

Antti Mäenranta

# Arvokiinteistön välipohjan kaksoislaattarakenteen vaatimat tuotannon toimenpiteet ja kustannukset jälkilaskentaa varten

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

04.11.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Antti Mäenranta Arvokiinteistön välipohjan kaksoislaattarakenteen vaatimat tuotannon toimenpiteet ja kustannukset jälkilaskentaa varten 41 sivua 04.11.2016
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat	Lehtori Mervi Toivonen, Metropolia AMK Työpäällikkö Esa Surakka, Lemminkäinen Talo Oy
<p>Tämä mestarityö käsittelee arvokiinteistön betonista kaksoislaattarakenteista välipohjaa ja sen tuotannon toimenpiteitä, kustannusten jälkilaskentaa ja aikataulutusta. Työn tilaajana toimi Lemminkäinen Talo Oy ja työssä keskityttiin enimmäkseen tutkimuskohteena olevan työmaan välipohjan korjausmenetelmään. Tarkoituksena oli saada tilaajalle tietoa, jolla voidaan mahdollisesti määrittää jatkossa samankaltaisten hankkeiden kustannussuuruusluokkaa sekä helpottamaan aikataulutusta.</p> <p>Betonista kaksoislaatta-välipohjarakennetta eli laatikkoholvia käytettiin kerrostaloissa 1920 - 1930 -luvulla. Kaksoislaattarakenne oli ensin käytössä asuinkerrostalojen, toimistojen ja julkisten rakennusten välipohjana, mutta myöhemmin vain asuinkerrostaloissa kellarin, liikehuoneistojen ja pihakansien välipohjana.</p> <p>Kaksoislaattarakenteen sisään usein jätetyt muottilaudoitukset ja muut materiaalit ovat saattaneet kärsiä kosteusvaurioista esimerkiksi jo rakennusaikana tai jälkeinpäin rakennuksen virheellisen käytön johdosta. Tässä työssä käytiin yleisellä tasolla läpi myös home- ja mikrobivaurioita, jotka sisäilmaan päästessään huonontavat sen laatua.</p>	
Avainsanat	välipohja, kaksoislaattarakenne, korjausrakentaminen

Author Title	Antti Mäenranta Steps and costs for concrete double-slab structured midsole production in high valued real estate
Number of Pages Date	41 pages 4th November 2016
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	House Building Site Management
Instructors	Mervi Toivonen, Senior Lecturer, Metropolia AMK Esa Surakka, Site Manager, Lemminkäinen Talo Oy
<p>This thesis describes the production steps, post-processing of costs and scheduling of concrete double-slab structured midsole for a high valued real estate. The study was done for Lemminkäinen Talo Oy and it mostly focuses on the midsole's renovation process on the construction site under research. The purpose and goals of the project were to obtain information based on which the subscriber define the cost of similar projects in future and facilitate the scheduling of work stages.</p> <p>Concrete double-slab structured midsole was used in blocks of flats during the 1920 - 1930's. Double-slab was first used in blocks of flats, offices and public buildings but later only in cellars, premises and yard decks of blocks of flats.</p> <p>Inside of the double-slab structured midsole, was often left the mold planking and other materials which might have suffered from moisture, for example even during construction or afterwards because of incorrect use. This thesis also considers mold and microbe damages on a general level, which weaken the indoor air quality.</p>	
Keywords	midsole, double-slab structure, renovation

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tutkimuskohteen esittely	2
3	Betoninen kaksoislaatta välipohjarakenne	3
3.1	Välipohjatyypin rakennushistoria Suomessa	3
3.2	Betoninen kaksoislaattarakenteinen välipohja	3
4	Yleiset ongelmat ja vauriot	7
4.1	Puurakenteisen muottilaudoituksen lahovauriot	7
4.2	Kosteus	7
4.3	Home ja mikrobit	8
4.3.1	Mikrobikasvustojen aiheuttamat terveyshaitat	8
4.4	Sisäilma	10
5	Välipohjarakenteen korjausmenetelmät	12
5.1	Korjausten kartoitus	12
5.1.1	Tutkimus	14
5.2	Korjaustoimenpiteet tutkimuskohteessa	17
5.2.1	Alalaatan purku	18
5.2.2	Hiekkapuhallus	20
5.2.3	Desinfiointi	21
5.2.4	Korroosiosuojaus, palosuojavilloitus ja pölynsidontamaalaus	22
6	Korjauksessa huomioitavaa	24
6.1	Asbestilainsäädäntö	24
6.2	Ympäristövaikutukset	25
6.3	Rakennusperintö	25
6.4	Työturvallisuus	25
6.5	Putoamissuojaus	27
6.6	Välipohjarakenteen kantavuus ja kunto	27
6.7	Purkujäte	27
7	Kustannusten muodostuminen tutkimuskohteessa	29
7.1	Alalaatanpurku	29

