

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (21)$$

$$I_y = 87,48 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 35)

$$W_{inst,G} = \frac{5 \cdot S \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y} \quad (22)$$

$$W_{inst,G} = 2,2 \text{ mm}$$

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 35)

$$W_{inst,Q} = \frac{5 \cdot s \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y} \quad (23)$$

$$W_{inst,Q} = 7,3 \text{ mm}$$

Jossa

$$E_{mean} = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.3S, 51})$$

Hetkellinen taipuma (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 35)

$$W_{inst} = W_{inst,G} + W_{inst,Q} \quad (24)$$

$$W_{inst} = 9,5 \text{ mm}$$

Mitoitusehto (RIL 205-1-2017, taulukko 7.2-FI, 98)

$$W_{inst} \leq L/400 * 1,1 \quad (25)$$

$$9,5 \text{ mm} \leq 11 \text{ mm}$$

Käyttöaste

$$87\% \quad \text{Ok! kestää}$$

Lopputaipuma (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 35)

$$W_{fin} = [(1 + k_{def}) * W_{inst,G} + (1 + 0,3 * k_{def}) * W_{inst,Q}] \quad (26)$$

$$W_{fin} = 13,3 \text{ mm}$$

Jossa

$$k_{def} = 0,8 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.2, 50})$$

Mitoitusehto (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 35)

$$W_{fin} \leq L/300 * 1,1 \quad (27)$$

$$13,0\text{mm} \leq 14,6\text{mm}$$

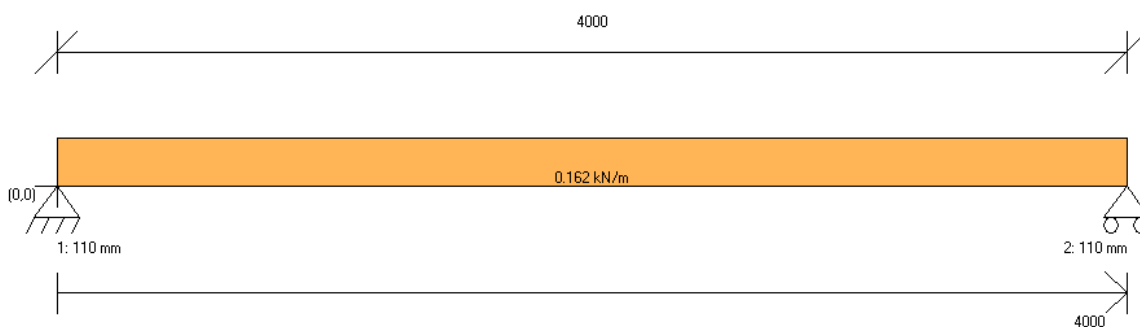
Käyttöaste

89%

Ok! kestää

Verrataan välipohjapalkin tuloksia Finnwood ohjelman tuloksiin. Kuvassa 20 näkyy välipohjapalkin rakennemalli Finnwood ohjelmasta ja tämän mallin pohjalta ohjelma laskee käyttöasteet eri mitoituksille. Mallissa näkyy palkin päässä olevan tukipinnan pituus, joka on 110 mm sekä palkin pituus 4 m. Finnwood ohjelman ja käsinlaskujen käyttöasteet näkyvät taulukossa 1 ja kuvassa 21.

Kuvassa 20 on Finnwood ohjelmaan syötetty rakennemalli, minkä perusteella ohjelma laskee.



KUVA 20. Finnwood ohjelman rakennemalli välipohjapalkista. (Reunamo 2018-10-31)

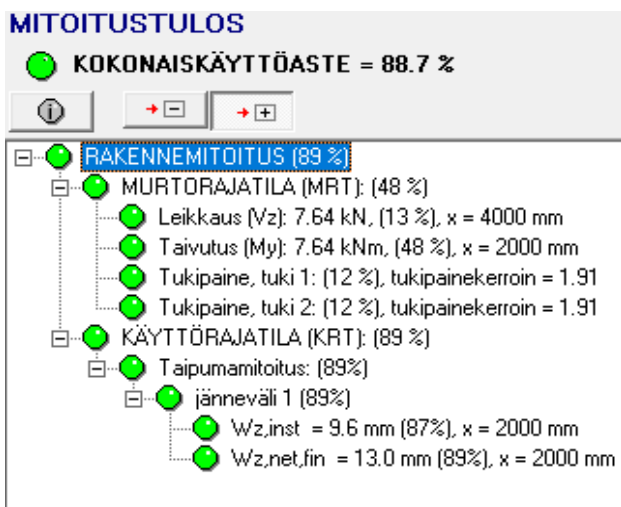
TAULUKKO 1. Finnwood ohjelman ja käsinlaskun tulokset

	Finnwood	Käsinlasku
Taivutus	49 %	51 %
Leikkaus	13 %	14 %
Tukipaine	12 %	13 %
Taipuma $W_{inst}$	87 %	87 %
Lopputaipuma $W_{net,fin}$	89 %	89 %

Taulukossa 1 ja kuvassa 21 näkyy tulokset sekä Finnwood ohjelmasta, että käsinlaskuista. Käsinlaskujen tulokset ovat hieman tietokoneohjelman tuloksia suurempia, mutta tämä johtuu siitä, että tietokoneohjelma laskee tarkoilla arvoilla, mutta käsinlaskussa arvoja pyöristetään aina epäedullisempaan suuntaan.

