

Antti Tuominen

# **Kaksoispilarirakenteen ilma- ja kaasutiiveyden varmistaminen**

Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri

Opinnäytetyö

Syksy 2019

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennustekniikka

Tekijä: Antti Tuominen

Työn nimi: Kaksoispilareiden ilma- ja kaasutiiveyden varmistaminen

Ohjaaja: Arto Saariaho

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 33

Liitteiden lukumäärä:5

---

Tutkimustyö kohdistui Seinäjoen keskussairaalassa runkorakenteena käytettyyn kaksoispilari-ratkaisuun. Pilareiden välissä on talotekniikkaa varten oma tila, jonka tiiveyttä on tässä työssä tutkittu. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sisäilman kannalta pilareiden ongelmarakenteita.

Tutkimuksen tulokset on koottu tähän työhön, ja niiden pohjalta on laadittu yhteistyössä henkilökunnan kanssa oma työohje kaksoispilareiden korjauksesta. Yhteistä työohjetta tai menettelytapaa ei ole ollut tämän rakenteen korjaukseen. Tutkimustyö laadittiin yhteistyössä sairaalan rakennuttajapalveluiden kanssa, jotta peruskorjausurakoihin saataisiin sisällytettyä kaksoispilareiden korjaus.

Työohjeessa on esitetty myös korjaustyötä sisäilmaongelmien ja osastointivaatimusten kautta. Lisäksi työstä laadittiin kuvallinen ohje detaljitiedostoineen työmaalla tapahtuvaa korjausta varten. Ohjeessa otetaan kantaa myös korjaustyön seurantaan ja laadunvalvontaan. Lisäksi työn aikana mietittiin ja tutkittiin eri materiaaliratkaisuja korjaustyön menetelmiin.

Korjaustyön dokumentointi oli yksi osa-alue tutkimustyön aikana. Korjaustyö lisättiin sairaalan peruskorjaushankkeisiin ja niiden kautta dokumentoidaan sairaalan omaan aineistoon korjatut pilarit. Korjaustyöllä on oma projektikansio ja mahdollisuus viitata projektinhallintaohjelmistoon, jota sairaala käyttää projektien hallintaan.

Työn tuloksena on syntynyt yhtenäinen toimintamenetelmä, jolla kaksoispilarien ongelmarakenteet voidaan korjata tämän päivän vaatimuksia vastaaviksi. Pilarirakenne saadaan nyt otettua myös huomioon sairaalan korjausrakentamisurakoissa ja siitä on laadittu työmaata varten oma kuvallinen työohje. Pilarien korjausohje on mukana myös urakoiden kilpailutusvaiheessa, jolloin ne saadaan sisällytettyä korjausurakoihin.

Kaksoispilari, Ilmanpitävyys, Sisäilma, Paloeristys, Työohje.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Antti Tuominen

Title of thesis: Renovation Process of a Double Concrete Column

Supervisor: Arto Saariaho

Year: 2019      Number of pages: 33      Number of appendices:5

---

The thesis was made for Seinäjoki central hospital for the renovating instruction of “double concrete columns”. The “double concrete column” is a specific structure designed for Seinäjoki central hospital. There is a channel for HVAC and electrical technology between two concrete columns. Problems with the structure were inspected in the thesis.

The aim of the thesis was the renovation instructions for double columns. There were no instructions or a working model for these kind of structures in Seinäjoki central hospital. The thesis was made in collaboration with the hospital’s construction service office.

The thesis also studied problems in indoor air and fire directives, both of which concerned the renovation project of double concrete columns. The thesis also included material research for the renovation and quality management of the work process. The documentation of the renovation process was one main target of the project. A full documentation was made for the hospital’s central project bank.

The work model and instructions were made during the summer and autumn 2019. Mostly the research was in theory but there were also lots of collaboration on construction sites. Many ideas for working were made by the personnel of construction contractors.

The project succeeded in making a full working model for the double concrete columns to meet today’s requirements. All work with these kind of special structures is now included in all future construction reviews in Seinäjoki central hospital, and are a part of the construction management for every renovation site in the hospital area.

Double Concrete Column, Indoor Air, Fire Directive, Working Model

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 SISÄILMAKORJAUSTYÖT .....	8
2.1 Korjaustyön ohjaus.....	9
2.2 Korjaussuunnittelu.....	11
2.3 Korjausten tavoite .....	11
2.4 Korjausten onnistuminen.....	12
2.5 Korjausten todentaminen .....	13
2.6 Todentaminen merkkiainekokeella.....	13
3 KAKSOISPILARIRAKENNE .....	15
3.1 Kaksoispilari.....	15
3.2 Kaksoispilarirakenteeseen liittyviä ongelmia .....	17
3.3 Kaksoispilarit Seinäjoen keskussairaalassa.....	18
4 KAKSOISPILARI RAKENTEEN ILMA- JA KAASUTIIVEYDEN VARMISTAMINEN .....	20
4.1 Tiivistyskorjaukset.....	21
4.2 Palo-osastointi pilarien kerrosten välisillä osuuksilla. ....	23
4.3 Pilareiden työohjeen laatiminen .....	24
4.4 Pilarien työohjeen tarkoitus .....	27
5 KORJATUT PILARIT JA NIIDEN DOKUMENTOINTI .....	28
5.1 Pilarien korjauksen seuranta.....	28
5.2 Pilariohjeen tuominen käytäntöön .....	29
6 YHTEENVETO.....	31
LÄHTEET .....	32
LIITTEET.....	33

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Kaksoispilareita Seinäjoen keskussairaalassa.....	15
Kuva 2. Suunnitelmat kaksoispilareista, vasemmalla vuodelta 2016, oikealla vuodelta 1974. ....	16
Kuva 3. Kaksoispilari aukaistu tarkistusta varten. ....	17
Kuva 4. Kaksoispilarin yläosa suljettu mineraalivillalla, alkuperäinen toteutus.....	18
Kuva 5. TKR tiivistetty pilarin pohja, viimeinen tiivistekerros on valkoinen.....	22
Kuva 6. Palokatkon läpiviennin tekemiseen tarvittava palokatkokääre ja sen alla näkyy palomansetti. Näiden asentamisen jälkeen voidaan pohja valaa palokatkomassalla. ....	23
Kuva 7. Vaikeita paikkoja on myös, kahdeksan toiminnassa olevaa läpivientä....	24
Kuva 8. Kaksoispilari etulevy poistettuna tarkistusta varten. Pohjan tasaisuus ei ole riittävä tiivistystyötä varten. ....	25
Kuva 9. Schönox HA-vesieristemassalla käsitelty palokatkon päällinen. ....	26
Taulukko 1. Taulukossa on esitetty korjaushankkeen kulku pääpiirteittäin sisäilmakorjauksen osalta. Taulukossa vasen puoli seuraa korjaustyön puolta rakennustekniikan osalta ja oikea puoli esittää samanaikaisesti tiedottamisesta käyttäjille. ....	10
Taulukko 2. TKR -pinnoitteiden sertifikaatit ja tutkimukset. (Rakenteiden tiivistys, 4).....	21

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Kaksoispilari</b>	Kaksoispilari on betonirakenne, jossa on kaksi betonipilaria joiden välissä on ennalta määritelty tekniikkaa varten varattu tila.
<b>TKR</b>	TKR massa on rakennusten tiivistyskorjauksiin kehitetty kotimainen tiivistystuote.
<b>Sisäilma</b>	Rakenteiden rajaamalla alueella olevaa ilmaa.
<b>Sisäilmasto</b>	Sisäilman ja lämpöolosuhteiden muodostama kokonaisuus.
<b>Palokatko</b>	Rakenteen osa, joka estää paloa leviämästä.
<b>Savupiippuvaikutus</b>	Ilman lämpötilaeron aikaansaama paine-ero korkeudeltaan eri tasolla olevien pisteiden välillä. Rakennuksissa muodostuu yleensä alipainetta rakennuksen alaosissa ja ylipainetta yläosissa. Paine-ero kasvaa rakennuksen korkeuden kasvaessa. Savupiippu/hormivaikutuksessa ilma liikkuu savupiipun tavoin alhaalta ylöspäin paine-eron vaikutuksesta.
<b>Merkkiainekoe</b>	Merkkiainekokeessa rakenteisiin syötetään merkkiainekaasua, jota mitataan rakennuksen alipaineisella puolella analysaattorilla. Kokeella paikannetaan mitattavan rakenteen vuotokohtia.

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on ollut tehdä kattava tutkimustyö betonisten kaksoispilarien ongelmista. Kaksoispilarirakenne on itsessään kantava runkorakenne, mutta rakenteen väliin jäävä kevyesti suljettava tekniikkatila on ollut epäilyinä useassa sisäilmaepäilyssä Seinäjoen keskussairaалassa. Työn alkamisaikana kaksoispilareiden korjaaminen oli jäänyt vähemmälle, ja ne olivat pääsääntöisesti jätetty huomioimatta osastojen remonteissa. Noudatettavia työohjeita tai käytäntöjä ei ollut olemassa Seinäjoen keskussairaалassa.

Työssä keskityttiin korjaustapoihin ja luomaan selkeä toimintamalli liittyen kyseiseen rakenteeseen korjauskohteissa sairaalan eri rakennusosilla. Tavoitteena oli saada aikaan yhtenäiset toimintaohjeet sairaalan rakennusurakoihin sekä pienempiin yksittäisiin korjauksiin, jotka olisivat selkeät ja helposti toteutettavat. Lisän tähän työhön on tuonut laadunvarmistuksen onnistuminen tiivistystyön aikana ja kaikkien korjattujen pilarien aineiston dokumentointi selkeästi yhteen paikkaan.

Työssä on tutkittu kaksoispilarirakennetta ja niiden ongelmia sekä laadittu kuvallinen työohje detaljikuvineen työmaan käyttöön eri urakoitsijoille. Tavoitteena oli saada myös tuleviin rakennusselostuksiin kirjattua oma kappale kaksoispilareista ja niiden korjaamisesta.

Työn toimeksiantaja on Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin tekniikan osa-alueen kiinteistöhuolto. Kiinteistöhuolto vastaa pienemmistä remonteista sopimusurakoitsijan kanssa Seinäjoen keskussairaalla. Sisäilmaepäilyt kuuluvat myös kiinteistöhuollon toiminta-alueeseen, johon tämän työn tulokset on myös liitetty osaksi toimintamallia.

