



KASARMISTA ASUINRAKENNUKSEKSI – RAKENTEIDEN VALINTA

Pikiruukin kasarmi

Jani Mikkola

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka

MIKKOLA, JANI

Kasarmista asuinrakennukseksi – Rakenteiden valinta
Pikiruukin kasarmi

Opinnäytetyö 53 s., liitteitä 21 s.
Huhtikuu 2012

Tässä opinnäytetyössä esitetään erilaisia korjausvaihtoehtoja, joilla suojeltu kasarmirakennus olisi mahdollista korjata. Työn tarkoituksena on selvittää, mitkä korjausvaihtoehdot sopisivat parhaiten tähän rakennukseen. Korjausvaihtoehtojen vertailun pääpaino on ulkoseinän ja yläpohjan korjauksissa lämpö- ja kosteusteknisellä toiminnalla. Väliseinän ja välipohjan korjausvaihtoehtojen vertailun pääpaino on ääneneristävyydellä. Kaikissa rakenteiden korjausvaihtoehtojen vertailussa on myös mukana korjauksista syntyvät kustannukset.

Ulkoseinän korjausvaihtoehtoista parhaiten tähän tapaukseen soveltuu molemmin puolinen lisäeristyskorjaus. Ulkopuolinen lisäeristys pysäyttää vanhan rakenteen vaurioitumisen ja sisäpuolinen eristys tiivistää rakennetta. Yläpohjan korjauksissa purkukorjaus ja yläpuolinen lisäeristyskorjaus ovat lämpö- ja kosteusteknisesti toimivia ratkaisuja, mutta ottaen huomioon välikattoon tulevien putkistojen mahduttaminen on purkukorjaus parempi vaihtoehto. Väliseinän korjauksista soveltuvin on koolauskorjaus, jolla saadaan ääneneristys parhaiten hinta-laatusuhteeltaan nykymääräysten tasolle. Välipohjan korjausvaihtoehtoista sopivin on kelluva laatta-rakenne, joka mahdollistaa viemäreiden ja sähköputkitusten viemisen lattian eriste- ja pintalaattakerroksessa.

Kasarmin väliseinien, välipohjien ja yläpohjan korjaukset suoritettiin samoilla korjaustoimenpiteillä, jotka osoittautuivat tässä työssä kannattavimmaksi. Ulkoseinän korjauksia ei tehty sillä ratkaisulla, mikä tässä työssä osoittautui parhaaksi. Toteutetulla korjaustavalla tehty rakenne on kosteus- ja lämpötekniisesti toimiva, mutta jonkin verran kalliimpi ja energiaa kuluttavampi, kuin tässä opinnäytetyössä parhaaksi osoittautunut korjaustapa.

Asiasanat: korjausrakentaminen, rakenteiden valinta, rakennevertailu, kosteus, lämpö, ääneneristys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering
Option of Structural Engineering

MIKKOLA, JANI:
From a Barrack to a Dwelling
Pikiruukki's Barrack

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 21 pages
April 2012

This thesis presents different repair options for a protected barrack. The aim of the study was to find out which repair option would be most suitable for structural parts of a protected barrack. In exterior wall and roofing deck repairs, the main emphasis was on studying how different repair options act in different heat and moisture circumstances. When comparing repair options for the intermediate floor and the dividing wall, the focus was on soundproofing. An estimation of costs was included in each repair option.

In exterior wall repairs the results showed that supplementary insulation of both sides was most suitable in this case. External insulation provides additional protection to old structures and internal insulation applies weather-stripping to the structures. According to the results the most suitable repair option for the roofing deck was demolition repair because the new air-conditioning installing had to fit between the roof coverings and the roof deck. Because of soundproofing regulations and price-quality factors, studding repair was found to be the most suitable repair option for dividing walls. The results also showed that floating slab structure was the most suitable repair option for the intermediate floor. By using floating slab structure it was possible to install pipes in the floors' insulation and floating slab layer.

The repairs of the roofing deck, the dividing wall and the intermediate floor were made according to the most suitable options found in this thesis. The repair option implemented on the exterior wall was more expensive and more energy consuming but when examining heat and moisture's technical behavior the structure proved to be functional. The results of this thesis showed that a wide inspection of constructions is worth doing.

Key words: renovation, structures selection, dampness, heat, soundproofing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn taustaa.....	6
1.2	Työn tavoitteet.....	7
1.3	Työn rajaus.....	7
2	RAKENTAMISTA SÄÄTELEVÄT LAIT, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET VUONNA 1957.....	8
2.1	Rakentamissääntö ja asetus.....	8
2.2	Lämmöneristys.....	9
2.3	Ääneneristys.....	10
2.4	Paloturvallisuus.....	10
2.5	LVI- järjestelmät.....	10
3	NYKYISET RAKENTEISIIN VAIKUTTAVAT LAIT JA MÄÄRÄYKSET.....	11
3.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki.....	11
3.1.1	Suomen rakentamismääräyskokoelma.....	11
3.1.2	Rakentamiselle asetettavat vaatimukset.....	12
3.2	Suomen rakentamismääräyskokoelma.....	12
3.2.1	Ääneneristys ja meluntorjunta.....	12
3.2.2	Rakenteiden lämmöneristys ja ilmanpitävyys.....	13
3.2.3	Paloturvallisuus.....	13
4	ULKOSEINÄN KORJAUKSET.....	15
4.1	Alkuperäisen ulkoseinärakenteen kunto.....	15
4.2	Korjaussuunnittelussa huomioitavat asiat.....	15
4.3	Ulkoseinän korjausvaihtoehdot.....	16
4.3.1	Korjaustapa 1. Purkukorjaus.....	17
4.3.2	Korjaustapa 2. Ulkopuolinen lisälämmöneristys.....	17
4.3.3	Korjaustapa 3. Sisäpuolinen lisälämmöneristys.....	19
4.3.4	Korjaustapa 4. Molemminpuolinen lisälämmöneristys.....	19
4.4	Ulkoseinän korjausvaihtoehtojen vertailut.....	20
4.4.1	Lämpö- ja kosteustekninen toiminta.....	20
4.4.2	Kustannukset.....	22
4.5	Ulkoseinän korjauksissa huomioitavat asiat.....	23
4.6	Ulkoseinän korjaussuositus.....	24
5	HUONEISTOJEN VÄLISEN SEINÄN KORJAUKSET.....	25
5.1	Yleistä.....	25
5.2	Nykyinen väliseinä.....	25
5.3	Väliseinän korjausvaihtoehdot.....	27
5.3.1	Korjausvaihtoehto 1. Koolauskorjaus.....	27
5.3.2	Korjausvaihtoehto 2. Rappauskorjaus.....	28
5.3.3	Korjausvaihtoehto 3. Ääneneristysrankakorjaus.....	29
5.4	Korjausvaihtoehtojen vertailut.....	31
5.5	Ääneneristyksen vertaaminen.....	32
5.5.1	RIL 129-2003 mukaan.....	32
5.5.2	Insul-ohjelman mukaan.....	32
5.6	Korjauksissa huomioitavat asiat.....	33
5.7	Kustannusten vertailu.....	33
5.8	Väliseinän korjaussuositus.....	33
6	VÄLIPOHJAN KORJAUKSET.....	34
6.1	Nykyiset välipohjat.....	34

6.2	Välipohjien korjausvaihtoehdot.....	35
6.2.1	Korjausvaihtoehto 1. Kelluva laattarakenne	35
6.2.2	Korjausvaihtoehto 2. Joustava lattiapäällyste	36
6.2.3	Korjausvaihtoehto 3. Ääneneristysrankakorjaus.....	36
6.3	Korjaustapojen vertailut.....	37
6.3.1	Ääneneristys	37
6.3.2	Kustannukset.....	37
6.4	Korjaustavoissa huomioitavat asiat	38
6.5	Korjaussuositus	38
7	VESIKATON JA YLÄPOHJAN KORJAUKSET	39
7.1	Vesikaton ja yläpohjan vaatimukset	39
7.2	Alkuperäinen vesikattorakenne.....	39
7.3	Vesikaton korjausvaihtoehdot.....	40
7.3.1	Korjaustapa 1. Purkukorjaus	40
7.3.2	Korjaustapa 2. Ulkopuolinen lisälämmöneristys	40
7.3.3	Korjaustapa 3. Sisäpuolinen lisälämmöneristys.....	41
7.4	Vesikaton ja yläpohjan korjausvaihtoehtojen vertailut.....	42
7.4.1	Lämpö- ja kosteustekninen toiminta	42
7.4.2	Kustannukset.....	43
7.5	Vesikaton ja yläpohjan korjauksissa huomioitavat asiat	43
7.6	Vesikaton ja yläpohjan korjaussuositus	44
8	IKKUNAT.....	45
8.1	Alkuperäiset ikkunat	45
8.2	Ikkunoiden korjaukset.....	45
8.3	Ikkunoiden vaatimukset	46
8.4	Ikkunan suunnitteluohjeet.....	47
8.5	Ikkunoiden kustannukset	47
8.6	Ikkunan valinta	48
9	ENERGIATARKASTELUT	49
9.1	Energialuokka	49
9.2	Takaisinmaksuajat	49
10	POHDINTA.....	51
	LÄHTEET	52
	LIITTEET	54
	Liite 1.Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät	54
	Liite 2. Korjausten kustannukset	64
	Liite 3. Askelääneneristysten laskeminen.	66
	Liite 4. Yläpohjan kosteus- ja lämpökäyrät.....	68
	Liite 5. Energiatodistus.....	72

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Valitsin opinnäytetyöni aiheeksi Kokkolan Pikiruukin kasarmin, koska olen työskennellyt kyseisellä työmaalla. Opinnäytetyö käsittelee kasarmirakennuksen käyttötarkoituksen muuttamista nykyaikaiseksi asuin- ja päiväkotirakennukseksi. Opinnäytetyön pääpaino on rakenteiden korjausvaihtoehtojen vertailulla huomioiden rakentamiseen vaikuttavat lait ja määräykset. Tarkoitukseni on esitellä vaihtoehtoja, kuitenkin väheksymättä valittuja korjaustapoja, joilla rakenteiden korjaukset päätettiin tehdä jo ennen työni aloittamista.

Kokkolassa sijaitsevan kasarmin rakennustyöt aloitettiin vuonna 1957. Armeija harjoitti kasarmissa toimintaansa aina vuoteen 1996 asti, jolloin kasarmi lakkautettiin ja koko Kokkolan Pikiruukin alue luovutettiin Valtion Kiinteistölaitokselle. Aluekauppojen myötä kasarmi siirtyi lopulta Lemminkäinen Talo Oy:n omistukseen. Nykyään rakennus on suojeltu ja sen tulee korjattuna muistuttaa alkuperäistä, eli kyseessä on kaupunkikuvallisesti ja historiallisesti tärkeä kohde.

Kasarmi on viime vuosina tarjonnut väliaikaisia koulutustiloja remontissa olleille kouluille. Muutosluvan varmistuttua kasarmin saneeraus asuin- ja päiväkotitiloiksi aloitettiin joulukuussa vuonna 2010 purkutöillä. Kasarmi valmistui urakkasopimuksien mukaisesti päiväkodin osalta 31.12.2011, sekä asuinhuoneistojen osalta 31.1.2012.

Kasarmin pohjakerrokseen rakennettiin päiväkoti, ja ensimmäiseen sekä toiseen kerrokseen asuinhuoneistoja, joiden suunnittelun pohjana on käytetty vanhaa tupajakoa. Yhdestä tuvasta saadaan kaksio ja tupia yhdistelemällä saadaan erikokoisia kolmioita. Asunnot ovat kooltaan 47,5 – 107 neliötä, suurimmissa asunnoissa on oma sauna.

Kasarmin suunnittelutyöstä vastasi ArkDesing Arkkitehtuuritoimisto Juha Paldanius, rakennuttajana toimi Lakea Oy ja pääurakoinnista vastasi Lemminkäinen Talo Oy. Aliurakoitsijoina kohteessa olivat Kokkolan LVI-Palvelu, Lemminkäinen Talotekniikka, Kaukomaalaus, Timanttipurku, Haaponiemi sekä peltisepänliike Rönkvist.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on selvittää minkälaisilla rakenteiden korjaustoimenpiteillä päästään nykyvaatimusten mukaiseen lopputulokseen. Työssä vertaillaan erilaisia korjausratkaisuja sekä niiden eroavaisuuksia ääneneristyksen, lämmöneristyksen, kosteusteknisten asioiden, tiiveyden sekä kustannusten osalta. Työssä selvitetään myös, minkälaisia ongelmia tietyillä korjaustoimenpiteillä esiintyy ja kuinka niitä olisi mahdollista välttää. Työssä otetaan huomioon, millaisia määräyksiä noudatettiin kasarmin rakentamisvaiheessa ja kuinka nykyiset suojelumääräykset vaikuttavat kasarmin korjaamiseen. Lisäksi työssä selvitetään mihin energialuokkaan päästään toteutetuilla korjauksilla ja kuinka korjattujen rakenteiden lämpöenergian säästöt vaikuttavat takaisinmaksuaikoihin.

1.3 Työn rajaus

Korjausrakentamisessa määräyksiä voitaisiin soveltaa ja saada helpotuksia lämmöneristyksen ja ääneneristyksen suhteen, mitä tässä työssä ei kuitenkaan oteta huomioon, vaan rakenteet tehdään määräysten mukaisiksi. Työn pääpaino on nimenomaan rakenneratkaisujen vertailussa. Työssä ei huomioida materiaalien pintakäsittelyä, talotekniikkaa, eikä kellarikerroksen rakenteita. Kustannusten laskemisessa ei oteta huomioon työmaatekniikkaa, eikä rakennusmateriaaleista syntyviä jätekustannuksia. U-arvo laskuissa sivuutetaan merkitykseltään vähäiset tulokseen vaikuttavat seikat, kuten villakiinnikkeiden vaikutus kylmäsiirtana. Takaisinmaksuaikaa laskettaessa ei oteta huomioon korkote-kijöitä, eikä lämmitysenergian hinnan nousua.

2 RAKENTAMISTA SÄÄTELEVÄT LAIT, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET VUONNA 1957

2.1 Rakentamissääntö ja asetus

Kun kasarmin rakennustyöt aloitettiin vuonna 1957, rakentamista säätelivät silloin vuonna 1931 laadittu asemakaavalaki ja vuonna 1932 laadittu rakennussääntö. Näiden ohella rakentamista säätelivät viranomaismääräykset. Rakentamissäännöstö jaettiin antamisjärjestyksen ja velvoittavuuden perusteella seuraavasti:

1. Lait ja asetukset
 2. Lakien ja asetusten perusteella annetut valtioneuvoston ja ministeriöiden päätökset ja niihin rinnastettavat alueelliset säännökset
 3. Viranomaisten antamat määräykset ja ohjeet lainsäädännön soveltamisesta
 4. Järjestöjen laatimat >>epäviralliset>> standardit, normit ja ohjeet.
- (Mäkiö, Malinen, Neuvonen, Sinkkilä, Tuunanen & Saarenpää 1990, 204.)

Rakennussäännössä oli omat määräyksensä kaupunki ja maaseuturakentamiselle. Rakennussäännön mukaan jokaisen kaupungin tuli laatia oma rakennusjärjestys ja kaupunkien rakentamiseen vaikuttivat järjestyksen lisäksi sekä asemakaavat, että rakennusvalvontaviranomaiset. (Mäkiö ym. 1990, 204–205.)

Vuoden 1959 rakennuslaki kumosi suurimman osan vuonna 1931 laaditusta asemakaavalaista, kaupunkien ja maaseudun määräykset pysyivät kuitenkin erillisinä rakennussäännön tavoin. ”Rakennuslaissa esitettiin mm. kaupunkien rakennusjärjestystä, kaavoitusta, maan lunastusta sekä kunnallistekniikan rakentamista koskevia yleisiä säännöksiä.” Myös rakennusasetus tuli voimaan vuonna 1959 kumoten aiemmin laaditun rakennussäännön sekä siihen tehdyt muutokset. Rakennusasetuksessa annettiin tarkkoja säännöksiä, kuten se, ettei asuinhuoneiston huoneistoala saanut olla pienempi kuin 20 neliötä. (Mäkiö ym. 1990, 205.)

2.2 Lämmöneristys

Rakennusten ulkoseinien lämmöneristysvaatimusten katsottiin täyttyvän, jos seinät eristivät riittävästi kylmyydeltä. Rakennussäännössä velvoitettiin kaupunkeja antamaan tarkempia säännöksiä ulkoseinien laadusta ja vahvuudesta, joten ulkoseinien minimipaksuus perustui lainsäädäntöön. (Mäkiö ym. 1990, 216.)

Rakennusten lämmöneristyksen suunnittelussa käytettiin apuna Rakennusinsinööriyhdistyksen vuonna 1946 laatimaa ohjekirjaa, RIY-A4. Ohjekirjassa annettiin ohjeita siitä, minkälaisia eristeitä kannattaa käyttää eri rakenteissa, kuten seinissä ja yläpohjissa. Lämmöneristysohjeissa selvitettiin myös eri lämmöneristeiden paksuusvaatimuksia rakennettavan kohteen sijainnin perusteella. Ohjekirjassa lämmönkulutus ilmaistiin Q -arvolla ja yksikkönä käytettiin $1000 \text{ h} \times \text{C/a}$. Q -arvo oli riippuvainen vuotuisten lämmitystuntien lukumäärästä sekä sisä- ja ulkolämpötilojen keskimääräisestä erosta lämmityskauden aikana. Eristepaksuudet määrättiin Etelä-Suomelle Tampereen arvon mukaan ja Pohjois-Suomelle Rovaniemen arvon perusteella. Tampereen lämmönkulutusarvona käytettiin 110 ja Rovaniemen 140. (Mäkiö ym. 1990, 216–217.)

Alla olevassa taulukossa 1 nähdään kevytbetonilla eristettävän ulkoseinän eristeen paksuusvaatimus. Kevytbetonille on annettu kaksi eri kuivatilavuuspainoa, karkaistun kevytbetonin arvona käytetään arvoa $0,4 \text{ kg/dm}^3$ ja karkaisemattoman $0,65 \text{ kg/dm}^3$. Karkaisematonta kevytbetonia ei suositeltu käytettäväksi ulkoseinien ulkopinnassa huonon säänkestävyyden takia.

TAULUKKO 1. Kevytbetonin eristyspaksuusvaatimus paikkakunnan mukaan (Mäkiö ym. 1990, 216, muokattu)

Kantava seinärakenne (r_0 = kuivatilavuuspaino, kg/dm ³)	Kevytbetonieristyksen suositeltava vähimmäispaksuus, cm			
	Etelä-Suomi, $Q = 110$		Pohjois-Suomi, $Q = 140$	
	$r_0 = 0,4$	$r_0 = 0,65$	$r_0 = 0,4$	$r_0 = 0,65$
Teräsbetoniseinä 15–25 cm	18	24	20	27

2.3 Ääneneristys

Rakennusinsinööriliitto julkaisi vuonna 1967 ensimmäiset ääneneristykseen liittyvät normit, RIL 55. Sitä ennen ääneneristyksen toteuttamisessa käytettiin apuna Rakennusinsinööriyhdistyksen vuonna 1947 julkaistua *Äänen ja muun värähtelyn torjunta huoneenrakennuksessa* -teosta. Teoksessa käsiteltiin värähtelyn vaikutuksia rakennuksissa, sekä ilma- ja runkoääneneristystä. Ilmaaänen eristyksessä kiinnitettiin huomiota seinien ja välikattojen rakenneratkaisuihin, sekä oviin ja ikkunoihin. Runkoäänien eristyksessä tuli huomioida erityisen tarkasti seinien ja välipohjien suunnittelu, sekä läpivientien vaikutus ääneneristykseen. (Mäkiö ym. 1990, 218.)