Arvot ovat lähellä toisiaan ja tämä osoittaa, että laskut on laskettu samalla kuormitusyhdistelmällä ja laskut ovat tältäosin luotettavia. Kaikkien mitoitusasteet jäivät alle 100 %, ja siitä voidaan todeta rakenteen kestävän sille aiheutuvat kuormitukset näissä olosuhteissa. Käyttöasteista suurin

on lopputaipuman käyttöaste, joka on 89 % ja tämä käyttöaste määrittää rakenneosan kokonaiskäyttöasteen. välipohjapalkkia ei kannata lähteä muttamaan, ellei kuormituksiin tule muutoksia.

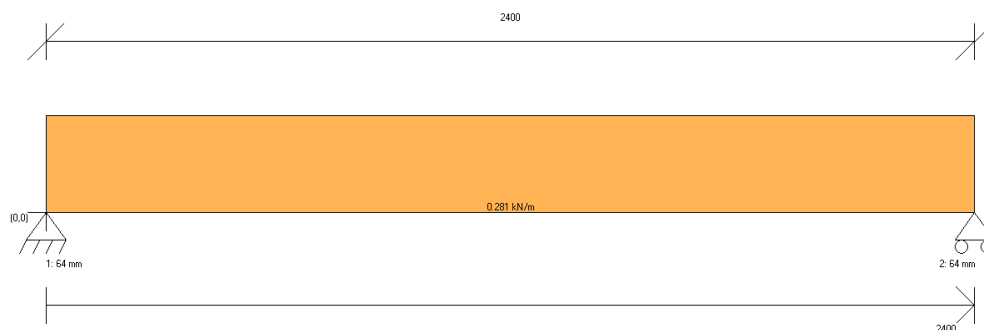


KUVA 21. Finnwood ohjelman laskentatulokset (Reunamo 2018-11-05)

#### 4.3 Välipohjan kannatinpalkin tarkastelu

Välipohjan kannatinpalkki on kooltaa 225mm\*250mm ja palkki menee rakennuksen pidemmän suunnan mukaisesti, välipohjapalkin alla. Välipohjan kannatinpalkin kuormituksesta on esitetty rakennemalli kuvassa 18. Tässä osiossa mitoitetaan välipohjapalkin taivutuskestävyys, leikkauskestävyys, tukipainekkestävyys sekä palkin taipuma. Mitoitusten jälkeen verrataan tuloksia Finnwood ohjelman tuloksiin ja tarkastetaan laskujen yhteneväisyys. Kaikissa mitoituksissa käyttöasteen tulee olla alle 100 % tai rakenneosalla ei enään ole riittävää varmuutta sille määritellyissä olosuhteissa. Käyttöasteen ylittäessä 100 % rajan on rakennetta vahvistettava tai jäykistettävä tapauskohtaisesti.

Taivutuskestävyys MRT



Kuva 22. Rakennemalli välipohjan kannatinpalkista (Reunamo 2018-10-31)

Maksimi taivutusmomentti (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 29,33)

$$M_d = \frac{P_d \cdot L^2}{8}$$

(28)

$$M_d = 15,5 \text{ kNm}$$

Taivutusjännitys (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,33)

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} \quad (29)$$

$$\sigma_{m,y,d} = 6,6 \text{ N/mm}^2$$

Taivutuslujuus (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,33)

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} \quad (30)$$

$$f_{m,d} = 14,7 \text{ N/mm}^2$$

Jossa

$$f_{m,k} = 24 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.3S, 51})$$

$$k_{mod} = 0,8 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.1, 49})$$

$$\gamma_m = 1,3 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 2.12-FI, 47})$$

Mitoitusehto (RIL 205-1-2017, kaava6.11, 74)

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (31)$$

$$0,44 \leq 1$$

Käyttöaste

45%

Ok! Kestää.

