



# Maanvastaisen seinän korjaus

Ati Mäkelä

OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2019

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

MÄKELÄ, ATI:  
Maanvastaisen seinän korjaus

Opinnäytetyö 61 sivua, joista liitteitä 20 sivua  
Marraskuu 2019

---

Opinnäytetyössä suunnitellaan 1960- ja 1970-lukujen taitteessa rakennetun kosteusvaurioituneen maanvastaisen seinän korjaustyö. Työssä pohditaan toteutettavan rakenteen kosteus- ja lämpötekniistä toimivuutta. Korjaustyön suoritus dokumentoidaan valokuvoin ja tekstein ja dokumentaatio toimitetaan sekä tilaajan että urakoitsijan käyttöön.

Työssä esitellään maanvastaisien seinien rakennetta, niiden historiaa ja mahdollisia ulkopuolisia sekä sisäpuolisia korjaustapoja. Työssä käsitellään erilaisia maanvastaisiin seiniin kohdistuvia rasituksia ja esitellään vaihtoehtoja rasitusten tuomien haittojen minimoimiseksi. Korjaustyön suunnittelu kootaan tehtäväsuunnitelmaan. Työssä pohditaan vanhan ja uuden rakenteen rakennusfysikaalista toimintaa lämmön ja kosteuden suhteen muiden muassa Dof lämpö -ohjelmalla saatujen kuvaajien avulla sekä kerrotaan käytettyjen materiaalien toimintaperiaatteista.

Materiaalien toimiessa oikein toteutettava seinärakenne toimii rakennusfysikaalisesti oikein. Toteutettu korjaus estää veden pääsemisen rakenteeseen niin diffuusiolla kuin kapillaarisella nousullakin. Rakenteen suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitu myös rakenteen tuulettuminen.

Korjaustyö toteutettiin materiaalivalmistajien ohjeiden mukaan, silmämääräisesti tarkasteltuna oikein. Korjaustyö olisi ollut helpompi suorittaa, jos olisi olemassa kalsiumsilikaattilevyä vastaava hieman kestävämpi levy, sekoitukseltaan ja työstöltään TKR -aineita helpompi seinäkapselointiaine sekä kapillaarikatko- ja vedeneristeaine, jonka jälkihoito saataisiin tehtyä Xypex Concentratea nopeammassa ajassa. Maanvastaisen seinän korjaustyö saatiin kuitenkin tehtyä työvaiheen aikataulun puitteissa ajoissa sekä silmämääräisesti oikein toimivaksi.

Opinnäytetyössä tehty tehtäväsuunnitelma on poistettu julkaistavasta versiosta.

---

Asiasanat: maanvastainen seinä, korjausrakentaminen, kosteus, tehtäväsuunnittelu

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Site Management

MÄKELÄ, ATI:  
Repair Work of a Ground-Based Wall

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 20 pages  
November 2019

---

This thesis plans the repair of a moisture-damaged ground-based wall constructed at the turn of the 1960s and 1970s. In the thesis, the moisture and thermal performance of the structure to be implemented is considered. The repair work will be documented with photographs and text, which will be provided for the use of both the customer and the contractor.

The work introduces the structure of ground-based walls, their history and possible external and internal repairing methods. The work examines various stresses that are targeted at ground-based walls and alternatives to minimize the effects of the stresses. The planning of the repair work is compiled into a task plan. In this work, the construction-physical functioning of the old and new structures in terms of heat and moisture is considered with for example graphs driven from Dof lämpö- software. Also the functioning principles of the used materials are told.

When the used materials work properly, the wall structure to be executed will work construction-physically correctly. The executed repair work will block the water from getting into the structure with both diffusion and capillary rising. The ventilation of the structure has also been taken into account in the designing and implementation of the structure.

The repair work was carried out according to the instructions of the material manufacturers, visually checked correctly. The repair work would have been easier to execute if there was a similar product to calcium silicate board that would be a bit stronger, material for wall encapsulation that was easier to mix and install than the TKR materials and a water insulation and capillary block material that's after care work would be faster to do than Xypex Concentrate's. However, the repair work of the ground-based wall was made visually checked correctly within the time frame of the work phase.

The task plan made to this thesis is hidden from the published version.

---

Key words: ground-based wall, repair construction, moisture, task planning

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	LÄHTÖTIETOJA .....	6
	2.1 Toimeksiantaja .....	6
	2.2 Aiheen kuvaus ja työn tavoitteet.....	6
	2.3 Työn rajaus, menetelmät ja aineisto.....	6
3	YLEISTÄ MAANVASTAISISTA SEINÄRAKENTEISTA .....	8
	3.1 Rakenne- ja materiaalitietoa .....	8
	3.2 Historia .....	9
	3.2.1 1880–1910-luvut.....	10
	3.2.2 1920–1930-luvut.....	11
	3.2.3 1940-luku.....	13
	3.2.4 1950-luku.....	14
	3.3 Kosteusvaurion synty- ja korjaustapoja.....	18
	3.3.1 Ulkopuoliset korjausmenetelmät.....	18
	3.3.2 Sisäpuoliset korjausmenetelmät.....	19
	3.3.3 Sisäpuoliset erityiskorjausmenetelmät.....	22
4	KORJAUSTYÖ .....	24
	4.1 Korjaustyön suunnittelu .....	24
	4.1.1 Vanha rakenne .....	24
	4.1.2 Korjaustapa .....	26
	4.2 Materiaalit .....	28
	4.2.1 Xypex Concentrate .....	28
	4.2.2 TKR -pinnoite.....	32
	4.2.3 Kalsiumsilikaattilevy.....	32
	4.3 Pölynhallinta.....	33
	4.4 Dokumentointi .....	33
5	RAKENNUSFYSIKAALINEN POHDINTA RAKENTEESTA.....	35
	5.1 Vanha rakenne.....	35
	5.2 Uusi rakenne .....	35
	5.3 Mahdollisia riskitekijöitä.....	37
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	39
	LÄHTEET .....	41
	LIITTEET .....	42
	Liite 1. Tehtäväsuunnitelma .....	42
	Liite 2. Dokumentaatio .....	43

## 1 JOHDANTO

Tässä työssä suunnitellaan Valkeakosken sairaalan röntgenosastolla sijaitseva 1960- ja 1970-lukujen taitteessa rakennetun maanvastaisen seinän korjaustyö. Röntgenosaston tiloissa on havaittu sisäilmaongelmia ja epäiltiin, että maanvastainen seinä olisi kosteusvaurioitunut.

Maanvastaiset seinät ovat riskialttiita rakenteita, joihin kohdistuu suuri kosteuden tuoma rasitus. Kosteus pyrkii pääsemään rakenteeseen kapillaarisesti nousemalla sekä diffuusion avulla. Rakenteisiin kohdistuu suurempi kosteusrasitus, jos seinän ulkopuolella olevat maan pinnan kaadot tai salaojitukset ovat puutteelliset tai jopa puuttuvat kokonaan.

Maanvastaisia seiniä korjattaessa suositellaan ensisijaisesti ulkopuolista korjaustapaa. Tällöin rakenteeseen kohdistuvaa kosteusrasitusta saadaan pienennettyä esimerkiksi korjaamalla tai tekemällä puutteelliset maan pinnan kaadot, salaojat, ulkopuolinen vedeneristys ja ulkopuolinen lämmöneristys. Työssä suunniteltavan maanvastaisen rakenteen tapauksessa ulkopuolinen korjaustapa ei ole mahdollinen, joten korjaustyö päätettiin tehdä sisäpuolisena.

Työssä käydään läpi maanvastaisten seinien rakenteita eri vuosikymmeniltä, mahdollisia ulko- ja sisäpuolisia korjaustapoja sekä esitellään seinän korjaustyöhön valittuja rakennusmateriaaleja. Korjaustyön suunnittelu kootaan tehtäväsuunnitelmaan ja korjaustyö dokumentoidaan valokuvien ja tekstein sekä urakoitsijan että tilaajan käyttöön. Työssä pohditaan vanhan ja uuden rakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa muiden muassa Dof lämpö -ohjelmalla saatujen kuvaajien avulla.

## **2 LÄHTÖTIETOJA**

### **2.1 Toimeksiantaja**

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Rakennusliike J. Malm Oy. J. Malm on vuonna 1978 perustettu perheyritys. Yritys on keskisuuri rakennusliike, joka toimii pääosin Pirkanmaan alueella. Yritys tarjoaa asiakkaille rakennuspalvelua ja -urakointia sekä asuntoja. Malmin pääasiallisia asiakkaita ovat teollisuusyritykset, julkinen sektori ja kuluttaja. Julkiselta sektorilta asiakkaita ovat kaupungit, kunnat ja kuntayhtymät. (Rakennusliike J. Malm Oy esittely.)

### **2.2 Aiheen kuvaus ja työn tavoitteet**

Työn aiheena on Valkeakosken sairaalan röntgenosastolla sijaitseva maanvastainen seinä ja sen korjaus. Röntgenosaston siipi on rakennettu 1960- ja 1970-lukujen taitteessa. Seinän korjauksen syynä on röntgenosaston tiloissa havaitut sisäilmaongelmat. Työssä käydään läpi yleisiä asioita maanvastaisista seinistä, korjaustyön suunnittelu, rakennusfysikaalinen pohdinta ja työn dokumentointi.

Työn tavoitteena on suunnitella korjaustyö kokonaisuudessaan työmaan käytettäväksi. Työ dokumentoidaan valokuvin ja selittein. Dokumentaatio arkistoidaan sekä tilaajan (PSHP) että urakoitsijan käytettäväksi.

### **2.3 Työn rajaus, menetelmät ja aineisto**

Korjaustyön suunnittelu toteutetaan rakennesuunnittelijan tekemien detalji- ja rakennepiirustusten mukaan niiltä osin kuin mahdollista. Suunnittelutyössä käytetään apuna työmaan toimihenkilöiden ja työntekijöiden ammattitaitoa sekä annettuja laatuvaatimuksia. Työn suunnittelu toteutetaan laajan tehtäväsuunnitelman muodossa. Työn aikana rakenteen korjaus dokumentoidaan vaihe vaiheelta valokuvin, joita avataan tekstein.

Työssä käydään läpi maanvastaisten seinien historiaa, jonka lähteenä on käytetty kirjoja Kerrostalot 1880-2000 ja Kerrostalot 1940-1960. Työssä läpikäytyt korjausvaihtoehdot käsittelevät vain maanvastaisia seinärakenteita.

### 3 YLEISTÄ MAANVASTAISISTA SEINÄRAKENTEISTA

#### 3.1 Rakenne- ja materiaalitietoa

Maanvastainen seinä on rakenne, joka sijaitsee osittain tai kokonaan maanpinnan alapuolella. Rakenne voi olla perustettu paaluille tai pilareille tai olla anturallinen perusmuuri. Tyypillisesti tällaiset seinät ovat tehty joko betonista, tiilestä tai erilaisista harkoista, kuten kevytbetoni- tai kevytsorabetoniharkoista. Rakenteen lämmöneriste voi olla seinän sisällä tai sen ulko- tai sisäpuolella. Kosteusteknisesti paras vaihtoehto on seinän ulkopuolinen lämmöneristys, koska se pitää seinän vedeneristeen lämpimänä ja estää sen vaurioitumista. Veden- ja lämmöneristeiden sijoitus maanvastaisissa rakenteissa vaihtelee aikakausittain vallinneen tiedon ja rakennustavan mukaan. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Maanvastaiset seinärakenteet muodostavat kosteusteknisesti monimutkaisen kokonaisuuden ja ne ovat erityisesti juurikin kosteuden suhteen suuren rasituksen alla. Maaperän suhteellinen kosteus on rakennuksen sisätilan kosteutta huomattavasti suurempi, joten vesi pyrkii kapillaarisesti ja diffuusion avulla liikumaan jatkuvasti sisätilaa kohti. Puutteet salaojituksessa ja hulevesien ohjauksessa sekä vedeneristysten puuttuminen tai rikkoutuminen ovat mahdollisia syitä kosteuden pääsyyn rakenteeseen. Anturan alta puuttuva kapillaarikatkerros mahdollistaa veden kulkeutumisen seinärakenteeseen kapillaarisesti, jonka seurauksena voi tulla kosteusvaurioita, vaikka salaojitus olisikin kunnossa. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Maanvastaisen ulkoseinän on estettävä sitä ympäröivän maaperän kosteuden ja hulevesien haitallinen pääsy rakenteeseen. Maanvastaisen seinän kuivuminen ulospäin on tehtävä mahdolliseksi rakenteellisesti hallitulla vedenpoistolla, veden- tai vedenpaineen eristyksellä. Veden- tai vedenpaineen eristyksen on oltava rakenteen ulkopinnassa tai ulkopuolisen, maata vasten olevan lämmöneristeen sisäpuolella. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 2017.) Tällöin esimerkiksi routa ja muut ulkoiset rasitteet eivät pääse vaurioittamaan rakenteen vedeneristettä.