2.4 Paloturvallisuus

Sisäasiainministeriön vuonna 1936 tekemän paloluokituspäätöksen mukaan rakennukset ja rakennusosat jaettiin palonkestävyyden perusteella neljään palotekniseen luokkaan. Paloa kestävät rakennukset ja rakennusosat kuuluivat A-luokkaan, paloa pidättävät B-luokkaan ja paloa hidastavat C-luokkaan. Tulipalolle arat rakennukset ja rakennusosat kuuluivat D-luokkaan. Sisäasiainministeriön paloluokituspäätöksen perusteella esitettiin yksityiskohtaiset vaatimukset eri paloluokkaan kuuluvien rakennusten rakenteisiin käytettävistä materiaaleista. (Mäkiö ym. 1990, 213.)

2.5 LVI-järjestelmät

Lämmitystarvetta suunniteltaessa käytettiin apuna *Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet* -teosta, joka julkaistiin vuonna 1955. Kylmävesijohtoina käytettiin sinkittyä teräsputkea tai kuparista tehtyjä putkia. Lämminvesijohdot oli poikkeuksetta tehty kuparista, koska sinkitty putki kestää lämmintä vettä huomattavasti pidempään. Viemäriputket olivat rakennusten sisällä yleensä valurautaisia, ulkopuolella taas käytettiin savi-, betoni- ja muoviputkia. Lämmitysjärjestelmäksi oli yleistynyt keskuslämmitysmenetelmät ja ilmanvaihto toteutettiin pääsääntöisesti painovoimaisena. (Mäkiö ym. 1990, 162–179.)

3 NYKYISET RAKENTEISIIN VAIKUTTAVAT LAIT JA MÄÄRÄYKSET

3.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslaki uusittiin vuonna 2000, ja se kumosi vuonna 1958 laaditun rakennuslain. Nykyisen maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on säädellä rakentamista ja alueiden käyttöä siten, että luodaan hyvä ja miellyttävä elinympäristö. Lailla pyritään myös edistämään kestävästä kehitystä. Suomen maankäyttö- ja rakennuslain (5.2.1999/132) ensimmäisessä pykälässä on myös kerrottu tavoitteista seuraavasti:

”Tavoitteena on myös turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun, suunnittelun laatu, ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa.” (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 5.2.1999/132, 1 §.)

3.1.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia rakennettaessa uudisrakennusta. Suomen maankäyttö- ja rakennuslain (5.2.1999/132) 13. pykälässä on kerrottu, kuinka menetellään, jos kyse on korjausrakentamisesta.

Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä määräyksiä sovelletaan, jollei määräyksissä nimenomaisesti määrätä toisin, vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa edellyttävät. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 5.2.1999/132, 13 §.)

3.1.2 Rakentamiselle asetettavat vaatimukset

Suomen maankäyttö- ja rakennuslain (5.2.1999/132) 117. pykälässä asetetaan rakennuksille teknisiä vaatimuksia, joiden tulee täytyä.

Rakennuksen tulee sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla täyttää rakenteiden lujuuden ja vakauden, paloturvallisuuden, hygienian, terveyden ja ympäristön, käyttöturvallisuuden, meluntorjunnan sekä energiatalouden ja lämmöneristyksen perusvaatimukset (*olennaiset tekniset vaatimukset*).

Rakennuksen tulee olla tarkoitustaan vastaava, korjattavissa, huollettavissa ja muunneltavissa sekä, sen mukaan kuin rakennuksen käyttö edellyttää, soveltua myös sellaisten henkilöiden käyttöön, joiden kyky liikkua tai toimia on rajoittunut.

Korjaus- ja muutostyössä tulee ottaa huomioon rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet sekä rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön. Muutosten johdosta rakennuksen käyttäjien turvallisuus ei saa vaarantua eivätkä heidän terveydelliset olonsa heikentyä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 5.2.1999/132, 117 §.)

Arvokkaiden ja kaupunkikuvallisesti tärkeiden rakennusten korjaus- ja muutostöissä on varjeltava niiden historiallisesti ja rakennustaiteellisesti merkittävää arkkitehtuuria. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 5.2.1999/132, 118 §.)

3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma

3.2.1 Ääneneristys ja meluntorjunta

Ääneneristyksen ja meluntorjunnan vuoksi rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei rakennuksessa oleva melu vahingoita rakennuksen läheisyydessä olevia, eikä rakennuksessa työskenteleviä. Rakennuksessa oleville on annettava mahdollisuus työskennellä, levätä sekä nukkua tarpeeksi hyvissä olosuhteissa. Ääneneristävyden katsotaan olevan riittävä, mikäli se vastaa Suomen rakentamismääräyskokoelman C1 (1998) arvoja ääneneristävyydelle. Asuinrakennuksessa huoneistojen välisen seinän ilmaääneneristävyden tulee olla vähintään 55 dB. Kun huoneiston ja käytävän välissä on ovi, täytyy ilmaääneneristävyden olla vähintään 39 dB. Askelääniluku huoneistojen välillä saa olla enintään 53 dB. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C1, 1998.)

3.2.2 Rakenteiden lämmöneristys ja ilmanpitävyys

Ulkoilman ja sisätilojen välisten rakenteiden tulee olla sellaisia, joilla on mahdollista luoda sisätiloihin terveelliset elinolosuhteet. Rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisessä suunnittelussa täytyy pyrkiä siihen, ettei rakenteeseen pääse muodostumaan vaurioita, joista voisi olla terveydellistä haittaa rakennuksen sisällä oleville henkilöille. Rakennuksen vaipasta tulee tehdä ilmanpitävä, etteivät vuotokohdista läpimenevät ilmavirtaukset pääse aiheuttamaan haittaa rakenteille tai käyttäjille. Suurimmat ilmavirtaukset kulkevat rakenteiden liitosten ja läpivientien kautta, minkä vuoksi niiden suunnittelu ja toteutus on tehtävä huolella. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3, 2010.)

Lämmönläpäisykerroin U kuvaa ilmavirran tiheyttä, joka läpäisee rakenteen jatkuvuus-tilassa kun rakennusosan eri puolilla vallitsee yhden asteen lämpötilaero. Yksikkönä käytetään W/m^2K . Rakennusosille on suomen rakentamismääräyskokoelman C3 mukaan annettu eri lämmönläpäisykerroimen arvoja.

- seinä $0,17 W/m^2K$
- yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja $0,09 W/m^2K$
- ryömintätilaan rajoittuva alapohja $0,17 W/m^2K$
- maata vastaan oleva rakennusosa $0,16 W/m^2K$
- ikkuna, kattoikkuna, ovi $1,0 W/m^2K$

(Suomen rakentamismääräyskokoelma C3, 2010.)

3.2.3 Paloturvallisuus

Paloturvallisuuden yleinen vaatimus on, että mikäli rakennuksessa syttyy tulipalo, täytyy kantavien rakenteiden säilyä sortumatta rakenteiden mitoituksessa asetetun vähimmäisajan. Tulipalon leviäminen on estettävä ja savun poistaminen tulee olla hallittua. Tulipalon sattuessa on rakennuksessa olevien ulospääsy varmistettava, ja pelastushenkilöiden työskentely on palotilanteessa pyrittävä tekemään mahdollisimman turvalliseksi. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1, 2011.)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 mukaan rakennukset jaetaan kolmeen luokkaan, P1, P2 ja P3. Paloluokassa P1 olevan rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan säilyvän palotilanteessa sortumatta. P1-luokan rakennuksen koolle tai henkilömäärälle ei ole asetettu rajoituksia. Paloluokkaan P2 kuuluvien rakennuksien kantavien

rakenteiden vaatimukset eivät ole yhtä vaativia kuin luokan P1 rakenteiden. Rakennuksen koko ja henkilömäärä on rajoitettu käyttötavan perusteella. Paloluokassa P3 olevien rakennusten kantavien rakenteiden palonkestävyydelle ei aseteta erityisvaatimuksia. Turvallisuuksen riittävyys saavutetaan henkilömäärää ja rakennuksen kokoa rajoittamalla. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1, 2011.)

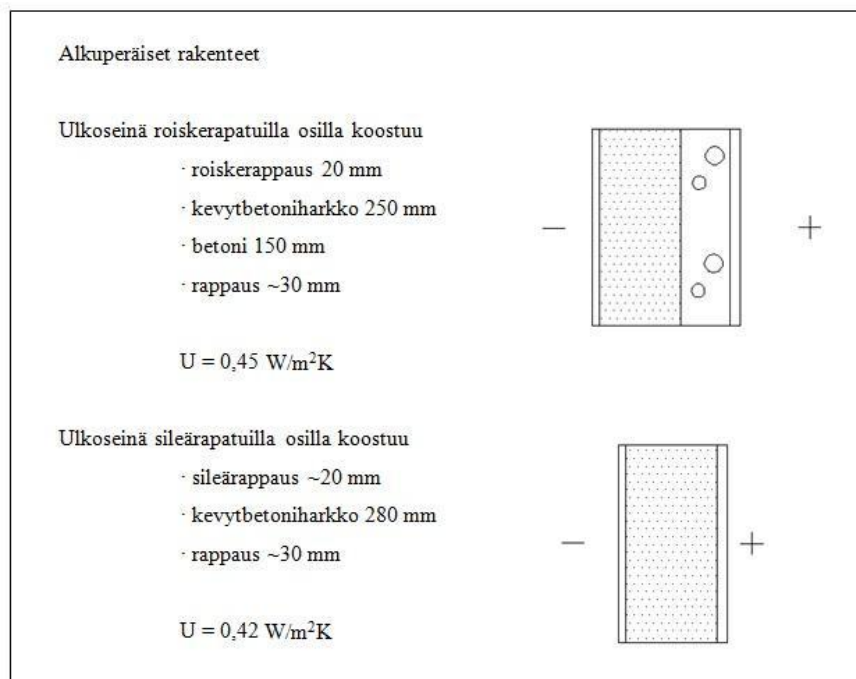
Kasarmin paloluokka on P1, ja palokuorma on alle 600 MJ/ m^2 , jolloin kantavien rakenteiden paloluokkavaatimus on R 60. Osastoivien rakenteiden paloluokkavaatimus on EI 60. Tällöin suunnittelussa on huomioitava, että suunniteltavat rakenteet täyttävät palonkestävyysvaatimukset. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1, 2011.)

4 ULKOSEINÄN KORJAUKSET

4.1 Alkuperäisen ulkoseinärakenteen kunto

Alkuperäisen seinärakenteen roiskerappaus on halkeillut lähinnä rakennuksen nurkissa ja syöksytorvien kohdalla. Muutaman syöksytorven kohdalla vauriot ovat edenneet kevytbetoniharkkoihin asti. Ikkunoiden välillä oleva sileärappaus on halkeillut useasta ikkunavälistä ja rappauksen pinnassa oleva maali on lohkeillut irti varsin laajasti.

Julkisivun rappaukseen on myös muodostunut muutamia pidempiä halkeamia. Julkisivun maalipinnassa esiintyy hyvin paljon sävyeroja ja seinissä on merkkejä pystysuuntaisista valumavesistä. Kuvassa 1 esitetään alkuperäiset ulkoseinärakenteet.



KUVA 1. Alkuperäinen seinärakenne

4.2 Korjaussuunnittelussa huomioitavat asiat

Kasarmin suojele rajoittaa korjaussuunnittelua ja rakennevalintoja. Korjaussuunnitelmat on laadittava siten, että kasarmi säilyttää alkuperäisen ulkonäkönsä. Tämän vuoksi muutamat korjaustavat, kuten metalli- ja levyverhoukset, eivät tule kyseeseen.

Korjaussuunnittelussa tulee huomioida, että suunniteltu rakenne kestää ulko- ja sisäpuolen kosteusrasitukset. Lisäksi ulkoseinärakenteen tulee olla sellainen, ettei sen lävitse pääse kulkemaan haitallisia ilmavirtauksia. Ulkoseinän rakennevalinnoilla täytyy aina varmistaa, ettei rakenteen sisään pääse tiivistymään kosteutta diffuusion tai vesihöyryn konvektion vaikutuksesta liian pitkäksi aikaa. Ulkoseinään kohdistuva vesisade voi aiheuttaa kosteuden pääsyn rakenteisiin, minkä vuoksi rakennevalinnoilla on varmistettava, että kastunut rakenne pääsee kuivumaan vaurioita aiheuttamatta. Korjauksissa on huomioitava, että alkuperäinen rakenne voi sisältää hyvin paljon kosteutta kevytbetonin suuren vedenimukyvyn takia. Mikäli korjauksissa päädytään peittävään korjaustapaan, on varmistettava, että alkuperäisen rakenteen sitoma kosteus pääsee poistumaan korjauksesta rakenteesta. (Pentti 1999, 60–62, 67.)

Ulkoseinien yläosiin kohdistuvan vesisateen aiheuttamaa rasitusta voidaan pienentää räystäiden avulla. Ulkoseinärakenteen pinnoitteen tulisi olla vesisadetta hylkivää ja vesihöyryä läpäisevää. Pinnoitteen ollessa tiivis, seinärakenteeseen kohdistuva vesisade valuu seinää pitkin alas, eikä imeydy seinään kuten poltetuista tiilistä muurattuun rakenteeseen. Vesisateen valumisen takia tulee seinän liitokset suunnitella siten, että vesi saadaan johdettua pois ulkoseinän pinnasta. (Pentti 1999, 74–77.)

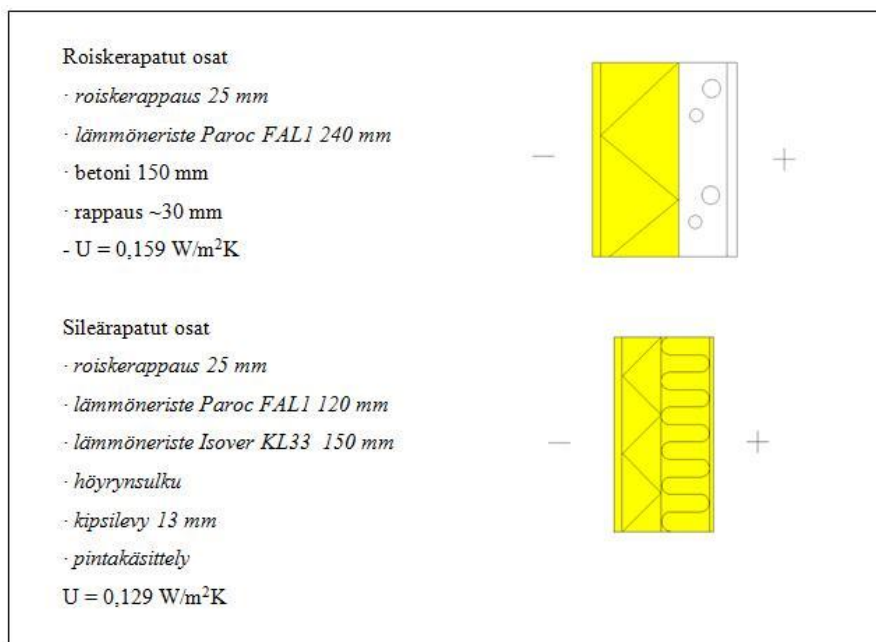
4.3 Ulkoseinän korjausvaihtoehdot

Kaikissa ulkoseinän korjausvaihtoehdoissa edellytetään, että rakennukselle tehdään myös muita korjaustoimenpiteitä. Energiataloutta parannetaan ulkoseinien korjausten lisäksi vaihtamalla ikkunat ja uusimalla ilmanvaihtolaitteet.

Esittelen ensimmäisenä korjaustavan, jolla kasarmin ulkoseinän korjaukset toteutettiin. Sen jälkeen esitän vaihtoehtoisia korjaustapoja ja vertailen näitä keskenään. Korjatun rakenteen rakennekuvassa keltaisella on merkitty lisättävät materiaalit, jotka on kuvan viereisessä tekstissä myös kursivoitu.

4.3.1 Korjaustapa 1. Purkukorjaus

Tässä korjaustavassa ulkoseinästä poistetaan kevytbetoniharkot ja ikkunoiden alapuolinen rakenne joudutaan tekemään kokonaan uusiksi. Ikkunoiden alapuolinen rakenne tehdään puurunkoisena ja rungon väliin asetetaan mineraalivilla. Rungon ulkopuolelle kiinnitetään vanerilevy, jonka päälle asennetaan mineraalivilla ja kolmikerrosrappaus. Muualla vanhaan jäljelle jääneeseen betonirunkoon kiinnitetään mekaanisilla kiinnikkeillä mineraalivilla, jonka päälle tehdään kolmikerrosrappaus. Tällä korjaustavalla ulkoseinän paksuus pysyy suurin piirtein ennallaan, mutta ulkoseinän paino vähenee. Ulkoseinän paksuuden pysyessä lähes ennallaan pysyvät myös räystäsrakenteet ennallaan, eikä julkisivun arkkitehtuurinen ulkonäkö muutu alkuperäisestä. Lisäksi ikkunat on mahdollista sijoittaa seinän syvyys suunnassa vanhalle paikalleen, eivätkä ikkunat jää syvälle korjatun seinän sisään. Kuvassa 2 esitetään purkukorjauksella korjatut ulkoseinä rakenteet.



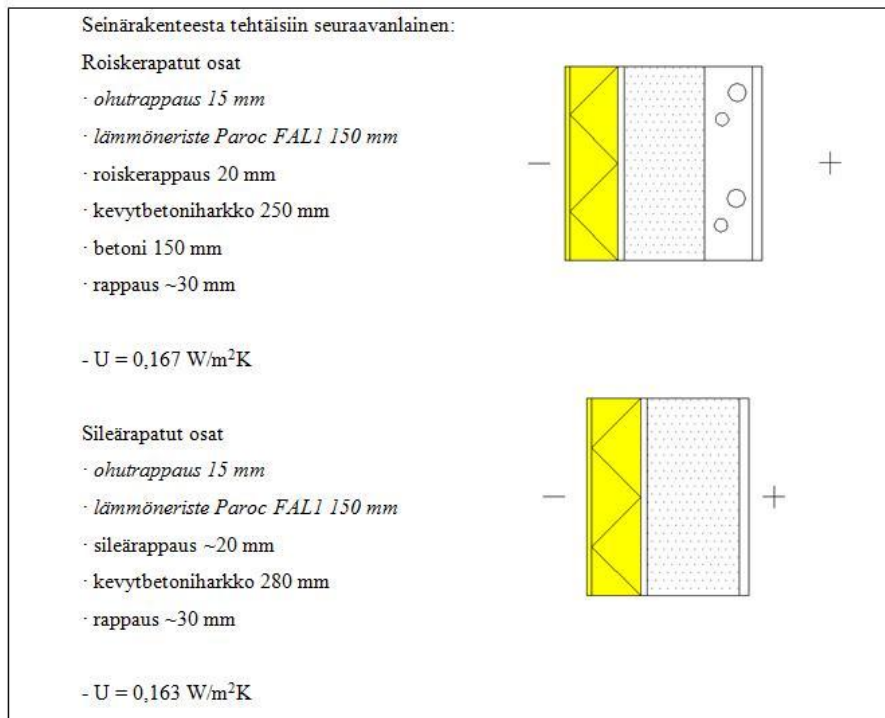
KUVA 2. Uusi rakenne

4.3.2 Korjaustapa 2. Ulkopuolinen lisälämmöneristys

Tässä korjaustavassa vanha rakenne korjattaisiin nykypäivän määräyksiä vastaavaksi ulkopuolisella lisälämmöneristeellä. Vanhaan rakenteeseen kiinnitetään mineraalivilla mekaanisilla kiinnikkeillä. Mikäli kevytbetoniharkot eivät takaa vaadittua vetolujuutta,

on harkot lisäksi kiinnitettävä kantavaan betoniseinään tai kiinnikkeet kiinnitettävä suoraan betonirunkoon. Asentamalla lisälämmöneriste ulkopuolelle saadaan julkisivussa olevat vauriot peitettyä uudella rakenteella, eivätkä sisätilojen pinta-alat pienene. Kun ulkoseinä korjataan ulkopuolisella lisälämmöneristyksellä, ei yleensä tarvitse ottaa huomioon runkorakenteeseen siirtyviä lisäkuormia. Seinän paino kasvaa eristeestä ja rappauksesta $40\text{--}50\text{ kg/m}^2$, kun taas käyttämällä ohutkuorielementtejä tai tiiliverhousa painoa kertyisi noin $100\text{--}160\text{ kg/m}^2$, mikä edellyttäisi maapohjan kantavuuden tarkistamista.