## 2 SISÄILMAKORJAUSTYÖT

Epäiltäessä rakennuksessa olevan sisäilmaongelman käynnistetään rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen valmistelu sekä varsinainen tutkimus. Ohjeita kuntotutkimuksen toteutukseen ja suunnitteluun on annettu ympäristöministeriön julkaisemassa Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -oppaassa. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 7.)

Seinäjoen keskussairaalalle on tehty Insinööriopintojen opinnäytetyö sisäilmaongelma epäilyn toimintamallista ja sen kehittämisestä sisäilmatyöryhmän kannalta. Toimintamallissa on esitetty yhteydenotto ja viestintätapoja ensimmäisen sisäilmaongelma epäilyn ilmoittamisen aikana ja siitä aina lopulliseen korjausehdotukseen ja palautteeseen asti.

Selvitystyötä koskevat eri työvaiheet on jaettu eri tarkastustyöryhmien sekä sisäilmatyöryhmän kesken. Lähtötietojen keräys ja katselmus käynnin suorittaminen kuuluvat tekniikan työryhmälle. Työryhmässä on hyvä olla edustusta sekä talotekniikasta että kiinteistöhuollosta. Riskinarvioinnin ja tutkimussuunnitelman sekä altistumisolosuhteiden arvioinnin laatii projektityöryhmä, jonka kokoonpanosta sovi-taan tapauskohtaisesti. Terveydellisen merkityksen arvio tehdään työterveyshuollossa. Sisäilmatyöryhmä puolestaan hyväksyy ja toimeenpanee tutkimussuunnitelman sekä tekee arvioiden pohjalta johtopäätökset. Sisäilmatyöryhmän tehtävänä on myös vastata yleisestä tiedottamisesta liittyen sisäilma-asioihin sekä antaa suosituksia tilojen korjaustarpeesta ja aikatauluista. (Uutela 2019, 17.)

Yksi tekijä Seinäjoen keskussairaalaan sisäilmaepäilyissä on tässä työssä tutkittu kaksoispilarirakenne. Tämän rakenteen harvinaisuus rakennuskannassamme, mutta yleisyys paikallisesti on aiheuttanut tarpeen laatia oma korjaustyöselostus rakenteelle Seinäjoen keskussairaalassa.



Korjaustyön tavoitteena on muuttaa korjattavat rakenteet rakennusfysikaalisesti toimiviksi, vähentää mahdollisia terveyshaittaa aiheuttavia tekijöitä sekä saada rakennus teknisesti käyttötarkoitustaan palvelevaan kuntoon. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 8.)

## 2.1 Korjaustyön ohjaus

Korjaustyötä ohjaa ensimmäisenä käyttäjän ilmoittama havainto mahdollisesta sisäilmaongelmasta, minkä jälkeen kartoitetaan lähtötilanne ja laaditaan tutkimussuunnitelma, joka on tärkeä osa alkuvaiheen korjaustyön suunnittelua. Lähtötiedoissa tärkeimpänä dokumenttina toimii selvitys rakennuksen kunnosta eli kunto-tutkimusraportti. Myös asiakkaiden kautta tehty kyselytutkimus ja mahdollinen altistumisselvitys ohjaavat korjaustyön kiireellisyyttä määrittäessä. Uudiskohteissa selvitystyöhön lisätään kohteen laadunvarmistusdokumentit, kuten kosteudenhallintasuunnitelma, kosteusmittauspöytäkirjat ja mahdollisesti ilmanvaihdon säätöpöytäkirjat.

Ensiksi on tärkeä tunnistaa, onko kyseessä paikallisen ja selkeästi rajattavan vaurion korjaaminen, rakennuksen normaalin elinkaaren mukainen peruskorjaus vai laaja-alaisen sisäilmaongelman korjaus ja määrittellä tarvittavat toimenpiteet tämän mukaisesti. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 10.)

Sisäilmaongelman korjaamiseen tehdyn suunnitelman pitää kohdistua juuri niihin ongelmiin, joita tutkimuksissa on havaittu. Käytettävät korjausmenetelmät kuvataan yhteenvedossa, jossa on selvitetty, miten haitta tai sen vaikutus sisäilmaan saadaan poistettua. Suunnittelun aikana myös tilan käyttäjille on tiedotettava tutkimustuloksista ja korjausperiaatteista, ja myös lopullinen korjaussuunnitelma tulee esittää käyttäjille.

Mikäli korjauksen lähtökohtana on terveydensuojeluviranomaisen lausunto mahdollisesta terveyshaitasta, tulisi suunnitteluvaiheessa keskustella terveydensuojeluviranomaisen kanssa. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 12.)

Näin voidaan varmistaa, että mahdollinen korjaustoimenpide kohdistuu terveyshaittaan, ja viranomaisella saa korjauksesta myös dokumentit, joilla voidaan arvioida terveyshaitan poistumista kiinteistöstä.

Korjausta suunnittelemaan on myös syytä ottaa talotekniikan asiantuntijoita, koska yleensä korjaukset vaikuttavat myös ilmanvaihtoon ja rakennusautomaation toimintaan ympäristöministeriön ympäristöoppaan mukaan. Taulukossa 1 on esitetty koko korjaustyön eri vaiheet alusta loppuun saakka.

Taulukko 1. Taulukossa on esitetty korjaushankkeen kulku pääpiirteittäin sisäilmakorjauksen osalta. Taulukossa vasen puoli seuraa korjaustyön puolta rakennustekniikan osalta ja oikea puoli esittää samanaikaisesti tiedottamisesta käyttäjille.



## 2.2 Korjaussuunnittelu

Ongelmien tunnistamisen ja lähtötietojen keräämisen jälkeen käynnistetään korjaussuunnittelu. Korjaussuunnittelussa on tärkeää, että suunnitelmat laaditaan aina juuri kyseistä rakennusta varten ottaen huomioon rakennuksen, rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien yksityiskohdat ja erityispiirteet. Sisäilmaongelmat ja niistä seuraavat terveyshaitat ovat usein varsin monimutkainen kokonaisuus, minkä johdosta korjaussuunnittelussa on keskeistä huolehtia kokonaisuuden hallinnasta. Aina korjausten ei tarvitse kohdistua koko rakennukseen tai kaikkiin rakennusosiin, mutta tästä huolimatta tulee varmistua, että osakorjausten jälkeen rakennusosat ja talotekniset järjestelmät toimivat yhtenä kokonaisuutena. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 7.)

Suunnitelmien esittäminen riittävän yksityiskohtaisina on tärkeää erilaisten liitosten ja rajapintojen toimivuuden kannalta. Hyvin suunniteltu rakennekaan ei toimi ilman, että liitokset ja rajapinnat on toteutettu puutteellisina.

## 2.3 Korjausten tavoite

Korjausten ensisijaisena tavoitteena on poistaa kosteus- ja mikrobivaurioista tai muista sisäilman epäpuhtauksista aiheutuva terveyshaitta. Kansantaloudellisesti ei ole kestävää yli- tai alikorjata rakennusosia tai rakennuksia. Tästä johtuen korjaussuunnittelussa on keskeistä aina tapauskohtaisesti määrittää soveltuvat korjaustavat, korjausten laajuus ja korjausten perusteellisuus. Terveyshaitan poistaminen voi toisinaan edellyttää vaurioituneen rakenteen purkamista ja uusimista.

## 2.4 Korjausten onnistuminen

Toisinaan rakenteen vaurioitumiseen johtaneen tekijän poistaminen ja epäpuhtauksien pääsyn estäminen sisäilmaan rakenteita tiivistämällä ja kapseloimalla ovat riittäviä toimenpiteitä terveystahitan poistamisessa. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 8.)

Korjausten onnistumisen varmistamiseksi on tärkeää, että osana korjaussuunnitelua määritetään työmaavaiheessa käytettävät laadunvarmistusmenetelmät sekä työkalut korjausten onnistumisen todentamiseen ja seurantaan. Osa rakennuksesta voi olla käytössä korjaustyön aikana, jolloin pölyn- ja puhtaudenhallinta on ensiarvoisen tärkeää altistumisen ehkäisemiseksi. Pölyn- ja puhtaudenhallinta on tärkeää myös siitä syystä, ettei epäpuhtauksia jää uusien materiaalien alle tai korjattuihin tiloihin, joissa ne voivat korjausten valmistumisen jälkeen aiheuttaa uusia ongelmia. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 8.)

Mikrobi- ja kosteusvaurioiden sekä muiden epäpuhtauslähteiden poistaminen tulee kyetä luotettavasti selvittämään, jolloin näiden ongelmakohtien korjaaminen oikealla tavalla voidaan olettaa poistavan tai olennaisesti vähentävän rakennuksen sisäilmaongelmia. Korjausten huolellinen valvonta on varmin tie onnistuneeseen lopputulokseen. Jo purku- ja korjaustöiden aikana on valvottava sekä korjausten toteutusta suunnitelmien mukaan että vaiheittain työn toteutuksen aikana. Katselmuksista on laadittava riittävän hyvä dokumentointi muistioiden, huonekorttien ja valokuvien avulla. Korjaussuunnitelmiin on myös hyvä laatia jo valmiiksi määritellyt laadunvarmistustoimenpiteet toteutuksen onnistumisen kannalta.

Korjaustyön jälkeen on nimettävä vastuullinen taho, joka huolehtii asianmukaisista tarkastuksista, huollosta ja uusimisesta määrävälein rakennuksen käytön aikana. Oikeilla huoltotoimilla varmistetaan rakennuksen toimintakyky ja suunniteltu käyttöikä, vältetään uusia isoja ja kalliita korjauksia sekä ennakoidaan tulevia korjaustarpeita. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 13.)

## 2.5 Korjausten todentaminen

Sisäilmastokysely on yksi tapa saada selville korjausten onnistuminen. Kysely tehdään korjausprosessin alkuvaiheessa ja heti korjaustyön valmistumisen jälkeen. Sisäilmakyselyn teko kannattaa ajoittaa samaan vuodenaikaan kuin ensimmäinenkin kysely. Myös sisäilman mittaamista erilaisin menetelmin voidaan käyttää apuna todentamaan korjauksen onnistumista. On kuitenkin huomattava, etteivät yksittäiset testit ja tulokset välttämättä sulje pois sisäilmahaittojen esiintymistä rakennuksessa.