Seinään on asennettava ulkopuolinen vedeneristys bitumikermillä tai vastaavalla vedenpaine-eristeen muodostavalla tuotteella. Pääsääntöisesti julkisissa rakennuksissa käytetään käyttötilojen eristyksessä jatkuvia vedeneristeitä. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Sisäpuolisella lämmöneristyksellä varustettu seinärakenne on kosteustekniseltä toiminnaltaan riskialttiimpi kuin ulkopuolisella lämmöneristyksellä varustettu rakenne. Sisäpuolisen lämmöneristeen vuoksi lämmöneristeen ja sisäpuolisen seinärakenteen ulko-osan lämpötila on alhaisempi kuin sisälämpötila, jonka vuoksi kuivumista sisätilaan ei tapahdu (tai tapahtuu hyvin hitaasti) vaikei rakenteessa olisikaan höyrynsulkua. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

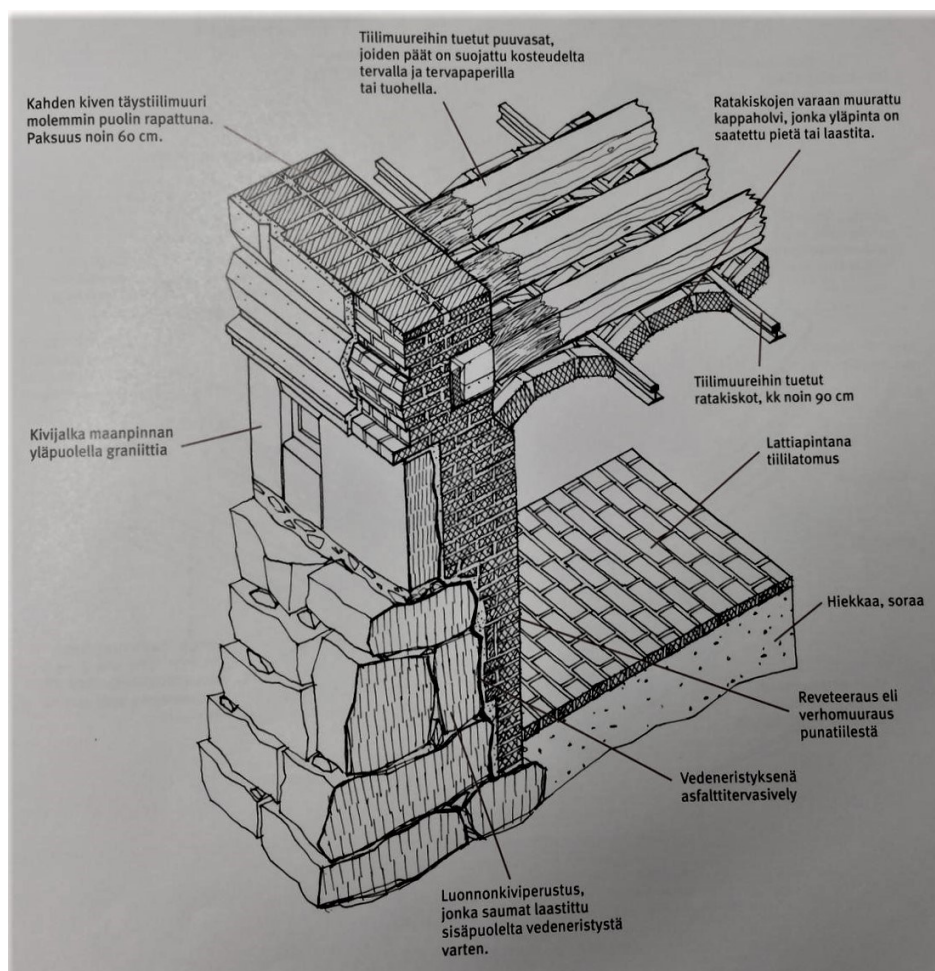
Sisäpinta maanvastaisissa seinissä tulee pinnoittaa kosteutta läpäisevällä pinnoitteella, jotta rakennekosteus pääsisi kuivumaan sisälle päin. Rakennekosteuden on kuitenkin hyvä antaa kuivua ennen pinnoittamista. Märkätilojen sijoittamista kellarin maanvastaiselle seinälle tulee välttää, koska rakenteeseen tulisi kaksi vedeneristyskerrosta. Tilan lämmityksen ja ilmanvaihdon tulee olla myös riittävää, jotta sisäilman olosuhteet pysyvät kuivina ja rakenteista haihtuvan kosteuden kuivuminen on mahdollista. Harkkomuurattu kellarin seinä on slammatava tai pinnoitettava tarkoitukseen sopivalla laastilla myös vedeneristeen alta. Jatkuvia vedeneristystarvikkeita käytettäessä vedeneriste on saatava luotettavasti alustaansa kiinni. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

## **3.2 Historia**

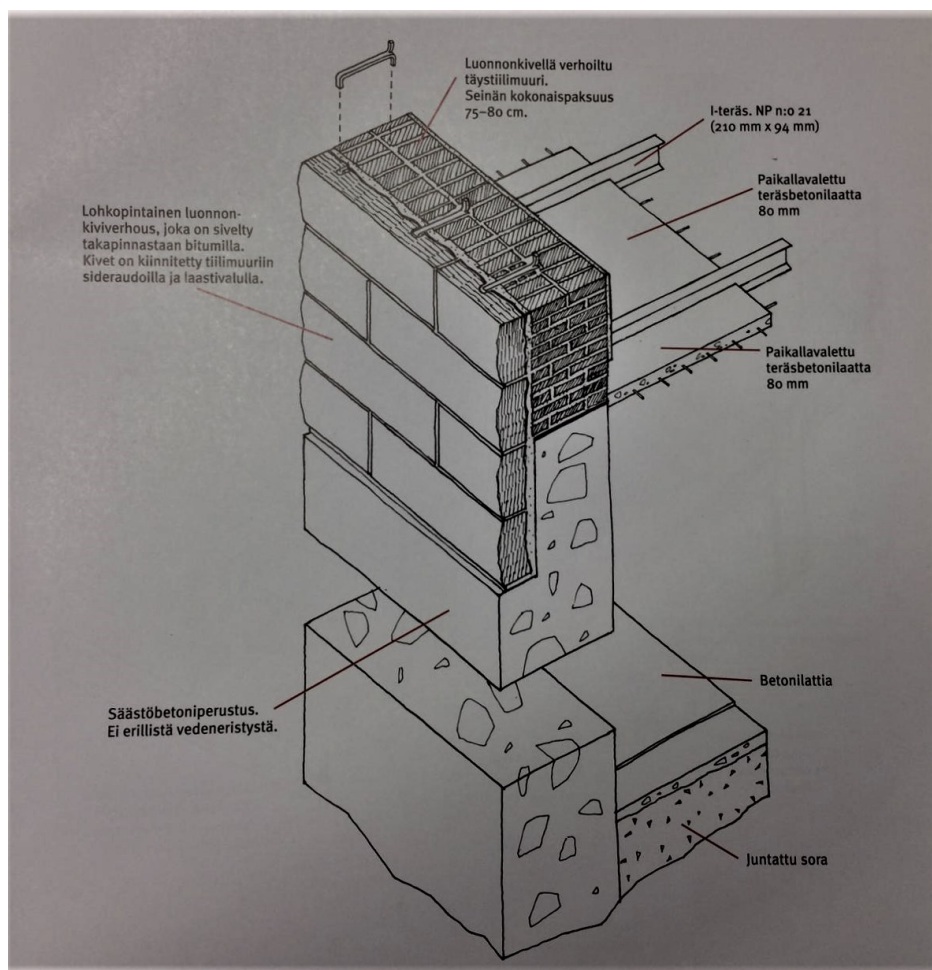
Maanvastaisten seinien rakenne vaihtelee hyvin laajasti aikakaudesta sekä sen hetken tiedoista ja rakentamistavoista riippuen. Aikakaudesta riippuen maanvastaisen seinän veden- sekä lämmöneristyksen sijainti vaihtelee. 1800-luvun lopulle asti maanvastainen seinärakenne tehtiin luonnonkivilatomuksena. Etenkin 1940- ja 1950-luvuilla maanvastainen seinärakenne tehtiin tyypillisesti säästöbetonista ja raudotteita käytettiin lähinnä vain liitoskohdissa. (Neuvonen 2006.)

### 3.2.1 1880–1910-luvut

1800-luvun lopulle saakka maanvastaiset seinärakenteet tehtiin luonnonkivilatomuksina. Kellaritilat olivat tuolloin toissijaisia tiloja, joiden vedeneristykseen ei kiinnitetty välttämättä juurikaan huomiota. Eräs yleinen ongelma tämän aikakauden rakennuksissa on kokonaan puuttuva tai puutteellinen salaojitus, joka lisää maanvastaiseen seinään kohdistuvaa kosteusrasitusta. Kellaritiloihin tehty ilmanvaihto saattaa olla puutteellinen, eivätkä tilat sovellu sellaisenaan kuin varastointitiloiksi. Tilojen putkistoiden eristeissä ja seinän lämmön- tai vedeneristeissä tai niiden kiinnitykseen käytetyissä liimoissa on saatettu käyttää asbestia tai muita haitta-aineita, kuten PAH- ja VOC- yhdisteitä, sisältäviä tuotteita. (Neuvonen 2006, 17.)



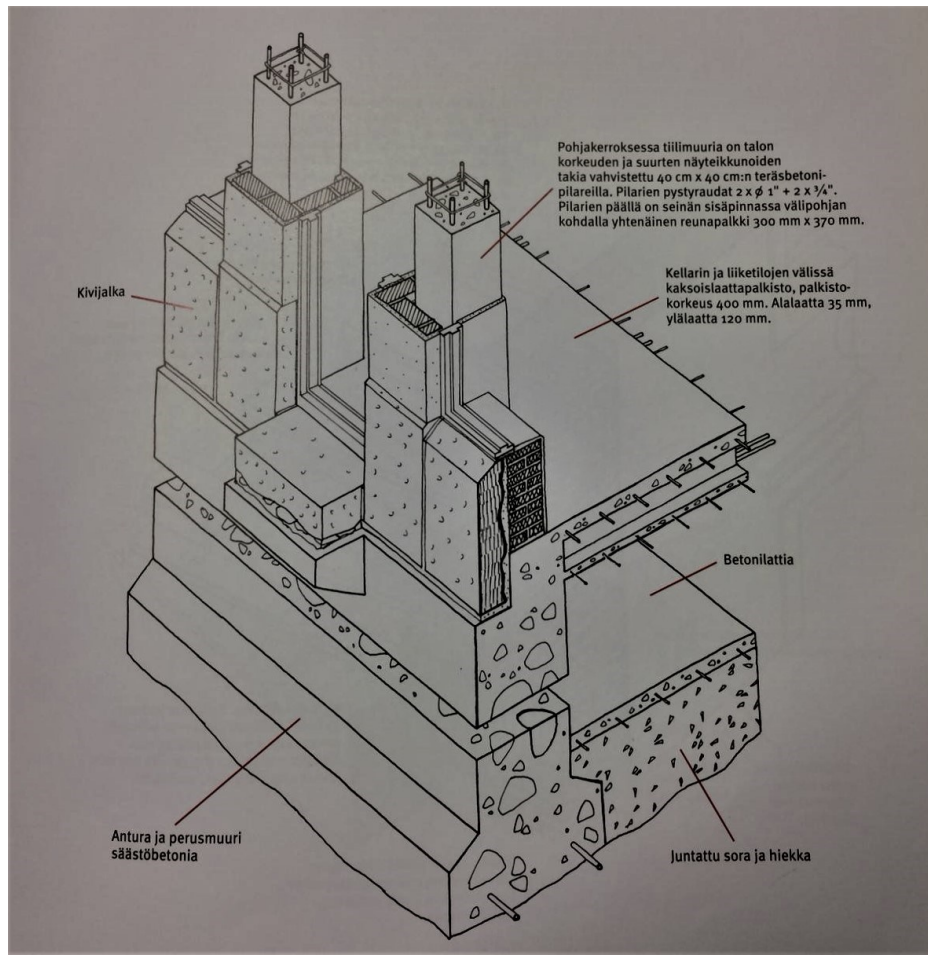
KUVA 1. Tiilimuurirunkoisen kerrostalon kellarin seinä vuodelta 1891. (Neuvonen 2006, 43.)



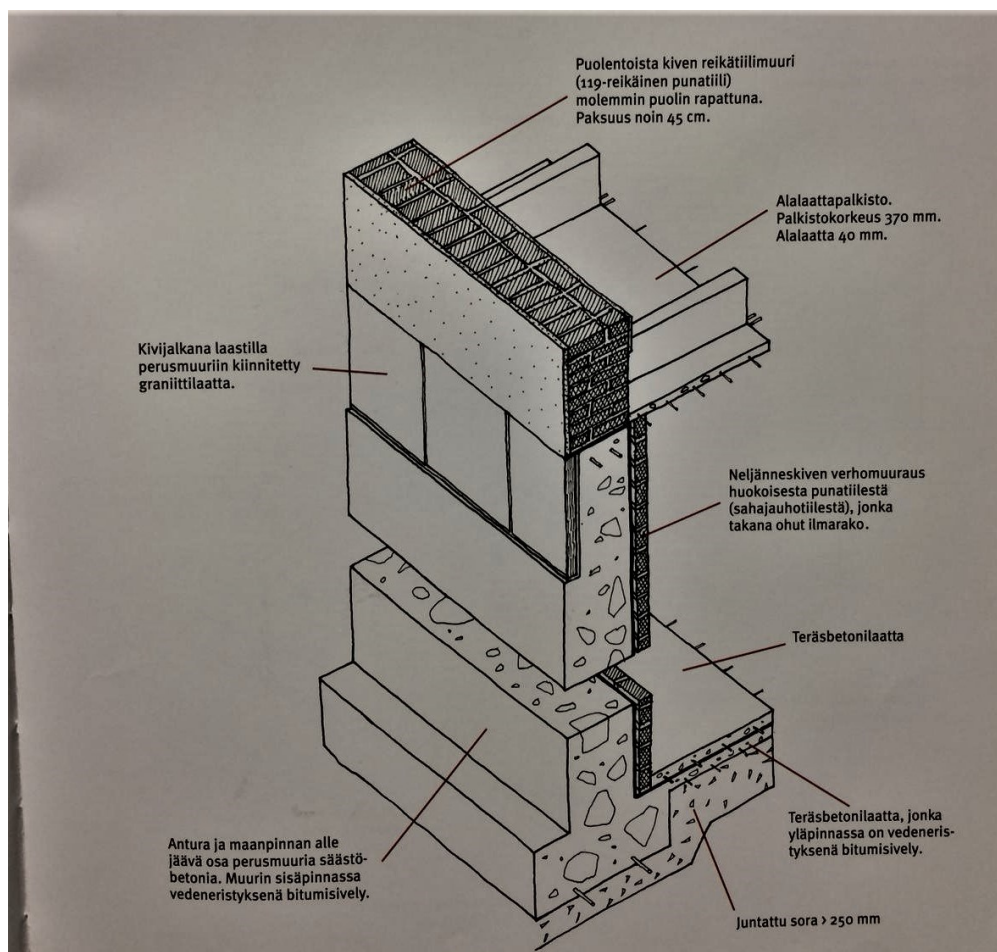
KUVA 2. Tiilimuurirunkoisen kerrostalon kellarin seinä vuodelta 1914. (Neuvonen 2006, 49.)

### 3.2.2 1920–1930-luvut

1920- ja 1930-luvuilla rakennetut maan alle jäävät seinärakenteet toteutettiin säästöbetonista. Kosteudeneristys toteutettiin muurin sisäpintaan asennetulla bitumikermillä.