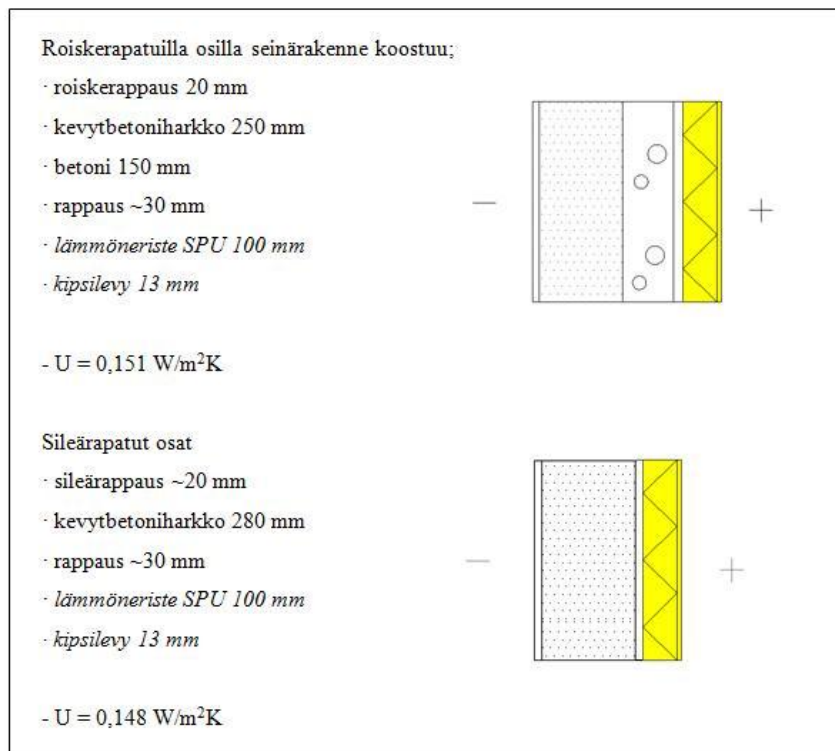
Ulkopuolisella lisälämmöneristyksellä saataisiin pysäytettyä rappauksen vaurioituminen sekä parannettua alkuperäisen rakenteen kosteus- ja lämpötekniistä kestävyyttä. Käyttämällä ulkopuolista lisälämmöneristystä saataisiin myös katkaistua nykyisessä rakenteessa olevia kylmäsiltoja. Tämä korjaustapa myös nostaa alkuperäisen rakenteen lämpötilaa, mikä mahdollistaa vanhassa rakenteessa olevan kosteuden kuivumisen. Vanhassa rakenteessa oleva mahdollinen kosteus on päästettävä poistumaan uudesta rakenteesta. Tämän vuoksi uusien materiaalien on oltava vesihöyryä läpäiseviä. Kuvassa 3 esitetään ulkopuolisella lisälämmöneristyksellä korjatut ulkoseinärakenteet.



KUVA 3. Ulkopuolinen lisälämmöneristys

4.3.3 Korjaustapa 3. Sisäpuolinen lisälämmöneristys

Tässä korjaustavassa ulkoseinästä tehdään nykyajan määräyksiä vastaava asentamalla sisäpuolinen lisäeristys. Sisäpuolisella lämmöneristyksellä saadaan nostettua seinäpintojen lämpötilaa, mikä parantaa asumisviihtyvyyttä. Ulkopuolen vauriot korjataan paikkaus- ja pinnoituskorjauksena. Vanha vaurioitunut rappaus poistetaan kevytbetoniin asti ja uusi rappaus tehdään puhdistetun alustan päälle. Kuva 4 esittää sisäpuolisella lisäeristyksellä korjatut ulkoseinärakenteet. Pinnoituskorjauksissa vanhan rappauksen päälle maalattavan maalin täytyy olla hyvin vesihöyryä läpäisevä. Tällainen sisäpuolinen lisälämmöneristys tulisi kyseeseen, mikäli museoviranomaiset eivät arkkitehtuurisista syistä sallisi ulkopuolen lisäeristämistä. (Rakennusten korjaustekniikka ja talous 1994, 335.)

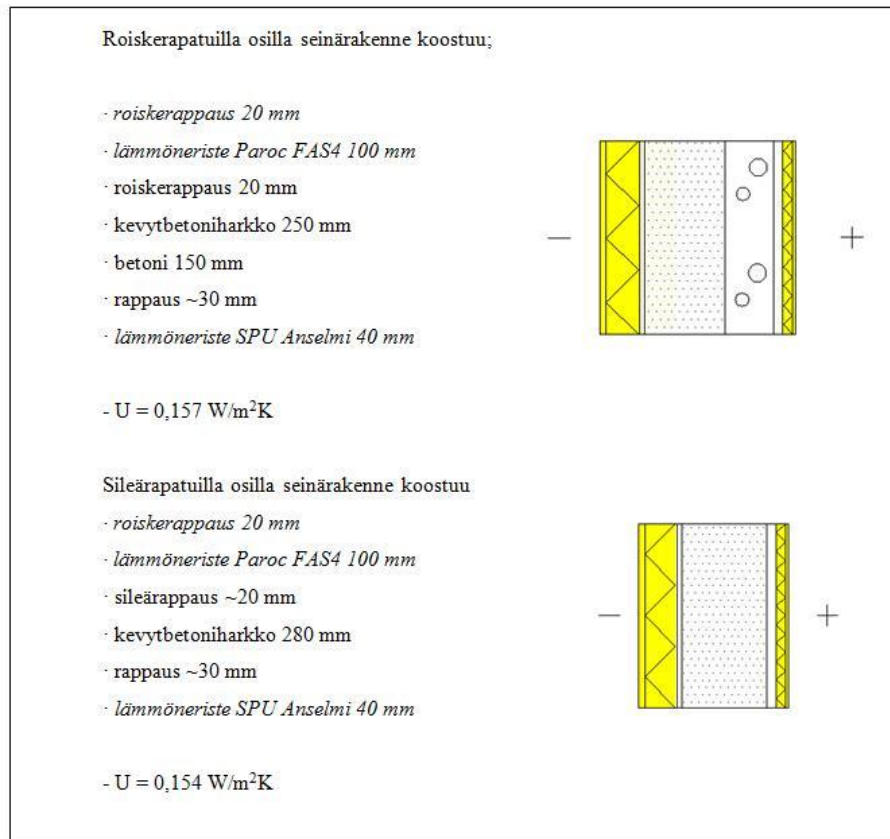


KUVA 4. Sisäpuolinen lisäeristys

4.3.4 Korjaustapa 4. Molemminpuolinen lisälämmöneristys

Tässä korjaustavassa asennetaan lisäeristys sekä sisä-, että ulkopuolelle seinää. Sisäpuolelle asennetaan SPU:n eristelevy, jossa on kipsilevy valmiiksi kiinnitettynä. Ulkopuolelle asennetaan vanhan rappauksen päälle uusi eristys ja kolmikerrosrappaus. Käyttä-

mällä ulko- ja sisäpuolista lisälämmöneristystä saataisiin parannettua alkuperäisen seinärakenteen kosteus- ja lämpöteknistä kestävyyttä. Ulkokuolisella lisälämmöneristyksellä saataisiin pysäytettyä alkuperäisen rappauksen vaurioituminen. Kuvassa 5 esitetään molemminpuolisella lisäeristyksellä korjatut ulkoseinärakenteet.



KUVA 5. Molemminpuolinen lisäeristys

4.4 Ulkoseinän korjausvaihtoehtojen vertailut

4.4.1 Lämpö- ja kosteustekninen toiminta

Purkukorjauksessa on huomioitava jäljelle jääneen betoniseinän suoruus. Pinnan ollessa epätasainen ja rönsyilevä on seinä oikaistava rappamalla, jotta betoniseinän ja lämmöneristeen väliin ei pääse muodostumaan haitallisia ilmavirtauksia. Oikorappauksesta haihtuvan kosteuden on päästävä poistumaan seinärakenteesta, minkä vuoksi uuden eristeen on oltava vesihöyryä läpäisevä.

Ulkopuolisella lisälämmöneristyksellä saataisiin pysäytettyä rappauksen vaurioituminen, katkaistua vanhassa rakenteessa olevat kylmäsiljat, sekä parannettua alkuperäisen rakenteen kosteus- ja lämpötekniistä kestävyyttä. Ulkopuolinen lisälämmöneristys nostaa alkuperäisen rakenteen lämpötilaa, mikä mahdollistaa vanhassa rakenteessa olevan kosteuden kuivumisen. Uusien materiaalien on oltava vesihöyryä läpäiseviä, jotta kosteuden poistuminen on mahdollista.

Sisäpuolisessa lisäeristyksessä seinään jää kylmäsiltoja kantavien väliseiniä ja välipohjien kohdalle. Sisäpuolinen lisäeristys kylmentää entisestään alkuperäisen rakenteen pintaa, mikä voi nopeuttaa ulkopuolisen rappauksen vaurioitumista. Tähän asti rappaus on pysynyt suhteellisen hyvässä kunnossa alkuperäisen rakenteen huonon lämmöneristävyyden takia.

Molemminpuolinen lisäeristys nostaa seinän sisäpintojen lämpötilaa, mikä lisää asumisviihtyisyyttä. Ilmavuodot vähenevät merkittävästi polyuretaanin tiiveyden vuoksi. Molemminpuolisen lisäeristyksen etuina ovat luonnollisesti sekä ulkopuolisen että sisäpuolisen lämmöneristyksen edut.

DOF-Lämpö-ohjelmalla tehtyjen lämpö- ja kosteuskuvaajien avulla voidaan arvioida rakenteen lämpö- ja kosteuskäyttäytymistä. Ohjelmassa mitoitustilastona käytetään lämpötilan ja kosteusmäärien kuukausikeskiarvoja. Ohjelmassa ei huomioida ulkopuolisia rasituksia, kuten rakenteeseen kohdistuvaa viistosadetta, eikä rakenteiden kykyä sitoa tai luovuttaa kosteutta. Kuvaajat on tehty käyttäen sisäilman suhteellisena kosteutena 40 % arvoa ja tarkasteluhetkenä kolmen vuorokauden alhaisinta lämpötilaa, joka on ohjelmassa pahin mahdollinen tilanne.

Purkukorjauksella, jossa tehdään uusi eristys vanhan betoniseinän päälle sekä ikkunoiden alapuolelle kokonaan uusi rakenne, ei muodostu lainkaan kriittisiä pisteitä kuvaajiin.

Korjaustavalla, jolla lisätään ulkopuolinen lisäeristys, kosteuskäyrien kriittinen leikkauspiste muodostuu lähelle rappautta. Rakenteessa tuskin kuitenkaan syntyy vauriota, sillä mineraalivilla pystyy sitomaan kosteutta ja rakenteen lämmentyä kosteus haihtuu villasta vauriota aiheuttamatta.

Sisäpuolista lisäeristystä arvioitaessa rakenteen kosteuskäyrät menevät rakenteen läpi leikkaamatta. Kosteuskäyrien mukaan rakenne olisi toimiva, mutta alkuperäisen rakenteen jäädessä kokonaan miinukselle rappausvauriot lisääntyisivät huomattavasti.

Molemminpuolista lisäeristystä arvioitaessa rakenteen ulkopintaan muodostuu kosteuskäyrien leikkaantumista rappauksen lähettyvillä. Tässäkin tapauksessa mineraalivilla pystyy sitomaan tarvittavan kosteusmäärän ja rakenteen lämmitettyä kosteus haihtuu villasta vauriota aiheuttamatta.

Korjaustavoista toimivia ovat ulkopuolinen lisäeristys, uusi rakenne sekä molemminpuolinen eristys.

4.4.2 Kustannukset

Kustannukset on laskettu käyttäen apuna teoksia *Rakennusosien kustannuksia 2011* ja *Korjausrakentamisen kustannuksia 2011*. Puuttuvien materiaalien hinnat on otettu Internet-sivulta www.taloon.com vähentäen hinnoista arvonlisäverot. Työmenekit on otettu Ratu-kortistosta. Kustannuslaskelmissa ei ole huomioitu materiaalihukkaa, jätekuksannuksia, eikä telineistä syntyviä kustannuksia. Työntekijän tuntipalkkana on laskuissa käytetty 16,00 € ja sosiaalikuluna on käytetty 60 % tuntipalkasta.

Korjaustapa 1, roiskerapatuilla osilla 106,9 €/m² ja sileärapatuilla osilla 120,9 €/m²

Korjaustapa 2, 72,67 €/m²

Korjaustapa 3, 137,42 €/m²

Korjaustapa 4, 94,88 €/m²

Sisäpuolisen lisäeristyksen kustannuksissa on laskettu mukaan ulkopuolen paikkaus- ja pinnoituskorjaukset tehtäväksi koko neliön alueelta. Todellisuudessa ulkopuolista paikkausta ei tule olemaan läheskään kauttaaltaan julkisivussa. Korjauksen neliöhinnasta noin 40 prosenttia on paikkaus- ja pinnoitustöitä.

4.5 Ulkoseinän korjauksissa huomioitavat asiat

Purkukorjauksen jälkeen paljastuvan kantavan betoniseinän suoruus ei ole välttämättä riittävä uuden eristeen asennukselle. Seinässä olevat epätasaisuudet on poistettava ja kevytbetoniharkkojen sidontaraudat on katkaistava. Korjaustapa on raskas ja siinä täytyy varautua lisätöihin, joita ei välttämättä suunnitteluvaiheessa osata arvioida. Tällä korjaustavalla ulkoseinän paksuus pysyy lähes ennallaan, jolloin räystäsrakenteista ja sokkelista ei muodostu ongelmia ja ikkunoiden sijoittaminen onnistuu alkuperäiseen syvyyteen.

Jos alkuperäinen rakenne korjataan lisäeristyksellä ja rappauksella, seinän paksuus kasvaa noin 17 senttimetriä. Sokkeli ja ikkunat jäävät tällöin syvälle korjatun seinän ulkopintaan nähden. Sokkelia täytyy myös paksuntaa joko eristyksellä tai muulla lisärakenteella. Ikkunoita voidaan siirtää ulommas, mikäli varmistetaan ikkunoiden kiinnitys kantavaan seinärakenteeseen. Seinän paksuuden kasvaminen lyhentää vanhoja räystäsrakenteita, jolloin rakennuksen ulkonäkö muuttuu ja arkkitehtuurinen ulkonäkö, jota on suojeltava, ei säily. Lisäksi lyhyet räystäät lisäävät saderasitusta seinän yläosiin. Räystäsrakenteita täytyy siis pidentää, jos seinää lisäeristetään ulkopuolelta.

Ulkopuolen paikkaus- ja pinnoituskorjauksissa täytyy huomioida, että näkyvien rappausvaurioiden lisäksi rappaus voi olla rapautunut hyviltäkin näyttävissä kohdissa. Vanhan ja uuden rappauksen välipintaan muodostuu hyvin usein halkeamia. Paikkauskorjatun ja pelkästään maalatun seinärakenteen ennustettavat korjausajankohdat tulevat poikkeamaan toisistaan. Sisäpuolinen lisäeristys kylmentää seinärakenteen ulkopintaa entisestään, mikä lisää rappausvaurioita tulevaisuudessa.

Molemminpuolista lisäeristystä käytettäessä seinän ulkopinta siirtyy noin 11 senttimetriä ulospäin. Tästä aiheutuu samat ongelmat kuin pelkällä ulkopuolisella eristyksellä, tosin seinän ulkopinta ei siirry aivan yhtä paljon.

4.6 Ulkoseinän korjaussuositus

Ulkoseinän korjaukset olisi kannattavinta tehdä molemmin puolisella eristyskorjauksella. Vanha rakenne saadaan tiiviimmäksi sisäpuolisella lisäeristyksellä ja lisäksi eristeen pinnassa oleva kipsilevy vähentää sisäpuolen tasoitus- ja rappauskorjauksia. Ulkopuolen lisäeristyksellä saadaan korjattua kosteusvauriot ja parannettua lämmöneristystä nykyisten vaatimusten mukaiselle tasolle.

5 HUONEISTOJEN VÄLISEN SEINÄN KORJAUKSET

5.1 Yleistä

Nykyiset väliseinät ovat ääneneristävyydeltään riittämättömät nykyajan vaatimuksille. Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 asuinhuoneistojen välisen seinän ilmaääneneristysluku R'_w täytyy olla vähintään 55 dB. Seuraavilla korjaustoimenpiteillä väliseinistä saadaan määräysten mukaiset. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C1, 1998.)

Massateorian mukaan rakenteen ääneneristävyys voidaan määrittää likimain seuraavalla kaavalla.

$$R = 20 \lg (mf) - 49, \text{ missä} \quad (1)$$

R = rakenteen ilmaääneneristävyys [dB]

m = rakenteen massa [kg/m²]

f = äänentaajuus [Hz]

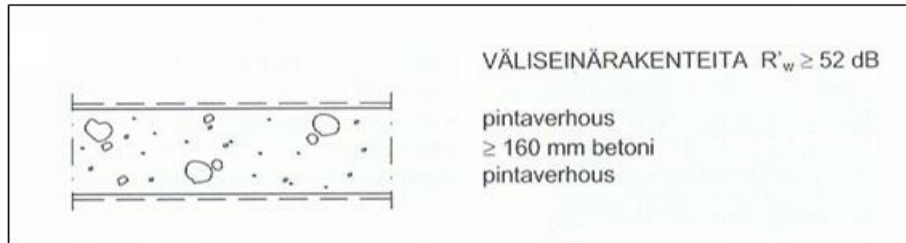
5.2 Nykyinen väliseinä

Kuvassa 6 on alkuperäinen väliseinärakenne, jonka ääneneristävyys on massalain mukaan 250 Hz taajuudella noin 50 dB. Seinän ääneneristystä saadaan parannettua seinän massaa lisäämällä, mikä on kannattavaa silloin, kun alkuperäinen seinärakenne on kevyt. Seinän massan kaksinkertaistaminen lisää ääneneristävyyttä 6 dB. (RIL 129, 2003, 10.)