Korjaussuunnittelun ja korjaustyön etenemisestä sekä seurantatutkimuksen tuloksista on muistettava tiedottaa rakennuksen käyttäjille noudattaen samoja periaatteita kuin tutkimusvaiheessa. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 13.)

## 2.6 Todentaminen merkkiainekokeella

Merkkiainekoe suoritetaan erilaisilla kaasuseoksilla, joista yksi on typen ja vedyn seos, jossa vedyn määrä on 5 %. Ilmaa suurempi vetypitoisuus voidaan osoittaa antureiden avulla tutkittavasta rakenteesta. Merkkiainekokeessa tarkastellaan rakenteen läpivientejä ja liitoksia, joiden kautta mahdollisia ilmavuotoja voi päästä tapahtumaan.

Merkkiainekoe on syytä suunnitella etukäteen huolellisesti, jolloin suurin osa muuttuvista tekijöistä saadaan hallintaan merkkiainekokeen aikana. Merkkiainekoe voidaan toteuttaa vain, jos tiiviin kerroksen yli on riittävä paine-ero koko mittauksen ajan. Mitattavassa tilassa pitää olla riittävä alipaine, tai alipaine luodaan alipaineistamalla tila, jossa koe suoritetaan. Paine-eroa pitää myös tarkkailla koko merkkiainekokeen ajan ja tarvittaessa säätää paine-eroa, jotta se saadaan pidettyä riittävän tasaisena koko mittauksen ajan. Havainnointi tehdään alipaineen puolelta, koska ilmavuotojen ja myös merkkiainekaasun virtaussuunta on aina alipainetta kohti. (RT 14-11197 2015, 5.)

Merkkiainekaasu syötetään rakenteeseen sisä- tai ulkopuolelta ja kaasun määrä sekä syöttönopeus määritellään tapauskohtaisesti rakenteesta riippuen. Kaasun syöttämisen jälkeen havainnoitava alue kartoitetaan kaasutunnistimen avulla. Havaitut ilmavuodot merkitään rakenteisiin tai pohjakuviin ja vuotokohtat valokuvaan ja dokumentoidaan. (Mikä on merkkiainekoe? 2018.)

Merkkiainekoe voidaan tehdä myös tiivistyskorjausten laadunvarmistuskokeena ja se tulee tehdä ennen pintamateriaalien asennusta. Tiivistystyön tekemisen jälkeen tehty merkkiainekoe kertoo tiivistyskorjauksen onnistumisesta ja siinä esiintyvistä mahdollisista virheistä ja puutteista. Tiivistystyön tekijä on hyvä ottaa mukaan merkkiainekokeen suorituksen ajaksi, että tieto mahdollisista ilmavuotokohdista välittyy suoraan tekijälle.

Merkkiainekokeesta laaditaan aina raportti, jonka tulee olla sellainen, että siitä käy ilmi merkkiainekokeen kaikki yksityiskohdat. Raportista on hyvä löytyä kohteen yleiskuvaus, koejärjestelyt, havainnot ja yhteenveto sekä mahdolliset toimenpideehdotukset. (RT 14-11197 2015, 14.)

### 3 KAKSOISPILARIRAKENNE

#### 3.1 Kaksoispilari

Seinäjoen keskussairaalassa yleisenä hormirakenteena toimivat betoniset kaksoispilarit ovat Martikaisen (2019) arkkitehti Veijo Martikaisen suunnittelema rakenne. Betonipilarit koostuvat kahdesta identtisestä pilarista, jonka väliin jää noin 300 millimetriä leveä ja 800 millimetriä syvä asennustila. Pilarin molemmat puolet siirtävät kuorman alemmalle pilarille ja siitä aina perustuksille asti. Alkuperäisissä kantasairaalan suunnitelmissa pilareiden ja välipohjalaataston liittymä on paikalla-valettu. Rantalan (2019) mukaan uudemmissa rakennusosissa 2000-luvulla on elementtipilareihin yhdistetty deltapalkkeja ja tehdasvalmisteisia laattoja. Kuvassa 1 nähdään kantasairaalan kaksoispilareita suljettuna alkuperäisellä levyllä.



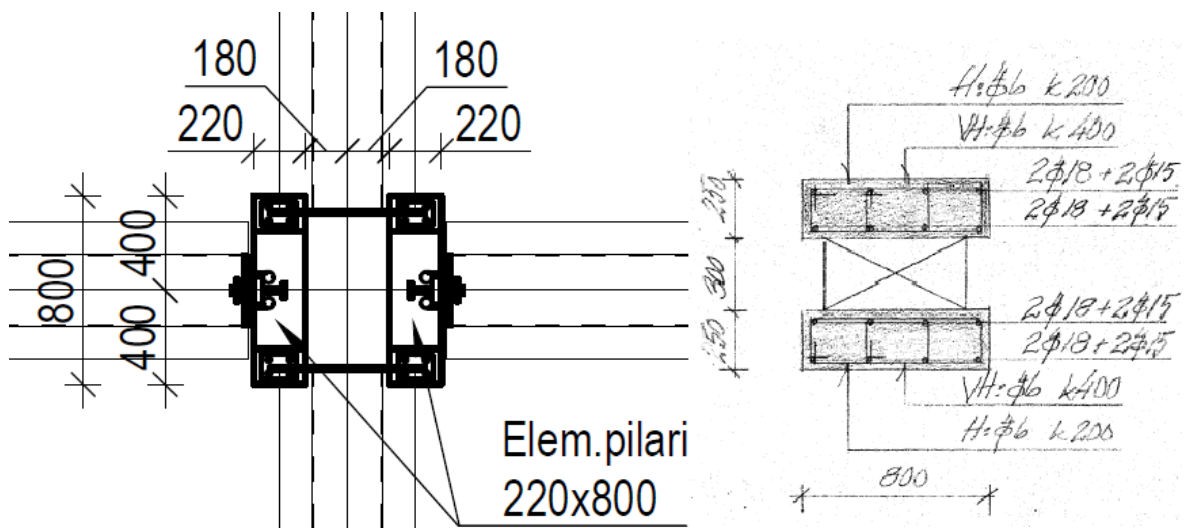
Kuva 1. Kaksoispilareita Seinäjoen keskussairaalassa.

Hormirakenne on taannut muunneltavuuden nyt ja aina tulevaisuudessa. Hormitilat ovat suunniteltu 7200 millimetrin ruudukolla koko kerroksen osalta, joka takaa todella tiheällä ruudukolla toimivan hormiston talotekniikkaa varten.

Hormitilassa on pystytty kuljettamaan kaikki nestemäiseen ja kaasumaiseen tekniikkaan sekä sähköasennuksiin liittyvä putkisto. Kerroksien välinen osastointi on tapahtunut kevytsorabetoni- tai betonivalulla, jonka lisäksi alkuperäinen pilarin osastoiva ja sulkeva levytys on tapahtunut asbestia sisältävällä lujalevyllä.

Kaksoispilarin koko on ainoa suunnittelua ja tilankäyttöä rajoittava tekijä. Kaksoispilarin ulkomitat ovat 800 mm x 800 mm, tavallisen umpinaisen pilarin jäädessä murto-osaan kaksoispilarin koosta.

Kuvasta 2 nähdään, että ratkaisu on käytössä Seinäjoen keskussairaалassa vielä 40 vuotta alkuperäisen kantasairaalan valmistumisen jälkeenkin.



Kuva 2. Suunnitelmat kaksoispilareista, vasemmalla vuodelta 2016, oikealla vuodelta 1974.

Tämän päivän talotekniikka on paljolti siirretty vapaasti välipohja ja alakaton yläpuolisiin asennuksiin. Osittain pilareiden käyttö taloteknisissä asennuksissa on vähentynyt, mutta suurimmat putket kuten runko- ja sadevesiviemärit vielä kulkevat pilareiden sisällä.

Myös kerros- ja tilaosastointivaatimus on pysynyt samana pilarikuilujen osalta, joka on EI60 sairaalan rakennesuunnitelmien mukaan, joiden laatijana on toiminut Contria Oy.



### 3.2 Kaksoispilarirakenteeseen liittyviä ongelmia

Rakenteen ongelmaksi on muodostunut ilmavuotojen mahdollisuus maanvaraisesta alapohjasta tai kalliotilasta. Huolimaton rakennustapa on myös mahdollistanut teknisissä eristeissä käytettyjen mineraalivilla kuitujen päätymistä huonetilaan. Myös rakennusjätteen jättäminen rakenteen sisälle voi aiheuttaa epäpuhtauksien päätymistä suoraan huoneilmaan.

Suurin ongelma on käytännössä katsoen pilarien hormitilan pohjan valaminen umpeen kevytsorabetonilla, joka on osoittautunut hyvin ilmaa läpäiseväksi rakenteeksi. Kuvassa kolme näkyy pilarin pohjan kevytsorabetonilla valettuna.



Kuva 3. Kaksoispilari aukaistu tarkistusta varten.

Pilarien väliin asennettujen kulmarautojen ja niihin kiinnittyvien sulkulevyjen tiiveys on myös vaihtelevaa eikä levyn tiiveyttä takana olevaan rakenteeseen voida taata. Suurin osa levyistä myös päättyy alakaton rajapintaan, jolloin yläpuolinen rakenne on jätetty täysin auki huonetilaan.

Suurin osa levyistä myös päättyy alakaton rajapintaan, jolloin yläpuolinen rakenne on jätetty täysin auki huonetilaan. Alakaton yläpuolisia rakenteita on suljettu myös mineraalivillalla, mikä saattaa aiheuttaa mineraalivillakuitujen pääsemisen huoneilmaan.

### 3.3 Kaksoispilarit Seinäjoen keskussairaalassa

Edellisessä kappaleessa mainittiin useampi syy alkaa tekemään tutkimustyötä tämän rakenteen parissa. Käytännössä asia on ollut esillä monta eri kertaa, kun asiaa on tarkasteltu sisäilmaongelmien kannalta. Pääosin kaksoispilarit ovat edellä kuvatun rakenteen kaltaisia. Mahdollisia ongelman aiheuttajia ja korjattavia rakenteita on paljon jokaisessa rakennusosassa aikakaudesta riippumatta. Tämän työn vieminen käytäntöön parantaa myös tulevia ratkaisuja suunnittelussa ja helpottaa pilarien rakenteiden korjausta kaikilla rakennusosilla.