Leikkausvoimakestävyys MRT

Maksimi leikkausvoima (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,33)

$$V_d = \frac{L}{2} \cdot P_d \quad (31)$$

$$V_d = 25,9 \text{ kN}$$

Jossa

$$L = \text{palkin pituus}$$

$$q_d = \text{Murtorajatilan kuorma}$$

Leikkausjännitys (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,33)

$$\tau_d = 1,5 * \frac{V_d}{b_{ef} * h} \quad (32)$$

$$\tau_d = 0,69 \text{ N/mm}^2$$

Jossa

$$V_d = \text{maksimi leikkausvoima}$$

$$b_{ef} = 225 \text{ mm} \quad (\text{RIL 205-1-2017, kaava 6.13a, 75})$$

$$h = \text{palkin korkeus}$$

Leikkauslujuus (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,33)

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} * K_{mod}}{\gamma_m} \quad (33)$$

$$f_{v,d} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

Jossa

$$f_{v,k} = 4 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.3S, 51})$$

$$K_{mod} = 0,8 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.1, 49})$$

$$\gamma_m = 1,3 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 2.12-FI, 47})$$

Mitoitusehto (RIL 205-1-2017, kaava 6.13, 74)

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (34)$$

$$0,69 \text{ N/mm}^2 \leq 2,5 \text{ N/mm}^2$$

Käyttöaste



28%

Ok! kestää.

Tukipainekestävyys MRT

Tukireaktio (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 20,34)

$$A_d = V_d + 7,3kN = 33,2kN$$

Syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,34)

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{A_d}{b \cdot l} \quad (35)$$

$$\sigma_{c,90,d} = 2,3 N/mm^2$$

Jossa

 $b =$  kosketuspinnan leveys $l =$  kosketuspinnan pituus

Puristuslujuus syysyyntä vastaan (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,34)

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} K_{mod}}{\gamma_m} \quad (36)$$

$$f_{c,90,d} = 1,5 N/mm^2$$

Jossa

$$f_{c,90,k} = 2,5 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.3s, 51})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} = 120mm \quad (\text{RIL 205-1-2017, kappale 6.1.5, 72})$$

Tukipaine kerroin (RIL 205-1-2017, kaava 6.4S, 72)

$$K_{c\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * K_{c,90} \quad (37)$$

$$K_{c\perp} = 1,67$$

Jossa

$$K_{c,90} = 1,25 \quad (\text{RIL 205-1-2017, luku 6.1.5, 72})$$

Mitoitusehto (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,34)

$$\sigma_{c,90,d} \leq K_{c\perp} * f_{c,90,d} \quad (38)$$

$$2,3 \leq 1,67 * 1,5$$

Käyttöaste

$$92\% \quad \text{Ok! kestää}$$

Taipuma KRT (RIL 205-1-2017, kaava 7.2, 97)

$$W_{net,fin} = W_{inst} + W_{creep} - W_c = W_{fin} - W_c \quad (39)$$

Jossa

$$W_c = \text{esikorotus}$$

$$W_{fin} = \text{kokonaistaipuma}$$

$$W_{creep} = \text{viruman aiheuttama lisätaipuma}$$

$$W_{inst} = \text{hetkellinen taipuma}$$

$$W_{net,fin} = \text{lopputaipuma}$$

Palkin jäyhysmomentti (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,35)

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (38)$$

$$I_y = 292,96 * 10^6$$

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,35)

$$W_{inst,G} = \frac{5 \cdot s \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y} \quad (39)$$

$$W_{inst,G} = 0,7 \text{ mm}$$

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,35)

$$W_{inst,Q} = \frac{5 \cdot s \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y} \quad (40)$$

$$W_{inst,Q} = 1,7 \text{ mm}$$

Jossa

$$E_{mean} = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.3S, 51})$$

Hetkellinen taipuma (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus ,35)

$$W_{inst} = W_{inst,G} + W_{inst,Q} \quad (41)$$

$$W_{inst} = 2,4 \text{ mm}$$

Mitoitusehto (RIL 205-1-2017, taulukko 7.2-FI, 98)

$$W_{inst} \leq L/400 \quad (42)$$

$$2,4 \text{ mm} \leq 6 \text{ mm}$$

Käyttöaste

$$40\% \quad \text{Ok! kestää}$$

Lopputaipuma (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 35)

$$W_{fin} = [(1 + k_{def}) \cdot W_{inst,G} + (1 + 0,3 \cdot k_{def}) \cdot W_{inst,Q}] \quad (43)$$

$$W_{fin} = 3,2 \text{ mm}$$

Jossa

$$k_{def} = 0,8 \quad (\text{RIL 205-1-2017, taulukko 3.2, 50})$$

Mitoitusehto (EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 35)