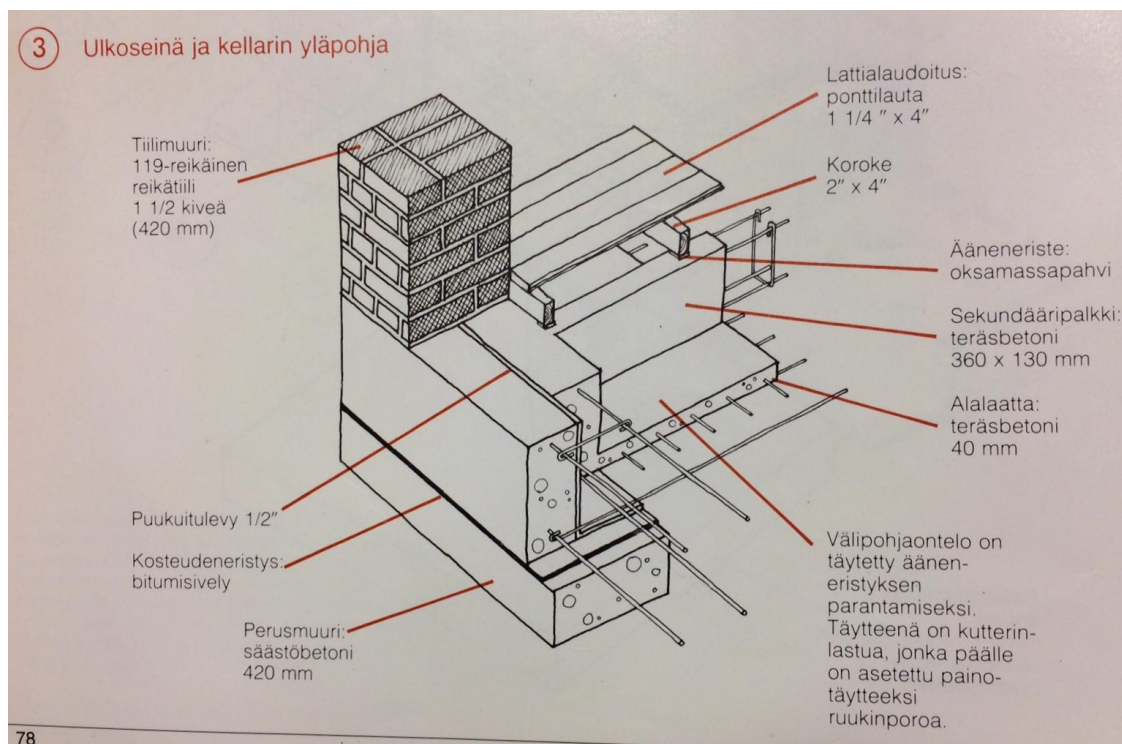
KUVA 3. Tiilimuurirunkoisen kerrostalon liiketilan kellarin seinä vuodelta 1928. (Neuvonen 2006, 75.)



KUVA 4. Sekarunkoisen kerrostalon kellarin seinä vuodelta 1939. (Neuvonen 2006, 81.)

### 3.2.3 1940-luku

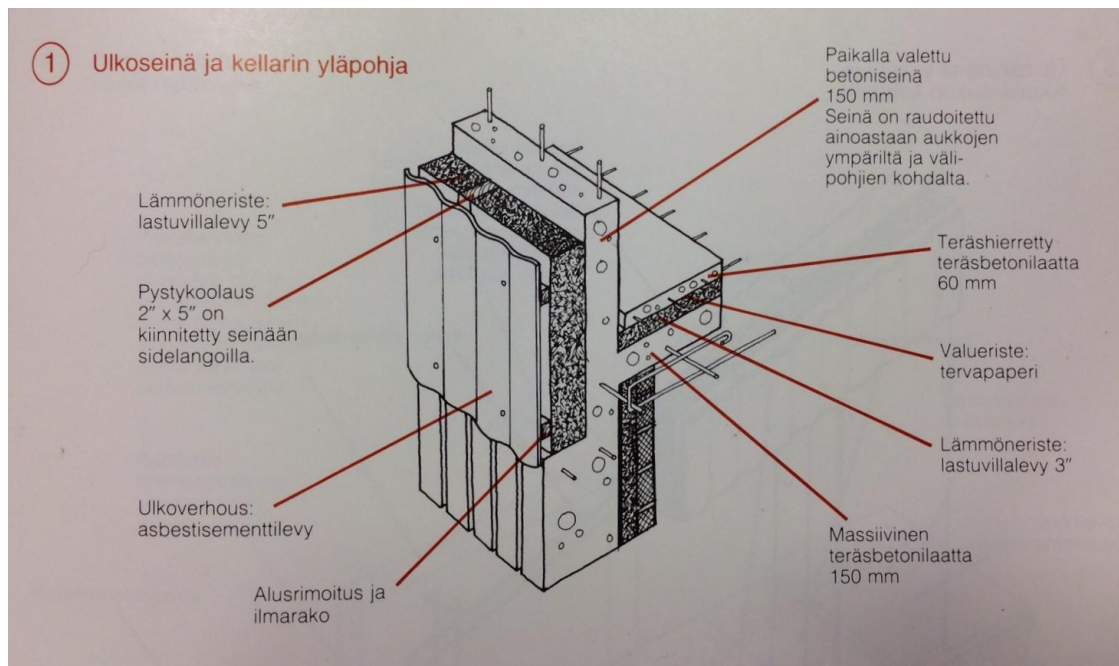
1940-luvun tyypillisessä kerrostalon maanvastaisessa seinässä ei käytetty lisälämmöneristettä, vaan rakenteena oli 420 mm paksu säästöbetoniseinä. Jos lämmöneristettä käytettiin, se asennettiin seinän sisäpuolelle (Mäkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Sinkkilä, J., Tuunanen, A. & Saarenpää, J. 1990, 78). Tällaisessa rakenteessa sisäpuolinen lämmöneriste kostuu usein eristeen ja betonin rajapinnasta. Tämän seurauksena lisälämmöneriste homehtuu. Kostueneristys toteutettiin bitumisivelyn avulla maanvastaisen ja maanpäällisen seinän liitoskohtaan tai seinän ulkopintaan. Vedeneristeenä on voitu käyttää myös kreosoottia, joka on hengitysteihin päästessään vaarallinen aine. (Hometalkoot n.d.)



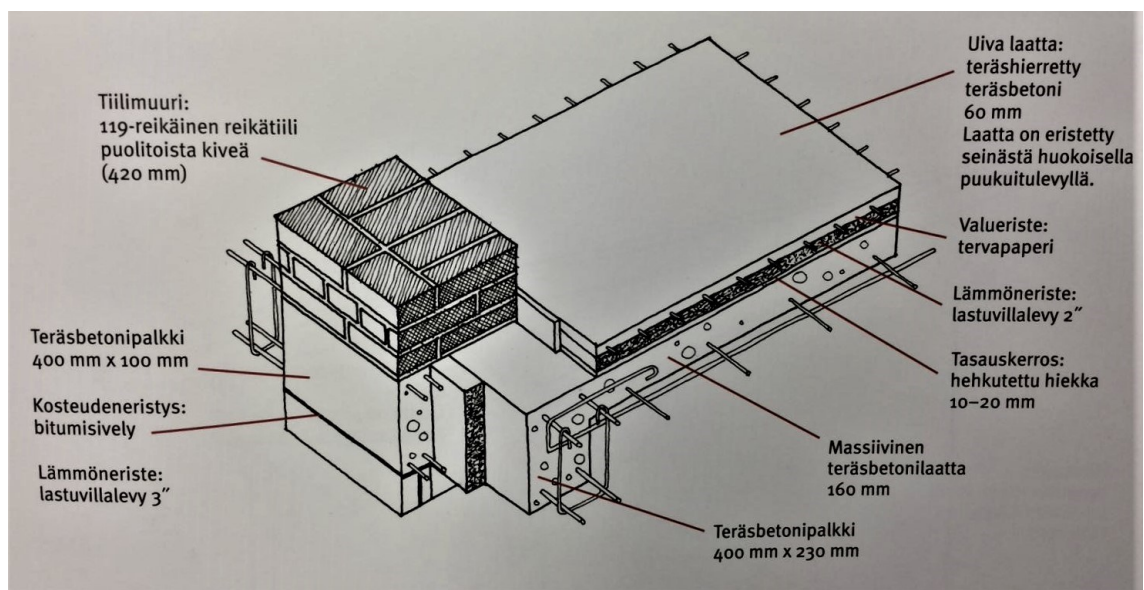
KUVA 5. Sekarunkoisen kerrostalon ulkoseinä ja kellarin yläpohja vuodelta 1946. (Mäkiö ym. 1990, 78.)

### 3.2.4 1950-luku

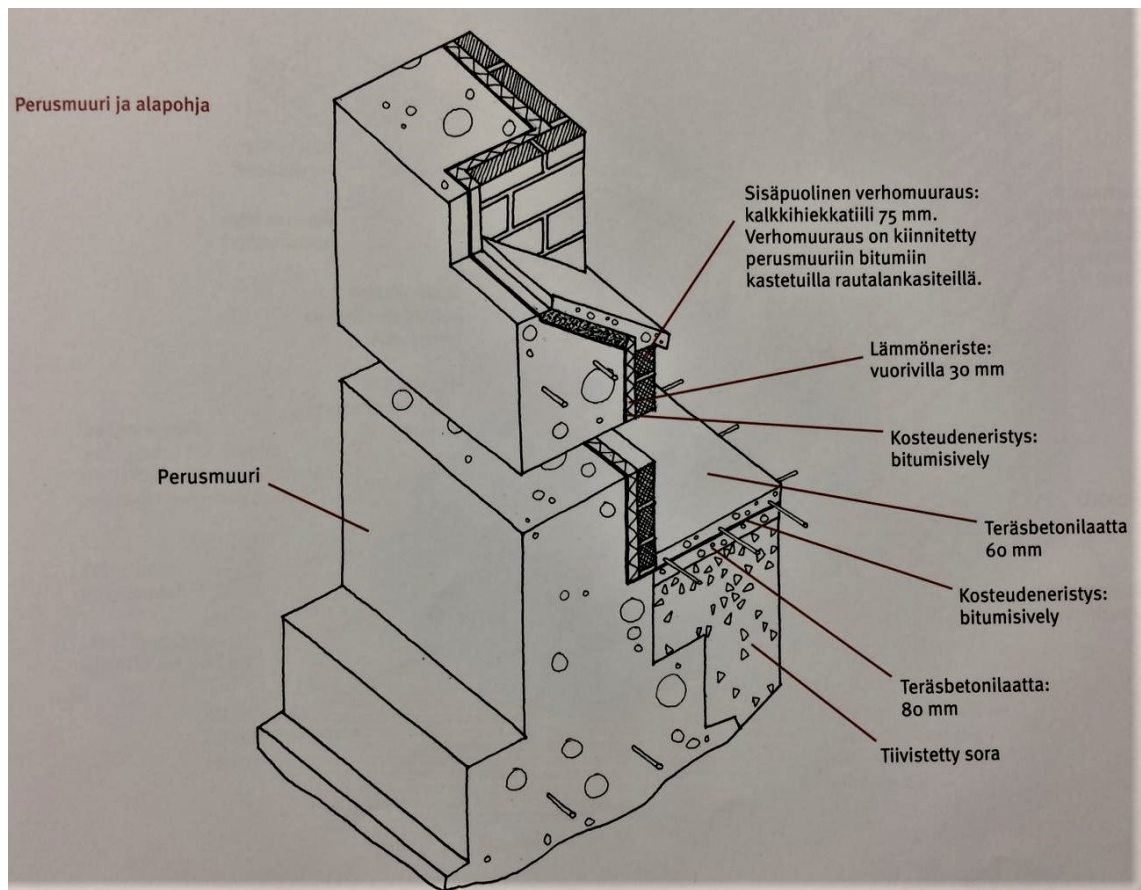
1950-luvulla maanvastaisia seiniä tehtiin useilla eri tavoilla, talon runkorakenteesta riippuen. 1950-luvulla oli -40-lukua yleisempää käyttää kellarin seinissä lisälämmöneristettä. Lisälämmöneristys sijoitettiin tyypillisesti rakenteen sisäpuolelle. Eräs tyypillinen lisälämmöneristysratkaisu oli noin 75 millimetriä paksu lastuvillalevyeristys. Säätöbetonin käyttö perusmuureissa oli yhä yleistä. Kosteussulkuna käytettiin bitumisivelyä, joka sijoitettiin perusmuurin sisäpintaan. 1950-luvun betoniseinissä käytettiin raudoitusta vain aukkojen ympärillä ja välipohjien kohdalla. (Mäkiö ym. 1990, 93.)



KUVA 6. Betoniseinärunkoisen kerrostalon ulkoseinä ja kellarin yläpohja vuodelta 1959. (Mäkiö ym. 1990, 93.)