Pääosin tarkastetut pilarit ovat olleet kunnossa silmämääräisesti tarkastettuina. Osa pilareista on tuonut esiin selvän maan hajun ja niiden tiivistämisellä on saatu tämä ongelma korjattua.



Kuva 4. Kaksoispilarin yläosa suljettu mineraalivillalla, alkuperäinen toteutus.

Suurelta osin pilarit muodostavat kuitenkin mahdollisen ongelman, koska niiden sisään on jätetty jossain määrin rakennusjätettä. Toinen mahdollinen ongelma on käytöstä poistettujen talotekniikkalinjojen poistamatta jättäminen pilareista. Tutkimusta tehdessä huomattiin myös, ettei pilarien tiiveys ollut välttämättä parantunut aikaisempien remonttien aikana. Pilarin läpiviennit ja alakaton yläpuoliset osat ovat saattaneet olla auki huonetilaan mahdollistaen epäpuhtauksien kulun pilarista huoneilmaan. Kuvassa neljä näkyy purettua alakattoa ja alkuperäinen tapa sulkea pilari mineraalivillalla.

## **4 KAKSOISPILARI RAKENTEEN ILMA- JA KAASUTIIVEYDEN VARMISTAMINEN**

Rakenteista ja rakenteiden kautta maaperästä sisäilmaan siirtyvät epäpuhtaudet aiheuttavat kiinteistöissä oleville ihmisille vakavia terveyshaittoja. Tyypillisimpiä ilmapuotopaikkoja rakennuksissa ovat lattiat ja seinät, lattian ja seinän rajat, putkien läpiviennit, ikkunakarmin ja ulkoseinän liitokset, sekä maanvaraisen laatan ja ulkoseinän liitokset. (Rakenteiden tiivistys 2017.)

Kaksoispilarirakenteessa on edellä mainitussa kappaleessa kyse suuresta osasta mahdollisia ilmapuotorakenteita. Alapohjaa vasten rakenteen tiiveys on tärkeää, ettei epäpuhtauksia vuoda pilarin ja lattian liitoskohdasta läpi. Pilareiden teknisten läpivientien tiiveyden varmistaminen on myös tärkeää, koska niiden rajapinnat ja liittymät aiheuttavat myös vuotomahdollisuuden. Myös pilarin tiiveyden varmistaminen kertyvää huonepölyä vastaan varmistetaan sulkemalla pilarin sisäosa tiiviisti ympäröivästä huonetilasta.

Runsaan kerroskorkeuden takia myös pilarien sisällä esiintyvä hormivaikutus saadaan poistettua sulkemalla pilarin kerrosten väliset osuudet tiiviisti.

Maanvarainen tiivistystyön onnistuminen varmistetaan osaavalla henkilöstöllä, jolla on koulutus TKR tiivistystyön tekemiseen. Tiivistystyön tekeminen on ohjeistettu seuraamaan TKR tiivistystyön päiväkirjaa ja pitämään huolen, että jokaista kohtaa noudatetaan työssä valmistajan ohjeen mukaisesti. Työnjohdolla on myös suuri rooli seurata jokaista vaihetta korjauksen edetessä ja puuttua mahdollisiin epäkohtiin. Ammattitaitoisen asennusryhmän lisäksi tarvitaan toimiva tiivistyssuunnitelma, jonka on usein laatinut tilaaja valmiiksi.

TKR-pinnoite on testattu useissa eri testeissä ja sillä on useita sertifikaatteja Suomen valtion teknilliseltä tutkimuslaitokselta. Oikein tehty pinnoitustyö on testattu olevan täysin vesi- ja kaasutiivis. Taulukon 2 mukaan tehtyjen TKR tiivistysaineiden testien perusteella voidaan todeta materiaalin olevan sopiva ilma- ja kaasutiiveyden varmistamiseen. Lopullinen varmuus korjauksen onnistumisesta saadaan teettämällä rakenteen merkkiainetutkimus.

Taulukko 2. TKR -pinnoitteiden sertifikaatit ja tutkimukset. (Rakenteiden tiivistys, 4).

VTT:n tutkimusselostus n:o TEX 9910	Vetomurtolujuuden ja sitä vastaavan venymän määrittäminen. Resistanssi, veden imeytyminen ja vesihöyryn läpäisyky
VTT:n tutkimusselostus n:o TEX 978	Vetotesti adheesion tutkimiseen
VTT:n standardi SFS-EN 1253-2/9.1.2.	Lattiakaivon ja lattiapinnoitteen liitoksen vesitiiveyden testaus
Vahanen	Haitta-aineiden läpäisevyystutkimus
Vedeneristyssertifikaatti	Nro: VTT-C-4748-09
TKR viemärisaneerausmenetelmä	Nro: VTT-C-8522-112
VTT direktiivi 95/28/EC mukainen	Vastaa ISO3795,SFS 5337, DIN 75200 ja FMVSS 302.
Tampereen teknillinen korkeakoulu	Suolasumutuskokeet, puristuslujuus.
Turun aluetyöterveyslaitos	M1 rakennemateriaalien päästöluokitus testit

#### 4.1 Tiivistyskorjaukset

Seinäjoen keskussairaalassa sovittiin tutkimuksen edetessä, että ehdotonta kaasutiiveyttä vaaditaan maanvaraisilta ja kallioiloihin rajoittuvilta kaksoispilareilta. Sairaalan alueella käytetystä TKR -ilmanvuototiivistys- ja haitta-aineiden hallintajärjestelmästä etsittiin sopiva menetelmä tiivistystyöhön. TKR -pinnoitetta käytetään laajasti myös Seinäjoen keskussairaalan remonteissa ikkunoiden karmien ja seinän välisen sauman tiivistämiseen.

TKR haitta-aineiden hallintamenetelmällä rakenteita pystytään tiivistämään niin, ettei haitallisia aineita jatkossa pääse siirtymään sisäilmaan. TKR-pinnoitteet käyvät PAH- ja VOC-yhdisteiden, erilaisten mikrobien, asbestin ja radonin sulkuna. (TKR Pinnoitteet tuotekortti.)

TKR-menetelmässä tiivistettävälle pinnalle levitetään TKR-pinnoite kolmeen kertaan. Jokainen eri kerros on erivärinen, jolloin pystytään varmistamaan riittävä pinnoitteen määrä työn edetessä. Pinnoite takaa pitkäikäisen pinnan useimmille sementtipohjaisille tuotteille, metalleille ja puumateriaaleille. TKR kouluttaa heidän tuotteitaan käyttävät urakoitsijat suorittamaan tiivistystyön ja ymmärtämään tiivistyksen tarkoituksen. (TKR Pinnoitteet tuotekortti.) TKR-pinnoitus tehtynä kaksoispilariin kolmeen kertaan valmistajan ohjeen mukaan kuvassa 5.



Kuva 5. TKR tiivistetty pilarin pohja, viimeinen tiivistekerros on valkoinen.

Kerroksien välillä vaakapalokatkojen päälle estämään mahdollisia hormin läpivuotoja ja hormivaikutusta asennetaan tavallinen Schönox HA-vesieriste työohjetta noudattaen. Tällä ratkaisulla varaudutaan remonttien yhteydessä tapahtuvaan pilarien aukaisuun ja pyritään estämään ylempien kerroksien ilmapuodot alapuolisten tilojen remontoinnin yhteydessä.

#### 4.2 Palo-osastointi pilarien kerrosten välisillä osuuksilla.

Rakennusmääräyskokoelmassa todetaan seuraavaa läpivienneistä ja tekniikka-hormeista. [Osastoivan rakennusosan läpi johdetut putket, roilot, kanavat, johdot, savupiiput ja hormit sekä kuljetinlaitteistojen edellyttämät läpiviennit eivät olennaisesti saa heikentää rakennusosan osastoivuutta. Palon ja savun leviämisen vaara rakennuksessa ei saa olennaisesti kasvaa ullakoiden ja onteloiden johdosta. Laajat ontelot on jaettava osiin palon leviämisen rajoittamiseksi. Palon leviämistä seinämäisten rakennusosien onteloissa on rajoitettava vähintään kerroksittain.] (A 28.11.2017/848.)

Sairaalarakennuksen kaksoispilareiden pohjan osalta paloluokka vaatimus on EI60. Tämä edellyttää hyväksytyin palokatkomassan käyttöä kerrosten välillä ja putkiläpivientien kanssa soveltuvaa palomansetin käyttöä. Työohjeeseen on myös kirjattu palokatkovaatimus ja läpivientien tekemiseen erillinen ohje.



Kuva 6. Palokatkon läpiviennin tekemiseen tarvittava palokatkokääre ja sen alla näkyy palomansetti. Näiden asentamisen jälkeen voidaan pohja valaa palokatkomassalla.

### 4.3 Pilareiden työohjeen laatiminen

Pilareiden työohje laadittiin yhtä aikaa tutkimustyön edetessä. Tutkimustyön aikana tehtiin yhteistyötä pilareita korjaavien työntekijöiden kanssa sekä sairaalan oman kiinteistöhuollon ja rakennuttajapalveluiden kanssa.



Kuva 7. Vaikeita paikkoja on myös, kahdeksan toiminnassa olevaa läpivientä.

Työohje laadittiin saneerauskohte kerrallaan työtä seuraten ja ohjeistaen kevään ja kesän 2019 aikana. Töiden aikana opittiin ja parannettiin korjausmenetelmiä useaan otteeseen. Korjaus menetelmiin vaikuttavat aikataulut ja kuivumisajat sekä niiden huomioiminen työtä tehdessä. Hyvän korjaustavan löytäminen tarpeeksi nopeaan ja aikataulun puitteissa oli haastavaa. Lisäksi rakenteena kaksoispilari tarjosi paljon haasteita, koska yhdelläkään osastolla ei ollut samanlaista ratkaisua edessä, kun työtä ruvettiin tekemään. Kuvassa 7 näkyy mahdollisten läpivientien määrän suuruus yhdessä pilarissa.