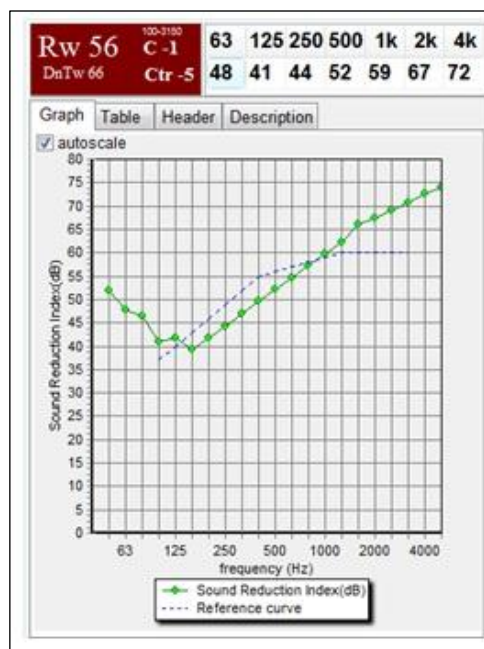
KUVA 6. Alkuperäinen väliseinärakenne

Kuva 7 on esitetty *RIL 129-2003 Ääneneristyksen toteuttaminen* -teoksessa. Kyseisen 160 millimetriä vahvan betoniväliseinän ääneneristävyydeksi on mittaamalla saatu arvo $R'_w \geq 52$ dB. Kasarmissa olevan väliseinän ääneneristysarvo jää hieman RIL:n arvoa huonommaksi seinän ollessa keskimäärin senttimetrin ohuempi.



KUVA 7. 160 millimetriä vahvan betoniseinän ääneneristävyys (RIL 129,2003, 35.)

Myös Insul-ohjelmalla pystytään arviomaan rakenteiden laskennallista ääneneristävyyttä ja ohjelma antaa nykyiselle seinän ääneneristävyydelle arvon $R_w = 56$ dB (kuva 8). Tämä arvo toteuttaisi suunnitteluvaatimukset ääneneristyksen suhteen. Työn suorittamiseen liittyy paljon epävarmuustekijöitä, joten on hyvä valita rakenne, jossa on varmuutta ääneneristävyyden suhteen. Lopullisen ääneneristävyyden kertoo ainoastaan mitattu arvo, sillä hyväksikin suunniteltu rakenne voidaan pilata huonolla työsuorituksella. Läpivientien puutteelliset tiivistykset heikentävät huomattavasti ääneneristävyyttä.



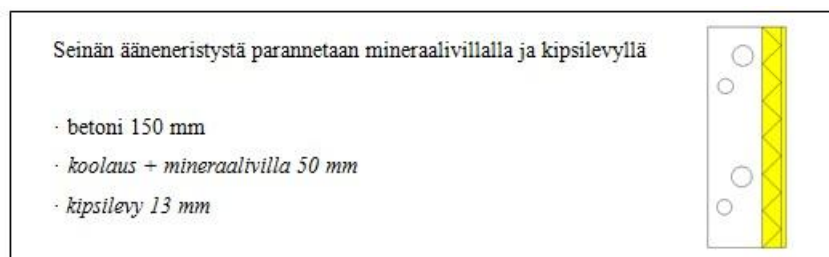
KUVA 8. Insul-ohjelman laskennallinen ääneneristävyys 150 millimetrin betoniseinästä

5.3 Väliseinän korjausvaihtoehdot

Esittelen ensimmäisenä korjaustavan, jolla kasarmin väliseinien korjaukset toteutettiin. Sen jälkeen esitän vaihtoehtoisia korjaustapoja ja vertailen näitä keskenään. Korjatun rakenteen rakennekuvassa keltaisella on merkitty lisättävät materiaalit, jotka on kuvan viereisessä tekstissä myös kursivoitu.

5.3.1 Korjausvaihtoehto 1. Koolauskorjaus

Tässä korjaustavassa kiinnitetään suoraan vanhaan betoniseinään 50 millimetrin vahvuinen puukoolaus 600 millimetrin jaolla. Koolauksen väliin asennetaan Rockwoolin 50 millimetrin vahvuinen mineraalivilla. Koolaukseen kiinnitetään 13 millimetrin vahvuinen Gyproc GN:n kipsilevy ja seinän ylä- ja alaosa kitataan tiiviiksi. Kuvassa 9 on esitetty koolauskorjauksella korjattu väliseinä.



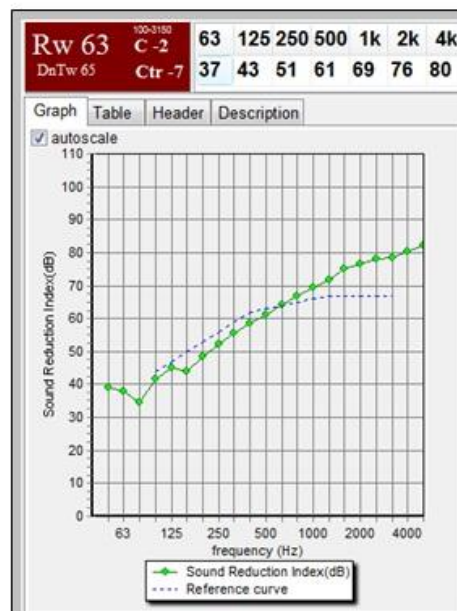
KUVA 9. Koolauskorjaus

Lähes samanlaisen rakenteen ääneneristävyydeksi on saatu mittaamalla $R'_w \geq 55$ dB (kuva 10). Tässä mitatussa seinärakenteessa betonin vahvuus on 140 millimetriä, joten kasarmin väliseinän ääneneristävyys on hieman parempi. Mikäli levyrakenteisessa väliseinässä on yksinkertainen runko, saadaan peltirankaa käyttämällä pari desibeliä parempi ääneneristävyys verrattuna puurunkoiseen seinärakenteeseen. Kaksinkertaisessa seinärakenteessa rungon materiaalilla ei ole merkitystä jos rungot ovat erillisiä. (RIL 129, 2003, 18.)



KUVA 10. Yhdistetyn väliseinärakenteen ääneneristävyys (RIL 129, 2003, 20)

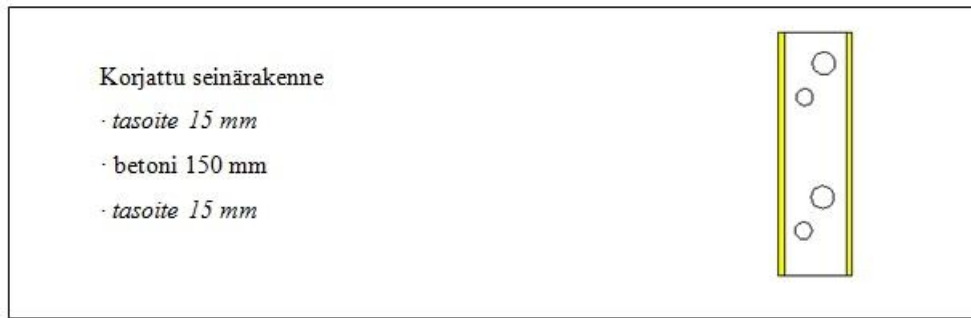
Insul-ohjelman avulla saadaan koolauskorjaustavan mukaan väliseinärakenteen laskennalliseksi ilmaääneneristävyudeksi $R_w = 63$ dB (kuva 11).



KUVA 11. Koolauskorjatun väliseinän laskennallinen ilmaääneneristävyys

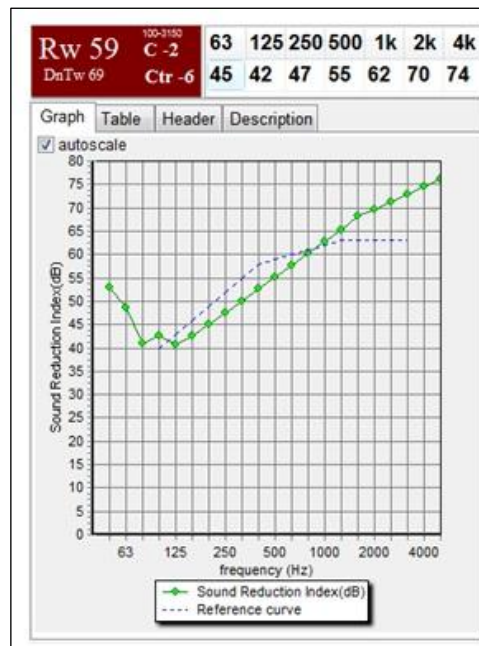
5.3.2 Korjausvaihtoehto 2. Rappauskorjaus

Tässä korjaustavassa väliseinä korjataan rappamalla. Seinää kasvatetaan rappauksella 15 millimetrin verran molemmilta puolilta tai seinään rapataan 30 millimetrin rappauskerros pelkästään toiselle puolelle. Molemmilla tavoilla seinän ääneneristys paranee yhtä paljon. Tässä korjaustavassa betoniseinän pinnassa oleva maali täytyy poistaa joko hiomalla tai hiekkapuhaltamalla, jotta laasti saadaan pysymään kiinni alustassa. Kuvassa 12 on esitetty korjattu väliseinä molemminpuolisella rappauksella.



KUVA 12. Molemminpuolinen rappauskorjaus

Kyseisen rakenteen ääneneristävyydeksi on saatu RIL 129-2003 –teoksen mukaan mit-
taamalla arvo $R'_w \geq 55$ dB. Insul-ohjelman avulla saadaan laskennalliseksi
ääneneristävyydsarvoksi $R_w = 59$ dB (kuva 13).

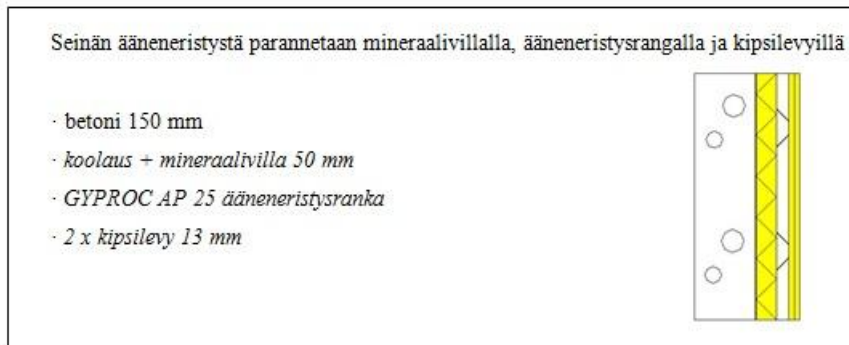


KUVA 13. Insul-ohjelman laskennallinen ääneneristävyys 180 millimetrin betoniseinäs-
tä

5.3.3 Korjausvaihtoehto 3. Ääneneristysrankakorjaus

Tässä korjaustavassa betoniseinään kiinnitetään 50 millimetrin vahvuinen puukoolaus
600 millimetrin jaolla. Koolauksen väliin asennetaan mineraalivilla. Koolaukseen kiin-
nitetään vaakaan 400 millimetrin jaolla ääneneristysranka, johon kiinnitetään limittäin

kaksi kipsilevyä. Kuvassa 14 on esitetty korjattu väliseinä ääneneristysrankakorjauksella.



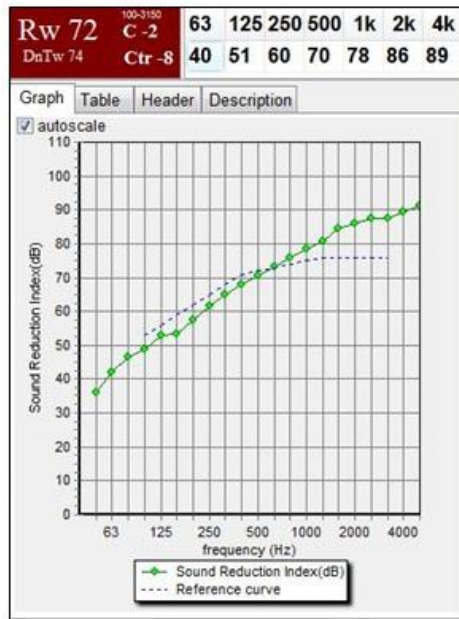
KUVA 14. Ääneneristysrankakorjaus

Lähes samanlaisen rakenteen ääneneristävyydeksi on saatu mittaamalla $R'_w \geq 60$ dB (kuva 15).



KUVA 15. Mitatun jousirankaisen väliseinän ääneneristävyys (RIL 129, 2003, 29.)

Insul-ohjelmalla saadaan ääneneristysrankakorjauksella korjatun seinärakenteen laskennalliseksi ilmaääneneristävyydeksi $R_w = 72$ dB (kuva 16).



KUVA 16. Ääneneristysrangalla korjatun väliseinän laskennallinen ilmaääneneristävyys

5.4 Korjausvaihtoehtojen vertailut

Koolauskorjausta käyttämällä saadaan seinän ääneneristävyttä parannettua hieman enemmän kuin rappauskorjauksella. Lisäksi työmäärä jää pienemmäksi, joten seinä on nopeampi korjata tällä tavoin. Koolauskorjauksen sisällä on mahdollista viedä uusia sähköjohdotuksia uusille pistorasioille.

Seinän paksuutta kasvattaa vähiten korjaustapa, jossa seinän massaa kasvatetaan rappaamalla. Ääneneristys ei tällä tavalla parane huomattavasti, mutta päästään määräysten mukaiseen lopputulokseen. Korjaustapa edellyttää seinän hiomista, mikä lisää työmäärää huomattavasti. Sen vuoksi tämä korjaustapa ei ole järkevin valinta.

Ääneneristysrankakorjauksella seinän ääneneristävyttä saadaan parannettua vielä paremmaksi, kuin pelkällä koolauskorjauksella. Tässä korjaustavassa kasvavat kuitenkin työmäärä ja kustannukset. Lisäksi seinän paksuus kasvaa muutaman senttimetrin verran enemmän kuin koolauskorjauksella. Tässäkin korjaustavassa on uusien sähköjohtojen vieminen seinän sisällä mahdollista.

5.5 Ääneneristyksen vertaaminen

5.5.1 RIL 129-2003 mukaan

RIL 129-2003 Ääneneristyksen toteuttaminen -teoksen avulla saadaan selville mitattujen seinärakenteiden todellinen ilmaääneneristävyys. Mitatuissa tuloksissa on huomioitu äänen sivutiesiirtymä ja muiden rakenteiden, kuten ulkoseinän ja välipohjien vaikutus todelliseen huoneistojen väliseen ilmaääneneristyslukuun.

Rappaus- ja koolauskorjauksella päästään samoihin yli 55 desibelin ääneneristystuloksiin. Tosin RIL:n rakenne ei aivan täysin vastaa koolauskorjattua rakennetta, joten todellisuudessa kasarmin koolauskorjattu väliseinän ilmaääneneristävyys on pari desibeliä parempi paksumman betoniseinän ja mineraalivillan takia. Ääneneristysrankarakenteella päästään yli 60 desibelin ilmaääneneristykseen.

5.5.2 Insul-ohjelman mukaan

Insul-ohjelman ääneneristysarvot ovat laskennallisia arvoja, jotka on ennustettu käyttäen apuna vertailukäyriä. Ilmaääneneristysluku on saatu vertailukäyrästä, jota on nostettu kunnes poikkeamat ovat ennustekäyrästä 32 desibeliä. Ilmaääneneristysluku luetaan 500 hertsin kohdalta vertailukäyrästä.

Laboratoriomittauksissa pystytään selvittämään yksittäisen rakenteen ääneneristävyys tarkasti, koska ääni siirtyy suoraan rakenteen läpi. Kenttämittauksissa ääni pyrkii siirtymään huoneesta toiseen kaikkia rakenteita pitkin ja tällaisella äänen sivutiesiirtymällä on suuri merkitys huoneistojen väliseen ilmaääneneristävyyteen. (Kylliäinen 2011, 17.)

Rappauskorjauksella saavutetaan laskennallinen 59 desibelin ilmaääneneristävyys. Koolauskorjauksella päästään 63 desibeliin. Ääneneristysrankarakenteella päästään 72 desibelin ääneneristävyyteen.

5.6 Korjauksissa huomioitavat asiat

Alkuperäisen seinärakenteen suoruus ei ole riittävän tasainen verrattuna nykyisiin Runko RYL:n seinän tasaisuusvaatimuksiin. Korjatun rakenteen suoruudelle asetetaan nykyiset vaatimukset, mikä tarkoittaa seinän oikaisemista. Rappauskorjaustavassa rappauslaastin menekki on täten huomattavasti suurempi, koska seinä joudutaan oikaisemaan samalla. Käyttämällä rappauskorjausta seinä joudutaan myös hiomaan tai hiekkapuhaltamaan laastin kiinnipysymisen vuoksi.

5.7 Kustannusten vertailu

Kustannukset on laskettu käyttäen samoja menetelmiä, mitä on kerrottu käytettävän kappaleessa 4.2.2 Kustannukset. Väliseinän kustannuslaskuissa ei ole huomioitu seinän oikaisemisesta syntyviä lisäkustannuksia.

Kustannukset

Korjaustapa 1, 15,98 €/m²

Korjaustapa 2, molemmat puolet rapataan 15 millimetrin 54,90 €/m², tai ainoastaan toinen puoli rapataan 30 millimetrin rappauksella 44,53 €/m²

Korjaustapa 3, 37,07 €/m²

5.8 Väliseinän korjaussuositus

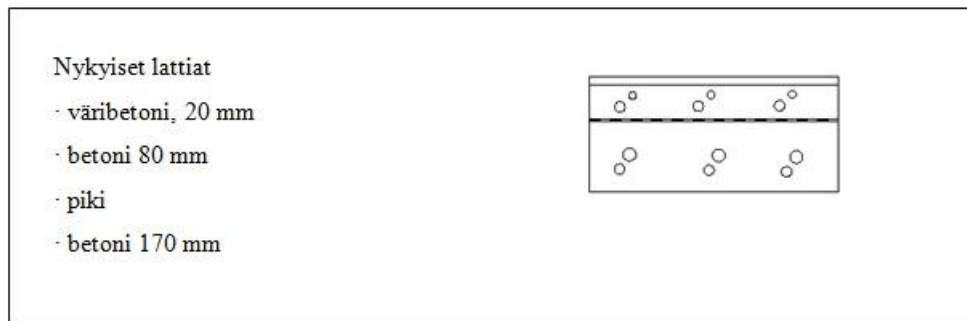
Väliseinät tulisi korjata käyttäen koolauskorjausta. Korjauksella päästään nykyisiin määräyksiin ja se on hinnaltaan huomattavasti edullisempi kuin muut korjaustavat. Korjatun seinärakenteen ääneneristys kasvaa seinän kiilauksen takia. Vanhan betoniseinän ja uuden rakenteen väliin jää paikoitellen 5-20 millimetrin ilmarako, mikä estää ilmaään kulkeutumista rakenteen lävitse ja parantaa ilmaääneneristävyyttä.

6 VÄLIPOHJAN KORJAUKSET

6.1 Nykyiset välipohjat

Nykyiset välipohjat eivät ole ääneneristävyydeltään riittäviä nykyajan vaatimuksille. Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 asuinhuoneistojen välisen välipohjan ilmaääneneristysluku R'_{w} täytyy olla vähintään 55 dB ja askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ saa olla enintään 53 dB. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C1, 1998.)

Nykyisten välipohjien ilmaääneneristysluku on RIL 129 mukaan yli 55 desibeliä, mutta askelääneneristys laskettuna standardin EN 12354-2: 2000 mukaan on 66 dB. Tämän vuoksi korjauksissa vertaillaan ääneneristyksen suhteen vain askelääneneristystä, mikä ei vastaa nykyisiä määräyksiä. Ääneneristyksen laskeminen EN 12354-2: 2000 standardin yksinkertaistetulla menetelmällä on esitetty liitteessä 3. Seuraavilla korjaustoimenpiteillä välipohjista saadaan määräysten mukaiset. Kuvassa 17 on esitetty nykyinen välipohjarakenne.