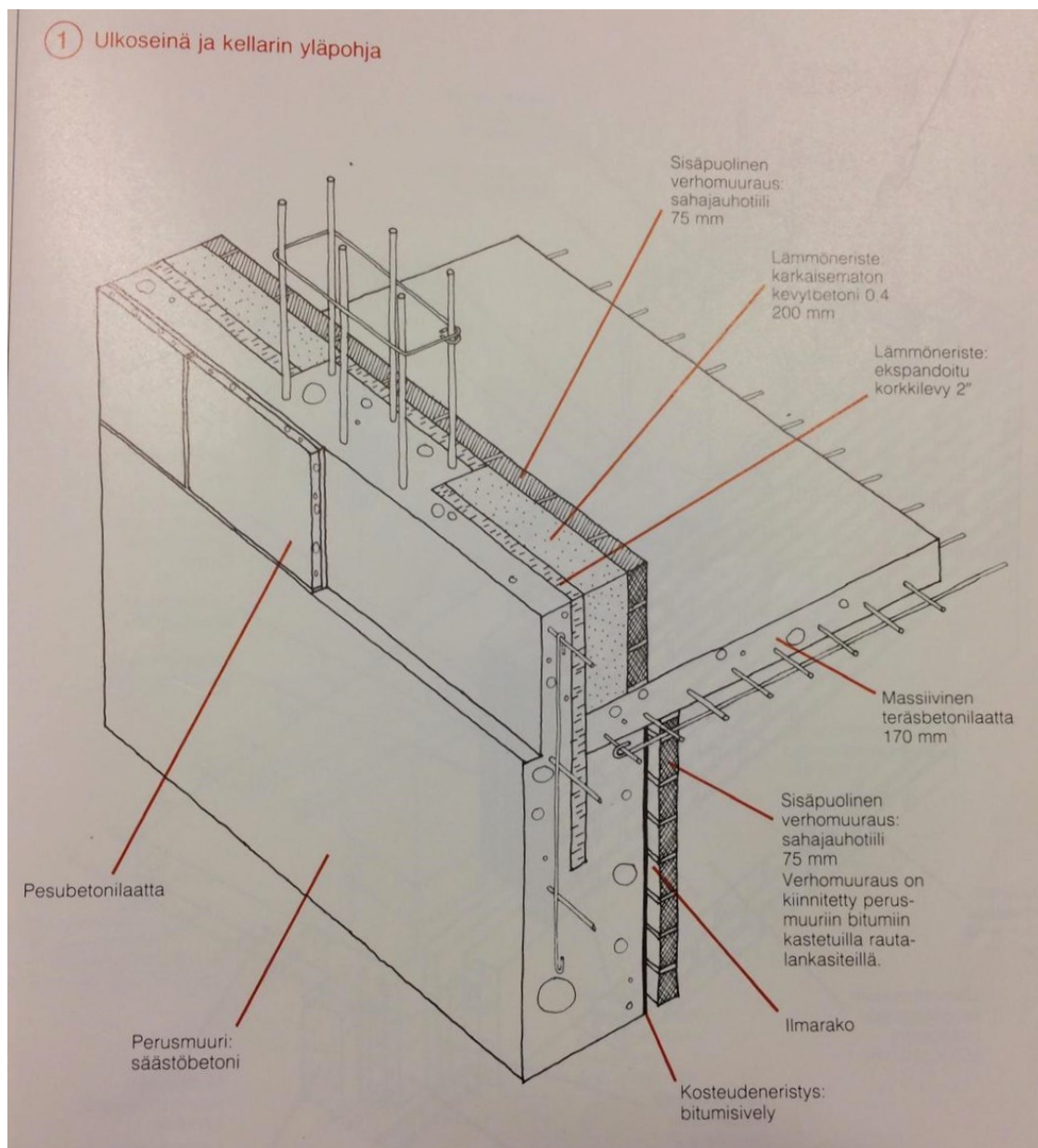


KUVA 7. Tiilimuurirunkoisen kerrostalon kellarin yläpohja vuodelta 1958. (Neuvonen 2006, 133.)



KUVA 8. Tiilimuuirunkoisen kerrostalon kellarin seinä vuodelta 1958. (Neuvonen 2006, 133.)





KUVA 9. Betonipilarirunkoisen kerrostalon ulkoseinä ja kellarin yläpohja vuodelta 1952. (Mäkiö ym. 1990, 85.)

Betonipilarirunkoisen 1950-luvun kerrostalon kosteudeneristys asennettiin seinärakenteen sisäpintaan, perusmuurin ja sisäverhouksen väliin. Lisälämmöneristettä käytettiin maanvastaisen seinän yläpäässä, kellarin yläpohjan liitoksen kohdalla n. 50 mm paksua ekspandoitua korkkilevyeristettä.

### 3.3 Kosteusvaurion synty- ja korjaustapoja

Yleisin maanvastaista seinärakennetta vaurioittava tekijä on kosteus. Rakenteesseen päässyt vesi voi saada seinärakenteen pinnoitteen irtoamaan ja värjäytymään ja pahimmillaan aiheuttaa rakenteeseen mikrobivaurioita. Tällaisen rakennuksen käyttäjille voi koitua vaurioituneissa tiloissa oleskelusta erilaisia terveyshaittoja. Syinä kosteuden pääsulle rakenteeseen voivat olla esimerkiksi virheelliset maanpinnan kallistukset rakenteen ulkopuolella tai asennusvirheet, kuten huolimattomasti asennettu perusmuurilevy tai muu vedeneriste tai jopa sen puuttuminen. Myös sadevesien ohjaus voi olla toteutettu puutteellisesti tai virheellisesti, jolloin katolta tuleva vesi kulkeutuu maanvastaisen seinän rakenteisiin. Maanvastaisen seinän sisäpuolella oleva lämmöneriste ja puurunko ovat herkkiä kosteusvaurioille. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Rakenteen korjaamistapa on selvitettävä tapauskohtaisesti kuntotutkimuksen avulla. Rakennuksen iästä riippuen on kartoitettava esimerkiksi rakenteen asbesti- ja muut haitta-ainepitoisuudet. Korjaustyö vaatii myös asianmukaisen suunnitelman.

Hyvän rakennustavan mukaan, jos on mahdollista, maanvastaisen rakenteen ulkopuolinen rakenne ja kunto selvitetään. Rakenteen ulkopuoli kaivetaan auki ja jos havaitaan tarvetta, ulkopuolisista rakenteista korjataan vanhat perusmuurilevyt, poistetaan sokkelin rappaukset ja uusitaan sadevesi- ja salaojajärjestelmät. Rakenteen ulkopuolelle tehdään uudet pystysalaojat täyttöineen ja suulakepuristetusta polystyreenistä tehdyt routaeristeet. Jos ulkopuolinen korjaustapa ei syystä tai toisesta ole mahdollinen, suoritetaan sisäpuolinen korjaus. (Fise Oy 2018.)

#### 3.3.1 Ulkopuoliset korjausmenetelmät

Seinärakenne voidaan korjata esimerkiksi avaamalla ympäristö uusittavan salaojituksen tasoon asti. Sokkelin pinnan rappaukset ja vanhat perusmuurilevyt puretaan kokonaisuudessaan. Sadevesi- ja salaojajärjestelmät uusitaan ja routa-

suojaukset toteutetaan suulakepuristetulla polystyreenillä. Tämä routasuojaus pitää täyttömaan sulana ja paremmin vettä läpäisevänä. Maanpinnan kallistukset korjataan. Seinärakenteen sisäpuoliset osat puretaan mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkuohjeen mukaisesti ja säilytettävät pinnat puhdistetaan. Ala-/välipohjan betonilaatan ja seinärakenteen liittymäkohta tiivistetään esimerkiksi kapseloidulla, jolloin estetään maaperän epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan. (Fise Oy 2018.)

Perinteisellä salaojituksella ja ulkopuolisella vedeneristyksellä ei saada poistettua kaikkia, esimerkiksi veden kapillaarisesta noususta tai maaperän diffuusiosta, koituvia ongelmia. Korjaus voi olla teknisesti mahdoton tai kustannuksiltaan hyötyyn suhteutettuna kohtuuton esimerkiksi seinän jäädessä ylemmän kerroksen lattian alle tai liikenneväylän läheisyyden vuoksi. Ulkopuolisten eristysten korjaaminen on perusteltua, jos esimerkiksi alueella kaivetaan muista syistä maaperää tai tehdään isoja pihakorjauksia. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

### **3.3.2 Sisäpuoliset korjausmenetelmät**

Joissakin tapauksissa kiviainespinta voidaan puhdistaa suolavaurioituneista laasteista ja jättää seinäpinnat käsittelemättä. Tällöin on mahdollista, että ajan myötä rakenteen pintaan kertyy kosteuden vuoksi suolakiteytymää. Puhdistettu tiiliseinäpinta voidaan maalata hyvin vesihöyryä läpäisevällä maalilla, kuten silikaattimaalilla. Myös seinätaasoite voidaan vaihtaa paremmin kosteutta kestäväksi sementtipohjaiseksi tasoitteeksi. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Maanvastaisissa rakenteissa käytettyjen materiaalien tulee kestää kosteutta ja läpäistä vesihöyryä. Kaikkien maanvastaisten seinäpintojen uudet maalausksittelut suositellaan tehtäväksi suuren vesihöyrynläpäisevyyden omaavilla tuotteilla, kuten silikoniharts-, silikoniemulsio- tai silikaattimaaleilla. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Seinän sisäpuolinen lämmöneristys liittyvine rakenteineen poistetaan ja korvataan seinän ulkopinnalle asennetuin eristyksin. Ulkopuolelta lämmöneristetty

maanvastainen rakenne toimii kosteusteknisesti tämän hetken tietämyksen mukaan parhaiten. Sisäpuolisen lämmöneristeen korvaaminen ulkopuolisella eristyksellä on usein vaikea toimenpide, jonka vuoksi sisäpuoliset puurakenteet puretaan lähtökohtaisesti aina ja lämmöneristykseen tarve selvitetään tapauskohtaisesti. Korjaustöitä on toteutettu myös korvaamalla lämmöneristetty puurakenne tiiliverhouksella. Tiilirakenne ei ole yhtä herkkä vaurioille kuin puuseinä. Homekasvua voi tosin esiintyä myös sen lämmöneristyskerroksessa. Erityistä huomiota tämän tyyppisessä korjauksessa on kiinnitettävä seinän maanpäällisiin osiin ja niiden pintalämpötiloihin talviaikana. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Kosteuden haihtumisen seurauksena rakenteiden pinnoille voi kerääntyä suolakiteytymää, mikä rikkoo kiviaineisten seinien pinnoitteita. Jos rakenteeseen kulkeutuvaa kosteutta ei pystytä estämään, vaurioiden uusiutuminen on estettävissä vaihtamalla pintamateriaaleiksi suola- ja kosteusrasitusta kestäviä erikoislaasteja. Vanhojen, vaurioituneiden rappauksen tilalle asennetaan kerroksittainen saneerauslaastijärjestelmä, jonka osina ovat alusta, tartuntapohjarappaus, huokoinen laasti, saneerauslaasti ja viimeistelypinta. Menetelmää voidaan käyttää myös betoniseiniin, joissa esiintyy paljon suoloja. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Edellä mainittujen laastien toiminta perustuu normaaliin rappaukseen verrattuna suureen huokostilavuuteen, joka siirtää rakenteessa olevan kosteuden haihtumispinnan rappauksen sisälle. Tällöin haihtumisen seurauksena syntyvät suolat kerääntyvät laastikerroksen sisälle. Niin kauan kuin laastin suolankeräyskapasiteetti riittää, pinta säilyy ehjänä. Rappauksen keston vaikuttaa kosteus- ja suolarasituksen määrä sekä kerroksen paksuus ja tasoitteen huokoisuus. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Korjauksen toimivuuden edellytyksenä on rakenteen pinnoittaminen vesihöyryä läpäisevällä maalilla. Jos käytetään maalia, joka muodostaa liian tiiviin kalvon, maalipinta irtoaa. Seinäpinnan on päästävä tuulettumaan vapaasti huoneilmaan, joten jalkalistat ja kalusteet on asennettava hieman irti seinärakenteesta. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Betoni- ja tiiliseinissä, joissa on vesivuotokohtia tai suuri ulkopuolinen kosteusrasitus, voidaan käyttää vedentiivistyslaasteja. Ne estävät nestemäisen veden tunkeutumisen rakenteen läpi. Vedentiivistyslaasteja voidaan käyttää myös paineellisen veden rasittamisissa rakenteissa. Nämä laastit eivät estä vesihöyryn pääsyä rakenteen läpi, joten tällaisenkin rakenteen pintaan on asennettava vesihöyryä läpäisevä maalipinta. Rakenteen lämmöneristävyuden ollessa huono, voi kylmillä rakenteilla slammimaisen, ohuen tiivistyslaastin pintaan kondensoitua kosteutta. Paksumpia sulkulaasteja käytettäessä vastaavaa ongelmaa ei esiinny. Ohuiden vedentiivistyslaastien pintaan voidaan tarvittaessa asentaa muita kosteutta ja sen tuomaa rasitusta kestäviä pinnoitteita. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Betoniseinissä olevia aktiivisia vuotokohtia, kuten esimerkiksi läpivientejä tai halkeamia, voidaan korjata muutamalla eri tavalla. Halkeama avataan piikkaamalla tai timanttisahaamalla viistosti. Korjattavan alueen ympärille porataan viistoon reikiä, jotka täytetään esimerkiksi silikonihartsilla tai tiivistyslaastilla. Nämä injektointiaineet täyttävät porareikien lisäksi rakenteen huokokset reiän ympärillä. Putkiläpivientien ympärille voidaan tehdä kaulus edellä mainituilla aineilla. Läpivientien ympärille tehtävissä tiivistyksissä tulee käyttää elastisia aineita, jotta pienet rakenteen liikkeet eivät riko tiivistystä. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Kosteuden siirtymistä rakenteen sisäpuolelle voidaan vähentää asentamalla sen sisäpintaan bitumisively. Eristämiseen käytetty materiaali valitaan tapauskohtaisesti riippuen korjauksen ja materiaalin vesihöyrynläpäisevyyden perusteella. Rakenteessa mahdollisesti oleva sisäpuolinen lämmöneriste joudutaan poistamaan ennen vedeneristeen asentamista. Vanhan lämmöneristeen takaisinasentamista ei suositella. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Kosteiden seinien tuulettaminen voidaan toteuttaa asentamalla sen eteen kotelointi, jonka taustalle jää tyhjä tila. Tämä tila tuuletetaan tekemällä kotelon ala- ja yläosaan ilmarako. Tehokkain toiminta rakenteeseen saadaan tekemällä koneellinen ilmanvaihto tuuletusväliin. Tällöin myös tuuletusvälissä esiintyvien mikrobin aineenvaihduntatuotteet poistuvat aiheuttamatta sisäilmahaittaa. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Kapillaarikatko rakenteeseen voidaan tehdä poraamalla siihen reikiä tasaisin välimatkoin. Reiät täytetään kapillaarikatkon muodostavalla injektointiaineella. Injektointiaineen valintaan vaikuttaa rakenne ja siihen kohdistuva kosteus- ja suolarasitus. Injektointi voidaan toteuttaa paineettomana kannujen tai täyttösuppiloiden avulla tai paineellisena injektointipumpun avulla. Injektointiaine toimii siten, että se tunkeutuu rakenteen huokosiin täyttäen ne, jolloin vesi ei pääse kapillaarisesti nousemaan rakenteeseen. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

### **3.3.3 Sisäpuoliset erityiskorjausmenetelmät**

Rakenteiden lämmittämiseen on kehitetty muutamia menetelmiä. Saksassa on kehitetty ”Temperierung” (engl. Tempering)- menetelmä, jota voidaan käyttää erityisesti vanhojen, historiallisten rakennuksien kosteusvauriokorjauksiin. Menetelmässä asennetaan ulkoseinien alaosan sisäpinnan rappaukseen lämmitysputkia, jotka ovat halkaisijaltaan 12 – 22 mm. Ne lämmittävät ensisijaisesti rakennetta ja sen lämmitettyä myös sisätiloja. Lämpenemisen seurauksena rakenne alkaa kuivua, koska huokosiin mahtuu enemmän kosteutta. Kosteuden haihtumisrintama siirtyy syvemmälle rakenteeseen ja veden kapillaarinen nousu sekä suojojen kulkeutuminen rakenteen pinnalle pysähtyy. Kyseistä menetelmää on käytetty 1980-luvulta asti ja sen käyttö yleistyy koko ajan hyvien kokemusten ja tiedon leviämisen ansiosta. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Suomessa kehitetty Tulilattia- lämmitysjärjestelmä kehitettiin alun perin lämmitysjärjestelmäksi energiatehokkaksi pientaloihin. Yhteistyössä Tekesin kanssa kehitettiin SafeDrying- järjestelmä, jossa on lisäksi rakenteen kuivatusominaisuus. Järjestelmän kuivatusteho perustuu kiertävään ilmaan, joka kiertää rakenteen sisällä suljetusti kuivatuskanavistossa. Kiertävä ilma kuivataan, lämmitetään ja kierrätetään uudelleen kuivatusyksikössä. Kuivatuskanavat luovuttavat lämpöä rakenteeseen ja kerää samalla kosteutta pitäen rakenteen kuivana. Kerätty kosteus siirretään rakenteesta kanavistoa pitkin kuivatusyksikköön. Järjestelmä valvoo rakenteiden kosteutta ja ilmavirtaa, jolla saadaan varmistettua turvallinen kuivuus koko järjestelmän alalta reaaliaikaisesti. (SafeDrying n.d.)