7.2	Hiekkapuhallus	30
7.3	Desinfiointi	30
7.4	Korroosiosuojaus, palosuojavilloitus ja pölynsidontamaalaus	31
7.5	Kustannusten yhteenveto	31
8	Eri korjaustoimenpiteiden vaikutus aikatauluun	33
8.1	Alalaatan purku	33
8.2	Hiekkapuhallus	34
8.3	Desinfiointi	35
8.4	Korroosiosuojaus, palosuojavilloitus ja pölynsidontamaalaus	36
8.5	Yhteenveto resursseista ja työtehoista	37
9	Johtopäätökset	38
10	Yhteenveto	39
11	Lähteet	40

## 1 Johdanto

Korjausrakentamiseen käytetään jo enemmän rahaa kuin uudisrakentamiseen. Kiinteistöjen peruskorjauksessa päivitetään putkien ja julkisivujen lisäksi usein myös kaikkea talotekniikkaa. Erityisen huomion kohteena ovat sisäilman laatu, home ja mikrobiongelmat, joihin vaikuttavat myös rakennetekniset asiat.

Tämä mestarityö käsittelee betonisen kaksoislaattarakenteisen välipohjan tuotannon toimenpiteitä ja kustannuksia sekä lisäksi eri työvaiheiden vaikutusta aikatauluun ja antaa niistä yleistietoa lukijalle. Betonisen kaksoislaatan kotelomainen rakenne on vaikeatekoinen ja myös vaikeasti korjattava. Työssä tutkitaan käynnissä olevan toimitilakiinteistön peruskorjauksessa tapahtuvaa välipohjarakenteiden kunnostusta ja perehdytään sen korjaustoimenpiteisiin.

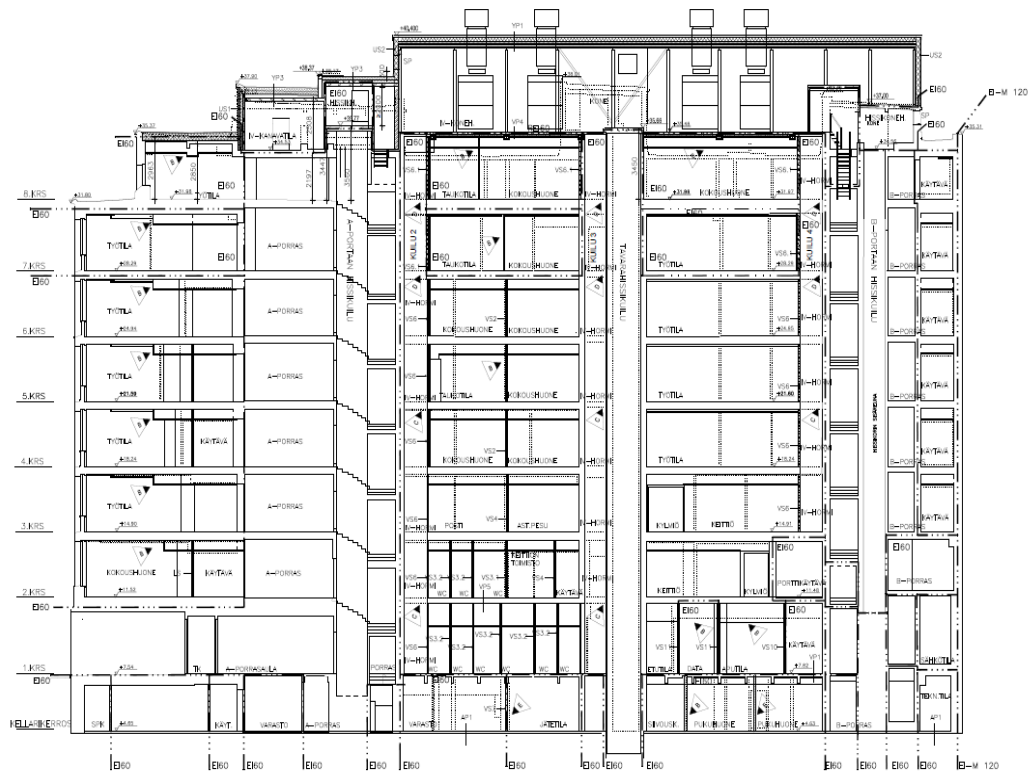
Työssä on kirjallisuuslähteiden lisäksi käytetty työn tilaajan, Lemminkäinen Talo Oy:n käynnissä olevan työmaan toteumatietoa tutkimusaineistona. Työ käsittelee enimmäkseen tutkimuskohteena olevan työmaan välipohjan korjausmenetelmää. Opinnäytetyötä tilaajan on tarkoitus käyttää tulevaisuudessa hahmottamaan vastaavien hankkeiden kustannus suuruusluokkaa ja aikataulutusta.