KUVA 17. Nykyinen välipohja

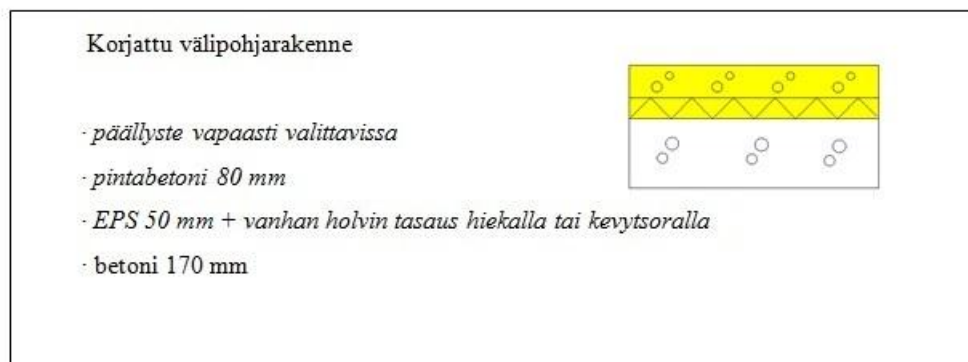
Välipohjassa sijaitsevan pikikerroksen PAH- yhdisteiden määrä ei ylitä ongelmajätteelle annettuja raja-arvoja, mutta haju- ja terveyshaitat voivat olla mahdollisia.

6.2 Välipohjien korjausvaihtoehdot

Esittelen ensimmäisenä korjaustavan, jolla kasarmin välipohjien korjaukset toteutettiin. Sen jälkeen esitän vaihtoehtoisia korjaustapoja ja vertailen näitä keskenään. Korjatun rakenteen rakennekuvassa keltaisella on merkitty lisättävät materiaalit, jotka on kuvan viereisessä tekstissä myös kursivoitu.

6.2.1 Korjausvaihtoehto 1. Kelluva laattarakenne

Tässä korjaustavassa nykyinen pintalaatta poistetaan kantavaan betonivälipohjaan asti ja sen päälle tehdään kelluva laattarakenne. Uusi lattiarakenne koostuu pintabetonikerroksesta ja sen alle tulevasta eristekerroksesta. Tämä lattiarakenne mahdollistaa tarvittavien viemäreiden ja sähköputkitusten viemisen lattian eriste- ja pintalaattakerroksessa. Tätä korjaustapaa käyttäen huonekorkeus vähenee 30 millimetriä. Kuvassa 18 on esitetty korjattu välipohjarakenne kelluvalla laattarakennekorjauksella.

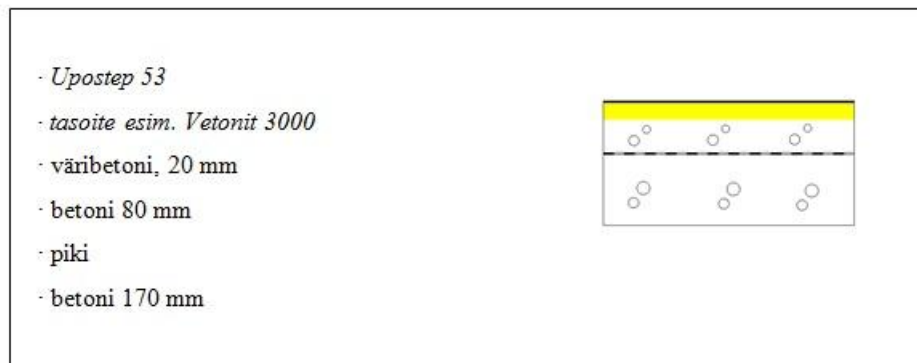


KUVA 18. Kelluva laattarakenne

Käyttämällä kelluvaa laattarakennettä saadaan parannettua askeläänitasolukua 21 desibelillä, jolloin korjatun rakenteen askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ on 45 dB.

6.2.2 Korjausvaihtoehto 2. Joustava lattiapäällyste

Tässä korjaustavassa vanha betonilattia jätetään uuden rakenteen alle ja välipohja korjataan joustavalla lattiapäällysteellä. Lattiapinta tasoitetaan ja tasoitteen päälle asennetaan joustava Upostep 53 -muovimatto. Viemäri- ja lattialämmityspotket roilotaan vanhaan rakenteeseen. Tällä korjaustavalla huonekorkeus ei muutu merkittävästi alkuperäisestä korkeudesta. Kuvassa 19 on esitetty korjattu välipohjarakenne joustavalla lattiapäällystekorjauksella.



KUVA 19. Joustava lattiapäällystekorjaus

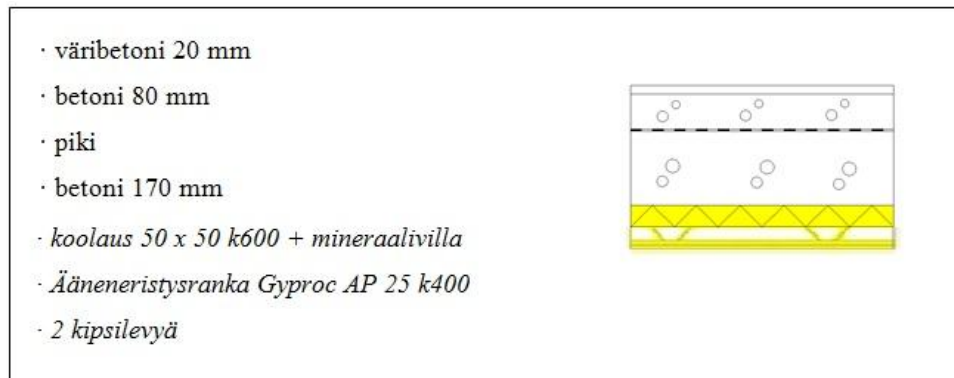
Askeläänitasolukua saadaan parannettua joustavalla muovimatolla 20 desibeliä ja lopulliseksi askeläänitasoluksi saadaan 46 desibeliä.

6.2.3 Korjausvaihtoehto 3. Ääneneristysrankakorjaus

Tässä korjaustavassa lattian askelääneneristystä parannetaan asentamalla välipohjan alapuolelle ääneneristysrankarakente. Välipohjaan kiinnitetään koolaus 600 millimetrin jaolla ja koolauksen väliin asennetaan mineraalivilla. Koolaukseen kiinnitetään ääneneristysranka 400 millimetrin välein, johon kiinnitetään kipsilevyt.

Korjauksella saadaan parannettua ääneneristystä Gyprocin väli- ja yläpohjat -esitteen mukaan yli 10 desibeliä, mikäli pinnoite on joustava. Pinnoitteen ollessa kova askelääneneristävyys jää arvoon 56 dB, mikä ei vielä tee rakennetta määräysten mukaiseksi. Jos nykyinen rakenne korjataan tällä tavoin, täytyy myös nykyinen pinnoite muuttua joustavaksi. Joustavan pinnoitteen ja ääneneristysrankarakenteen kanssa askelääneneristys

Gyprocin esitteen mukaan on alle 50 dB. Kuvassa 20 on esitetty korjattu välipohjaraakenne ääneneristysrankakorjauksella.



KUVA 20. Ääneneristysrankakorjaus

6.3 Korjaustapojen vertailut

6.3.1 Ääneneristys

Askeläänitasoluvut on laskettu yksinkertaistetulla menetelmällä EN 12354-2: 2000 standardin mukaan. Laskuissa ei huomioida huoneistojen koosta syntyvää vaikutusta äänitasolukuihin.

Ääneneristävyys paranee parhaiten korjaustavalla, jossa käytetään kelluvaa laattarakennetta. Toiseksi parhaiten ääneneristävyttä saadaan parannettua joustavalla päällysteellä. Vähiten askelääneneristävyttä parantaa ääneneristysrankarakenne, joka ei yksistään riitä korjaamaan rakennetta nykyisten määräysten mukaiselle tasolle, vaan vaatii myös pinnoitteen muuttamista joustavaksi.

6.3.2 Kustannukset

Kustannukset on laskettu käyttäen samoja menetelmiä kuin, mitä on kerrottu käytettävän kappaleessa 4.2.2 Kustannukset. Kelluva laattarakenne -korjauksiin on lisätty myös muovimaton asennukseen liittyvät kustannukset, jotta hinnat olisivat vertailukelpoisia. Ääneneristys osalta kelluva laattarakenne täyttää vaatimukset riippumatta päällyste-

teestä. Ääneneristysrankarakenteen kustannuksissa ovat mukana myös muovimatton asennuksesta syntyvät kustannukset, koska rakenne ei muuten täytä ääneneristysvaatimuksia.

Korjaustapa 1, 67,73 €/m²,

Korjaustapa 2, 24,68 €/m²,

Korjaustapa 3, 54,96 €/m²

6.4 Korjaustavoissa huomioitavat asiat

Kelluvan lattian rakentaminen on raskain korjaustapa pintabetonin purkamisen takia. Pintabetonin purkutöiden jälkeen kantavan holvin pinta on tasattava eristekerrokselle sopivaksi esimerkiksi kevytsoralla.

Korjaustavoissa, joissa vanha rakenne jää ennalleen, voi jatkossa esiintyä hajuongelmia. Viemäreiden upottaminen välipohjaan vaatii osittain vanhan vedeneristekerroksen rikkomista. Jos vedeneristeestä lähtevää hajua ei saada koteloitua riittäväällä tavalla, on hajuongelmien ilmeneminen mahdollista.

6.5 Korjaussuositus

Välipohjat tulisi korjata korjaustavalla, jossa vanha pintabetoni puretaan ja päälle rakennetaan uusi kelluva laattarakenne. Putkien asennus on helpompaa kuin muilla korjaustavoilla ja mahdolliset hajuhaitat saadaan poistettua. Lisäksi vanha pintabetoni voi sisältää paljon kosteutta, tilan oltua alun perin kasarmin pesutilana. Tällaisen rakenteen päällystäminen kosteutta huonosti läpäisevällä muovimatolla ei ole suositeltavaa.

7 VESIKATON JA YLÄPOHJAN KORJAUKSET

7.1 Vesikaton ja yläpohjan vaatimukset

Vesikaton täytyy suojata alapuolisia rakenteita sateelta, lumelta ja sulamisvesiltä. Vesikaton kaltevuuden täytyy vastata katteelle vaadittua kaltevuutta, jotta vesien poisjohtaminen katolta on mahdollista. Katteen tulee kestää sään aiheuttamia rasituksia sekä huoltotoimenpiteistä johtuvaa liikkumista. Koska kasarmi on yli kaksikerroksinen ja katon kaltevuus on enemmän kuin 1:8, on katolle rakennettava kulkutie.

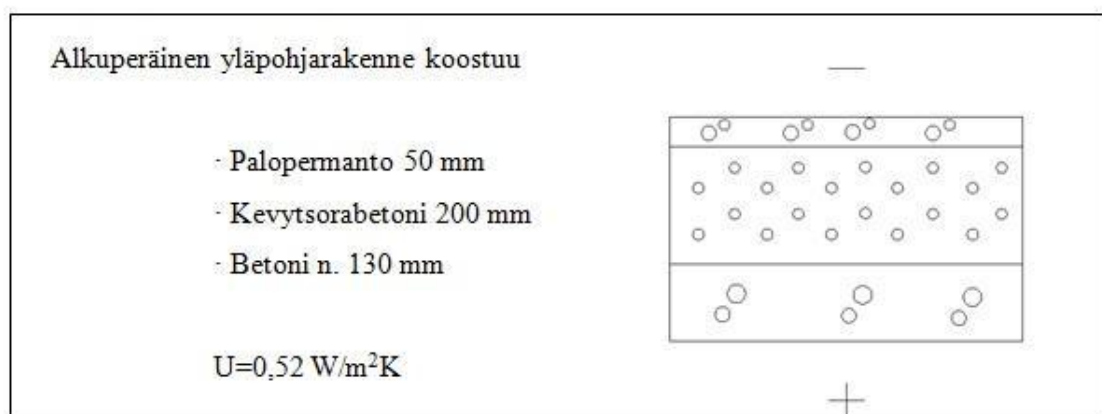
(Suomen rakentamismääräyskokoelmat C2, 1998 & F2, 2001.)

Yläpohjan lämmöneristys ja katon tuuletus on suunniteltava ja toteutettava siten, ettei kosteus tiivisty haitallisin määrin rakenteisiin ja että mahdollisesti tiivistynyt kosteus pääsee haihtumaan rakenteista. (Suomen rakentamismääräyskokoelmat C2, 1998.)

Yläpohjan korjauksissa lisätään lämmöneristystä, jotta saavutetaan nykyisten määräysten mukainen U-arvo $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$.

7.2 Alkuperäinen vesikattorakenne

Kasarmin vesikatteenä on konesaumattu peltikate, jonka alla ei ole aluskatetta. Kuvassa 21 on esitetty alkuperäinen yläpohjarakenne.



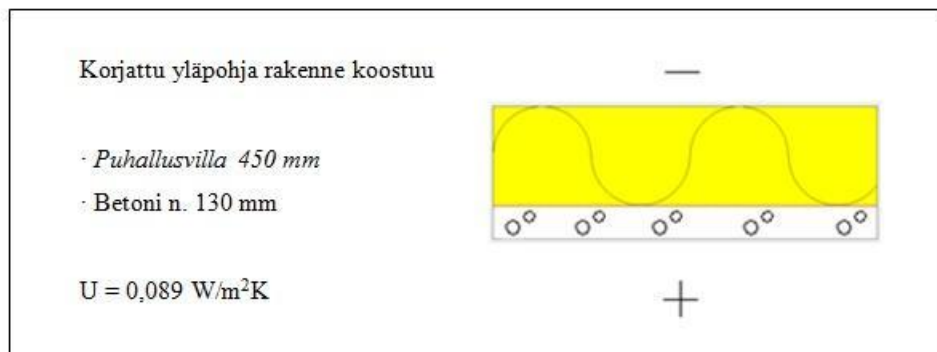
KUVA 21. Alkuperäinen yläpohjarakenne

7.3 Vesikaton korjausvaihtoehdot

Esittelen ensimmäisenä korjaustavan, jolla kasarmin yläpohjan korjaukset toteutettiin. Sen jälkeen esitän vaihtoehtoisia korjaustapoja ja vertailen näitä keskenään. Korjatun rakenteen rakennekuvassa keltaisella on merkitty lisättävät materiaalit, jotka on kuvan viereisessä tekstissä myös kursivoitu.

7.3.1 Korjaustapa 1. Purkukorjaus

Tässä korjaustavassa puretaan vanhat kattorakenteet, palopermanto ja kevytsorabetonikerros. Kantavan betoniholvin päälle asennetaan ristikot sekä tehdään uusi konesaumattu vesikate. Aluskatteena käytetään vesihöyryä läpäisevää ja vesitiivistä muovikalvoa. Betoniholvin päälle lisätään 450 millimetriä puhallusvillaa ja räystäälle asennetaan pahvinen tuulenohjain. Kuvassa 22 on esitetty korjattu yläpohjarakenne purkukorjauksella.

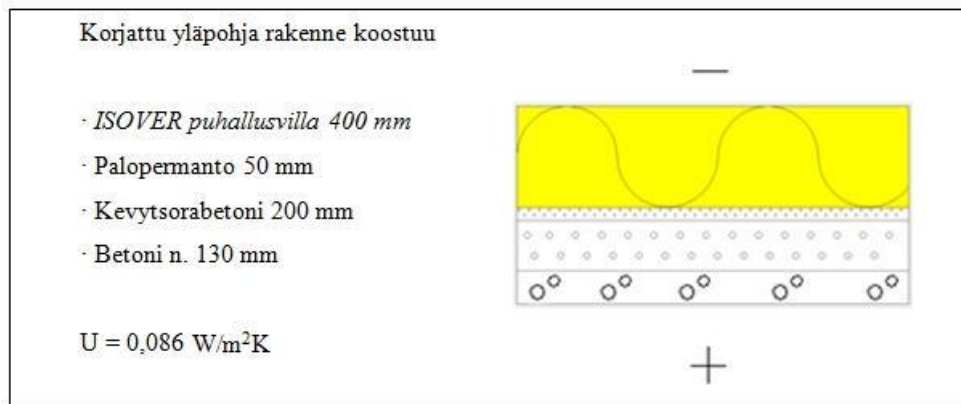


KUVA 22. Uusi rakenne

7.3.2 Korjaustapa 2. Ulkopuolinen lisälämmöneristys

Tällä korjaustavalla saadaan yläpohjan lämmöneristys nykyisten määräyksien mukaisesti lisäämällä yläpuolinen eriste vanhan rakenteen päälle. Uuden eristeen on oltava vesihöyryä läpäisevä, jotta vanhassa rakenteessa mahdollisesti oleva kosteus pääsee poistumaan. Vesikatto korjataan uusimalla peltikate, aluslaudoitukset ja samalla lisätään

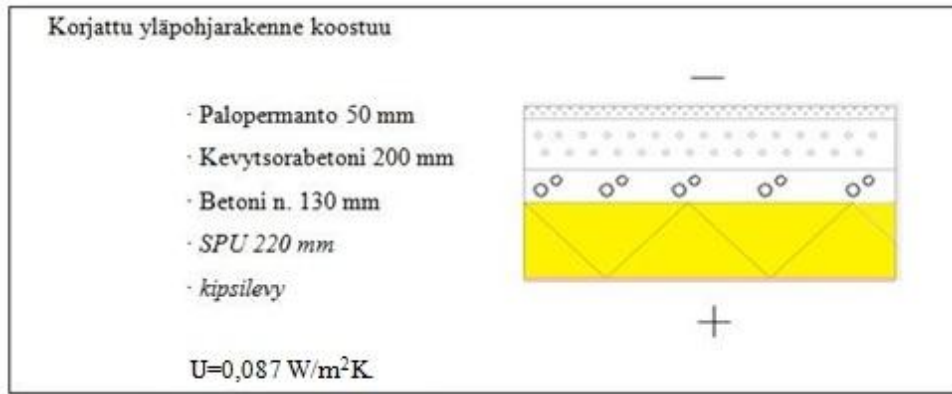
muovinen aluskate sekä korokerimat. Korjattu yläpohjarakenne ulkopuolisella lisäeristyksellä on esitetty kuvassa 23.



KUVA 23. Ulkopuolinen lisäeristys

7.3.3 Korjaustapa 3. Sisäpuolinen lisälämmöneristys

Tässä korjaustavassa säilytetään alkuperäinen rakenne ja lisätään alapuolinen eriste. Peltikate korjataan maalauskorjauksella, jolloin peltikatteesta poistetaan irtonainen vanha maali sekä ruostevauriot. Peltikate maalataan kahteen kertaan käyttäen siihen soveltuvaa peltikatemaalia. Nykyinen huonekorkeus on 2800 millimetriä ja eristeen lisääminen laskee huonekorkeuden 2560 millimetriin, mikä on vielä määräysten mukainen. Eriste asennetaan kahteen kerrokseen ristiin koolausten väliin. Kattoon kiinnitetään kulmalevyt, joihin asennetaan 600 millimetrin jaolla 150x50 puupalkit. Palkkien väliin asennetaan 150 millimetrinen SPU eriste. Kun eristeet on asennettu, palkkeihin kiinnitetään ristikoolaus 400 millimetrin jaolla 75x50 puutavarasta. Alempi eriste asennetaan palkkien väliin ja viimeiseksi palkkeihin kiinnitetään kipsilevyt. Tässä korjauksessa on mahdollista upottaa sähköjohdotuksia eristeeseen. Kuvassa 24 on esitetty korjattu yläpohjarakenne sisäpuolisella lisäeristyksellä.



KUVA 24. Sisäpuolinen lisäeristys

7.4 Vesikaton ja yläpohjan korjausvaihtoehtojen vertailut

7.4.1 Lämpö- ja kosteustekninen toiminta

Purkukorjauksella saadaan poistettua vanha rakenne, johon saattaa olla sitoutunut suuri määrä kosteutta. Asentamalla eriste kantavan betoniholvin päälle saadaan lämmöneristekerros yhtenäiseksi, eikä rakenteeseen jää kylmäsiltoja kantavien väliseinien kohdalle. Purkukorjaus on korjauksista raskain, mutta mahdollistaa vanhan arkkitehtuurisen ulkonäön säilymisen.