Keski-Euroopassa EU:n tuella tehdyssä INSUMAT- tutkimuksessa kehitettiin rakennusten lämmöneristyksen sisäpuoliseen parantamiseen soveltuvia materiaaleja. Tutkimuksessa keskityttiin erityisesti hyvin vesihöyryä läpäisevää kalsiumsilikaattilevyyn. Materiaalin käytöstä oli olemassa jo ennen tutkimusta hyviä kokemuksia. Tutkimuksen tavoitteena oli kehitellä optimaalinen ratkaisu, jossa yhdistyvät sekä hyvä lämmöneristävyys, että kosteusliike nestemäisen veden ja vesihöyryn osalta. Mineraalilevypinnoitusta voidaan käyttää seinien lisälämmöneristeenä ja kosteiden rakenteiden pinnoitteena. Huokoisuutensa ansiosta kalsiumsilikaatti varastoi kondensoituvan kosteuden ja luovuttaa sen vähitellen sisäilmaan. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Sähköisiä elektro-osmoosiin perustuvia rakenteiden kuivatusmenetelmiä on kehitelty 1970-luvulta lähtien. Elektro-osmoosiin perustuvassa kuivatusmenetelmässä rakenteeseen asennetaan elektrodeja, joiden välillä kulkee jatkuvasti sähkövirta. Menetelmän käytöllä ei kuitenkaan ole kaikissa kohteissa saatu haluttua vaikutusta aikaiseksi. Viime vuosikymmenellä Yhdysvalloissa kehitettiin uusi sähköosmoosiin perustuva kuivausmenetelmä, vaihtuva sähköosmoosi. Siinä asennetaan seinärakenteen sisään anodina toimiva kaapeli ja rakenteen ulkopuolelle maaperään katodina toimiva elektrodi. Elektrodien välille aiheutetaan ajoittain suuntaa vaihtava virta, joka koostuu positiivisesta ja negatiivisesta virtapulsseista ja taukoajasta. Tämän tuloksena huokosneste virtaa yhteen suuntaan elektrodien välillä. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

## 4 KORJAUSTYÖ

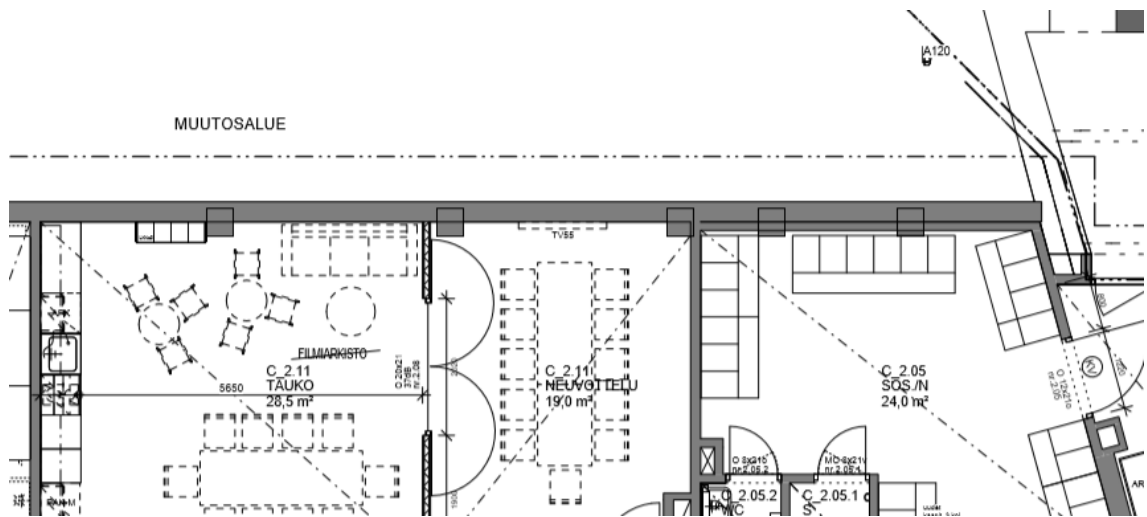
### 4.1 Korjaustyön suunnittelu

Korjaustyö suunnitellaan olemassa olevien suunnitelmien ja piirustusten pohjalta. Rakennesuunnittelutyön suorittaa Sweco. Johtuen vanhojen piirustusten vajavuudesta, joudutaan työmaalla tarkkaavaisesti seuraamaan, että ovatko tehdyt alustavat suunnitelmat toteutuskelpoisia. Työsuunnittelussa hyödynnetään työmaan työnjohtajien ammattitaitoa. Korjaustyön työmenetelmiä suunniteltaessa on otettava huomioon työmaan P1- puhtausluokitusvaatimus. P1-puhtausluokka on vaativin rakennustyömaan puhtausluokituksista ja etenkin pölynhallinta ja -poisto ovat tärkeitä ottaa huomioon. Rakennusmateriaalien on oltava päästöluokkaa M1. Rakennusmateriaalit on valittava siten, että rakenteesta tulee hyvin vesihöyryä läpäisevä. Ennen vanhan seinärakenteen purkua on selvítettävä rakenteen mahdolliset haitta-ainepitoisuudet (mm. PAH- yhdisteet ja asbesti)

#### 4.1.1 Vanha rakenne

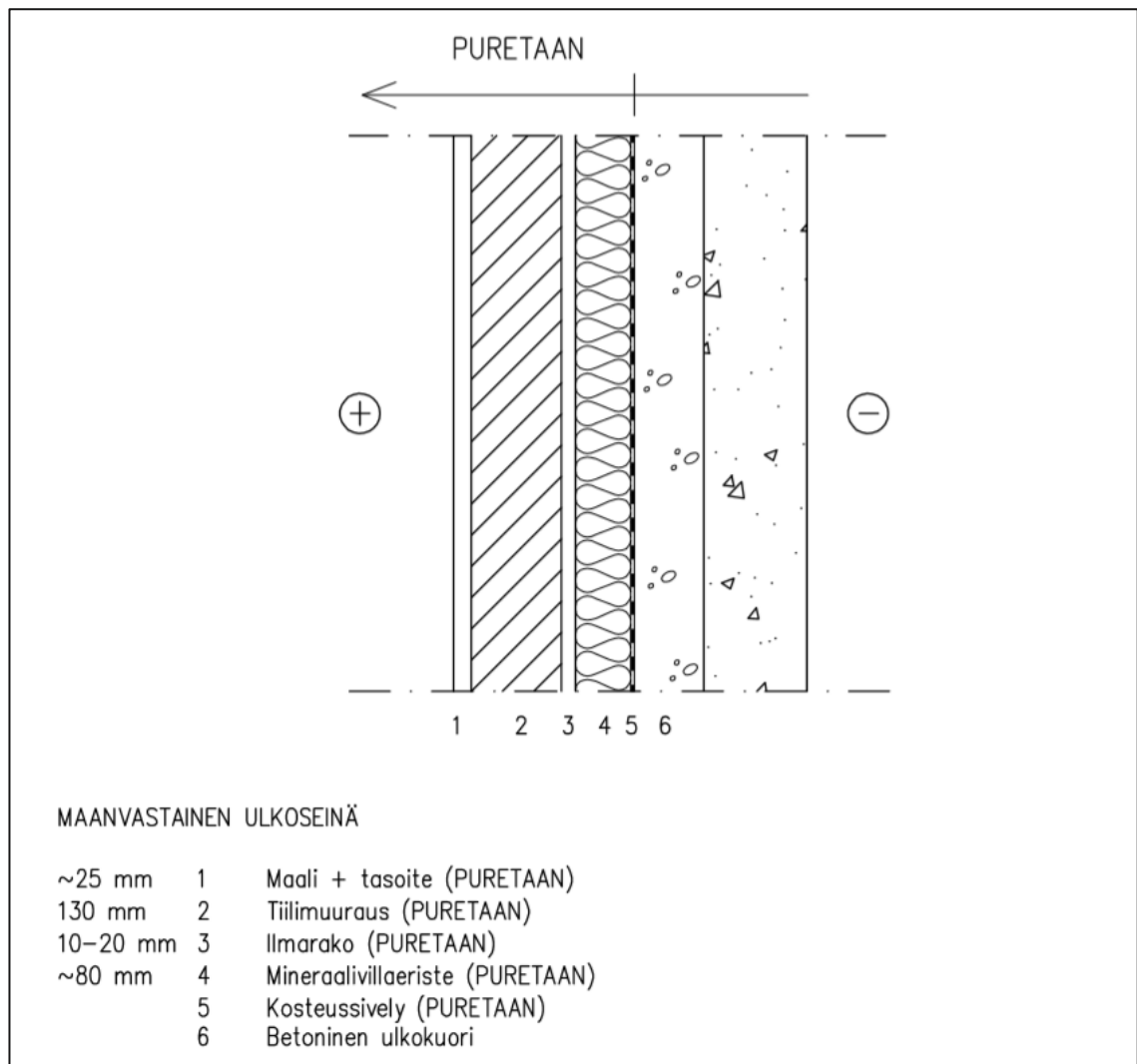
Korjattava maanvastainen seinä sijaitsee Valkeakosken sairaalan röntgenosastolla. Seinärakenne on tehty 1960- ja 1970- lukujen taitteessa. Syynä seinän korjaamiselle on röntgenosaston tiloissa havaitut sisäilmaongelmat. Seinärakenteen kantavuudessa ei ole havaittu ongelmaa. Seinän sisäpuolisina tiloina on toiminut pukuhuone, filmiarkisto ja lääkäreiden vastaanottotiloja. Korjaustyön valmistuttua seinään rajoittuvia tiloja ovat taukotila, pukuhuone, neuvotteluhuone ja lääkäreiden vastaanottotiloja. (Valutie 2018.)





KUVA 10. Maanvastaisen seinän syksyllä 2019 korjattava osuus kuvan yläreunassa. (Ahonen 2018.)

Maanvastaisen seinän kantavana rakenteena toimii betoniseinän ja sen sisäpuolelle sijoitettujen betonipilareiden ja -palkkien muodostama kokonaisuus. Kantavan betoniseinän oletettu paksuus on noin 300 millimetriä. Betonipilarit rakenteessa ovat 400 mm paksuja ja 400 mm leveitä. Betoniseinän sisäpuolelle on asennettu bitumisively kosteuseristeeksi. Seinän tiilimuurauksen ja vanhan eristeen purun jälkeen nähtiin, että kantava betonirunko oli toisessa tilassa melko kuiva ja toisessa tilassa hieman kostea, joten voidaan olettaa, että seinän ulkopinnassa on jonkinlainen kosteussulku. Bitumisivelyyn kiinni on asennettu noin 80 mm paksu mineraalivillaeriste. Sisäverhouksena rakenteessa on tasoitettu ja maalattu tiilimuuraus. Tiilimuurauksen ja mineraalivillan välissä on ilmaraiko. Asbestikartoituksessa seinän pintamaalista ja -tasoitteesta löydettiin asbestia.



KUVA 11. Maanvastaisen seinän purkurakennetyyppi. (Mäcklin 2018.)