## 2 Tutkimuskohteen esittely

Tutkimuskohteena toimii vuonna 1935 valmistunut kerrostalokiinteistö Helsingin keskustassa. Rakennuksen on suunnitellut arkkitehti Johan Sigfrid Sirén, jonka tunnetuin työ on vuonna 1931 valmistunut eduskuntatalo.

Rakennus on yhdeksän kerroksinen toimistotalo, joka peruskorjataan ja ajanmukaistetaan liike- ja toimistorakennukseksi. Rakennus vaatii uuden talotekniikan johdosta keskitettyjen ilmanvaihtokoneiden rakentamista, jonka sijoituspaikka on osin kellari ja osin vesikatto. Kohteen laajuus kokonaisuudessaan on n. 11 100 brm<sup>2</sup> ja kerroskorkeus on 3,35 m, palkkien alapinta on huonetiloissa noin 2,95 m.

Saneerattava rakennus on perustettu louhitun kallion/perusmaan varaan. Kantavana runkona on teräsbetonipilaristo ja hissikuilujen seinät ja päädyt muurattuja rakenteita. Välipohjarakenne on kaksoislaattarakenne paitsi kellarin ja 1. kerroksen välinen välipohja on massiivilaattarakenne.



Kuva 1. Leikkaus tutkimuskohteena olevasta rakennuksesta [1.]

### 3 Betoninen kaksoislaatta välipohjarakenne

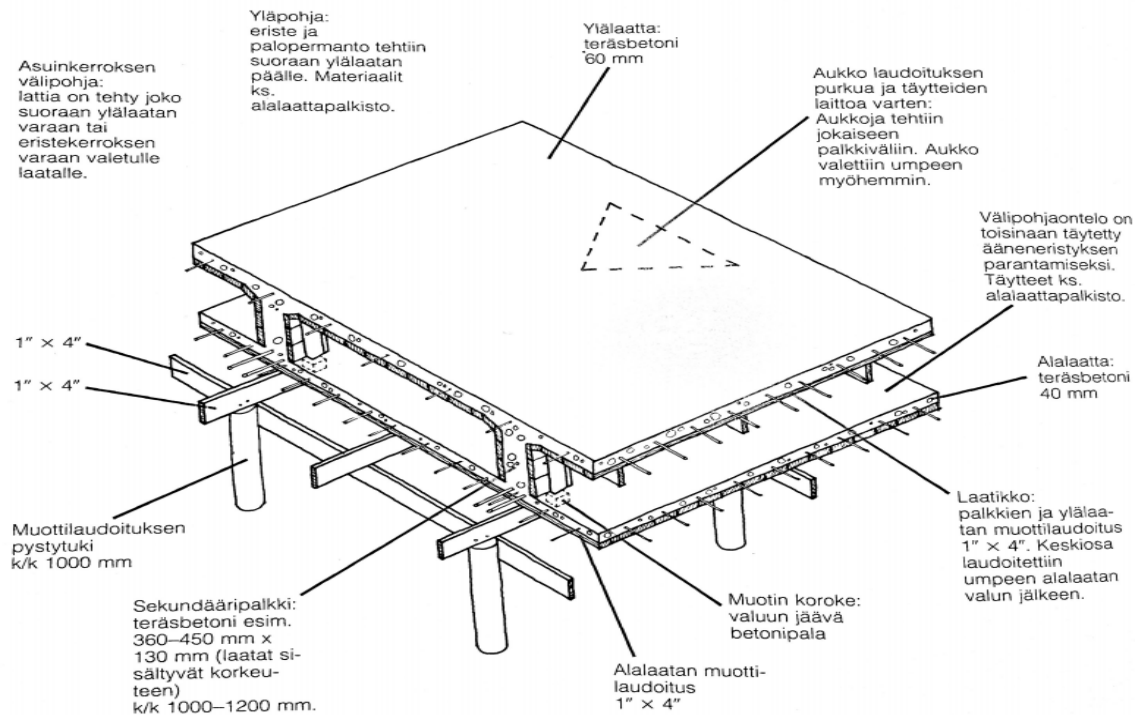
#### 3.1 Välipohjatyypin rakennushistoria Suomessa