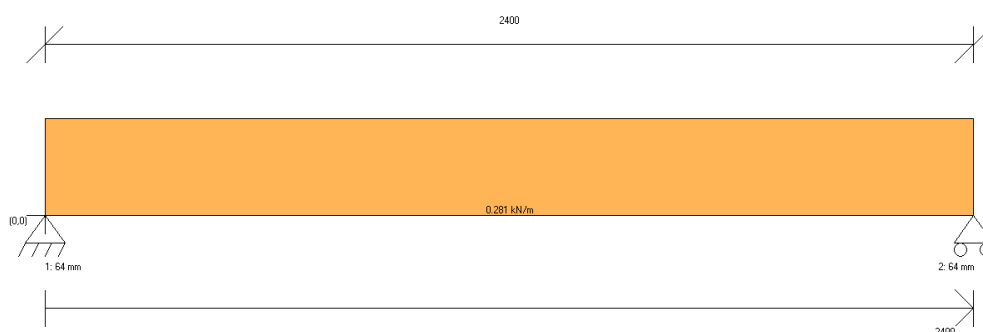
$$W_{fin} \leq L/300 \quad (44)$$

$$3,2\text{mm} \leq 8\text{mm}$$

Käyttöaste

$$40\% \quad \text{Ok! kestää}$$

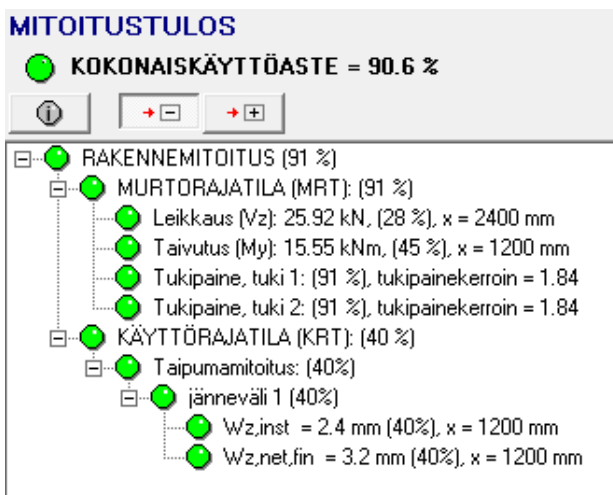
Verrataan käsinlaskun tuloksia Finnwood ohjelman tuloksiin. Kuvassa 23 on Finnwood-ohjelmasta välipohjan kannatinpalkin rakennemalli ja tämän mallin mukaan ohjelma laskee mitoitus tulokset, jotka näkyvät taulukossa 2 ja kuvassa 24. Palkin pituus on 2.4 m ja tukipinnan pituudeksi on asetettu 64 mm vaikka tukipinnan pituus on oikeasti 90 mm. Tukipinnan pituus on laskentaohjelmaan merkattu lyhyempänä, koska ohjelma pitää tukipinnan leveytenä palkin leveyttä eli 225 mm vaikka oikea tukipinnan leveys on 180 mm. Lyhennetyn tukipinnan pituuden avulla saamme laskenta-ohjelmaan saman tukipinnan pinta-alan mitä käsinlaskussa. Palkin mitat näkyvät kuvassa 23.



Kuva 23. Finnwood ohjelman rakennemalli välipohjan kannatinpalkista. (Reunamo 2018-10-31)

TAULUKKO 2. Finnwood ohjelman ja käsinlaskun tulokset

	Finnwood	Käsinlasku
Taivutus	45 %	45 %
Leikkaus	28 %	28 %
Tukipaine	91 %	92 %
Taipuma $W_{inst}$	40 %	40 %
Lopputaipuma $W_{net,fin}$	40 %	40 %



KUVA 24. Finnwood ohjelman laskentatulokset (Reunamo 2018-11-05)

Laskentatuloksista (Taulukko 2 ja kuva 24) näkyy käyttöasteiden osuvan hyvin lähelle toisiaan. Tukipainetta laskettaessa Finnwood ohjelmalla ei saa syötettyä tukipinnan leveyttä erikseen, vaan ohjelma pitää tukipinnan leveytenä automaattisesti palkin leveyttä. Tasatakseni tätä eroavaisuutta syötin tukipinnan pituudeksi 64mm, jolloin tukipinnan pinta-ala on yhtä suuri mitä todellisuudessa. Tukipainekerroin kuitenkin on Finnwood ohjelmassa suurempi mitä käsinlaskussa johtuen tukipinnan tehollisen pituuden ja tukipinnan pituuden suhteen erosta ja tämän vuoksi käyttöaste on hieman pienempi. Tässä tapauksessa välipohjan kannatinpalkina ja teräspilarin välissä on  $160\text{mm} * 180\text{mm}$  teräslevy. Näiltä osin voimme pitää tuloksia luotettavina ja laskuvirheiden todennäköisyyttä pienenä. Käyttöasteista suurin on tukipainekestävyys 88 %. Välipohjan kannatinpalkin käyttöaste kokonaisuudessaan on suurin käyttöaste eli 88 %. Tukipainekestävyyden käyttöaste on kestävyuden kannalta hyväksytty, sillä käyttöaste on alle 100 %. Jos kuormat ylittyvät tai jonkin pilarin ja välipohjan kannatinpalkin välissä on pienempi teräslevy mitä laskennassa on käytetty, on syytä vaihtaa suurempi teräslevy vanhan tilalle. Jos tukipainekestävyyteen vaikuttavaa pilarin ja välipohjan kannatinpalkin välissä olevaa teräslevyä vaihdetaan toiseen, suosittelen uuden teräslevyn mitoiksi vähintään  $180\text{mm} * 180\text{mm}$ .