#### 4.1.2 Korjaustapa

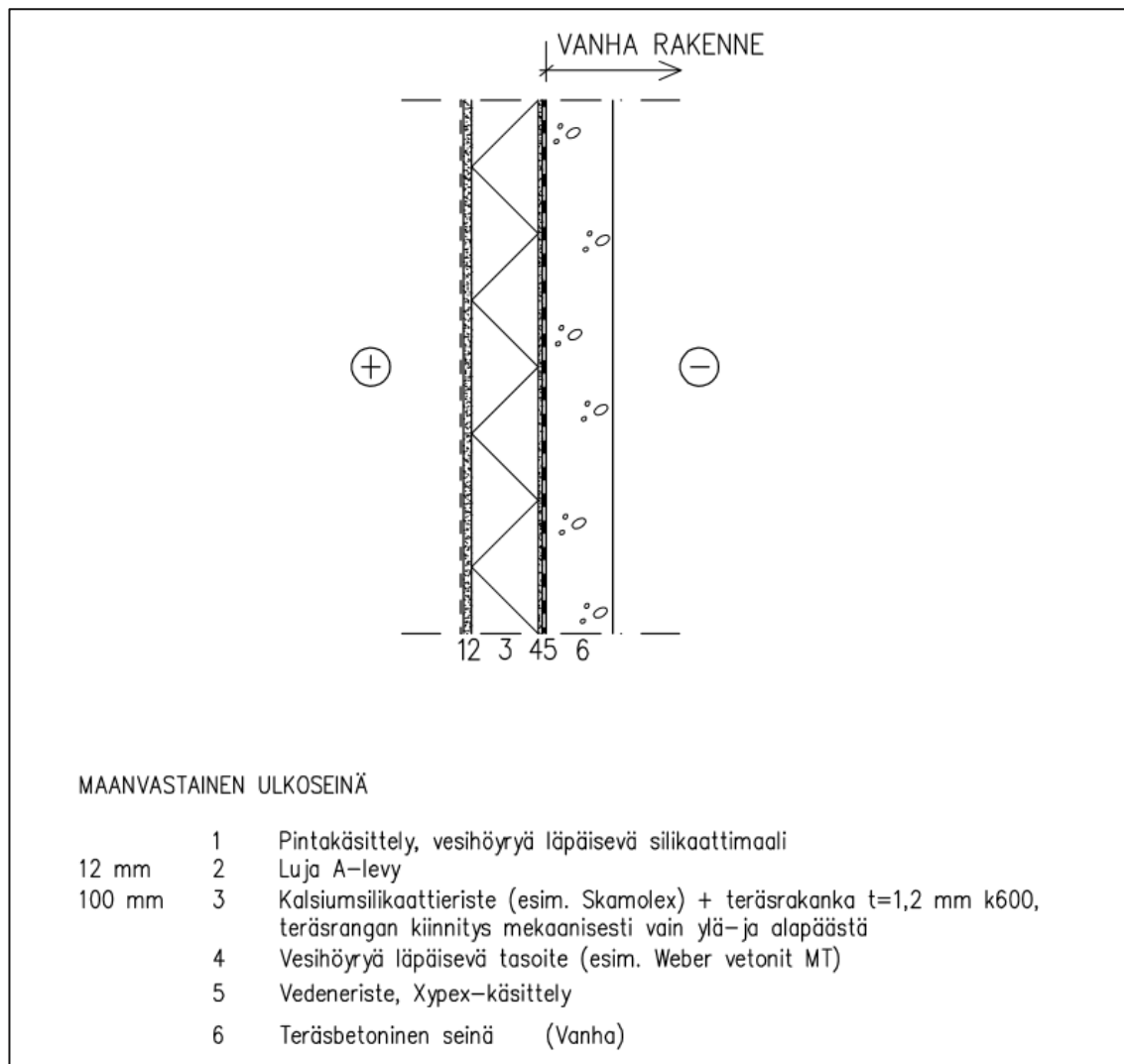
Seinän korjaustyö suoritetaan sisäpuolisena. Seinän ulkopuolella on sairaalan pääovi ensiapuun ja ambulanssipaiikka. Tästä johtuen kaivannon tekeminen ulkopuolista korjausta varten ei ole mahdollista.

Seinärakenne puretaan kantavaa osaa lukuun ottamatta kokonaisuudessaan. Seinän pintatasoitteesta löydettiin asbestia, joten sen purku toteutetaan aliurakoitsijan toimesta asbestipurkuna. Sisäpuolinen bitumisively poistetaan haitta-ainepurkuna, purkualue osastoiden ja työskennellessä ylipainemaskia ja suojapukua käyttäen.

Työalue sijaitsee sairaalan käytössä olevalla alueella, joten purkutyössä pyritään käyttämään mahdollisimman vähän melua ja tärinää tuottavia työmenetelmiä. Työalueella on käytössä merkkivalo, joka palaa CT -kuvauksen ollessa käynnissä. Tällöin tärinää ei saa tuottaa ollenkaan. Jos työssä joudutaan käyttämään runsaasti tärinää tuottavia menetelmiä, kuten piikkausta, ilmoitetaan siitä käyttäjille etukäteen.

Toteutettava seinärakenne poikkeaa hieman alun perin suunnitellusta rakenteesta (kuva 12). Alkuperäisessä suunnitelmassa teräsrankat oli suunniteltu asennettavaksi suoraan betonirakenteeseen ja silikaattilevyt muurattavaksi niiden väliin. Seinän pinnan epätasaisuuden ja asennustyön helpottamisen vuoksi päätettiin muurata silikaattilevyt suoraan betoniseinään kiinni ja asentaa teräsrankarakenne niiden päälle. Silikaattilevytyksen ja teräsrankaan kiinni asennettavan Luja-levytyksen väliin jäävän ilmaraon tuuletus hoidetaan siten, että levytys ulotetaan vain hieman yli alakaton alapinnan, jolloin väli pääsee tuulettamaan alakaton yläpuolelle.

Vanhan bitumisivelyn tilalle tehdään uusi vedeneristys- ja kapillaarikatkokäsittely. Seinän liitoksista tehdään tiiviit kapseloimalla ne. Vedeneristysten ja kapselointien päälle muurataan lämmöneristekerros. Lämmöneristelevytystä vasten asennetaan teräsrankarakenne. Teräsrankoihin ruuvataan levyrakenne, joka taimitetaan ja maalataan. Laajemmin rakenteen työn suunnittelusta on tehtäväsuunnitelmassa liitteessä yksi (1).



KUVA 12. Maanvastaisen seinän suunniteltu uusi rakenne. (Valutie 2018.)

## 4.2 Materiaalit

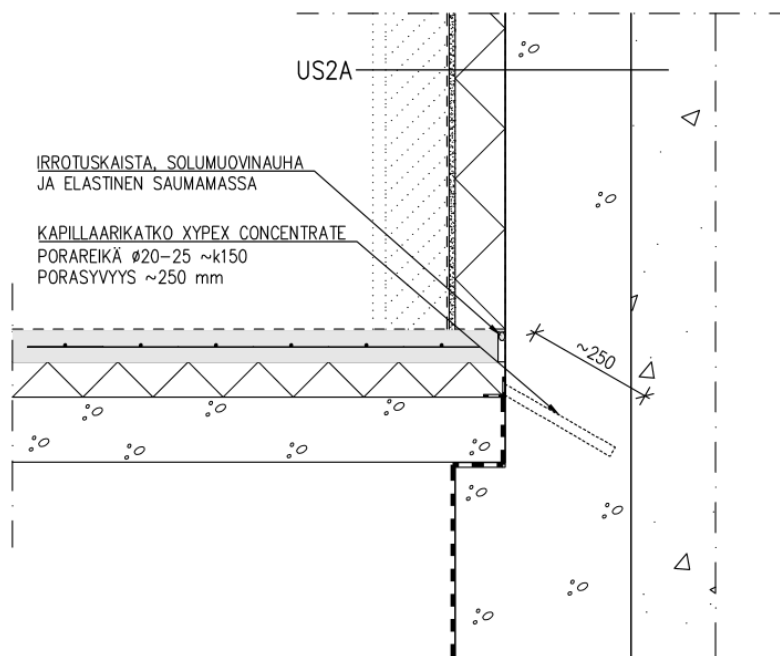
Kaikki rakenteeseen suunnitellut materiaalit ovat hyvin vesihöyryä läpäiseviä. PSHP:n ohjeistuksen mukaisesti käytetyt rakennustuotteet ovat M1 -päästöluokiteltuja.

### 4.2.1 Xypex Concentrate

Xypex Concentrate on sementtipohjainen laastituote. Se asennetaan mattakosteaan, puhtaan betonirakenteen pinnalle. Mitä kosteampi käsiteltävä rakenne on, sitä paremmin tuotteen teknologia toimii. Xypex Concentraten käyttöalueita ovat

betonirakenteiden kapillaarikatkot, tiivistäminen, vedeneristys sekä kemikaaleja vastaan suojautuminen. (Sulin Oy n.d.)

Kohteessa käsittelyitä tehdään kahdella eri tavalla, porareikä- ja pinta-asennuksena. Porareikäkäsittelyssä porataan seinän alaosaan reikiä ja ne täytetään Xypex Concentrate -jauheen ja veden muodostamalla liuoksella. Käsittelyn tarkoituksena on täyttää betonirakenteen huokokset ja estää veden kapillaarinen nousu alapohjasta. Pintakäsittelyssä Xypex Concentrate -massa levitetään koko seinän alalle tasoituksen tapaan kahteen kertaan. Pintakäsittelyn tarkoituksena on toimia vedeneristeenä seinän ulkopuolelta tulevaa kosteutta vastaan. (Sulin Oy n.d.)



KUVA 13. Detaljikuva kapillaarikatkoasennuksesta. (Valutie 2018.)

Xypex tuotteiden tarkoituksena on saada koko betonirakenne vesitiiviiksi. Tuotteissa on epäorgaanisia vaikuttaja-aineita, jotka hakeutuvat rakenteeseen tiivistäen sitä lisäämällä rakenteen kemiallista kestävyyttä ja silloittamalla hiushalkeamia. Tuote reagoi aina, kun kosteutta pääsee rakenteeseen. (Sulin Oy n.d.)

Xypex Concentraten toimintaa on testattu kokein. Kokeessa tuotetta asennetaan vedenpaineen negatiiviselle puolelle ja verrataan rakenteen kuivumista kosteana

pidettyyn, kuivaan vertailukappaleeseen, johon ei ole tehty Xypex Concentrate-käsittelyä. (Sulin Oy n.d.)

Kokeen lähtökohtana oli uudiskohde, jonka maanvastaiset kellarin seinät olivat ulkopuolisesta, bentoniitilla toteutetusta eristyksestä huolimatta vuotaneet. Rakennuttaja halusi vakuuttua Xypex Concentraten kyvystä tiivistää rakenne sisäpuolisena käsittelynä siten, ettei ulkopuolelta tuleva kosteus pääsisi vaurioittamaan rakennetta. (Sulin O n.d.)

Koetta varten valmisteltiin 3 x 3 kpl testikappaleita, jotka tehtiin mahdollisimman paljon kellarin seinää muistuttaviksi. Betonin lujuusluokaksi valittiin C20/25. Kappaleiden paksuus oli 220 mm (sama kuin kellarin seinän paksuus). Yhteen 28:n vuorokauden ikäiseen kolmen kappaleen joukkoon asennettiin Xypex Concentrate valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kahta muuta joukkoa ei käsitelty. (Sulin Oy n.d.)

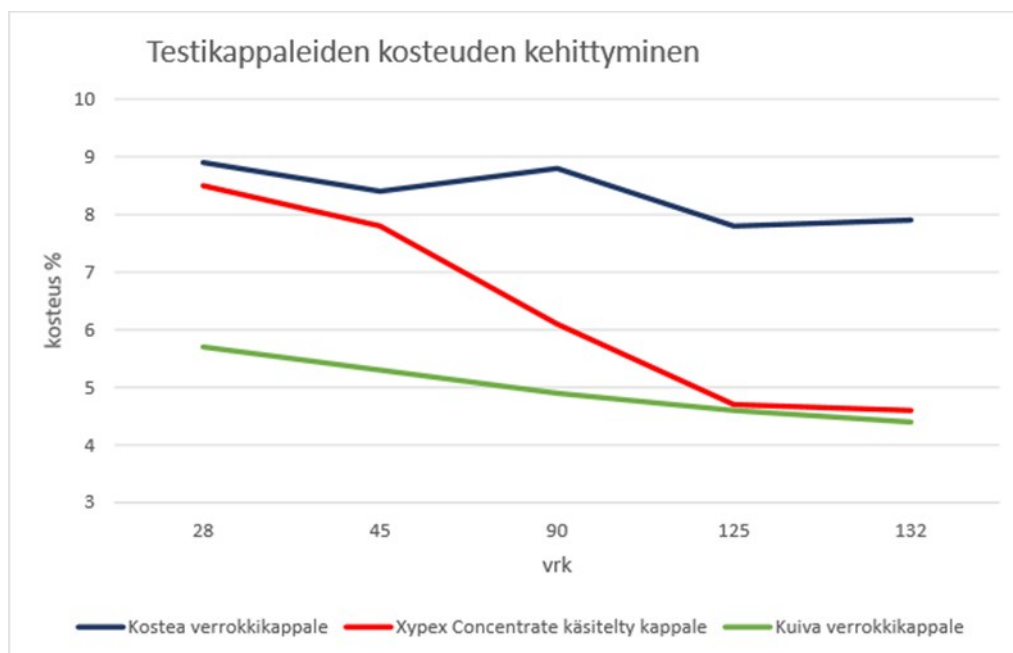
Kokeessa simuloitiin rakennukseen kohdistuvaa kosteusrasitusta asentamalla koekappaleiden yhdelle sivulle säiliö, jossa oli vettä. Veden määrää pystyttiin lisäämään säiliöön asennetun putken avulla. Säiliöt kiinnitettiin kaikkiin Xypexillä käsiteltyihin kappaleisiin sekä kolmeen verrokkikappaleeseen. Kolmas joukko (käsittelemätön) jätettiin ilman kosteusrasitusta. Käsitellyissä objekteissa säiliö sijoitettiin sen käsitellyn sivun vastakkaiselle sivulle, jotta simulointi sisäpuolisen käsittelyn vaikutuksesta ulkopuolista kosteutta vastaan saatiin aikaiseksi. (Sulin Oy n.d.)

Lisäksi kappaleisiin porattiin 2 kpl 6mm leveää reikää, 90 mm päähän toisistaan. Reikien kautta tutkittiin kappaleen kosteutta betonin sähkönjohtavuuden avulla. (Sulin Oy n.d.)

Kosteus mitattiin kappaleen vastuksesta johdettuna 28, 45, 90, 125 ja 135 vuorokautta kappaleiden valmistuksen jälkeen. Testin loppuessa kappaleet hajotettiin hydraulisella puristimella ja jokaisesta otettiin koepalat kohdista, joissa vastanturit sijaitsivat. Koepalat punnittiin heti ja ne jätettiin kuivumaan viikon ajaksi 105-asteiseen uuniin. Viikon jälkeen ne punnittiin uudelleen niiden todellisen vesimäärän selvittämiseksi. (Sulin Oy n.d.)

TAULUKKO 1. Kappaleiden kosteussisältö mitattuna 30-40 mm etäisyydeltä kosteusrasituksen puolelta. (Sulin Oy n.d.)