Suurimpia yllätyksiä aiheuttivat alkuperäiset sulkemiseen tarkoitetut kevytsorabe-  
tonivalut. Näiden läpäisykyky pohjia tasoitettaessa aiheutti aika paljon ihmetystä ja  
turhaa työtä. Työtapaa piti muuttaa täysin erilaiseksi tästä johtuen. Oikean materi-  
aalin löytäminen pohjan sulkemiseen piti käytännön kautta tutkia ja saada aikaan  
kompromissi kohteissa, joissa oli todella paljon pilarin lävistäviä putkia.



Kuva 8. Kaksoispilari etulevy poistettuna tarkistusta varten. Pohjan tasaisuus ei ole riittävä tiivistys-  
työtä varten.

Uusiin rakenteisiin ratkaisun löytäminen oli paljon helpompaa ja nopeampaa, kos-  
ka palokatkomassoja oli käytetty jo lähes kaikissa remonteissa viimeisen kymme-  
nen vuoden ajalla. Tämä selvisi jo remontoitujen osastojen pilareita tiivistettäessä  
ja tarkistettaessa. Kuvassa 8 pohjan epätasaisuus ei mahdollista tiivistystyötä.

Alapohjaa vasten tehtäessä pilareiden pohja suunniteltiin tehtäväksi samalla taval-  
la kuin osaston alapohjarakenne. Tämän lisäksi kaikki edellä mainitut ratkaisut  
tiivistettiin vielä erikseen ohjeessa määrättyllä massalla. Ohjeeseen kirjattiin ala-  
pohjarakenteesta lähtevän pilarin tiiveyden varmistamiseksi TKR-  
tiivistysmenetelmä.

Välipohjan pilareihin, joissa on samalla palokatko, valittiin tiivistäväksi massaksi sairaalassa yleisesti käytössä oleva vesieristemassa Schönox HA sen helpon työstämisen takia. Tämän lisäksi asiassa painoi myös massan läpi vietävän uuden läpiviennin tiivistämisen helpompi toteutus. Kuvassa 9 nähdään valmis kerrosten välinen pohjan tiivistystyö.



Kuva 9. Schönox HA-vesieristemassalla käsitelty palokatkon päällinen.

Pilarin sulkeva levyrakenne määrättiin myös aina avattavaksi levyrakenteeksi. Joissakin tulevilla suunnitelmissa jouduttiin muuttamaan jonkin verran näitä rakenteita, koska niihin oli jo piirretty suljettuja rakenteita. Ohjeisiin määriteltiin pilareiden avattavan puolen määritys aina tapahtuvaksi työmaalla.

Ohjetta varten tutkittiin myös paljon vanhoja rakennusselostuksia ja rakennekuvia. Useita kertoja soitettiin myös rakennesuunnittelijoille ja arkkitehdeille. Yhteinen kuva kaksoispilarien korjaamisesta päättyi siihen lopputulokseen, ettei siitä ollut koskaan tehty minkäänlaisia suunnitelmia ja pilareiden tiiveys, puhtaus ja hygienia olivat olleet aina harmaalla alueella.

Uuden työohjeen laatiminen pitäisi tuoda tähän asiaan korjaus ja saada vuosikymmenen aikaiset rakennusvirheet ja rakenteen huomiotta jättäminen korjattua.

#### **4.4 Pilarien työohjeen tarkoitus**

Työohjeen tarkoitus on saada aikaan yhtenäinen ohje, joka huomioi kaksoispilarit tulevaisuudessa remonteissa ja mahdollisissa yksittäisissä korjaustapauksissa. Laaditun ohjeen toimintamalli on tarpeeksi yksinkertainen ja selkeästi toteutettava, että ohje voidaan sisällyttää urakkatarjouspyyntöihin.

Urakkatarjouspyyntöihin työmenetelmän tuominen on mahdollistanut rakenteen huomioimisen jo urakan tarjouspyyntövaiheessa. Lisäksi rakennesuunnitelma detaljeineen lähetetään sopimusrakennesuunnittelijalle ja sopimusarkkitehdille mahdollisia suunnitteluvaiheita varten. Tällä hetkellä tilanne on ollut se, ettei kaksoispilareita ole huomioitu riittäväällä tavalla suunnitelmissa.

Ohjeen tarkoitus on toisaalta myös antaa jokaiselle työntekijälle toteuttamiskelpoinen työsuunnitelma, eikä korjaustyöhön tarvita erikoisosaajia kuin mahdollisten tiivistyskorjausten tekemiseen TKR-pinnoitteella.

Työohje laaditaan myös sen takia, ettei enää tule tapauksia, joissa pilarien määräysten mukainen alapohjarakenne ja tiivistys jäisivät tekemättä. Kaksoispilarien tiivistäminen ja sen tekemisen tärkeys on yksi tärkeä tavoite tässä työssä.

Työohje ja niitä koskevat detaljit jaetaan yhdessä urakkatarjouspyynnön mukana. Työohje ja laadunvarmistusohje jaetaan erikseen työmaalla työntekijöille.

## 5 KORJATUT PILARIT JA NIIDEN DOKUMENTOINTI

Pilarien dokumentointi on vaatinut paljon suunnittelua, koska niitä ei ole varsinaisesti numeroitu kuin rakennekuvien runkokuvissa. Pohjakuviin merkitseminen taas lisäisi paperisen materiaalin määrää valtavasti käytännössä ja niiden säilyttäminen ja tarkastaminen oli haastavaa.

TKR-pinnoituksessa käytetään laadunvalvontana työkohdepäiväkirjaa, jossa ilmenee mm. asennuksen kulku, tehdyt testit ja valvojan hyväksyntä.

Pilareiden korjauksen raportointi on suunniteltu tehtäväksi omaan taulukkoon, joka sijoitetaan sairaalan projektiasemalle. Taulukkoon ilmoitetaan työmaakohtaisesti rakennekuvien linjojen perusteella korjatut pilarit. Linjat löytyvät pohjakuvista rakennesuunnittelun alta, ja taulukosta viitataan aina tiettyyn piirustukseen projektipankissa, jonka mukaan linjat on ilmoitettu.

Yksittäisten korjattujen pilareiden kohdalla voidaan käyttää huoneen numeroa tarkentavana tekijänä, koska suunnitelmia ei välttämättä ole saatavilla.

### 5.1 Pilarien korjauksen seuranta

Pilarien korjauksen seuranta on vaatinut päivittäistä seuraamista toiminnassa olevilla osastoilla. Lisäksi korjauksista sopiminen toiminnassa olevan osaston kanssa on aina otettava huomioon aikatauluja suunniteltaessa. Muutoin tutkimustyö on edennyt hyvin yhteistyössä urakoitsijoiden työntekijöiden ja sairaalan henkilökunnan kanssa.

Saneerauksen alla olevat osastot ovat vaatineet yhteistyötä pääurakoitsijan työnjohdon ja työntekijöiden kanssa. Kaikki seuranta on onnistunut hyvässä hengessä eri osapuolten välillä. Muutokset suunnitelmissa ja työtavoissa on saatu sovittua henkilökunnan kanssa todella hyvin. Korjauksien onnistumista tulisi selvittää vielä erikseen järjestettävällä merkkiainekokeella, jota ei tähän työhön ehditty järjestää. Lisäksi sairaalan rakennusvalvojen tulee kiinnittää huomiota työn laadunvalvontaan, jotta työ saadaan tehtyä kerralla valmiiksi asti.

## 5.2 Pilariohjeen tuominen käytäntöön

Kaksoispilarien tiivistyskorjausta on alettu tutkimaan keväällä 2019. Tähän aikaan Seinäjoen keskussairaалalla oli kolme työmaata rakennusvaiheessa, joilla asiaa alettiin tutkimaan ja toteuttamaan käytännössä. Osa työn alla olevista kohteista oli sopimusurakoitsijan työmaita, osa taas ulkopuolisen urakoitsijan työmaita.

Työohjeen laatimisen aikana löytyivät jo hyvät työntekijät sopimusurakoitsijan kautta pilareiden korjaukselle. Ulkopuolisen urakoitsijan työmaalla päästiin myös hyvin alkuun työn kanssa. Kaikki työ on teetetty lisätyönä tutkimustyön aikana, koska varsinaista työohjetta ei ole saatu valmiiksi urakkakilpailutuksiin. Ensimmäinen osasto, johon pilarien korjaus sisällytetään, on D1:n peruskorjaus.

Käytännön asioista yksi suurimpia on työmaiden ulkopuolella tapahtuva rakenne- ja rakennussuunnittelu. Ohje ja sen toteutus haluttiin myös sisällyttää rakennusselostuksiin ja rakennetyyppeihin. Asiakirjoihin sisällytettynä ne olisivat aina mukana jokaisessa tulevassa urakassa ja niiden kilpailutuksessa.

Rakenneselostukseen on lisätty kursivoidun tekstin kanssa seuraava kappale kaksoispilareista:

*Kaikkien urakka-alueella olevien kaksoispilareiden asbestia sisältävät peitelevyt on purettava haitta-ainepurkuna. Tilalle rakennetaan seinärakennetta rakennetyypin VS15a ja VS15b mukaisesti. Toinen puoli kaksoispilarista tehdään avattavaksi, avattavan vanerilevyn ja teräsrangan väliin asennetaan tiivistenauha. Maalaus kyseisellä alueella olevan seinän väriin, työn suorittaa RU. Seinustoilla olevat pilarit maalataan seinän sävyyn, ellei toisin mainita.*

*Kaksoispilarien betonisiin sisäpintoihin eli hormitilan puolelle tehdään peittävä pölynsidontamaalaus, sävy valkoinen. Kaikki mineraalivillaeristepinnat pölynsidontamaalataan tai kapseloidaan muulla tavoin, tapa hyväksyttävä rakennuttajalla. Kaksoispilarien ala- ja yläpuoli tiivistetään paloluokkaan EI60, erilaisia työtapoja on esitetty erillisessä Kaksoispilarien työohjeessa. Ennen uusia ala- ja yläpuolisia tiivistyksiä kaikki putket, joilla ei ole enää käyttöä, tulee poistaa sekä alaosat puhdistetaan roskista ja imuroidaan puhtaaksi.*