## 5 YHTEENVETO

Vanhan kavinavetan muutostyö alkaa rakenteiden suunnittelun osalta tutkimalla voimassa olevia ohjeita, asetuksia ja määräyksiä muutostyötä koskien. Ohjeita, asetuksia ja määräyksiä oli kattavasti saatavissa ja niiden tulkitseminen on tehty melko selkeäksi. Ohjeet, määräyksen ja asetukset määrittävät pohjan tämänlaiselle projektille, mistä lähdetään tutkimaan riittääkö rakenne nykyisillä rakenteilla vai tarviiko rakenteita muuttaa tai tukea muutostyön yhteydessä. Ohjeet, asetukset ja määräyksen määrittävät myös raja-arvot rakenteiden energiatehokkuudelle ja eristävyydelle. Määräysten, ohjeiden ja asetusten tulkitsemisen jälkeen tässä työssä tarkasteltiin välipohjarakenteiden rakenteellista kestävyttä ja rakenteellinen kestävyys todettiin kaikin puolin riittäväksi.

Tässä työssä rakenteiden lisälämmöneristystä parannetaan sisäpuoleisella lämmöneristyksellä, sillä halutaan jättää kaunis vanha luonnonkivinen pinta näkyviin rakennuksen ulkopuolelle. Rakennuksen sisäpuoleinen lämmöneristäminen onnistui simulointituloksien mukaan hyvin ja lämmöneristäminen on tällä tavalla mahdollista toteuttaa. Puhallettava polyuretaanieriste on tuotevalmistajan mukaan erinomainen eriste rakennuksen sisäpuoleiseen lämmöneristämiseen, sillä eristeen ilmatiiveys on todella hyvä eikä tarvitse mieltä erikseen höyrynsulkua tai ilmansulkua. Puhallettava eriste tarttuu puhtaaseen kiveen ja kivien saumoihin niin tiiviisti, ettei kiven ja eristeen väliin jää ilmataskuja, jolloin myöskään kosteus ei pääse tiivistymään eristeen ja kiven väliin. Puhallettavan polyuretaanieristeen pitäisi pysyä kivessä kiinni erittäin hyvin, koska eristeen ja kiven väliin ei pääse mitään mikä voisi eristettä irroittaa kivistä. Tässä projektissa ulkoseinille suunnattu puhallettava polyuretaanieriste on hyvä ratkaisu, sillä sisäpinnaltaan rapattu eriste on helppohoitoinen.

Kantavia rakenteita tutkittiin tulevilla kokoontumistila kuormilla ja tuloksia verrattiin Finwood ohjelman antamiin tuloksiin. Vanhan navetan yläkerrassa on säilytetty pääasiassa olkia ja vanhat rakenteet ovat kestävyydeltään olleet hyvin ylimitoitettuja olkien varastointiin. Käyttötarkoituksen muutoksen myötä välipohjan kuormat kasvavat ja vanhat rakenteet ovat rakenteelliselta kestävyydeltä oikein hyviä ilman muutoksia. Laskujen vertailutuloksia on hyvä verrata toisiinsa, sillä tällä tavalla saadaan varmuutta laskujen oikeellisuuteen. Tässä projektissa laskut täsmäävät vertailutuloksien kanssa ja laskuja voidaan pitää luotettavina. Kaikki tässä työssä käytetyt mita on tarkistettava muutostyön aikana ja mittojen poiketessa heikompaan suuntaan on laskenta tehtävä siltä osin uudestaan.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyö oli hyvin läheinen rakennesuunnittelijan ammattiin nähden ja työn kohteena oleva ki-  
vinavetta oli hyvin mielenkiintoinen. Kävin katsomassa navettaa ja navetan ympäristöä Uuraisilla, ja  
navetta sopi todella hyvin ympäristöönsä ja oli todella hienolla paikalla. Navetan tutkiminen oli todel-  
la mielenkiintoista ja oli todella miellyttävää päästä mukaan tähän projektiin.