Sarja	Altistus	Kappale no.	Kappaleen kosteus (%)									
			28 vrk		45 vrk		90 vrk		125 vrk		132 vrk	
C25/30 Ilman käsittelyä	vesi	1	8,9	8,9	7,8	8,4	9,1	8,8	7,5	7,8	7,8	7,9
		2	8,9		8,7		8,5		7,7		8,3	
		3	9		8,8		8,9		8,1		7,5	
C25/30 Xypex Concentrate käsittely	vesi	1	8,8	8,5	8	7,8	6,6	6,1	4,1	4,7	4,3	4,6
		2	8,7		7,8		5,9		4,1		4,5	
		3	8,1		7,7		5,8		5,9		5,1	
C25/30 Ilman käsittelyä	kuiva	1	5,1	5,7	4,8	5,3	4,7	4,9	3,8	4,6	3,6	4,4
		2	6,1		5,9		5,1		5,2		5,2	
		3	5,9		5,1		4,8		4,8		4,4	



KUVA 14. Kappaleiden kosteussisällön muutokset mittausjakson aikana. (Sulin Oy n.d.)

Tutkimus osoittaa, että tuote tiivistä kyseisissä olosuhteissa kappaleen veden tunkeutumista vastaan, vaikka se asennettiin kosteuslähteeseen nähden vastakkaiselle puolelle. Xypexillä käsitellyn kappaleen suhteellinen kosteus oli sama, kuin kuivassa olleen kappaleen. Kappaleen täydelliseen tiivistymiseen meni 125 vuorokautta aikaa. (Sulin Oy n.d.)

#### 4.2.2 TKR -pinnoite

TKR -pinnoitteet ovat kasviöljypohjaisia, kaksikomponenttisia materiaaleja, jotka muodostavat rakenteeseen vesitiiviin kalvon. Pinnoitteet ovat liuotteettomia ja hajuttomia. Pinnoitteita voidaan käyttää metalleille, puumateriaaleille sekä useimmille sementtipohjaisille tuotteille. TKR -pinnoitteet ovat kutistumattomia, elastisia ja antistaattisia aineita, jotka suojaavat käsiteltävää pintaa kosteudelta, kulumiselta, korroosiolta, syöpymiseltä sekä iskuilta. (TKR-Marketing Oy n.d.)

Vedeneristeen kuivuttua kaikki seinärakenteen liitoskohdat (seinä – lattia, seinä – pilari, seinä – palkki, palkki – pilari ja lattia – pilari) käsitellään TKR -kapselointiaineella. Isommat halkeamat käsitellään liimatiivistemassalla ennen kapselointia, koska kapselointiaine valuisi muuten raoista käsiteltävän rakenteen sisään. Kapselointiaine asennetaan kolmena eri kerroksena (peruspinnointe ja kaksi hyytelökerrosta) ja se tekee liitoksista tiiviit. Hyytelöaineilla on korkeampi viskositeetti kuin peruspinnointeella ja niitä käytetään kerrospaksuuden lisäämiseen. TKR -aineet voidaan asentaa esimerkiksi pensselillä tai lastalla. (TKR-Marketing Oy n.d.)

#### 4.2.3 Kalsiumsilikaattilevy

Vesieristettyyn pintaan muurataan kalsiumsilikaattilevyt eristeeksi. Kalsiumsilikaattilevy on hyvin huokoinen, 100 mm paksu levy, joka muurataan liimalaastilla kantavaan seinään kiinni. Levy toimii lämmöneristeenä ja päästää hyvin vesihöyryä läpi. Silikaattilevytyksen päälle asennetaan teräsrangan rakenne k400-jalalla. Viimeisenä pintaan asennetaan Luja A -levyt, jotka tasoitetaan ja maalataan silikaattimaalilla. Luja -levytyksen ja silikaattilevytyksen väliin jäävän ilma- raon tuuletus hoidetaan jättämällä Luja -levytys vain hieman alakaton alapinnan yläpuolelle, jolloin rako pääsee tuulettumaan alakaton päälle.



### 4.3 Pölynhallinta

Työalue sijaitsee keskellä ympäri vuorokauden käytössä olevaa osastoa, joten pölynhallinnasta huolehtiminen on tärkeä osa työskentelyä. Työmaa on puhtausluokitukseltaan tasoa P1. Työmaan pölynhallintaa käydään arvioimassa ja mittaamassa kahden viikon välein Rambollin toimesta. Mittauksessa käydään silmä-määräisesti läpi muiden muassa irtolian ja rakennuspölyn määrä työalueella, työalueen alipaineistus, työalueen suojaseinien tiiveys ja työalueen ulkopuolen rajapintojen puhtaus.

Työalue rajataan suojaseinin omaksi palo-osastokseen ja se alipaineistetaan kokonaisuudessaan kolmella Pullman Ermator A2000 -ilmanpuhdistimella. Yksi ilmanpuhdistin poistaa tilasta 2000 m<sup>3</sup> ilmaa tunnissa. Kaksi näistä sijoitetaan tiloihin, joissa maanvastaista seinää on. Poistoilma johdetaan rakennuksen ulkopuolelle putkia pitkin.

Maanvastaista seinää purettaessa työalueiden oviaukkoihin asennetaan muovisäleet, jotta tilassa leijaileva pöly ei pääse leviämään muualle työalueelle. Ilmanpuhdistimien suodattimia sekä tilan pintoja imuroidaan säännöllisesti. Lisäksi työalueen ovien sisäpuolelle laitetaan tarramatot ja ulkopuolelle vaihtomatot, jotta pölyä ei pääse leviämään sairaalan käytössä olevalle puolelle kengän pohjissa ja kottikärryjen renkaissa purettua materiaalia roskalavalle viedessä. Purkutyötä tehdessä työntekijöiden on käytettävä hengityssuojaimia tai ylipainemaskeja.

### 4.4 Dokumentointi

Maanvastaisen seinän syksyn 2019 aikana korjattava osuus dokumentoidaan valokuvaamalla. Jokainen työvaihe ja seinässä käytetyt materiaalit valokuvaataan ja kuvien työvaiheita ja tapahtumia avataan laajemmin tekstein. Valmis dokumentaatio arkistoidaan hankkeen SokoPro -projektipankkiin sekä rakennusliikkeen, että työn tilaajan käytettäväksi. Dokumentaatio on opinnäytetyön liitteessä kaksi (2).



KUVA 15. Esimerkkikuva TKR -tiivistyksen dokumentaatiosta.



KUVA 16. Esimerkkikuva silikaattilevytyksen ja teräsrankarakenteen asennuksen dokumentaatiosta.

## 5 RAKENNUSFYSIKAALINEN POHDINTA RAKENTEESTA

Korjaustyön syynä olleiden sisäilmaongelmien vuoksi oli syytä epäillä, että ole-massa oleva rakenne toimii kosteusteknisesti heikosti. Epäilynä oli, että seinään pääsisi nousemaan kosteutta kapillaarisesti alapohjan kautta, sillä saman ra-kennuksen eräessä toisessa kohdassa, josta alapohja avattiin ja korjattiin, ei ol-lut lainkaan kapillaarikatkokerrosta. Uuden rakenteen tarkoituksena on estää te-hokkaammin kosteuden pääsy rakenteeseen. Myös rakenteeseen mahdollisesti pääsevä kosteus on saatava kulkeutumaan pois rakenteesta.

Lämmön suhteen rakenteessa ei oltu havaittu olevan ongelmia, joten rakenteen lämmöneristävyyden arvoa ei ole tavoitteena kasvattaa.

### 5.1 Vanha rakenne

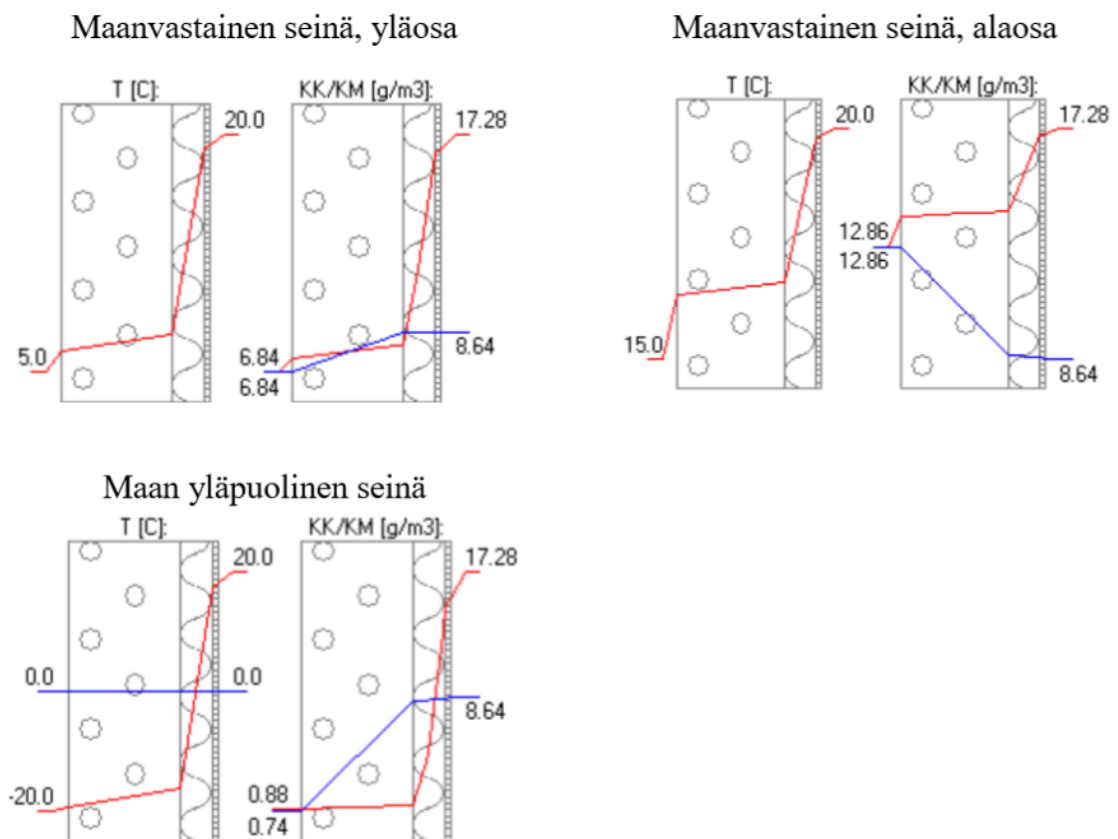
Vanhan rakenteen sisäpinnan tiilivuorauksen, lämmöneristeen ja bitumisivelyn purkamisen jälkeen havaittiin, että seinän betonirakenne on hieman kostea. Tästä voidaan päätellä, että seinässä ei ole ollenkaan tai on puutteellinen ulko-puolinen kosteudeneriste. Mineraalivillakerrokseen kosteutta ei ollut päässyt, mistä voidaan todeta, että sisäpuolinen vedeneristys on toiminut. Mikrobivauriota rakenteessa ei ollut silminnähdessä havaittavissa. Veden- ja lämmöneristeen sekä tiilimuurauksen väliselle ilmaraoille ei oltu tehty erillistä tuulettumisreittiä.

### 5.2 Uusi rakenne

Uuden rakenteen kosteusteknisessä toiminnassa on otettu huomioon sekä kapil-laarinen vedennousu alapohjan kautta, että veden siirtyminen diffuusiolla. Pora-reikäkatko estää veden nousun betonirakenteen huokosia pitkin ja pintakäsittely estää veden siirtymisen seinärakenteeseen diffuusiolla. TKR -kapselointi tukkii rakenteen liittymäkohdat. Asennustyön onnistuessa rakenteen ei pitäisi päästää kosteutta haitallisesti rakenteen sisäpintaan eikä huonetilaan. Rakennekosteus sekä rakenteeseen mahdollisesti muuten pääsevä kosteus päästään poistamaan

hyvin vesihöyryä läpäisevillä rakennusmateriaaleilla. Rakenteessa lämmöneristeenä käytetty kalsiumsilikaattilevy on kosteusteknisesti hyvin aktiivinen, huokoinen tuote ja kaikki käytetyt pintakäsittelytuotteet ovat vesihöyryä läpäiseviä.

Ilman ulkopuolista lämmöneristettä 100 mm paksua silikaattilevyä käytettäessä seinään syntyy kuvassa 17 osoitetuissa tarkastelulämpötiloissa kastepiste. Talvikuukausina seinän yläosassa on riski, että kosteus tiivistyy rakenteeseen. Kastepisteen muodostuminen rakenteeseen ei kuitenkaan tarkoita, että seinään muodostuisi kosteusvaurioita, jos rakenteeseen päässyt kosteus pääsee kuivumaan. Kalsiumsilikaattilevyn yksi hyvistä ominaisuuksista on sen veden imukyky. Se varastoi vettä sisäänsä ja luovuttaa sitä vähitellen kuivempaan sisäilmaan. Rakenteen toimivuus edellyttää, että eristemateriaalin veden imukyky on parempi kuin viereisen betonin. (Tuominen 2018, 43-44.)



KUVA 17. Dof Lämpö -ohjelmalla tuotetut kosteus- ja lämpökäyrät 100 mm paksussa kalsiumsilikaattilevyssä. (Tuominen 2018, 45.)

Rakenne täytyy saada tuuletettua, koska pintaan asennettu Luja -levy ei päästä niin hyvin vesihöyryä läpi, kuin silikaattilevy. Rakenteessa on 66 millimetriä paksu ilmarako. Ilmarako pääsee tuulettumaan alakaton yläpuolelle.

Lämmöneristeenä käytetyn kalsiumsilikaattilevyn U-arvo on 0,042 W/mK. 100 mm paksu levy riittää yhdessä muun rakenteen kanssa täyttämään rakenteen lämmöneristysvaatimukset.

### **5.3 Mahdollisia riskitekijöitä**

Maanvastaisen seinän rakenne on suunniteltu siten, että se estää kosteuden haitallisen pääsyn rakenteen sisälle ja sisätilaan, eristää lämpöä tarpeeksi ja pääsee tuulettumaan riittävästi. Suurin riski rakenteessa on valittujen materiaalien vaikea ja tarkkuutta vaativa asennustapa ja sitä kautta materiaalien oikein toimiminen.