Betonista kaksoislaatta välipohjarakennetta, eli laatikkoholvia, käytettiin kerrostaloissa 1920 – 1930 -luvulla. Kaksoislaattarakenne oli ensin käytössä asuinkerrostalojen, toimistojen ja julkisten rakennusten välipohjana, mutta myöhemmin vain asuinkerrostaloissa kellarin, liikehuoneistojen, pihakansien välipohjana. Asuinrakennuksissa se oli 1940-luvulla erittäin harvinainen eikä sitä käytetty enää 1950-luvulla. [2, s. 122.]

#### 3.2 Betoninen kaksoislaattarakenteinen välipohja

Kaksoislaattarakenteinen välipohja muodostuu teräsbetonisista sekundääripalkeista, niiden alapinnassa olevasta ei kantavasta teräsbetonilaatasta sekä yläpinnassa olevasta kantavasta teräsbetonilaatasta. Sekundääripalkit siirtävät välipohjan kuormat kantaville pystyrakenteille; joko kuormantasauspalkkien välityksellä tiilimuureille tai primääripalkkien välityksellä teräsbetonipilareille. Alalaattaa kuormittavat ainoastaan äänen- ja lämmöneristeenä käytetyt täytteet ja ylälaatta toimii kantavana lattiarakenteena. Välipohjarakenne tyyppi on esitelty kuvassa 2. [2, s. 122.]





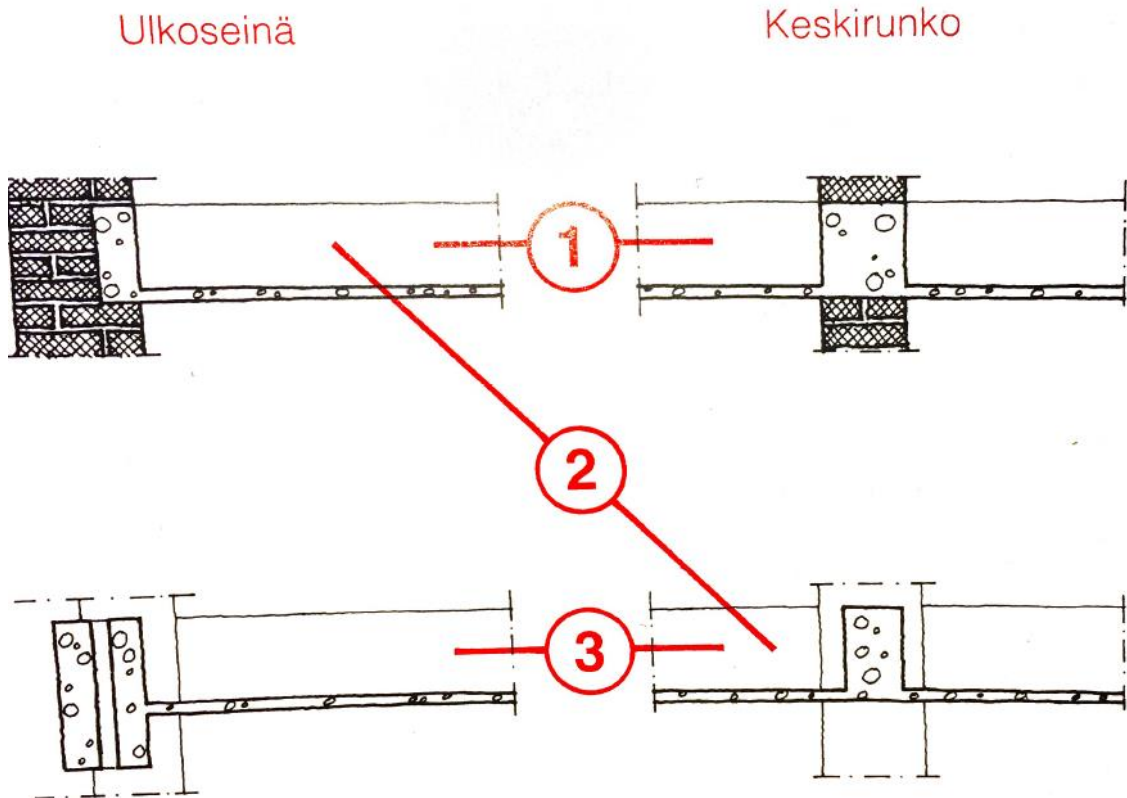
Kuva 2. Kaksoislaattapalkisto [2, s. 122.]