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin rakennuksen sisäpuolista lämmönesitystä ja sisäpuolinen läm-  
mönieristys on usein hyvin hankala toteuttaa. Tämän työn eristeratkaisuilla mielestäni päästiin hy-  
vään lopputulokseen ja työ on mahdollista toteuttaa näillä ratkaisuilla. Lämmönieristeiden toimintaa  
tarkasteltiin WUFI ohjelmalla ja kyseinen ohjelma antoi hyvin tuloksia juuri niistä alueista mistä ha-  
luttiin. WUFI ohjelmaa oli aluksi hankala käyttää, mutta oppimisen kannalta ohjelman käyttö oli to-  
della hyvä, sillä tulevaisuudessa osaan käyttää kyseistä ohjelmaa sekä vastaavanlaista ohjelmaa  
huomattavasti paremmin, mitä ennen opinnäytetyötä. Tässä työssä määriteltiin yleemän kerroksen  
lattian pintamateriaaliksi omasta metsästä sahattu lankkulattia. Tämä lattiamateriaali saattaa vielä  
muuttua tilaajan toiveen mukaan, mutta jos uusi pintamateriaali ei ole tässä työssä määriteltyä ma-  
teriaalia tiiviimpi, pitäisi uuden materiaalin toimia samalla tavalla.

Tässä työssä käytettiin ulkoseinän sisäpuolella eristeenä puhallettavaa polyuretaanieristettä ja tämä  
eriste oli minulle täysin tuntematon. Eristettä miettiessä otimme tilaajan kanssa yhteyttä tuoteval-  
mistajaan ja saimme tarkat tiedot tuotteesta, sekä esimerkkejä missä kyseistä eristettä on käytetty.  
Puhallettavan polyuretaanieristeen käyttö soveltuu moneen kohteeseen ja esimerkiksi ulkoseinära-  
kenteessa eristeen käyttö on hyvä myös siksi, että eristeen pinta voidaan rapata hyvän näköiseksi.  
Tämän työn aikana oppi paljon eristeiden ominaisuuksista ja tulevaisuudessa osaa varmasti soveltaa  
ja suositella erilaisia eristeitä tapauskohtaisesti.

Navetan välipohjarakennetta tutkittiin pisteittäin muutamista kohdista ja selvitettiin rakenteen mitto-  
ja sekä välipohjan rakenteiden sijaintia. Välipohjan rakenteissa saattaa tulla yllätyksiä purkutyön ai-  
kana ja mikäli rakenteesta löytyy pienempiä rakenteita mitä tässä työssä on käsitelty, tulee näitä ra-  
kenteita tutkia lisää kestävyuden kannalta. Välipohjassa on vanhana eristeenä purueriste ja tämä  
eriste on poistettava huolellisesti purkutyön aikana. Välipohjaan ei haluta jättää mitään ylimääräistä  
mikrobivaurioille altista materiaalia.

Navettarakennuksen uusiokäyttötarkoituksia voi olla useita ja rakennus on niin iso ja tilava, että vain  
mielikuvitus on rajana uudelle käyttötarkoitukselle. Juhlatilat ovat usein isoja ja tilavia paikkoja ja  
vanha navetta on hyvin otollinen rakennus muutta juhlatilaksi. Vanhan navetan huonona puolena  
juhlatilaksi muutettuna on matalat kohdat, joita voi esiintyä esimerkiksi oviaukoissa.

Opinnäytetyön tavoitteet toteutuivat, joten pidän työtä onnistuneena ja tilaaja sai tarvittavat tiedot  
rakenteiden kantavuudesta sekä lämmönieristykseen toimivuudesta. Tilaajalle on luovutettu rakenne-  
kuvat DWG-tiedostona ja tilaajan pyytämät tiedot ovat nyt tilaajalla käytettävissä. Arkkitehti mallin-

taa kohteesta REVIT-mallin tilaajan kanssa ja tilaaja näkee mallista paremin, minkälainen kohde vanhasta navetasta on mahdollisesti tulossa. Tässä työssä haastavana asiana oli uusien laskentaohjelmien käyttäminen ja ohjelmiin tutustuminen.



## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- POKELA, Ossi. 2017-02-07. Opinnäytetyössä tutkittava vanha kivinavetta [digikuva]. Sijainti: Uurainen: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- POKELA, Ossi. 2017-02-07. Uuraisilla sijaitseva kivinavetta päädyistä kuvattuna [digikuva]. Sijainti: Uurainen: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-11-05. Finnwood ohjelman laskentatulokset [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-10-31. Finnwood ohjelman rakennemalli välipohjapalkista [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-10-31. Finnwood ohjelman rakennemalli välipohjan kannatinpalkista [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-11-15. Leikkaus A-A [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-03-17. Luonnonkivien välissä olevan hiekkakerroksen lämpötila ja kosteuspiitoisuudet [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-03-17. Puhallettavan polyuretaanin lämpötila ja kosteuskäyttäytyminen [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-03-17. Rakennokuva ulkoseinästä ennen muutostöitä [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-10-31. Rakennokuva vanhasta välipohjasta [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-10-31. Rakennemalli välipohjapalkin kuormituksesta [digikuva]. sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-10-31. Rakennemalli välipohjan kannatinpalkin kuormituksesta [digikuva]. sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-03-17. Uuden seinärakenteen malli [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-03-17. Uuden seinärakenteen alkuolosuhteet [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-03-17. Uuden seinärakenteen simulointi [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-03-17. Uuden seinärakenteen kosteuspiitoisuudet [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-11-01. Uuden välipohjarakenteen alkuolosuhteet [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-03-17. Vanhan seinärakenteen alkuolosuhteet [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-10-31. Välipohjan rakennemalli muutostöiden jälkeen [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-10-31. Vanhan välipohjarakenteen alkuolosuhteet [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- REUNAMO, Jouni. 2018-11-01. Välipohjarakenteen lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen [digikuva]. Sijainti: Tekijän sähköiset arkistot.