*Holvivaraukset/lävistyksiset tiivistetään huolellisesti palokatkomassalla paloluokkaan EI60, työn suorittaa RU. Sellaiset valumuotit, jotka reagoivat betonin/kosteuden kanssa, tulee poistaa ennen tiivistystöitä. Valumuottien kanssa työskentely vaatii erityistä tarkkuutta, jotta alapuoliseen tilaan ei aiheudu haittaa, käytettävien tuotteiden kuivumisajat on myös huomioitava muotteja purettaessa. Alapuolisten jo korjattujen kaksoispilareiden puhdistus suoritetaan yläpuolisen kaksoispilarin sulkemisen jälkeen.*

*Alapohjaa tai hiekkatilaa vasten tehtävä tiivistys tehdään kaasutiiviiksi. Uudet tehdyt reiät ja läpiviennit jo tiivistyskorjattuihin kaksoispilareihin tulee tiivistää samalla tavoin kuin uusiin kaksoispilareihin tehtävät läpiviennit.*

*Viistekulmiin kiinnitetään metallinen kulmasuojalista, hiottu RST, 30x30 mm, korkeus 2000mm alareuna muovimaton/lattiapinnoitteen yläreunassa, liimakiinnitys. Esim. Duuri Oy tai vast.*

*Pilarin kanssa samaan pintaan yhdistyvässä väliseinässä sekä kaksoispilarien ja niiden sisäisen seinärakenteen liittymäkohdissa pilariviisteet karhennetaan, asennetaan vahvikekangas ja oikaistaan tasoitteella alakattopinnan yläpuolelle asti. Saumakohdan siistiyteen ja kestävyys on kiinnitettävä erityistä huomiota. Valmiista liittymäkohdasta tehdään malli ja valmis pinta hyväksytetään rakennuttajalla ennen muiden pilari-seinäliitosten tekoa ja uusitaan pyydettäessä.*

*Ks. pohjapiirustus, rakennesuunnitelmat sekä Kaksoispilarien työohje.*

(Seinäjoen keskussairaala D1-Osa (vatsa, keuhko, kardiologia pkl) Perusparannus ja muutostyö rakennusselostus 2019, 32-33.)

Yllä oleva teksti rakennusselostuksessa ottaa ensimmäistä kertaa kantaa kaksoispilarirakenteen korjaamiseen tämän päivän vaatimuksia vastaavaksi. Rakennusselostuksessa mainitaan myös yleisiä toimintatapoja työskenneltäessä kaksoispilareiden kanssa. Tämä ratkaisu kirjoittaa asia selkeästi rakennusselostukseen vähensi osittain työohjeen vaatimaa ohjeistusta korjaustyöstä, jolloin työohjeesta saatiin laadittua selkeämpi ja enemmän työmaalle tarkoitettu asiakirja.

## 6 YHTEENVETO

Tutkimustyön aikana tutkittiin kaksoispilarirakennetta ja sen mahdollisesti aiheuttamia sisäilmaongelmia. Pääosin kaksoispilarirakenteet ovat sairaalan eri rakennusosilla hyvin samankaltaisia, vaikka tiloja on saneerattu ja muutettu sairaalan käyttöhistorian aikana. Esiintyneet ongelmapaikat tulivat selvästi esiin tutkimustyön tuloksia käsiteltäessä.

Keskeisin asia, joka saavutettiin tutkimustyön aikana, oli kaksoispilareiden ilma- ja kaasutiiveyden parantaminen. Pääosin korjaukset keskittyvät pilareiden välissä olevan välipohjavalun palokestävyuden ja ilmanpitävyyden varmistamiseen. Toinen merkittävä asia oli epäpuhtauslähteiden poistaminen kaksoispilareiden välistä ja läheisyydestä. Kolmas toteutettu asia oli pilarien sulkevan levyn kiinnityksen ja tiivistyksen varmistaminen.

Työohjeeseen saatiin tutkimustyön aikana laadittua selkeä kuvallinen ohje, joka on selkeästi ymmärrettävissä työmaalla. Työohjeessa on esitelty työtapoja ja käytettäviä materiaaleja sekä niihin liittyviä määräyksiä. Myös laadunvarmistukseen on kiinnitetty huomiota työtä tehdessä. Työohjeen lisäksi sairaalan arkkitehdin kanssa on muotoiltu oma kappale rakennusselostukseen tulevia remontteja varten kaksoispilareista.

Kaksoispilareista ei ole ennen ollut niitä huomioon ottavaa rakennusselostusta tai selkeää menetelmätapaa, kuinka ne pitäisi huomioida korjausrakentamisvaiheessa. Tällä työllä onnistuttiin hyvin laatimaan selkeä menettelytapa kaksoispilarirakenteen korjausrakentamisessa. Työstä onnistuttiin laatimaan selkeät ohjeet niin sairaalan kiinteistöhuollon henkilökunnalle kuin ulkopuolisille urakoitsijoille. Nyt on saatu aikaan kaksoispilareita koskeva selkeä ohjeistus ja dokumentointi korjausten tekemiseen, jonka pitäisi nyt ottaa tämä omanlainen rakenne kaikin puolin huomioon nykyajan korjausrakentamisen vaatimuksia huomioidessa.

Merkkiainekoe, jolla korjaus olisi voitu todentaa, on ainoa asia, joka tästä työstä jäi puuttumaan. Suositus tämän kokeen järjestämisestä on annettu tiedoksi sairaalan kiinteistöhuollolle.

## LÄHTEET

A 27.11.2017/848 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta.

Haapanen J. 2019. Aluejohtaja. Contria Oy. Seinäjoki. Puhelinhaastattelu 2.9.2019.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. 2019. Ympäristöministeriön julkaisu.

Martikainen, A-J. 2019. Arkkitehti. Arkkitehtitoimisto Martikainen. Helsinki. Puhelinhaastattelu 3.9.2019.

Rakenteiden tiivistys. 8.11.2017. TKR-Marketing Oy.

Rantala A. 2019. Suunnittelupäällikkö. Parma Oy. Helsinki. Puhelinhaastattelu 3.9.2019.

RT 14-11197. 2015. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saukko, E. 12.12.2018, Mikä on merkkiainekoe? [Blogikirjoitus]. Raksystems Oy. [Viitattu 30.11.2019]. Saatavana: <https://www.raksystems.fi/blogi/mika-on-merkkiainekoe/>

Seinäjoen keskussairaala D1-Osa (vatsa, keuhko, kardiologia pkl) Perusparannus ja muutostyö rakennusselostus. 2019. Arkkitehtitoimisto Jääskeläinen.

Seinäjoen keskussairaala rakennesuunnitelmat. 1974. Arkkitehtitoimisto Veijo Martikainen. TKR Pinnoitteet tuotekortti. Ei julkaisuaikaa. TKR-Marketing Oy.



## **LIITTEET**

Liite 1. Ote: Pilarien korjauksen seuranta-aulukko

Liite 2. Kaksoispilarin työohje

Liite 3. Detalji 1

Liite 4. Detalji 1.1

Liite 5. Detalji 2

## Korjatut kaksoispilarit Seinäjoen keskussairaalassa

Kerros	Osasto	Huoneen numero	Pilarien määrä	Tiivistys	Pilari linjat	BEMin kuva
1	A12		4	Schönox HA, EI60		
0	Kirurgia ja ortopedia	0.2121D	1	TKR		
0	Naistenpoli H.0	0.674H	1	Schönox HA		
0	Naistenpoli H.0	0.580H ja 0.581H väli	1	Schönox HA		
0	Naistenpoli F.0	0.404F	1	Luja kosteussulku		
0	Ravintokeskus E.0	0.313E1 huone	6	Luja kosteussulku		
2	Ihotaudit G.2		15	Schönox HA, EI60	00,01,02,03	1396_22.dwg
4	Kaupunginsairaala A.4		9	Schönox HA, EI60	H1, E1, G4	1430_20.dwg

## Kaksoispilarin pohjan tiivistäminen, Detalji 1. Alapohjarakenteesta lähtevä pilari.

- Pilarin pohjavalu poistetaan samalla, jos ympäröivä pintalaatta poistetaan. Käytöstä poistetut talotekniikka asennukset poistetaan pilarin sisältä.
- Pilarin pohja tasoitetaan samaan tasoon ympäröivän alapohjan mukaan. Alapohjan eristelevyt asennetaan myös pilarin pohjalle alapohjan rakennetyypin mukaan.
- Pilarin pohja valetaan samaan tasoon kuin alapohja. Mahdolliset liikuntasaumot tulee jäädä näkyviin, että myös sen yli voidaan viedä tiivistysmassa. Tarvittaessa voidaan käyttää esim. Weber Vetonit 6000 massaa jos kuivumisaikaa pitää saada lyhemmäksi tai on kyseessä yksittäisiä pilareita koskeva korjaus, jolloin ympäröivää alapohjaa ei pureta.
- Pilarin pohjan ilma- ja kaasutiiveys tehdään TKR tiivistysmassalla valmistajan ohjetta noudattaen tiivistystyössä. TKR-tiivistyspäiväkirja toimii laadunvarmistuksen osana.



Kuva 1. Lecasoravalu kaksoispilarin pohjalla.

- Kuvan yksi tapaus, jossa pohja on lecasora-valulla tehty, eikä valua poisteta, voidaan sen päälle valaa uusi kerros sulkemaan alkuperäinen valu. Pinnan sulku esim. Weber Vetonit S30 sementt-laastilla. Työ voidaan tehdä myös itsesiliävällä pinnoitteella, jolloin tulee huomioida mahdollinen läpi valuminen lecasorasta. Pilarin pohja tulee olla tiivis ilman reikiä. Pohjan tasoitus voidaan joutua uusimaan useita kertoja edellä mainitusta johtuen.
- Tämän jälkeen pinnan tiivistys TKR tiivistysmenetelmällä valmistajan ohjetta noudattaen.
- Huom! Alapohjaa vasten ei ole osoitettu paloluokkavaatimusta kuten on kerrosten välillä olevissa katkoissa joten leca-soran päällä oleva kerros voi olla vain sulku- ja tasauskerros TKR tiivistysmassaa varten.

## Kaksoispilarin pohjan tiivistäminen, Detalji 2. Kerrosten välinen palokatko.



Kuva 2. Havainnekuva uuden viemärin läpiviennistä ja vanhan palokatkon hajoamisesta. Sininen kuori viemäriputken päällä tulee asentaa tiiviisti putkea vasten, huom. kuva 3.