Xypex Concentrate -massan pitäisi olla hyvin betonirakenteen ilmahuokokset täyttävä aine, joka estää veden kapillaarisen nousun alapohjan kautta. Ei ole kuitenkaan olemassa absoluuttisen tarkkaa indikaattoria siitä, että porareikään kaadettu aine täyttää kaikki rakenteen huokokset. Betonirakenteesta voitaisiin ottaa koepaloja, joista nähtäisiin rakenteen huokosten täytyminen. Tähän ei työmaan kiireellisen aikataulun vuoksi ollut aikaa. Suunnitelmissa ei oltu määritelty tuotteelle muuta laadunvarmistustoimenpidettä kuin silmämääräinen katselmus. Kantavan betonirakenteen pintaan asennetun Xypex Concentrate -sivelyn pitäisi pitää rakenteen sisäpuoli kuivana, vaikka kosteutta jostain syystä pääsisi-kin nousemaan betonirakenteeseen.

Lämmöneristeenä käytetty silikaattilevy on hauras, huokoinen rakennuslevy, joka toimii oikein vain ollessaan yhtenäinen ja ehjä. Haurautensa vuoksi se voi mennä helposti rikki esimerkiksi teräsrankarakennetta ja Luja -levytystä asennettaessa. Jos silikaattilevy rikkoutuu, jää lämmöneristekerrokseen kylmäsilta sekä kohta, jossa silikaattilevyn kapillaarinen aktiivisuus ei toimi. Tämä viilentää rakenteen lämpötilaa ja täten hidastaa mahdollisen rakenteeseen päässeen kosteuden haihtumista.

Korjattavan maanvastaisen seinän reunakohdissa jatkuu korjaamaton seinärakenne, jossa veden kapillaarinen nousu on yhä mahdollista. Seinien liitosten kapselointiin käytetyn TKR -pinnoitteen pitäisi estää veden pääsy maanvastaisen seinän puolelle edellyttäen, että aine toimii oikein.

TKR -tiivistysten tiiveyttä voidaan testata merkkiainekokein silloin, kun rakenne on tiivistetty kauttaaltaan. Merkkiainekoe suoritetaan, kun rakenne on tiivistetty, mutta pintarakenteita ei ole vielä tehty. Kokeessa ulkoseinän eristetilaan tai alapohjaan laitetaan kaasuseosta ja huoneesta mitataan merkkiaineen määrä merkkiaineanalysointilaitteella. Merkkiaineena käytetyn kaasun täytyy olla sellaista, jota ei esiinny luonnossa. (Mäcklin 2018.)

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Maanvastaiset seinät ovat suuren kosteuden tuoman paineen alla. Maanvastaiset seinät ovat riskirakenteita. Kyseisissä rakenteissa riskikohtia ovat muiden muassa veden- ja lämmöneristeet, maan pinnan kaadot ja salaoitusjärjestelmät.

Varmin korjaustapa maanvastaisille seinille olisi ulkopuolinen korjaustapa, jossa tarkastetaan seinän ulkopuolinen toiminta, kuten salaoitus, maan pinnan kaadot sekä ulkopuolinen vedeneristys. Ulkopuolinen vedeneristys on sisäpuolista vedeneristystä luotettavampi, koska tällöin kosteus ei diffuusiolla pääse rakenteeseen sisälle. Myös lämmöneristys olisi hyvä asentaa ulkopuolisena, koska se suojaa rakenteen vedeneristystä esimerkiksi rikkoutumiselta. Ulkopuolinen korjaustapa suunnitellussa rakenteessa ei ollut mahdollinen, koska seinän ulkopuolella on sairaalan pääsisäänkäynti ja ambulanssipaiikat.

Sisäpuolista korjausta tehtäessä on huolehdittava siitä, että rakenteeseen mahdollisesti pääsevä kosteus ei tuota haittaa rakenteelle tai sisäilmalle. Kosteuden haitallinen tunkeutuminen rakenteeseen on estettävä yhtenäisellä vedeneristyksellä ja rakenteen tuulettumisen järjestämisestä on huolehdittava.

Seinärakenteen korjaustyö sujui hyvin. Seinärakennetta jouduttiin työn aikana muuttamaan hieman työn sujuvuuden helpottamiseksi, mutta rakenteen toiminta pysyi samana. Tehdyn muutoksen vuoksi rakenne pääsee tuulettumaan hieman paremmin kuin alun perin suunniteltu rakenne. Rakenteessa käytettävät materiaalit asennettiin materiaalivalmistajien ohjeiden mukaisesti.

Seinän korjaustyö saatiin tehtyä silmin nähden onnistuneesti tehtyjen rakennesuunnitelmien sekä tässä työssä esitetyn tehtäväsuunnitelman mukaisesti. Riskipaikoiksi jäivät kuitenkin maanvastaisen seinärakenteen viereiset rakenteet, joista kosteus voi edelleen päästä nousemaan kapillaarisesti muihin seinärakenteisiin. Työssä käytetyt materiaalit, kuten Xypex Concentrate ja TKR -kapselointiaineet ovat työstöltään monivaiheisia ja erittäin tarkkaavaisesti asennetta-

via tuotteita. Tuotteiden monivaiheisuus lisäsi huomattavasti seinän korjaustyöhön käytettävää aikaa, mutta korjaustyö saatiin kyseisen työvaiheen aikataulussa valmiiksi.

Opinnäytetyössä esitelty korjaustyö olisi helpompi toteuttaa, jos olisi olemassa kalsiumsilikaattilevyä vastaava tuote, joka olisi hieman kestävämpi, seinäkapselointiaine, jonka sekoitus ja työstö eivät olisi niin tarkkaa kuin TKR -aineilla sekä Xypex Concentratea vastaava aine, jonka jälkihoito voitaisiin hoitaa nopeammin. Olemassa olevilla käytetyillä tuotteilla korjaustyö saatiin kuitenkin suoritettua ja niillä saatiin seinä kosteus- ja lämpöteknisesti oikein toimivaksi.



## LÄHTEET

Ahonen, M. 2018. VALS Röntgenin muutokset projektipankki.

Fise Oy. 2018. Kellarin seinän sisäpuolisen lämmöneristyksen vaurioituminen. Luettu 15.9.2019. <https://fise.fi/virhekortti/kellarin-seinan-sisapuolisen-lammoneristyksen-vaurioituminen/>

Hengitysliitto ry. Hometalkoot. Luettu 6.9.2019. <https://hometalkoot.fi/kerrostalo>

Mäcklin, J. 2018. VALS Röntgenin muutokset projektipankki. Korjaustyöselostus.

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

Neuvonen, P. 2006. Kerrostalot 1880-2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennusliike J. Malm Oy. Yritys. Luettu 1.11.2019. <https://jmalm.fi/#yritys>

SafeDrying Oy. Toimintaperiaate. Luettu 15.11.2019. <https://www.safedrying.fi/safedrying/toimintaperiaate1>

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Kellarin seinät. Luettu 13.9.2019. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Kellarin-seinat>

Sulin Oy. Tutkimus Xypex Concentraten tiivistävästä vaikutuksesta. Luettu 15.11.2019. <https://www.sulinoy.fi/files/Xypex%20-%20Xypex%20Concentrate%20toiminta%20siveltynä%20negatiivisen%20vedenpaineen%20puolelta.pdf>

Sulin Oy. Xypex Concentrate. Luettu 15.11.2019. <https://www.sulinoy.fi/fi/tuote/ratkaisut/betonirakenteet/uuden-betonirakenteen-vedeneristaminen/Xypex+Concentrate/xypex-concentrate>

TKR-Marketing Oy. TKR Pinnoittaminen. Luettu 15.11.2019. <http://www.tkr.fi/tuotteet/pinnoittaminen>

Tuominen, H. 2018. Kellarin seinän lisälämmöneristäminen: 1940-1970-lukujen kerrostalot ja julkiset rakennukset. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Valutie, V. 2018. VALS Röntgenin muutokset projektipankki. Rakennetyypit.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. 2017. Ympäristöministeriö. Luettu 4.10.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782#Pidp446966672>

## **LIITTEET**

Liite 1. Tehtäväsuunnitelma

Opinnäytetyössä tehty tehtäväsuunnitelma on poistettu julkaistavasta versiosta

Liite 2. Dokumentaatio

MAANVASTAISEN SEINÄN KORJAUKSEN DOKUMENTAATIO  
VALS RTG Vaiheen 2 alue

Ati Mäkelä  
9.11.2019

## SISÄLTÖ

1. VANHA RAKENNE JA PURKUVAIHE. ....	3
2. VEDENERISTYS JA KAPILLAARIKATKO. ....	5
3. TIIVISTYKSET. ....	8
4. UUDEN SEINÄRAKENTEEN ASENNUS. ....	10

## 1. VANHA RAKENNE JA PURKUVAIHE



KUVA 1. Tilanne ennen purkutöiden aloittamista.



KUVA 2. Seinärakenne asbestipurkuna suoritettun hionnan jälkeen.



KUVAT 3, 4 ja 5. Puretun tiilimuurauksen takana oli ilmarako ja mineraalivilla. Ylhäällä oikealla oleva kuva on otettu uuden pukuhuoneen puolelta, jossa ilmarako oli noin 400 mm paksu (tiilimuuraus oli tehty pilarin sisäpintaan asti). Mineraalivillan takana näkyy vanha bitumisively (kosteuseriste), joka hiottiin pois haitta-ainepurkuna.

## 2. VEDENERISTYS JA KAPILLAARIKATKO



KUVAT 6 ja 7. Porareiät kapillaarikatkon asentamista varten porattiin 150 mm välein seinän alareunaan, hieman viistosti alaspäin. Reiät ovat pituudeltaan n. 250 mm pitkiä ja halkaisijaltaan 20 mm. Reiät täytettiin Xypex Concentrate -liuoksella.



KUVA 8. Täytetty porareikä. Liuos tunkeutuu porareiän kautta betonin huokosiin estäen veden kapillaarisen nousun.





KUVA 9. Maanvastainen seinä ensimmäisen Xypex Concentrate -pintäkäsittelykerroksen jälkeen. Vedeneriste levitettiin mattakosteaan seinään kahtena kerroksena, jonka jälkeen sitä jälkihoidettiin kolme vuorokautta sumutuskastelulla. Seinäpinta tehtiin vedeneristemassalla tasaiseksi, joten erillistä pohjatasoitetta ei tarvittu.

### 3. TIIVISTYKSET



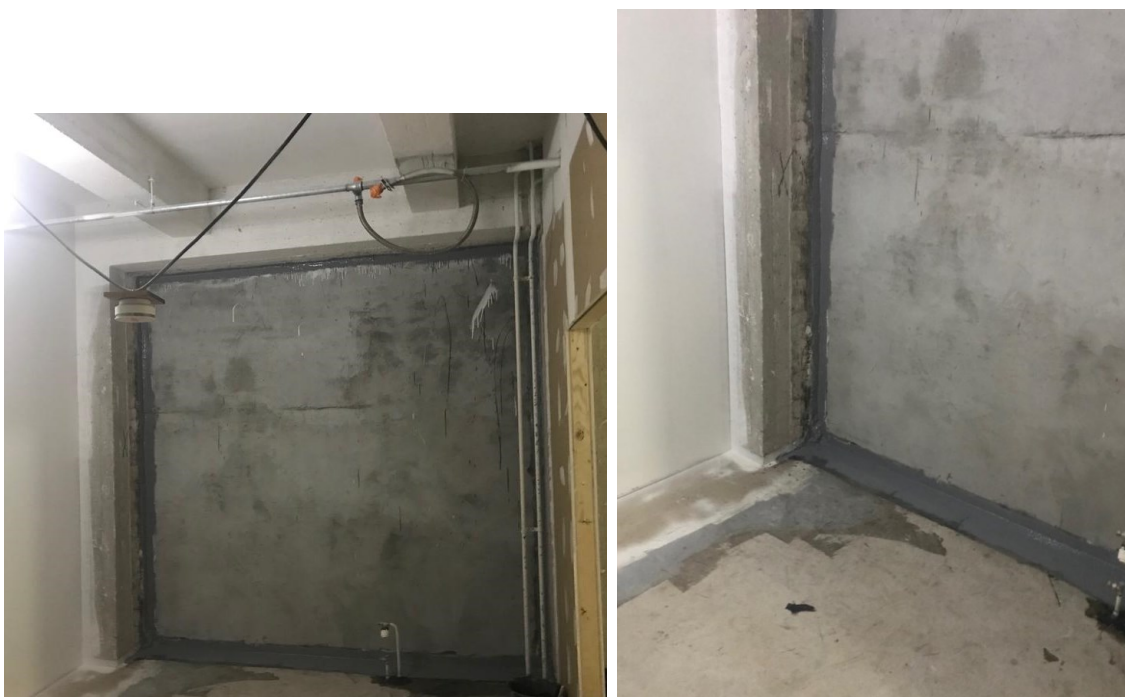
KUVAT 10 ja 11. Ennen kapselointia kaikki liittymäalueet käytiin läpi liimativistemassalla isoimpien rakojen tukkimiseksi.



KUVAT 12 ja 13. Liittymäkohtiin asennettu ensimmäinen kerros kapselointiainetta (väritön TKR -pohjapinnoite). Kapselointikerrokset ulotettiin  $\geq 30$  mm liittymäkohdista kumpaankin suuntaan.



KUVAT 14 ja 15. Toisena kerroksena kapseloinnissa asennettiin valkoinen Hyytelö 2 -kerros. Hyytelökerroksia asennettiin kaksi, ensimmäinen valkoisella aineella ja toinen harmaalla aineella, jotta voidaan visuaalisesti varmistua aineen peittävän kapseloitavan alueen kokonaan.



KUVAT 16 ja 17. Viimeinen kapselointikerros, harmaa Hyytelö 2, on asennettu.

#### 4. UUDEN SEINÄRAKENTEEN ASENNUS



KUVAT 18 ja 19. Tiivistys- ja vedeneristystöiden valmistuttua ja tarpeeksi kuivuttua seinään muurattiin liimalaastilla kalsiumsilikaattilevyt lämmöneristeeksi. Silikaattilevyn päälle asennettiin teräsrankarakenne, jaolla k400.



KUVA 20. Teräsrankoihin asennettiin kiinni Luja A -levyt. Levytys tehtiin vain hieinan alakaton alapinnan yläpuolelle, jotta kalsiumsilikaattilevyn ja Luja-levyn välinen tila pääsee tuulettumaan alakaton yläpuolelle.



KUVA 21. Valmis seinärakenne ennen alakattojen asentamista. Luja-levytys tasoitettiin Weber V+ -hienotasoitteella tasoiteverkkoa hyödyntäen ja maalattiin Weber Silikaattimaalilla.