Kaksoislaattapalkisto on rakenteena vaikeatekoinen. Muottilaudoitusta koostuu alalaatan laudoituksesta ja sen päälle tehdyistä palkkien ja ylälaatan muottilaatikoista, joista rakenne on saanut myös nimen laatikkoholvi. Valu joudutaan toteuttamaan kahdessa vaiheessa, kuitenkin niin, ettei varsinaista valusaumaa saanut jäädä rakenteeseen vaan se pysyi yhtenäisenä rakenteena. Ensimmäisessä vaiheessa valetaan alalaatta ja toisessa vaiheessa sekundaaripalkit ja ylälaatta. Muottilaudoitusta saatettiin purkaa tai jättää rakenteen sisään tilanteesta riippuen. Päädyttyä muottilaudoituksen purkuun tehdään ylälaatan palkkiväleihin purkuaukkoja, joita voidaan myöhemmin käyttää myös välipohjantäyttemateriaalien asennukseen. Aukko on kuvattuna myös yllä olevassa piirroksessa 2. [2, s. 122.]

Kaksoislaattarakenteinen betoninen välipohja on hyvä rakenne, koska se on jäykkä ja värähtelemätön. Siihen on myös helppo tehdä suuriakin aukkoja kantavia rakenteita vahingoittamatta, kuten esimerkiksi tässä tutkimuskohteessa toteutetaan rakennuksen keskelle uudet teräsportaat ensimmäisen ja kuudennen kerroksen välille.

Tyypillisimmät välipohjan liittymisvaihtoehdot kantaviin pystyrakenteisiin on osoitettu kuvassa 3. punaisilla viivoilla ja numero viittaa runkotyyppiin. Kaksoislaattapalkiston liittyminen tiilimuuriin tapahtuu kuvan 3. kohdan 1 mukaisesti ulkoseinällä useimmiten

sekundääripalkkien pistekuormia tasaavan kuormantasauspalkin avulla. Palkin ulkopinnassa on toisinaan eriste, ainakin jos tiilimuuri on vain yhden kiven paksuinen. Teräsbetonipilarit ja kaksoislaattapalkistot liittyvät kuvan 3. kohdan 3 mukaisesti kantaviin pystyrakenteisiin tyypillisimmin ulkoseinän kuormantasauspalkeilla, jotka kannattavat seinärakennetta. Kaksoispalkit ovat yleisiä ulkoseinällä. [2, s. 131.]



Kuva 3. Välipohjarakenteen liittyminen kantaviin pystyrakenteisiin [2, s. 131.]

Betoninen välipohjarakenne valettiin kahdessa osassa, ensin noin 40 mm paksu alalaatta, jonka jälkeen laattojen välissä olevat kantavat sekundääripalkit ja noin 60 mm ylälatta. Kaksoislaattapalkiston alalaatta kantaa ainoastaan oman painonsa sekä mahdolliset täyteaineet eli eristeet. Välipohjan kokonaiskorkeus on yleensä noin 350 mm – 450 mm. Välipohjan liittyminen rakennuksen kantavaan runkoon tapahtuu kuormantasauspalkeilla, jotka siirtävät sekundääripalkkien kuormat kantaville pystyrakenteille. [2, s. 122.]

Kaksoslaattarakenteisen välipohjan palkkien väli on 1,0 m – 1,2 m. Jokaiseen palkkiväliin jouduttiin puhkaisemaan jälkeensä aukko, joka on esitetty kuvassa 1, jotta muottilaudoitukset voitiin purkaa. Melkein aina kuitenkin jätettiin muottilaudoitukset purkamatta.

Eristeenä palkkiväleissä saatettiin käyttää orgaanisia eristemateriaaleja. Ääneneristeenä käytettiin raskaita täytteitä ja lämmöneristeenä kevyitä sekä huokoisia materiaaleja. Välipohjan ontelot on toisinaan täytetty ääneneristyksen ja lämmöneristyksen parantamiseksi. Täytteenä käytettiin kutterinlastua, jonka seassa joskus sahanpurua tai turvepehkuu. Niiden päälle on eristeiden keveyden takia asetettu painotäyterrokseksi noin 30 mm koksikuonaa, tiilimurskaa, masuunikuonaa tai ruukinporoa. 1920 – 1930 -luvulla tavallisimmin käytettyjä täyttemateriaaleja olivat kutterinlastu ja sahajauho. [2, s. 122.]