Lisälämmöneristeen asentaminen nykyisen yläpohjarakenteen päälle parantaa vanhan rakenteen lämpö- ja kosteusteknistä käyttäytymistä. Vesikatteen uusiminen mahdollistaa aluskatteen asentamisen varsinaisen katteen alapuolelle. Aluskatteen avulla saadaan estettyä peltikatteeseen kondensoituneen veden kulkeutuminen yläpohjarakenteisiin.

Alapuolisella lisälämmöneristyksellä saadaan vähennettyä rakenteeseen tiivistyvän kosteuden määrää. Eristys kuitenkin kylmentää alkuperäistä rakennetta ja rakenteeseen sitoutunut kosteus ei pääse varmuudella poistumaan. Käyttämällä alapuolista lisäeristystä väliseinien kohdalle jää kylmäsiltoja.

DOF-lämpö-ohjelmalla tehtyjen lämpö- ja kosteuskuvaajien perusteella korjaustavoista toimivia ovat kaikki korjausvaihtoehdot, kun sisäilman kosteus on 40 %. Kosteuspitoisuuden nouseminen 60 % aiheuttaa sisäpuolisessa lisäeristyksessä kosteuskäyrien leik-

kautumista, jolloin rakenteessa voi tapahtua kosteuden tiivistymistä ja kosteuden kulkeutuminen sisätiloihin voi olla mahdollista. DOF-Lämpö-ohjelman lämpö- ja kosteuskäyrät on tehty samalla periaatteella, joka on kerrottu kappaleessa 4.4.1 Lämpö- ja kosteustekninen toiminta, jossa käsitellään ulkoseinän korjauksia.

7.4.2 Kustannukset

Kustannukset on laskettu käyttäen samoja menetelmiä, jota on kerrottu käytettävän kappaleessa 4.4.2 Kustannukset.

Korjaustapa 1, 116,50 €/m²

Korjaustapa 2, 72,58 €/m²

Korjaustapa 3, 62,64 €/m²

7.5 Vesikaton ja yläpohjan korjauksissa huomioitavat asiat

Purkukorjauksessa jäljelle jääneen betoninholvin suoruus ei ole luultavasti riittävä ristikoiden aluspuille. Holvin päälle on valettava tasaiset ”betonipenkit” aluslankuille, joiden päälle on mahdollista asentaa ristikot.

Kun lämmöneristettä lisätään nykyisen rakenteen päälle, vesikaton tuuletus estyy räystäillä, minkä vuoksi palopermanto ja kevytsorakerros olisi poistettava noin 80 senttimetrin matkalta yläpohjan reunalla. Palopermannon ja kevytsorakerroksen poistaminen edellyttää myös kattorakenteiden purkamista rakennuksen reuna-alueella.

Sisäpuolisen eristyksen yhteydessä huonekorkeus laskee vähintään 2560 milliin. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan G1 (2005) mukaan asuinhuoneen huonekorkeuden tulee olla vähintään 2500 millimetriä. Vähäisillä osilla huonekorkeus voi olla pienempikin, muttei kuitenkaan alle 2200 millimetriä. Korkeuden laskiessa tekniikan sijoittaminen hankaloituu. Pesuhuoneissa, joihin asennetaan LVI-tekniikkaa, saattaa jäljelle jäävä 360 millimetrin varaus olla liian vähän tekniikalle ja pesuhuoneen kattorakenteille. Sisäpuolinen lisäeristys voitaisiin toteuttaa tehokkaammalla eristeellä, kuten SPU:n XT:llä, jolloin saavutettaisiin riittävä U-arvo 72 millimetrin eristekerroksella.

Eristettä ei kuitenkaan pystytä työstämään työmaalla ja lisäksi eristeen sisällä oleva tyhjiö voi rikkoontua tulevaisuudessa, jos kattoon aiotaan asentaa kiinnikkeitä esim. kukkariipustuksia varten. Tämän takia eriste ei sovellu kasarmin lisäeristämistarpeisiin, lisäksi eriste on neljä kertaa kalliimpaa kuin normaali SPU AL.

7.6 Vesikaton ja yläpohjan korjaussuositus

Vesikaton korjauksissa purkukorjaus ja yläpuolinen lisäeristyskorjaus ovat lämpö- ja kosteusteknisesti toimivia ratkaisuja. Purkukorjaus on huomattavasti kalliimpi, mutta ottaen huomioon kasarmin katolle tulevan suuren kattoikkunan asennuksen ja välikattoon tulevien putkistojen mahduttamisen, on purkukorjaus parempi vaihtoehto.

8 IKKUNAT

8.1 Alkuperäiset ikkunat

Kasarmin alkuperäiset ikkunat ovat sisäänpäin aukeavia kaksilasisia ja -puitteisia puu-ikkunoita, joiden lämmönläpäisykerroin on luokkaa $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ikkunat ovat kooltaan 40×17 moduulia. Ikkunoiden puitteet sekä karmit ovat huonossa kunnossa. Ulkopuitteiden ulkopinnassa oleva valkoinen maali on rapistunut ja irronnut lähes kokonaan ja sisäpinnan puitteissa on maalivaurioita. Muutamien ikkunoiden karmeissa on pitkälle edennyt lahovaurio.

8.2 Ikkunoiden korjaukset

Tämän tyyppisissä korjauksissa yleisimmät kolme korjaustapaa ovat vanhojen ikkunoiden maalauskorjaus, perusparannus lisälaseilla ja ikkunoiden uusiminen.

Maalauskorjauksessa poistetaan vanhat maalit sekä vaihdetaan lahonneet ja vialliset puuosat uusiin hyväkuntoisiin materiaaleihin. Korjauksen yhteydessä uusitaan myös tiivisteet sekä huonokuntoiset helat. Maalauskorjauksella saadaan ikkunoiden käyttöaikaa pidennettyä, jolloin ulkopuolisten osien seuraava korjausajankohta olisi noin 3 – 10 vuoden kuluttua ja sisäosien noin 12 – 20 vuoden kuluttua, riippuen säärasituksista ja materiaaleista. (Rakennusten korjaustekniikka ja talous 1994, 355–356.)

Perusparannuskorjauksessa vanhasta ikkunasta tehdään uudenkaltainen puu-alumiini ikkuna säilyttäen vanhan ikkunan arkkitehtuuri. Vanhan ikkunan karmiin kiinnitetään alumiini-ikkuna siten, että se peittää ja suojaa vanhaa ikkunaa ulkoilman aiheuttamilta rasituksilta. Vanhan ikkunan puitteet ja karmit korjataan samoin kuin maalauskorjauksessa. Käyttämällä lisälaseja saadaan ikkunan U-arvo Julkisivun korjausoppaan mukaan $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ tasolle, jos ikkunassa käytetään kryptontäytteistä selektiivieristyslasia. (Julkisivujen korjausopas 1997, 80–81.)

Uusimalla ikkunat kokonaan saadaan seuraava ikkunoiden korjausaika vietyä pitkälle tulevaisuuteen. Vaihtamalla ikkunat saadaan lämmönläpäisykerroin ja ikkunan tiiveys paremmalle tasolle kuin pelkällä korjauksella. Uusien ikkunoiden myötä voidaan taata, ettei ikkunoissa ole mahdollisia terveysriskejä aiheuttavia lahovaurioita. Samalla voidaan vähentää ikkunoihin kohdistuvaa viistosateen rasitusta muuttamalla ikkunan syvyysijaintia.

Ikkunoiden maalaus- ja perusparannuskorjaukset ovat aikaa vieviä, mutta eivät kuitenkaan aivan yhtä kalliita korjaustapoja kuin ikkunoiden vaihtaminen. Ikkunoiden vaihtaminen on kuitenkin järkevämpää laajan peruskorjauksen yhteydessä, niin energiatehokkuuden kuin tulevien korjaustenkin takia.

8.3 Ikkunoiden vaatimukset

Ikkunoilta vaaditaan riittävää lämmöneristystä, ääneneristystä, sekä palonkestävyyttä ja ikkunan täytyy kestää ulkopuolisia rasituksia, kuten vesisadetta ja tuulta. Ikkunan lasirakenteille asetetaan myös tiettyjä vaatimuksia kestävyuden ja särkymisen suhteen. Suojelukohteissa uusien ikkunoiden on oltava ulkonäöltään vanhoja muistuttavia, jotta saadaan säilytettyä arvokkaaksi todettu historiallinen arkkitehtuuri.

Ikkunoiden lämmöneristysvaatimuksen enimmäisarvo saa olla enintään $1,4 \text{ W/m}^2\text{k}$, vertailuarvona käytetään $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ laskettaessa rakennuksen vaipanlämpöhäviötä.

Ikkunan liittyminen seinärakenteeseen on suunniteltava ja toteutettava siten, ettei liitoksen läpi pääse sadevettä, eikä liitoksen lävitse kulje ilmavirtauksia. Ikkunan palonkestävyyden tulee osastoivassa rakennusosassa olla vähintään puolet osastoivan rakennusosan seinän vaaditusta palonkestävyydestä. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998, C3 2010 & E1 2011.)

Ikkunoiden ääneneristys on sidottu kaavamääräyksiin. Mikäli asemakaavassa ei ole kerrottu rakennuksen ulkovaippaa koskevia ääneneristysvaatimuksia, on asumisviihtyvyyden takaamiseksi suotavaa valita ikkunat, joiden ilmaääneneristysluku on vähintään 37 dB. (Kylliäinen 2011, 50.)

8.4 Ikkunan suunnitteluohjeet

Ikkunoita rasittavat ulko- ja sisäpuolen kosteusrasitukset, sekä tuuli ja lämpötilan muutokset. Pitkään jatkunut vesisade voi aiheuttaa ikkunan puuosien käyristymistä ja lahovaurioita. Ikkunan ulkopuolinen puite tulisi suojata tai tehdä kokonaan paremmin rasituksia kestävästä materiaalista, kuten alumiinista. (Ikkunakäsikirja 2004, 51.)

Ikkunan saderasitukseen vaikuttaa myös ikkunan sijainti seinän syvyys suunnassa. Mitä syvemmällä ikkuna seinässä on, sitä vähemmän ikkunaan kohdistuu viistosaderasitusta. Ikkunan vesipellitukset tulee liittää tiiviisti karmiin ja seinärakenteeseen. Suositeltava kaltevuus on suurempi kuin 1:3 ja pellin ylitys seinälinjasta vähintään 30 millimetriä. Pellitysten kiinnityksessä tulee käyttää materiaaleja jotka ovat yhteensopivia korroosion ehkäisemiseksi. (Pentti 1999, 87–88.)

Ikkunan karmin ja seinärakenteen liitoksen tiivistämiseen tulisi käyttää ulkopinnassa mineraalivillaa ja sisäpinnassa polyuretaanivaahtoa. Puurakenteissa on mahdollista muodonmuutoksien tapahtuminen, jolloin rakenteen sisäpintaan on kannattavaa asentaa elastinen massa tiiviyyden takaamiseksi. (Pentti 1999, 89.)

8.5 Ikkunoiden kustannukset

Ikkunoiden kustannuksissa vertaillaan kahta erilaista ikkunatyyppeä.

Ensimmäinen malli on Fenestran Primus Energia A-luokan ikkuna, joka on sisäänpäin aukeava kaksipuitteinen ja kolmilasinen puu-alumiini-ikkuna. Ulkopuitteessa oleva lasi on 4 millimetrin tasolasi ja sisäpuitteessa on kaksinkertainen eristyslasi. Karmisyvyys on 170 millimetriä ja U-arvo on enintään $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Koska tätä ikkunaa ei tehdä neljä metriä leveänä, joudutaan ikkunoita asentamaan kaksi vierekkäin. Ikkunoiden hinta ilman arvonlisäveroa on 1325 €, mikä sisältää kaksi 1970×1650 millimetrin kokoista ikkunaa.

Toinen malli on Profinin SDW, joka on sivullepäin avautuva puu-alumiini ikkuna-ovi. Ikkunaovessa on kolmikertainen eristyslasi, sisin ja ulommainen lasi ovat energiansääs-

tölaseja. Karmisyvyys on 156 millimetriä ja U-arvo on enintään $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ikkuna on mahdollista tehdä yhdestä elementistä noudattaen vanhan ikkunan mittoja. Ikkunan kustannus on työmaalta saadun tiedon mukaan 2700 €.

Ikkunoiden hinnat eivät ole vertailukelpoisia keskenään erilaisten avausmekanismien takia.

8.6 Ikkunan valinta

Kasarmin ikkunoiden uusimiset toteutettiin Profinin ovi-ikkunoilla. Rakennuttaja olisi halunnut rakennukseen parvekkeita, mutta suojelun vuoksi se ei ollut mahdollista. Niinpä parvekemaisuutta tuotiin esille valittujen ikkunoiden avulla. Profinin suuret sivullepäin avautuvat ikkunat sopeutuivat näihin vaatimuksiin parhaiten. Koska ikkunat ovat helposti avattavia, niiden auki jääminen vesisateella on mahdollista. Ikkunoiden jäädessä auki sisälle pääsevä vesisade voi aiheuttaa huomattavan suuria kosteusvahinkoja sisäpuolisiin rakenteisiin.

9 ENERGIATARKASTELUT

9.1 Energialuokka

Kasarmin energialuokka selvitettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 (2007) mukaan. Kasarmin energialaskelmissa on huomioitu myös kellarin rakenteet, jotta saadaan selville totuuden mukaiset energiakulutukset ja lämpöhäviöt. Toteutetuilla korjaustoimenpiteillä energialuokaksi saadaan C-luokka, kun ennen korjauksia energialuokka sijoittui E-luokkaan. Liitteessä 5 on korjatun kasarmin energiatodistus sekä yhteenveto energialaskelmista.

9.2 Takaisinmaksuajat

Ulkoseinän korjaamisella saadaan pienennettyä rakenteiden läpi johtuvaa lämpöenergiaa. Näissä laskelmissa selvitetään, mikä on takaisinmaksuaika laskettuna pelkästään lämmitysenergian säästön ja ulkoseinän korjauskustannusten avulla. Laskelmissa ei huomioida ulkoseiniin muutoinkin kohdistuvaa korjaustarvetta. Ulkoseinän pinta-ala on laskettu ensimmäisen ja toisen kerroksen kohdalta. Alla olevasta taulukosta 2 nähdään korjauksilla saatava energiansäästö kilowattitunteina vuodessa.

TAULUKKO 2. Kasarmin ulkoseinän korjauksilla saatava energiansäästö vuodessa

Korjauksella saatava energiansäästö vuodessa	kWh
Kasarmin energiankulutus vuodessa korjaamattomana	73233,98
Kasarmin energiankulutus vuodessa korjattuna	25637,46
	säästö
	47596,52

Kaukolämmön hinta on 29,70 €/MWh, kun arvonlisävero on 0 %. Näissä laskelmissa perusmaksua ei oteta huomioon, koska sillä ei ole oleellista merkitystä. Taulukossa 3 esitetään lämpöenergiesäästö vuodessa euroina.

TAULUKKO 3. Lämpöenergiänsäästö vuodessa euroina

Lämpöenergiänsäästö euroa/vuosi	kulutus		
	MWh	hinta €/MWh	€/vuosi
	47,60	29,7	1414

Korjausten kustannukset on laskettu käyttäen kappaleessa 4.2.2 esitettyjä hintoja. Korjausten kustannukset on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Korjausten kustannukset

Korjausten kustannukset			
	€/m ²	m ²	€
Sileärapatuilla osilla	120,9	144	17409,6
Roiskerapatuilla osilla	106,9	816,51	87285,45
		yhteensä	104695,05

Takaisinmaksuaika lasketaan jakamalla korjausten summa lämpöenergiänsäästöllä vuodessa. Takaisinmaksuaika laskuissa ei huomioida korkoa, eikä lämmitysenergian hinnan nousua. Taulukossa 5 on esitetty takaisinmaksuaika laskettuna lämpöenergian säästön avulla.

TAULUKKO 5. Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika	Lämpöenergiänsäästö	Korjausten	Aika
	euroa/vuosi	kustannukset €	vuosina
	1413,62	104695,1	74

Takaisinmaksuajaksi saatiin lämpöenergiänsäästön avulla 74 vuotta. Rapattujen julkisivujen tavoitteellinen käyttöikä on RT 18-10663 mukaan 50 vuotta ja kunnossapitajakso on 20 vuotta. Korjaus ei näiden mukaan ehdi maksaa itseään takaisin, kun kyseessä on pelkästään säästöt, mitkä saadaan lämpöenergiasta.

Jos ulkoseinän korjaukset olisi toteutettu molemmin puolisella lisäeristyksellä, takaisinmaksuaika olisi saatu lyhennettyä 12 vuodella, käyttäen samoja periaatteita ja laskentamenetelmiä.

10 POHDINTA

Työn tavoitteena oli selvittää, minkälaisilla korjaustoimenpiteillä saadaan vanhat rakenteet korjattua nykymääräysten mukaiselle tasolle. Työssä selvitettiin ensin mitä nykymääräykset pitävät sisällään, jonka jälkeen rakenteet suunniteltiin määräysten mukaisiksi.

Työssä tehtiin jokaiselle korjausta vaativalle rakenteelle vähintään kolme korjausvaihtoehtoa, joista löydettiin sopivin vertailemalla rakenteita kosteus- ja lämpöteknisen toiminnan, ääneneristyksen ja kustannusten perusteella. Työssä päästiin myös tavoitteisiin energialuokan ja takaisinmaksuaikojen selvittämisen suhteen. Työn tulos osoittaa, että erilaisten vaihtoehtojen laajempi tarkastelu kannattaa.

LÄHTEET

C1, Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet 1998

C2, Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998

C3, Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Rakennuksen lämmöneristys, määräykset 2010

E1, Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011

F2, Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Rakennuksen käyttöturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2001

Gyproc. 2006. Gyproc Käsikirja. 3.4 Gyproc Väli- ja yläpohjat. Tulostettu 15.1.2012.

Helimäki. 2009. Päälysteiden vertailumittaukset. Tulostettu 7.1.2012. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi>

Kiratek Oy. 2010. Rakenneselvitys ja rakenteiden kuntoarvio. Kokkolan Pikiruukin kasarmi. Oulu.

Kylliäinen, M. 2011. Kivitalojen ääneneristys. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Mäkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Sinkkilä, J., Tuunanen, A. & Saarenpää, J. 1990. Kerrostalot 1940-1960. Porvoo: Rakennustietosäätiö.

Pentti, M. 1999. Ulkoseinärakenteiden kosteustekninen suunnittelu. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Rakennusteollisuus. 2004. Ikkunakäsikirja 2004. Loviisa: Rakennusteollisuus RT ry Puutuotetoimiala

Rakennustieto Oy. 2011. Korjausrakentamisen kustannuksia 2011. Tallinna: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto Oy. 2011. Rakennusosien kustannuksia 2011. Tallinna: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto Oy. 2010. RunkoRYL 2010 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt. Tallinna: Rakennustieto Oy.

RIL 129. 2003. Ääneneristyksen toteuttaminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.

SFS-EN 12354-2:2000. Rakennusakustiikka. Huoneiden välinen askelääneneristys. Suomen standardisoimisliitto.

Tampereen teknillinen korkeakoulu ja Rakennustieto Oy. 1994. Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Helsinki: Rakennustieto Oy.