- Kerrosten välinen palokatko EI60, palokatkomassa esim. Hilti CFS tai CP-sarja valmistajan ohjetta noudattaen. Palokatkomansetin käyttöä edellytetään palokatkomassan lävistävien putkien kanssa. Asennustyössä huomioitava valmistajan asennusohje.
- Valumuotin teko esim. kovavilla 50mm tai paloa hidastava uretaanilevy.
- Putken juuret on syytä tarkistaa, kuvassa kolme on käytetty nykyisin yleistynyttä Geberitin muoviviemäriputkea. Sininen muovi tulee valmistajan ohjeen mukaan kiristää tukevasti putken ympärille eikä siihen saa jäädä ilmarakoja.
- Palokatkomatto pitää tuoda selvästi yli palokatkon pinnasta ja sen yläreuna kiinnitetään kestäväällä rakennusteipillä vielä läpivietävään putkeen.
- Isommat jääneet raot täytetään ja tiivistetään esim. Hiltin palovaahdolla ennen tiivistystyötä. Palovaahdo tai muu tiivistysmassa tehdään pohjan pinnan tasoon.

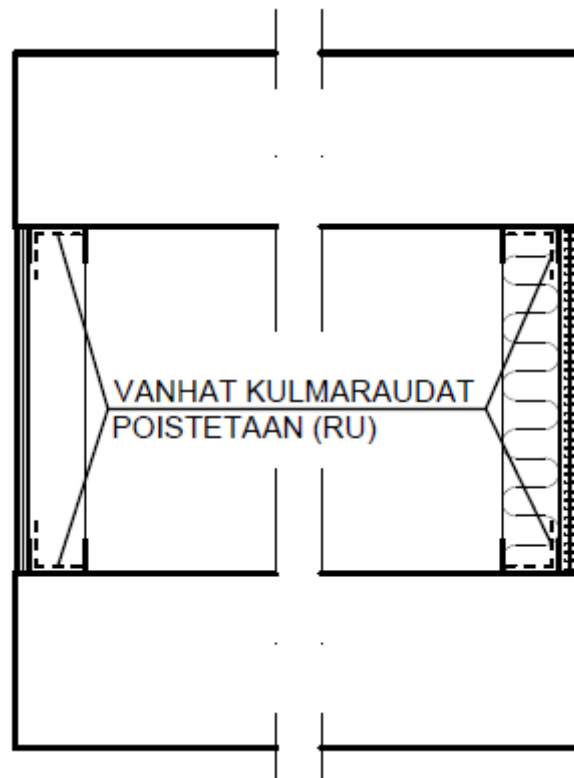
### Palokatkon tiivistystyön eteneminen kerrosten välillä (Detalji 2)



Kuva 3. Geberit muoviviemäriputki ja tiiviisti kiinnittämättä jätetty palomaton kääre jättää pilarin pohjan auki. Katso kuva 2.

- Pohjan ollessa riittävän tiivis ja tasainen sen päälle levitetään kaksi kerrosta vesieristettä valmistajan ohjetta noudattaen estämään mahdollinen ilman liikkuminen ja hormivaikutus kerrosten välillä.
- Vesieristeenä käytetään Schönox HA tai vastaavaa yksikomponenttista vesieristettä. Työ tehdään valmistajan ohjetta noudattaen.
- Reunanauhoja tai muita vahvikkeita ei käytetä. Eristys nostetaan 50mm reunoilta ja putkien juurista.
- Katso erillinen sivu Geberitin PP viemäriputkesta ja palokatkomansetin ja maton asentamisesta sivulla 5.

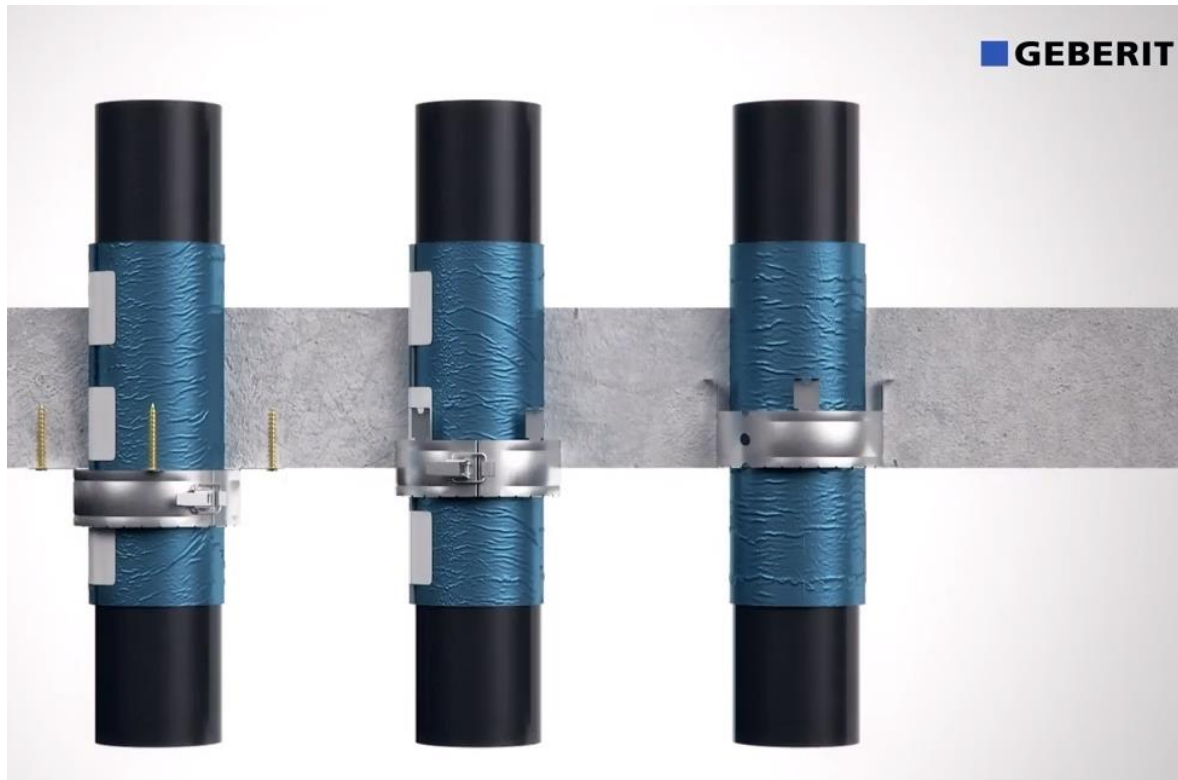
## Kaksoispilarin avattavat levyt ja kiinteät levyt, rakennetyypit vs15a ja 15b



Kuva 4. Rakennedetalji pilarin sulkevan levyn periaatteesta. (Contria rakennetyyppi 15b.)

- Pilarin aukon kohdalla maton ylösnoston ja kipsilevyn yläreunaa suojaamaan asennetaan kulmalista. Listan tyyppi tarkennetaan työmaalla.
- Alakaton yläpuoli pitää rakentaa levyrakenteisena tiiviiksi rakenteeksi detaljien 1 ja 2 mukaan. Alakaton yläpuolelle tulevat läpiviennit pitää myös tiivistää huolellisesti.
- Teräsraangat tulee asemoida huolellisesti suoraan pilarin pystylinjan kanssa, jotta avattava levy jää pilarin seinälinjan sisäpuolelle tasaisesti. Rangan ja levyn väliin tiivistenauha, huomioitava rangan sijoittelussa, ettei levy jää pilarin ulkolinja ulkopuolelle.

## Geberit PP viemäriputkien palokatko-ohje ja muut läpiviennit



Kuva 5. Geberit muoviviemäriin palokatkon asennusvaihtoehdot. (Lähde: Geberit.fi).

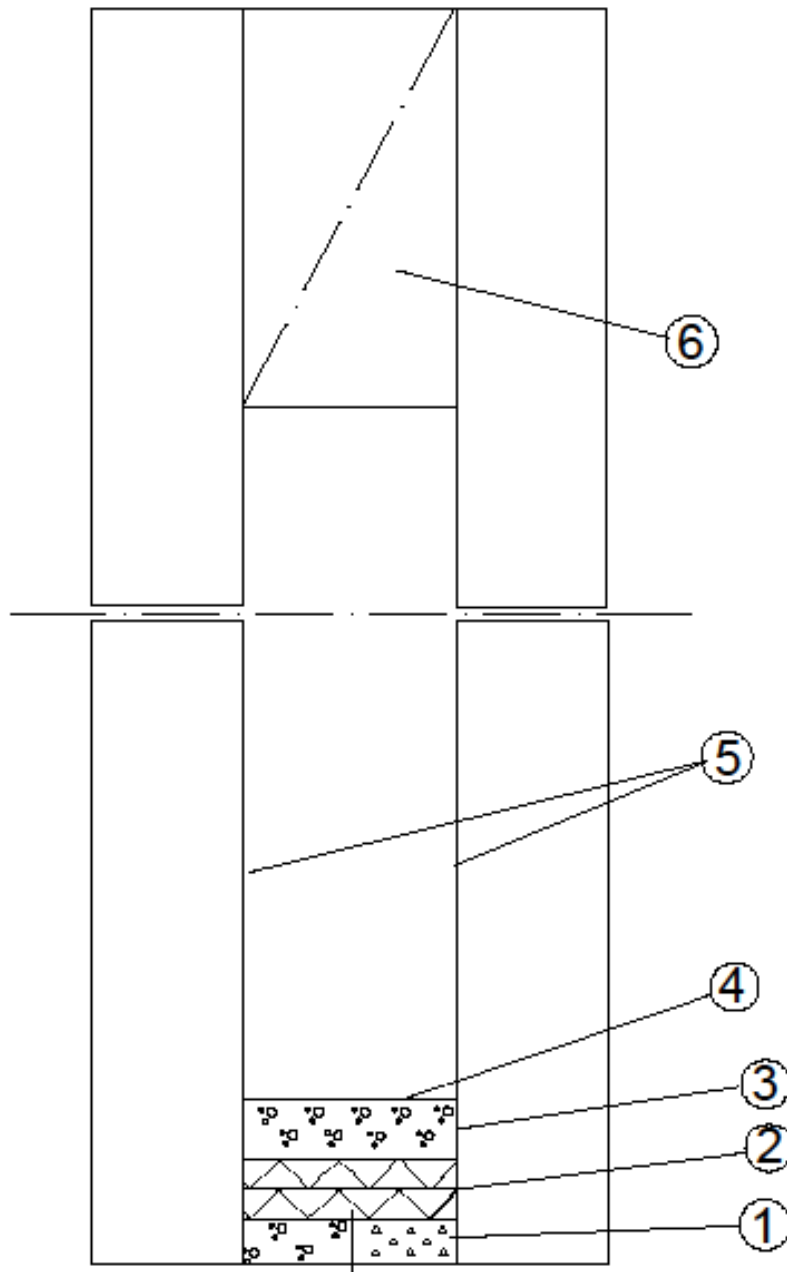
- Kuvissa oleva sininen palomatto leikataan halki ja kierretään kireälle putken ympärille ja lukitaan teippaamalla se tiiviisti kiinni. (kuvassa valkoisella).
- Maton asentamisen jälkeen pohja voidaan valaa palokatkomassalla eikä muuta tiivistystä putken läpiviennin ympärille tarvitse tehdä. Tämän jälkeen voidaan edetä pohjan tiivistystyössä ohjeen mukaan.
- Mansetin kiinnitys on mahdollista joko mekaanisesti ruuvaamalla alapuolelta tai valun sisään asentamalla.
- Muiden läpivientien kanssa tulee myös huomioida mahdollisten palokatkomansettien ja mattojen käyttö.
- Yläreunan palokatkomatto varmistetaan teippaamalla se erikseen kiinni putkeen yläreunastaan kestäväällä rakennusteipillä.
- Esimerkiksi Geberitin putken kanssa ei ole pakko käyttää heidän omaa mansettiaan vaan esimerkiksi Hilti tarjoaa vastaavaa palokatkoratkaisua muoviviemäreille. Osastointivaatimuksen pitää täyttää EI60 luokitus.
- Periaatevideo palokatkomaton ja mansetin asennuksesta Geberit putken kanssa:  
<https://www.geberit.fi/tekniset-sivut-fi/#videoId=3UmURny4YXkJQTRaK6KZfq>