## 4 Yleiset ongelmat ja vauriot

### 4.1 Puurakenteisen muottilaudoituksen lahovauriot

Usein muottilaudoitukset jätettiin kaksoislaattarakenteisen välipohjan sisään. Vanhat muottilaudoitukset ovat voineet saada kosteutta rakennusaikana esimerkiksi betonivalusta tai vesivahingosta, jonka seurauksena alkavat lahota ja homehtua ajan mittaan.

Kuiva puu ei lahoa, jos puun kosteus on alle 18-20 % siinä ei ole aktiivista lahottajasientä. Puun lahoaminen edellyttää sopivia olosuhteita; lämpöä, kosteutta, aikaa ja ravintoa. Lahoaminen vaatii +3 – +45 °C:n lämpötilan ja ilman kosteuden RH > 80 %. Lahon kehittyminen vaatii myös vaikutusajan eikä kasvun alkuun riitä hetkelliset lämpötila- ja kosteusarvot. Lahoaminen tapahtuu lahottajasienten ja bakteerien yhteistoiminnan vaikutuksesta, mutta lahoamista edistäviä hyönteisiäkin on olemassa [3.]

### 4.2 Kosteus

Rakenteiden sisällä oleva kosteus voi aiheuttaa rakenteiden vaurioitumista, ja rakenteisiin voi syntyä terveydelle haitallista mikrobikasvustoa. Kosteuden pääsyn rakenteisiin on voinut aiheuttaa esimerkiksi rakennusvaiheessa tapahtunut virhe, rakennuksen virheellinen käyttö, vesivuodot ja vesivahingot tai kondenssikosteus. Ulkopuolisia tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa kosteusvaurioita, ovat muun muassa sade, tuulenpaine, ulkoilman kosteus ja maaperän kosteus. Kosteus voi myös edetä johtumalla julkisivun läpi välipohjanrakenteisiin.

Rakenteiden kosteusvauriota voidaan arvioida aistinvaraisesti, pintakosteusmittarilla ja mittaamalla rakenteen suhteellista kosteutta. Pitkälle edenneen rakenteen vaurion voi havaita aistinvaraisesti ulkonäön ja hajun perusteella sekä tunnustelemalla. [4.]

Pintakosteusmittauksilla voidaan paikantaa lisätutkimuksia vaativia rakenteita, aistinvaraisen havainnoinnin lisäksi. Pintakosteusmittarilla ei saa tietoa, kuinka paljon rakenteessa on kosteutta ja kuinka syväälle se on rakenteeseen edennyt, mutta sen avulla voidaan arvioida pintojen kosteuseroja vertaamalla, kuinka vakava vaurio on. Tulosten tulkitsemista varten tarvitaan mittarin lukema rakenteen kuivimmasta kohdasta, ja siitä saatua tulosta verrataan muihin mittausarvoihin. Mittaustulokset ovat keskenään vertai-

lukelpoisia ainoastaan, jos tutkitut rakennetyypit ovat samankaltaisia. Tarkempi vaihtoehto rakenteiden kosteusmittaukseen on mitata rakenteen sisältämää ilmankosteutta rakennetta rikkovilla menetelmillä, esimerkiksi porareikämittauksilla.

### 4.3 Home ja mikrobit

Kaksoislaattapalkisto on rakenteena herkkä homehtumiselle. Homehtuminen johtuu yleisimmin rakenteen sisälle jätetystä muottilaudoituksesta tai kostuneesta orgaanisesta täytemateriaalista.

Homeet ovat rihmastoja muodostavia sieniä, jotka kasvavat tyypillisesti aineiden pinnalla ja näkyvät kasvualustalla nukkamaisena pesäkkeenä. Homeet voivat entsyymiensä avulla hajottaa monia pysyviksi luokiteltuja yhdisteitä ja valmistaa tietä varsinaiselle lahottajasienelle.

Lahon ja homekasvuston kehittyminen riippuu rakenteen tai sen pinnan:

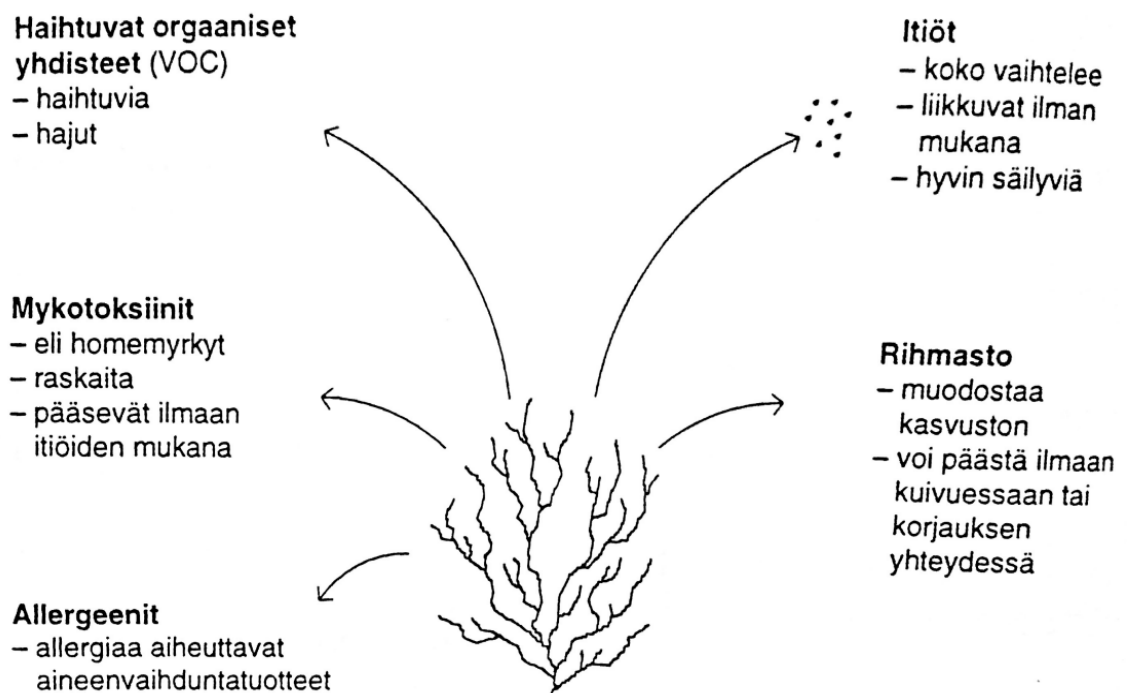
- kosteuspitoisuudesta
- lämpötilasta
- kasvualustan ravinteista, kemiallisesta koostumuksesta ja happamuusolosuhteista (sienten pH-toleranssi on noin pH 1,4-10,0)
- kaasukoostumuksesta (hapen saanti ei yleensä rajoita kasvua)
- ilmankierrosta ja valaistusolosuhteista.

Mikrobien kasvualustan kosteus voidaan ilmaista vesiaktiivisuutena, jonka arvo tasapainotilassa on  $RH (\%)/100$ . Vesiaktiivisuudella on suurin merkitys mikrobien kasvun alkamiselle ja nopeudelle. Sisäilman mikrobeista juuri mikään ei kasva vesiaktiivisuuden ollessa alle 0,65. Sienet eivät kasva ilman suhteellisen kosteuden ollessa alle 30%. Kasvuun vaadittava kosteuspitoisuus on korkeampi ravinneköyhillä pinnoilla ja alhaisissa lämpötiloissa. [5, s. 22 – 24.]

#### 4.3.1 Mikrobikasvustojen aiheuttamat terveyshaitat

Kosteaan materiaaliin syntyvä mikrobikasvusto voi aiheuttaa vakavia terveyshaittoja rakennuksessa asuville tai oleskeleville. Oireita tai sairauksia aiheutuu itse mikrobien osista, mm. itiöistä ja rihmastoista sekä mikrobien erittämistä homemyrkyistä eli myko-

toksiineista (Kuva 4). Terveydelle haitallisten vaikutusten osalta tärkeimmät mikrobi-ryhmät ovat home- ja sädesienet. Mikrobeista haihtuu myös aineenvaihdunnan tuotteena orgaanisia yhdisteitä (MVOC) ja vaurioituneista rakennusmateriaaleista (VOC) syntyy mm. homeen tyypillinen hajua. Mahdollisesti terveyteen vaikuttavat homekasvustot on esitelty kuvassa 4. Osa mikrobien molekyyleistä on allergiaa aiheuttavia proteiineja eli allergeeneja. Mikrobilajeja, homeita, hiivoja ja sädesieniä eli homeiden kaltaisia itiöitä muodostavia bakteereita, joiden tiedetään viihtyvän kosteus- ja homevaurioissa, tunnetaan noin 30 kappaletta. Kosteusvaurioita indikoivissa mikrobeissa on ominaisuuksia, jotka yksin tai yhteistoiminnassa muiden sisäilmastotekijöiden kanssa voivat matalammillakin altistumistasoilla aiheuttaa oireita altistuville ihmisille. [6 s. 56.]