LIITTEET

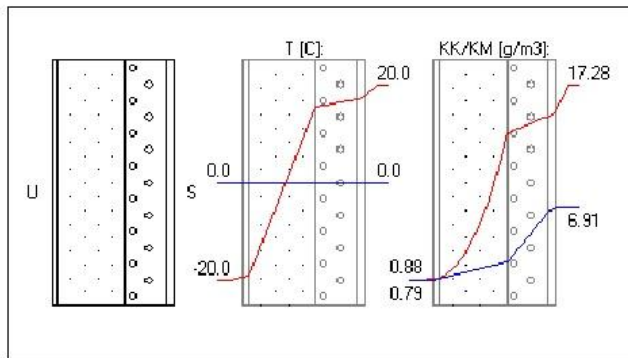
Liite 1.Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 1: 1 (10)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: Alkuperäinen US roiskerapatuilla kohdilla		
Suunnittelija:	<table border="1"> <tr> <td>Päiväys: 14.2.2012</td> <td>Tunnus: US 1</td> </tr> </table>	Päiväys: 14.2.2012	Tunnus: US 1
Päiväys: 14.2.2012	Tunnus: US 1		

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.448 W/m ² K
Paksuus:	450.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	582.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	9986.297 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000100 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.231 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)	
				Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Roiskerappaus	20.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00
2 Kevytbetoni	250.00	0.1300	1.112000e-04	0.00	550.00
3 Betoni	150.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
4 Rappaus	30.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	3:n päivän kylmin (0.0 h)	
				SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.28	0.93	0.79	84.8	0.00
2	-18.92	0.96	0.98	100.0	0.00
3	15.55	13.29	2.36	17.8	0.00
4	17.13	14.61	6.62	45.3	0.00
5	17.67	15.08	6.91	45.8	0.00
S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Lisätiedot:

(jatkuu)

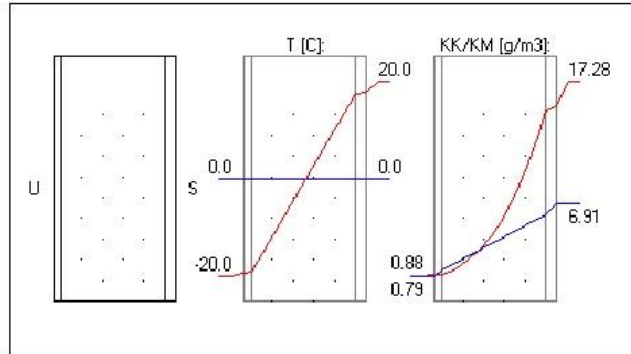
Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 1: 2 (10)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: Alkuperäinen US sileärapatuilla kohdilla	
Suunnittelija:	Päiväys: 14.2.2012	Tunnus: US 2

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.421 W/m ² K
Paksuus:	330.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	239.00 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	3311.636 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000302 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.374 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Rappaus	20.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00
2 Kevytbetoni	280.00	0.1300	1.112000e-04	0.00	550.00
3 Rappaus	30.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.33	0.93	0.79	85.1	0.00
2	-18.99	0.95	1.38	100.0	0.00
3	17.30	14.76	6.03	40.9	0.00
4	17.81	15.21	6.91	45.5	0.00
S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:**Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)**

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

(jatkuu)

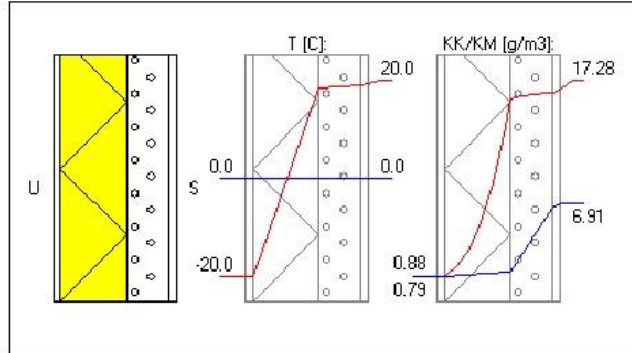
Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 1: 3 (10)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: Purkukorjattu US roiskerapatuilla kohdilla	
Suunnittelija:	Päiväys: 14.2.2012	Tunnus: US 1 KT 1

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.159 W/m ² K
Paksuus:	445.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	456.00 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	8055.556 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000124 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.288 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1	Rappaus	25.00	---	---	0.00	1800.00
2	PAROC FAL 1	240.00	0.0400	3.780000e-04	0.00	0.00
3	Betoni	150.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
4	Rappaus	30.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.75	0.90	0.79	88.1	0.00
2	-19.75	0.90	0.79	88.1	0.00
3	18.42	15.77	1.27	8.1	0.00
4	18.98	16.29	6.55	40.2	0.00
5	19.17	16.47	6.91	42.0	0.00
S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

(jatkuu)

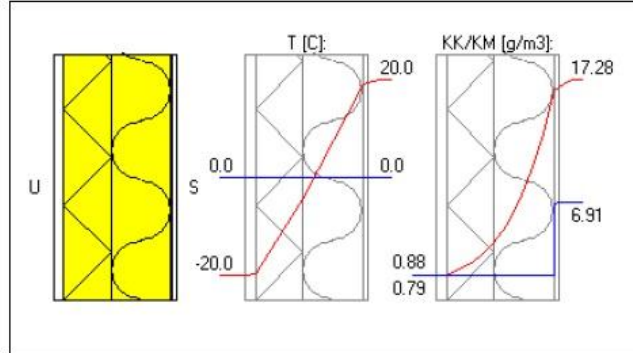
Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 1: 4 (10)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: Purkukorjattu US sielärapatuilla kohdilla	
Suunnittelija:	Päiväys: 14.2.2012	Tunnus: US 2 KT 1

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.129 W/m ² K
Paksuus:	308.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	60.78 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	127107.771
Vesih. läpäisykerroin:	0.000008 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	7.781 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)					
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 Rappaus	25.00	1.2000	4.230000e-05	0.00	1800.00
2 PAROC FAS 1	120.00	0.0400	3.780000e-04	0.00	0.00
3 ISOVER KL 33	150.00	0.0330	3.780000e-04	0.00	0.00
4 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	1.600000e-09	0.00	900.00
5 Kipsilevy	13.00	0.2400	1.620000e-05	0.00	1200.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [W/K](kpl):
3 Runko	0.1200	0.1	0.00	0.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)					
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.79	0.89	0.79	88.4	0.00
2	-19.69	0.90	0.82	90.8	0.00
3	-4.29	3.53	0.83	23.6	0.00
4	19.05	16.35	0.85	5.2	0.00
5	19.05	16.36	6.87	42.0	0.00
6	19.33	16.63	6.91	41.6	0.00
S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Lisätiedot:

(jatkuu)

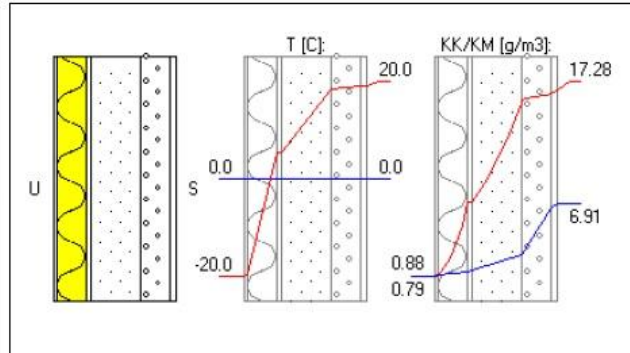
Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 1: 5 (10)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: Ulkopuolelta lisälämmöneristetty US	
Suunnittelija:	Päiväys: 14.2.2012	Tunnus: US 1 KT 2

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.167 W/m ² K
Paksuus:	615.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	609.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	10737.732 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000093 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.994 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Ohutrappaus	15.00	1.2000	4.230000e-05	0.00	1800.00
2 Paroc FAL 1	150.00	0.0400	3.780000e-04	0.00	0.00
3 Rappaus	20.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00
4 Kevytbetoni	250.00	0.1300	1.112000e-04	0.00	550.00
5 Betoni	150.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
6 Rappaus	30.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.73	0.90	0.79	88.0	0.00
2	-19.65	0.90	0.99	100.0	0.00
3	5.38	7.02	1.22	17.3	0.00
4	5.51	7.08	1.40	19.7	0.00
5	18.34	15.69	2.68	17.1	0.00
6	18.93	16.24	6.64	40.9	0.00
7	19.13	16.43	6.91	42.1	0.00
S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

(jatkuu)

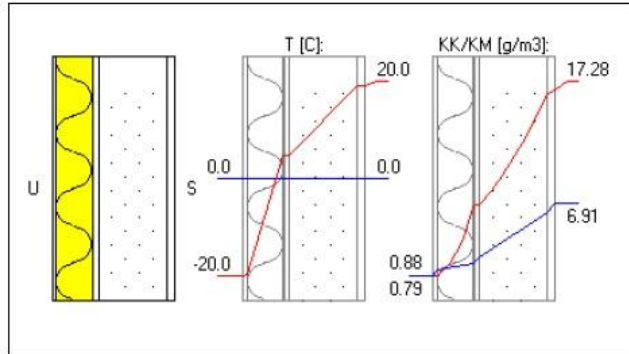
Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 1: 6 (10)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: Ulkopuolelta lisälämmöneristetty US	
Suunnittelija:	Päiväys: 14.2.2012	Tunnus: US 2 KT 2

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.163 W/m ² K
Paksuus:	495.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	266.00 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	4063.072 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000246 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.136 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)	
				Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Ohutrappaus	15.00	1.2000	4.230000e-05	0.00	1800.00
2 Paros FAL 1	150.00	0.0400	3.780000e-04	0.00	0.00
3 Roiskerappaus	20.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00
4 Kevytbetoni	280.00	0.1300	1.112000e-04	0.00	550.00
5 Rappaus	30.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	3:n päivän kylmin (0.0 h)				
	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.74	0.90	0.79	88.0	0.00
2	-19.66	0.90	1.32	100.0	0.00
3	4.79	6.75	1.92	28.5	0.00
4	4.92	6.81	2.40	35.3	0.00
5	18.96	16.26	6.20	38.1	0.00
6	19.15	16.45	6.91	42.0	0.00
S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Lisätiedot:

(jatkuu)

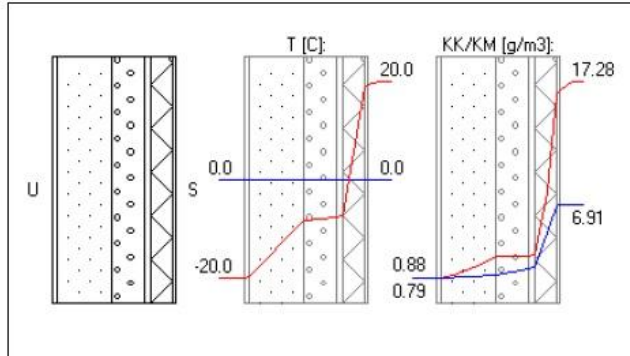
Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 1: 7 (10)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: Sisäpuolelta lisälämmöneristetty US	
Suunnittelija:	Päiväys: 14.2.2012	Tunnus: US 1 KT 3

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.151 W/m ² K
Paksuus:	563.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	618.10 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	66344.321 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000015 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.633 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Rappaus	20.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00
2 Kevytbetoni	250.00	0.1300	1.112000e-04	0.00	550.00
3 Betoni	150.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
4 Rappaus	30.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00
5 SPU AL	100.00	0.0230	1.800000e-06	0.00	200.00
6 Kipsilevy	13.00	0.2400	1.620000e-05	0.00	1200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.76	0.89	0.79	88.2	0.00
2	-19.64	0.90	0.82	90.5	0.00
3	-8.04	2.60	1.03	39.4	0.00
4	-7.51	2.72	1.67	61.2	0.00
5	-7.33	2.76	1.71	61.9	0.00
6	18.89	16.20	6.84	42.2	0.00
7	19.22	16.52	6.91	41.9	0.00
S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Lisätiedot:

(jatkuu)

Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 1: 8 (10)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: Sisäpuolelta lisälämmöneristetty US	
Suunnittelija:	Päiväys: 14.2.2012	Tunnus: US 2 KT 3

Rakenteen pää tiedot: U-arvo: 0.148 W/m ² K Paksuus: 443.000 mm Pinta-ala: 1.00 m ² Paino: 274.60 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 59669.661 m ² hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 0.000017 g/m ² hPa Lämmönvastus: 6.776 m ² K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m ² K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m ² K/W Kulma (0-90): 90.000	
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Rakenteen kerrostiedot:	Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)				
KERROS: T [mm]: LJ [W/mK]: VHL [gm/Nh]: Hinta [e/m ³]: Paino [kg/m ³]:					
1 Rappaus	20.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00
2 Kevytbetoni	280.00	0.1300	1.112000e-04	0.00	550.00
3 Rappaus	30.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00
4 SPU AL	100.00	0.0230	1.800000e-06	0.00	200.00
5 Kipsilevy	13.00	0.2400	1.620000e-05	0.00	1200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:	3:n päivän kylmin (0.0 h)					Lisätiedot:
Piste: T [C]: KK [g/m ³]: KM [g/m ³]: SK [%]: C [g/m ²]:						
U -20.00 0.88 0.79 90.0 0.00						
1 -19.76 0.89 0.79 88.2 0.00						
2 -19.65 0.90 0.82 91.0 0.00						
3 -6.93 2.85 1.08 37.8 0.00						
4 -6.75 2.90 1.13 39.0 0.00						
5 18.91 16.22 6.83 42.1 0.00						
6 19.23 16.53 6.91 41.8 0.00						
S 20.00 17.28 6.91 40.0 0.00						

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

(jatkuu)

Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 1: 9 (10)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: Molemmilta puolilta lisälämmöneristetty US	
Suunnittelija:	Päiväys: 20.2.2012	Tunnus: US 1 KT 4

Rakenteen päätiedot: U-arvo: 0.157 W/m ² K Paksuus: 610.000 mm Pinta-ala: 1.00 m ² Paino: 626.50 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 27152.789 m ² hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 0.000037 g/m ² hPa Lämmönvastus: 6.361 m ² K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m ² K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m ² K/W Kulma (0-90): 90.000	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Rakenteen kerrostiedot:	Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)				
KERROS: T [mm]: LJ [W/mK]: VHL [gm/Nh]: Hinta [e/m ³]: Paino [kg/m ³]:					
1 Rappaus	20.00	1.2000	4.230000e-05	0.00	1800.00
2 Paroc FAS 4	100.00	0.0380	3.780000e-04	0.00	0.00
3 Rappaus	20.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00
4 Kevytbetoni	250.00	0.1300	1.112000e-04	0.00	550.00
5 Betoni	150.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
6 Rappaus	30.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00
7 SPU Anselmi	40.00	0.0270	2.434700e-06	0.00	200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:	3:n päivän kylmin (0.0 h)					Lisätiedot:
Piste: T [C]: KK [g/m ³]: KM [g/m ³]: SK [%]: C [g/m ²]:						
U -20.00	0.88	0.79	90.0	0.00		
1 -19.75	0.89	0.79	88.1	0.00		
2 -19.64	0.90	0.90	99.2	0.00		
3 -3.10	3.86	0.95	24.7	0.00		
4 -2.97	3.90	1.03	26.3	0.00		
5 9.12	8.94	1.53	17.1	0.00		
6 9.68	9.26	3.10	33.5	0.00		
7 9.87	9.37	3.21	34.2	0.00		
8 19.18	16.48	6.91	41.9	0.00		
S 20.00	17.28	6.91	40.0	0.00		

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

(jatkuu)

Ulkoseinän kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 1: 10 (10)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: Molemmilta puolilta lisälämmöneristetty US	
Suunnittelija:	Päiväys: 14.2.2012	Tunnus: US 2 KT 4

Rakenteen pää tiedot: U-arvo: 0.154 W/m ² K Paksuus: 490.000 mm Pinta-ala: 1.00 m ² Paino: 283.00 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 20478.129 m ² hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 0.000049 g/m ² hPa Lämmönvastus: 6.504 m ² K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m ² K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m ² K/W Kulma (0-90): 90.000	
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Rakenteen kerrostiedot:	Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>KERROS:</th> <th>T [mm]:</th> <th>LJ [W/mK]:</th> <th>VHL [gm/Nh]:</th> <th>Hinta [e/m³]:</th> <th>Paino [kg/m³]:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Rappaus</td> <td>20.00</td> <td>1.2000</td> <td>4.230000e-05</td> <td>0.00</td> <td>1800.00</td> </tr> <tr> <td>2 Paroc FAS 4</td> <td>100.00</td> <td>0.0380</td> <td>3.780000e-04</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>3 Rappaus</td> <td>20.00</td> <td>1.0000</td> <td>6.300000e-05</td> <td>0.00</td> <td>1700.00</td> </tr> <tr> <td>4 Kevytbetoni</td> <td>280.00</td> <td>0.1300</td> <td>1.112000e-04</td> <td>0.00</td> <td>550.00</td> </tr> <tr> <td>5 Rappaus</td> <td>30.00</td> <td>1.0000</td> <td>6.300000e-05</td> <td>0.00</td> <td>1700.00</td> </tr> <tr> <td>6 SPU Anselmi</td> <td>40.00</td> <td>0.0270</td> <td>2.434700e-06</td> <td>0.00</td> <td>200.00</td> </tr> </tbody> </table>	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	1 Rappaus	20.00	1.2000	4.230000e-05	0.00	1800.00	2 Paroc FAS 4	100.00	0.0380	3.780000e-04	0.00	0.00	3 Rappaus	20.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00	4 Kevytbetoni	280.00	0.1300	1.112000e-04	0.00	550.00	5 Rappaus	30.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00	6 SPU Anselmi	40.00	0.0270	2.434700e-06	0.00	200.00	
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:																																						
1 Rappaus	20.00	1.2000	4.230000e-05	0.00	1800.00																																						
2 Paroc FAS 4	100.00	0.0380	3.780000e-04	0.00	0.00																																						
3 Rappaus	20.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00																																						
4 Kevytbetoni	280.00	0.1300	1.112000e-04	0.00	550.00																																						
5 Rappaus	30.00	1.0000	6.300000e-05	0.00	1700.00																																						
6 SPU Anselmi	40.00	0.0270	2.434700e-06	0.00	200.00																																						
T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys																																											

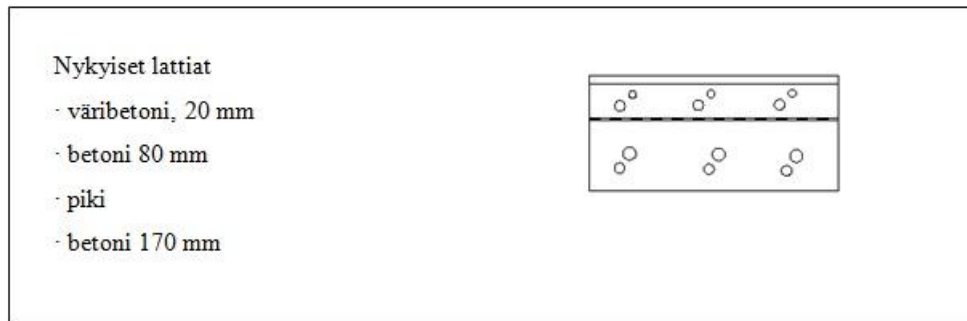
Lämpötilat ja kosteudet:	3:n päivän kylmin (0.0 h)	Lisätiedot:
Piste: T [C]: KK [g/m ³]: KM [g/m ³]: SK [%]: C [g/m ²]: U -20.00 0.88 0.79 90.0 0.00 1 -19.75 0.89 0.79 88.1 0.00 2 -19.65 0.90 0.93 100.0 0.00 3 -3.47 3.76 1.01 26.9 0.00 4 -3.34 3.79 1.10 29.1 0.00 5 9.90 9.40 1.86 19.8 0.00 6 10.09 9.51 2.00 21.0 0.00 7 19.20 16.50 6.91 41.9 0.00 S 20.00 17.28 6.91 40.0 0.00		
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %) T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus		

Liite 3. Askelääneneristyksen laskeminen

LIITE 3: 1 (2)

Ääneneristyksen laskeminen standardin EN 12354-2:2000 yksinkertaistetulla menetelmällä.