Etelä-Pohjanmaan  
sairaanhoitopiiri

# DET1

## Maanvarainen alapohja tai kalliotila



1. Täyttökerros tai maanvarainen pohjalaatta, ympäröivän määritellyn alapohjarakenteen mukaan.
2. Finnfoam FI300 50mm x 2 tai määritelty ympäröivä alapohjarakenne. Tiivistys uretaanivaahdolla reunoilla.
3. 100mm Weber Vetonit 6000 tai määritelty alapohjarakenne.
4. TKR pinnoite tai vastaava asennettuna valmistajan ohjetta noudattaen.
5. Pölynsidontamaalaus pilarin sisäpuolisille seinille. Myös jäävät mineraalivillapintaiset eristeet maalattava tai muulla tavoin kapseloitava.
6. Alakaton yläpuoli levytettynä umpeen tiiviisti. Palamaton levy pur - tai -pir-levy tai kipsilevyty.

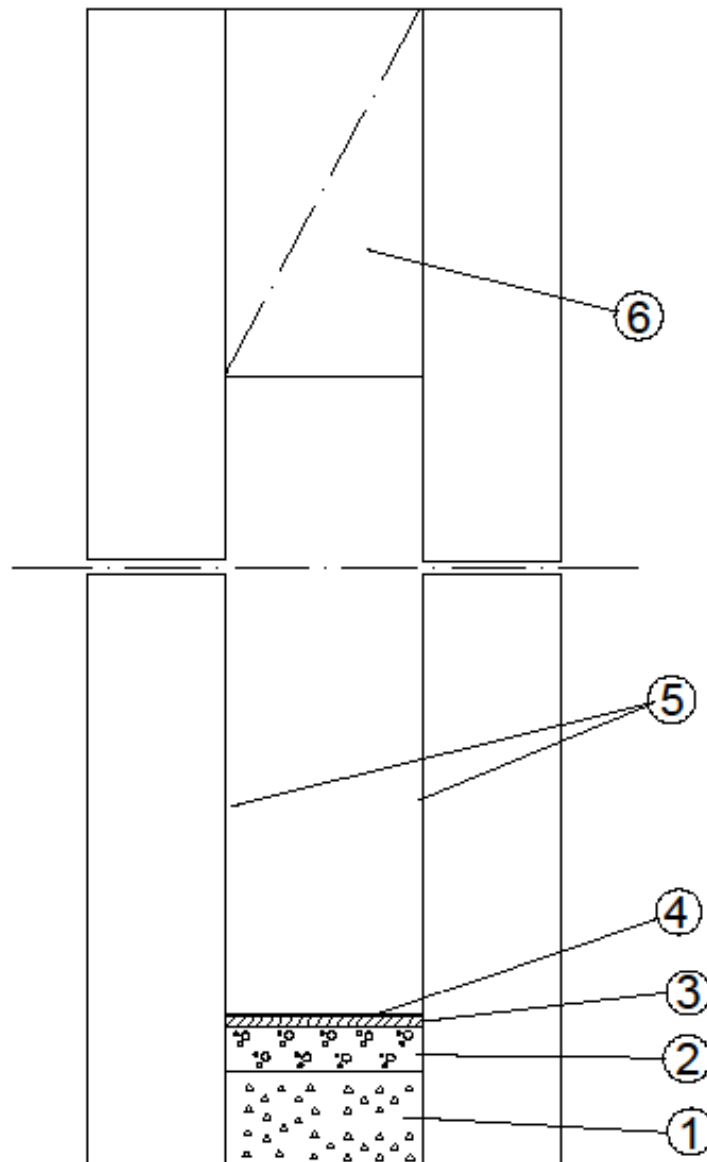




Etelä-Pohjanmaan  
sairaanhoitopiiri

# DET1.1

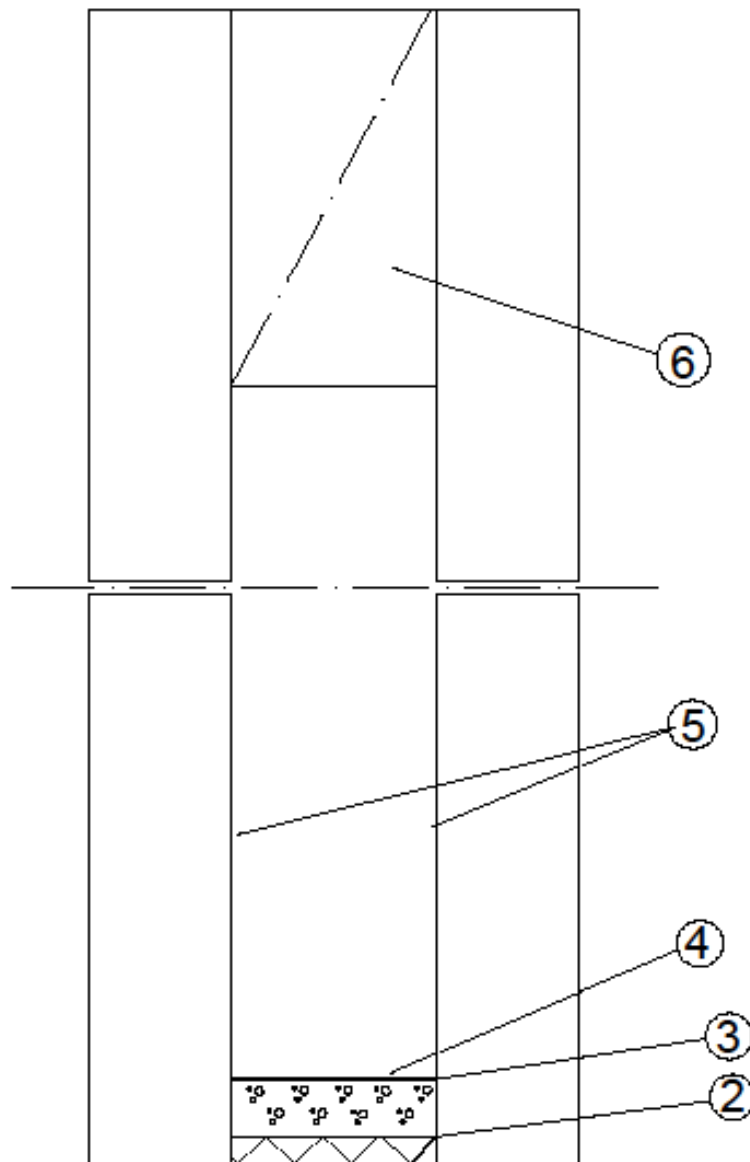
## Maanvarainen alapohja tai kalliotila Pilarin pohjaa ei pureta



1. Alapohjan hiekka tai lecasora täyttö.
2. Lecasora valu tai vanha betonivalu.
3. Tasoitekerros, sementtilaasti Weber Vetonit S30 tai vastaava pohjan sulkua ja suoristamista varten.  
Huom! Liian lievä massa valuu Lecasora valun läpi. Vanhojen läpivientien juuret on tarkistettava tiiviiksi.
4. TKR tai vastaava pinnoite asennettuna valmistajan ohjetta noudattaen.
5. Pölynsidontamaalaus tai -käsittely pilarin sisäpuolisille seinille. Myös jäävät mineraalivillapintaiset eristeet maalattava tai muulla tavoin kapseloitava.
6. Alakaton yläpuoli levytettyinä umpeen tiivistä. Paloa hidastava levy pur - tai -pir-levy tai kipsilevytyt.

# DET2

## Kerrosten välinen palokatko EI60



1. Läpiviennit huomioitava työtä tehdessä, palomansettien tarve putkiläpivienneissä huomioitava.
2. Kovavilla tai paloa hidastava uretaanilevy muottina palokatkomassaa varten.
3. Palokatkomassa esim. Hilti CP637 tai vastaava valmistajan ohjetta noudattaen. Paloluokka EI60.
4. Schönox vesieriste valmistajan ohjetta noudattaen tiivistämään pinta. Käsittely kahteen kertaan.
5. Pölynsidontamaalaus pilarin sisäpuolisille seinille. Myös jäävät mineraalivillapintaiset eristeet maalattava tai muulla tavoin kapseloitava.
6. Alakaton yläpuoli levytettynä umpeen tiiviisti. Paloa hidastava uretaanilevy tai kipsilevytyt.