RIL 205-2-2009. Puurakenteiden suunnitteluohje. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto ry.

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS 1007/2017, 1§ [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171007>

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS 848/2017, 8§ [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS 447/2014, 1§ [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140477>

Ym.fi 4/13 YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISESTA KORJAUS- JA MUUTOSTÖISSÄ [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-10-04]. Saatavissa:

<http://www.ym.fi/fi->

[FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus](http://www.ym.fi/fi-)

JOKINEN, Essi 2018-02-09. NAVETTARAKENNUKSEN KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUUTTAMINEN [sähköpostiviesti]. Vastanottaja Ossi Pokela. Saatavissa: Tekijän kokoelmat.

PUURAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE 2017. RIL 205-1-2017. (Koottu: eurokoodi EN 1995-1-1).

Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

POLYURETAANI.FI. RUISKUTUSERISTYS. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-10-11] Saatavissa:

<http://www.polyuretaani.fi/ruiskutuseristys/>

RT 38911 RUISKUTETTAVA POLYURETAANIERISTE - BANG & BONSOMER GROUP OY. 2017. [Online] Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennusteollisuus. Saatavissa: [https://kortistot-rakennustieto-](https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/search?query=38911)

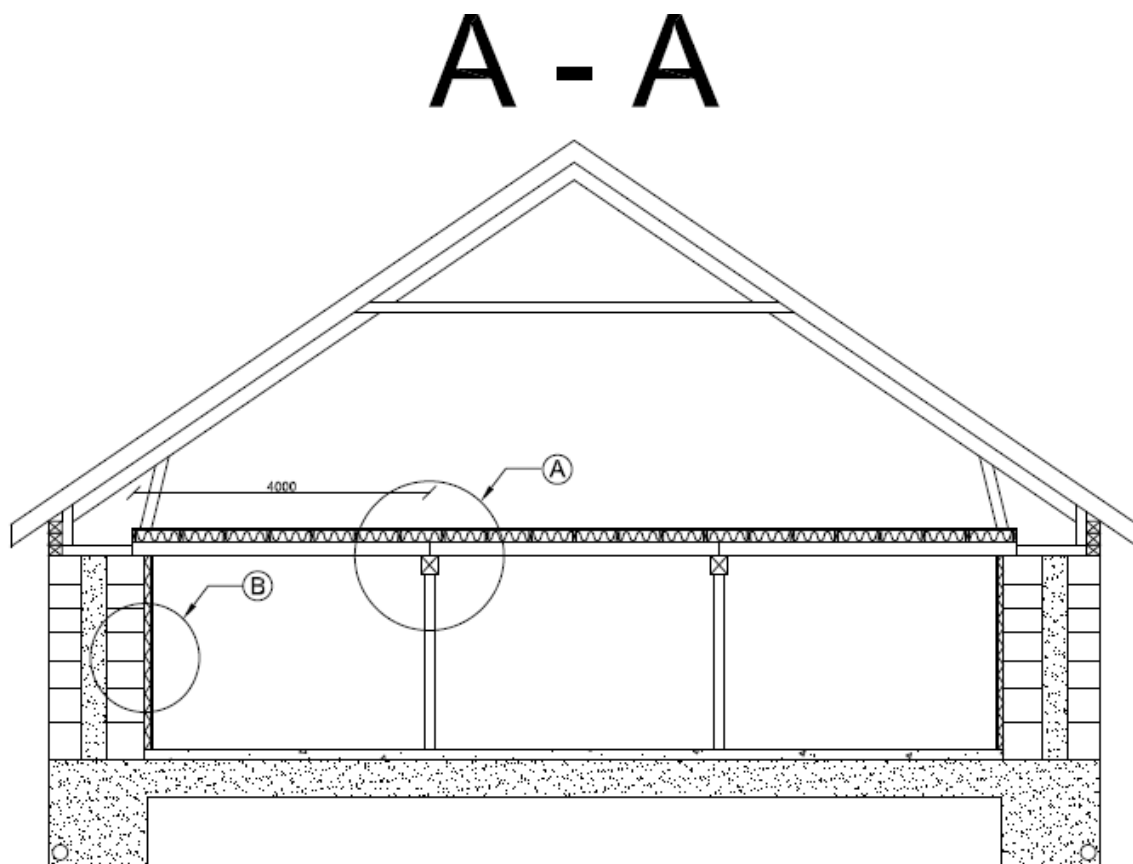
[fi.ezproxy.savonia.fi/search?query=38911](https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/search?query=38911)

PUURAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE 2009. RIL 205-2-2009. (Koottu: eurokoodi EN 1995-1-2).

Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

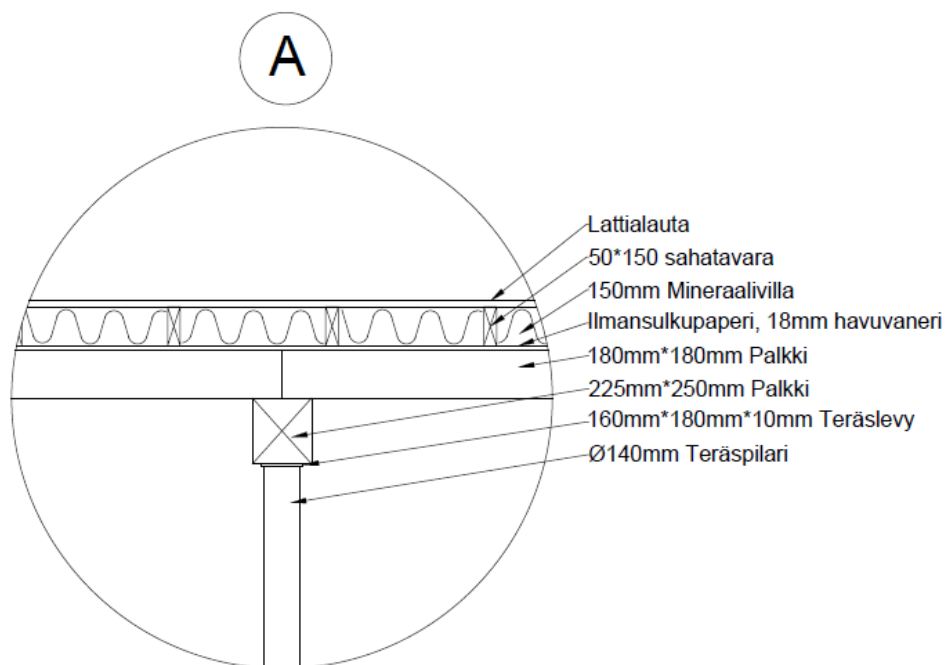
## LIITE 1:

Navetan leikkaus muutostöiden jälkeen. Leikkaus on tehty vanhojen kuvien pohjalta ja keskitytty ensisijaisesti ulkoseinän eristykseen ja välipohjarakenteeseen.



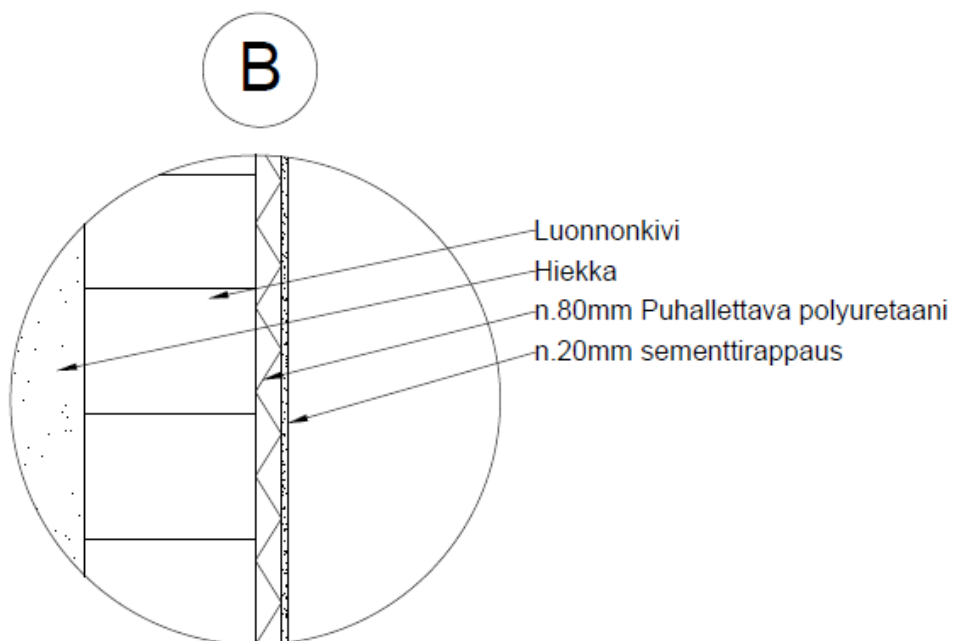
## LIITE 2:

Navetan leikkauksen A - A detalji A



## LIITE 3:

Navetan leikkauksen A - A detalji B



## LIITE 4:

## Navetan pohjakuva