Alkuperäisen välipohjan askelääneneristyksen määrittäminen:



Huoneen tilavuutta ei huomioida laskuissa

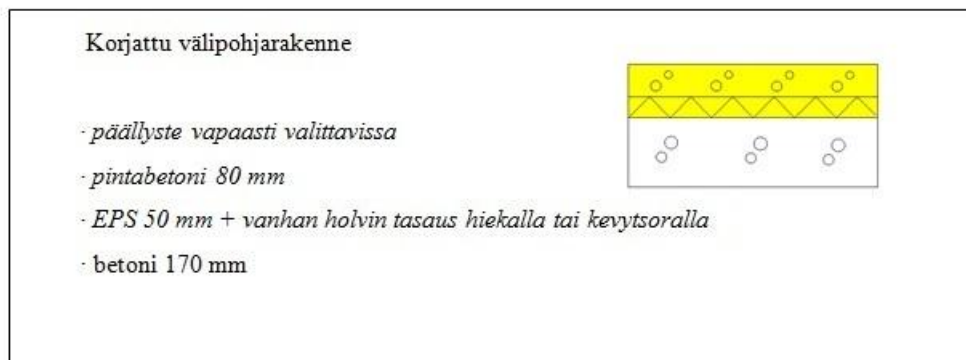
Välipohjan paino kilogrammaa neliötä kohden $m' = 0,27 \text{ m} \times 2300 \text{ kg/m}^3 = 621 \text{ kg/m}^2$

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \lg(m' / m'_0), \text{ jossa } m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$$

$$= 164 - 35 \lg(621/1) = 66 \text{ dB},$$

koska pinnoitteena on pelkkä maali betonin pinnassa, ei voida vähentää pinnoitteen parantavaa vaikutusta ääneneristykseen. Lopullinen askelääneneristys on 66 dB.

Korjaustapa 1



Välipohjan paino kilogrammaa neliötä kohden $m' = 0,17 \text{ m} \times 2300 \text{ kg/m}^3 = 391 \text{ kg/m}^2$

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \lg(m' / m'_0), \text{ jossa } m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$$

$$= 164 - 35 \lg(391/1) = 73 \text{ dB}$$

(jatkuu)

Askelääneneristysten laskeminen

LIITE 3: 2 (2)

Kivitalon ääneneristys –teoksen mukaan asuinrakennuksissa käytettävien eristeiden dynaamiset jäykkyydet ovat välillä $5\text{--}50 \text{ MN/m}^3$. Puuttuvien tietojen takia käytetään laskuissa 30 MN/m^3 , joka on keskiarvon huonommalla puolella. (Kylliäinen 2011, 62.)

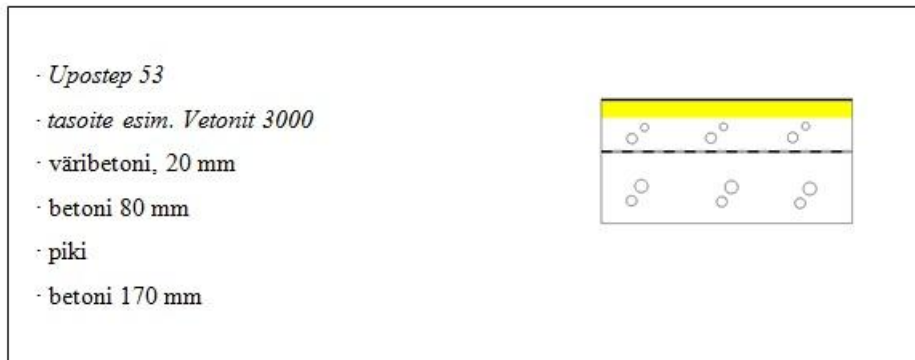
Kelluvan laatan massa $0,08 \text{ m} \times 2300 \text{ kg/m}^2 = 184 \text{ kg/m}^2$

$\Delta L_w \approx 30 \text{ dB}$, $K = 2$

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K = (73 - 30 + 2) \text{ dB} = 45 \text{ dB}$$

Kelluvan laattarakenteen askelääneneristys on 66 dB.

Korjaustapa 2.



Upostep, muovimaton parantava vaikutus askelääneneristykseen on yleensä noin 17- 20 dB. (Kylliäinen 2011, 57.)

$\Delta L_w = 20 \text{ dB}$ (Päällysteiden vertailumittaukset 2009, 1.)

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K = (66 - 17 + 0) \text{ dB} = 46 \text{ dB}$$

Joustavalla päällysteellä saadaan välipohjan askelääneneristyslukuksi 46 dB.

Liite 4. Yläpohjan kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 4: 1 (4)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: YP aluksi	
Suunnittelija:	Päiväys: 2/18/2012	Tunnus: YP 1

Rakenteen pää tiedot: U-arvo: 0.523 W/m ² K Paksuus: 380.000 mm Pinta-ala: 1.00 m ² Paino: 552.00 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 1.013e+04 m ² hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 9.870e-05 g/m ² hPa Lämmönvastus: 1.913 m ² K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m ² K/W Pintavastus, sisä: 0.100 m ² K/W Kulma (0-90): 0.000	
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Rakenteen kerrostiedot:						Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)
	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1	Betoni	50.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
2	Kevyt sorabetoni	200.00	0.1200	1.112000e-04	0.00	600.00
3	Betoni	130.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:					3:n päivän kylmin (0.0 h)	Lisätiedot:
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	
1	-19.16	0.95	0.79	83.3	0.00	
2	-18.55	1.01	2.19	100.0	0.00	
3	16.31	13.89	3.28	23.6	0.00	
4	17.91	15.28	6.91	45.3	0.00	
S	20.00	17.29	6.91	40.0	0.00	

Tiivistymisvaara! (SK_max = 100.0 %)
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

(jatkuu)

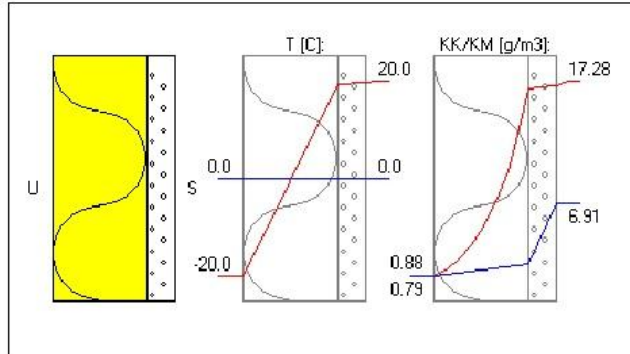
Yläpohjan kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 4: 2 (4)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: YP:n purkukorjaus	
Suunnittelija:	Päiväys: 17.2.2012	Tunnus: YP KT 1

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.089 W/m ² K
Paksuus:	580.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	312.00 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	7208.995 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000139 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	11.192 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.100 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1	ISOVER KL 35	450.00	0.0410	3.780000e-04	0.00	0.00
2	Betoni	130.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.86	0.89	0.79	88.9	0.00
2	19.37	16.67	1.80	10.8	0.00
3	19.64	16.93	6.91	40.8	0.00
S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)**Lisätiedot:**

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

(jatkuu)

Yläpohjan kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 4: 3 (4)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: YP:n yläpuolinen lisäeristys	
Suunnittelija:	Päiväys: 17.2.2012	Tunnus: YP KT 2

Rakenteen päätiedot: U-arvo: 0.086 W/m ² K Paksuus: 780.000 mm Pinta-ala: 1.00 m ² Paino: 552.00 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 11190.096 m ² hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 0.000089 g/m ² hPa Lämmönvastus: 11.669 m ² K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m ² K/W Pintavastus, sisä: 0.100 m ² K/W Kulma (0-90): 0.000	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Rakenteen kerrostiedot: <table border="1"> <thead> <tr> <th>KERROS:</th> <th>T [mm]:</th> <th>LJ [W/mK]:</th> <th>VHL [gm/Nh]:</th> <th>Hinta [e/m3]:</th> <th>Paino [kg/m3]:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 ISOVER KL 35</td> <td>400.00</td> <td>0.0410</td> <td>3.780000e-04</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>2 Betoni</td> <td>50.00</td> <td>1.7000</td> <td>2.160000e-05</td> <td>0.00</td> <td>2400.00</td> </tr> <tr> <td>3 Kevytsementti</td> <td>200.00</td> <td>0.1200</td> <td>1.112000e-04</td> <td>0.00</td> <td>600.00</td> </tr> <tr> <td>4 Betoni</td> <td>130.00</td> <td>1.7000</td> <td>2.160000e-05</td> <td>0.00</td> <td>2400.00</td> </tr> </tbody> </table>	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	1 ISOVER KL 35	400.00	0.0410	3.780000e-04	0.00	0.00	2 Betoni	50.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00	3 Kevytsementti	200.00	0.1200	1.112000e-04	0.00	600.00	4 Betoni	130.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00	Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:																										
1 ISOVER KL 35	400.00	0.0410	3.780000e-04	0.00	0.00																										
2 Betoni	50.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00																										
3 Kevytsementti	200.00	0.1200	1.112000e-04	0.00	600.00																										
4 Betoni	130.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00																										

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Piste:</th> <th>T [C]:</th> <th>KK [g/m³]:</th> <th>KM [g/m³]:</th> <th>SK [%]:</th> <th>C [g/m²]:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U</td> <td>-20.00</td> <td>0.88</td> <td>0.79</td> <td>90.0</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>-19.86</td> <td>0.89</td> <td>0.79</td> <td>89.0</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>13.58</td> <td>11.80</td> <td>1.37</td> <td>11.6</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>13.68</td> <td>11.87</td> <td>2.63</td> <td>22.2</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>19.40</td> <td>16.69</td> <td>3.62</td> <td>21.7</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>19.66</td> <td>16.95</td> <td>6.91</td> <td>40.8</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>20.00</td> <td>17.28</td> <td>6.91</td> <td>40.0</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:	U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	1	-19.86	0.89	0.79	89.0	0.00	2	13.58	11.80	1.37	11.6	0.00	3	13.68	11.87	2.63	22.2	0.00	4	19.40	16.69	3.62	21.7	0.00	5	19.66	16.95	6.91	40.8	0.00	S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00	3:n päivän kylmin (0.0 h) 	Lisätiedot:
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:																																													
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00																																													
1	-19.86	0.89	0.79	89.0	0.00																																													
2	13.58	11.80	1.37	11.6	0.00																																													
3	13.68	11.87	2.63	22.2	0.00																																													
4	19.40	16.69	3.62	21.7	0.00																																													
5	19.66	16.95	6.91	40.8	0.00																																													
S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00																																													

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

(jatkuu)

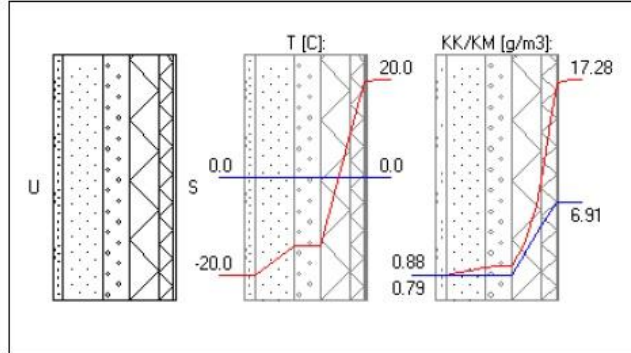
Yläpohjan kosteus- ja lämpökäyrät

LIITE 4: 4 (4)

Rakennuskohde: Kokkolan Pikiruukin kasarmi	Sisältö: YP:n alapuolinen lisäeristys	
Suunnittelija:	Päiväys: 17.2.2012	Tunnus: YP KT 3

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.087 W/m ² K
Paksuus:	613.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	596.18 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2034108.908
Vesih. läpäisykerroin:	0.000000 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	11.501 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.100 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Betoni	50.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
2 Kevytsementti	200.00	0.1200	1.112000e-04	0.00	600.00
3 Betoni	130.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
4 SPU AL 150	150.00	0.0230	1.087400e-07	0.00	130.00
5 SPU AL 70	70.00	0.0230	1.087400e-07	0.00	130.00
6 Kipsilevy	13.00	0.2400	1.620000e-05	0.00	1200.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
4 Koolaus	0.1200	0.1	0.00	0.00	---
5 Koolaus	0.1200	0.1	0.00	0.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.86	0.89	0.79	88.9	0.00
2	-19.76	0.89	0.80	89.0	0.00
3	-13.98	1.52	0.80	52.6	0.00
4	-13.71	1.56	0.82	52.4	0.00
5	8.91	8.82	4.97	56.4	0.00
6	19.47	16.76	6.91	41.2	0.00
7	19.65	16.94	6.91	40.8	0.00
S	20.00	17.28	6.91	40.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

ENERGIATODISTUS		
Rakennus		
Rakennustyyppi:	Asuinkerrostalo (yli 6 asuntoa)	Valmistumisvuosi: 2012 Rakennustunnus:
Osoite:	Ryövärinkarintie 1 Kokkola	
Energiatodistus on annettu		
<input checked="" type="checkbox"/>	rakennuslupamenettelyn yhteydessä ja perustuu laskennalliseen kulutukseen	
<input type="checkbox"/>	energiakatselmuksen yhteydessä ja perustuu toteutuneeseen kulutukseen	
<input type="checkbox"/>	erillisen tarkastuksen yhteydessä ja perustuu toteutuneeseen kulutukseen	
Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen		
ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 100	A	
101 - 120	B	
121 - 140	C	C
141 - 180	D	
181 - 230	E	
231 - 280	F	
281 -	G	
Paljon kuluttava		
Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm ² /vuosi):		133
Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko:		Suuret asuinrakennukset
Todistuksen antaja: Jani Mikkola		Todistuksen tilaaja:
Allekirjoitus:		
Todistuksen antamispäivä:		Viimeinen voimassaolopäivä:

RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS			
Energiatohokkuusluvun laskenta			
Lämmitysenergian kulutus *		412 264 kWh/vuosi	
Kiinteistösähkön kulutus		277 040 kWh/vuosi	
Jäähdytysenergian kulutus *		0 kWh/vuosi	
Yhteensä		689 304 kWh/vuosi	
Rakennuksen bruttoala		5 194 brm ²	
Rakennuksen energiatohokkuusluku		133 kWh/brm²/vuosi	
* Uudisrakennuksen energiankulutus lasketaan käyttäen RakMk D5 Liite 1 säävyöhyke III (Jyväskylä-Luonetjärvi) mukaisia säätietoja.			
Toteutuneet energian ja veden kulutukset			
Kulutuskohde	Kulutus	Yksikkö	Vuosi
Lämmitysenergia			
Kaukolämpö			
Kiinteistösähkö			
Mitattu kiinteistösähkö		kWh	
Jäähdytysenergia			
Kaukojäähdytys		kWh	
Jäähdytysenergia		kWh	
Vedenkulutus			
Kokonaiskulutus		m ³	
Lämpimän veden kulutus		m ³	
Toteutuneiden kulutusten muuntaminen energiatohokkuusluvun laskentaa varten			
Vertailupaikkakunta:			
Normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla:			
Vuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla:			
Paikkakuntaakohtainen korjauskerroin Jyväskylään k2:			
Lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde:			
*			
*			
*			
*			
*			
*			
*			
*			
Rakennuksen sisäilmasto sekä ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä			
Painovoimainen ilmanvaihto	<input type="checkbox"/>	Ulkoilmaventtiilit	<input checked="" type="checkbox"/>
Koneellinen poistoilmanvaihto	<input type="checkbox"/>	Tuloilman suodatus	<input checked="" type="checkbox"/>
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	<input checked="" type="checkbox"/>	Lämmöntalteenotto	<input checked="" type="checkbox"/>
Lämmönjakotapa: Vesiradiaattorit (meno 70 °C/paluu 40 °C)		Jäähdytys	<input type="checkbox"/>
Ilmanvaihdon ilmavirrat on mitattu ja todettu riittäviksi vuonna			<input type="checkbox"/>
Ilmanvaihtojärjestelmä on puhdistettu ja tasapainotettu vuonna			<input type="checkbox"/>
Ilmastoinnin kylmälaitteiden kunto ja energiatohokkuus on tarkastettu vuonna			<input type="checkbox"/>
Lämmitysjärjestelmä on tasapainotettu vuonna			<input type="checkbox"/>

YHTEENVETO ENERGIALASKELMISTA

Lämpöhäviöt													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	loka	mar	jou	yht.
Alapohja	4028	3913	4636	4781	4940	4487	4028	3724	3309	3115	3015	3419	47395
Yläpohja	3350	3179	2500	2134	1134	626	636	657	1337	2043	2215	2958	22768
Seinät	6289	5968	4693	4006	2130	1175	1194	1234	2510	3835	4158	5553	42746
Ovet	1288	1222	961	821	436	241	245	253	514	786	852	1137	8755
Ikkunat	11060	10496	8253	7045	3745	2066	2100	2170	4414	6745	7313	9765	75174
Vuotoilma	14652	13904	10933	9333	4961	2737	2782	2875	5847	8935	9688	12936	99583
Ilmanvaihto	20604	19552	15375	13125	6977	3849	3912	4043	8222	12565	13623	18192	140038
Jälkilämmityspatteri	12113	11674	8046	6422	1514	0	0	0	2609	5860	6810	10237	65285
Käyttövesi													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	loka	mar	jou	
Käyttövesi	12903	11654	12903	12487	12903	12487	12903	12903	12487	12903	12487	12903	151923
Lämmitysjärjestelmät													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	loka	mar	jou	
Tilojen lämmitys	20690	20604	14087	14059	7485	854	882	882	7456	14087	20661	20690	142437
Käyttöveden lämmitys	14778	13348	14778	14301	14778	14301	14778	14778	14301	14778	14301	14778	173998
Sähkölaitteet													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	loka	mar	jou	
Kiinteistösähkö	23529	21252	23529	22770	23529	22770	23529	23529	22770	23529	22770	23529	277040
Lämpökuormat													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	loka	mar	jou	
Henkilöt	6391	5772	6391	6185	6391	6185	6391	6391	6185	6391	6185	6391	75245
Lämmitysjärjestelmä (tilat)	8468	7649	8468	8195	8468	8195	8468	8468	8195	8468	8195	8468	99706
Lämmitysjärjestelmä (vesi)	4808	4343	4808	4653	4808	4653	4808	4808	4653	4808	4653	4808	56614
Sähkölaitteet	15884	14346	15884	15371	15884	15371	15884	15884	15371	15884	15371	15884	187016
Aurinko	999	4905	7669	12583	14131	16090	13020	12302	7322	3970	842	395	94229
Yhteensä													
	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	loka	mar	jou	
Rakennuksen vaippa	26016	24778	21044	18787	12386	8594	8203	8038	12083	16524	17553	22833	196838
Lämpöhäviöt	61272	58235	47352	41245	24324	15180	14897	14955	26152	38023	40864	53961	436459
Lämmitysjärjestelmän häviöt	35468	33952	28865	28360	22263	15155	15660	15660	21757	28865	34962	35468	316435
Lämpökuormat	36550	37016	43220	46987	49682	50494	48571	47853	41726	39520	35245	35945	512810
Lämpökuormat (hyöd.)	36550	37014	39173	34823	22810	15180	14897	14955	23543	32158	33585	35941	340629
Yhteensä	83719	76425	60573	57553	47306	37925	39190	39190	47137	58259	65011	77017	689304