Kuva 4. Homekasvuston tuottamia tekijöitä, joilla voi olla terveysvaikutuksia. [6, s. 56..]

Kosteusvauriorakennuksissa esiintyvien mikrobikasvustojen aiheuttamat terveyshaitat voidaan jakaa neljään ryhmään: ärsytysoireisiin, yleisoireisiin, toistuviin infektoihin ja allergioihin. Oireille on tyypillistä, että ne lieventyvät usein muualle mentäessä.

Ärsytysoireita ovat nenän tukkoisuus ja nuha, kuiva tai limainen yskä, kurkkukipu ja käheys, silmien sidekalvon ärsytys sekä harvemmin hengenahdistus ja hengityksen vinkuna. Ärsytysoireet ovat ohimeneviä eivätkä jätä pysyvää terveyshaittaa.

Yleisoireet ovat harvinaisempia kuin ärsytysoireet. Niitä ovat mm. kuumeilu, vilunväreet, päänsärky, pahoinvointi, huimaus ja väsymys. Yleisoireetkaan eivät jätä pysyviä terveyshaittoja.

Allergia on hankalin kosteusvaurioihin liittyvä terveyshaitta, koska se jättää elimistöön pysyvän jäljen. Monet homeet aiheuttavat allergia sairauksia. Allergia voi ilmetä silmien sidekalvon allergiana, allergisena nuhana ja astmana. [7, s. 85.]

#### 4.4 Sisäilma

Sisäilma on sisätiloissa hengitettävä ilma, jossa ilman perusosien lisäksi saattaa olla eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia. Puutteet ilmanvaihdossa ja muut sisäilmaongelmat aiheuttavat samankaltaisia oireita kuin rakennuksen mikrobivauriot. [5, s. 24.]

Välipohjarakenteen sisälle jääneet puiset muottilaudoitukset ovat hyvä kasvualusta mikrobeille ja olosuhteet ovat muutenkin suotuisat kasvustolle lämpimien huonetilojen ympäröidessä rakennetta. Mikrobit voivat aiheuttaa ongelmia päästessään rakenteen läpi tai sen kautta kulkevien ilmavirtauksien mukana sisäilmaan. Läpiviennit välipohjarakenteessa edesauttavat epäpuhtauksien pääsyä sisäilmaan, ellei niitä ole tiivistetty huolellisesti. Myös kerrosten sekä ulko- ja sisätilan välinen paine-ero edesauttaa epäpuhtauksien kulkeutumista alipaineineen suuntaan.

Tilassa havaittavissa oleva tunkkainen haju johtuu bakteerien ja sienten kasvun yhteydessä muodostuvista haisevista ja haihtuvista yhdisteistä. Näitä yhdisteitä kutsutaan nimellä MVOC. Tilassa olevan tunkkaisen hajun ilmenemiseen vaikuttaa merkittävästi puutteellinen ilmanvaihto. [6. s. 53.]

Kosteusvaurioituneen rakennuksen ilman itiöpitoisuudet vaihtelevat suuresti. Rakennuksessa voi esiintyä terveyshaittaa aiheuttavia homevaurioita, vaikka itiöitä ei löydykään ilmasta tehdyistä mittauksista. Itiöiden liikkumista rakennuksissa ei ole tutkittu, mutta mittausten perusteella kellarikerroksen homevauriot voivat vaikuttaa myös ylimässä kerroksessa.

Sisäilmaongelmien selvittämiseksi ja ongelmien aiheuttajien paikallistamiseksi on tehtävä tutkimuksia. Tutkimusten tavoitteena on kartoittaa vaurioiden syyt ja laajuus. Ennen varsinaisiin tutkimuksiin ryhtymistä tehdään rakenteiden riskiarvio. Riskiarvio tehdään rakennuksen asiakirjojen ja aistinvaraisen tarkastuksen avulla. Asiakirjojen perusteella voidaan arvioida ovatko rakenteet kunnossa vai liittykö niihin kosteus- ja homevaurioriskejä. Aistinvaraisessa tarkastuksessa tutkittavat tilat käydään läpi, ja tehdään havaintoja mm. tilojen ilmanvaihtuvuudesta, hajuista, tilojen käytöstä, näkyvistä kosteus- ja homevaurioista, sekä riskialttiista rakenneratkaisuista. [8. s. 14 – 15.]

Rakennusten sisäilman mikrobiologiseen laatuun vaikuttavia tekijöitä on paljon. Niiden merkitys on ymmärrettävä ja otettava huomioon tulosten tulkinnassa. Näitä tekijöitä ovat mm. vuodenaika ja sääolot, rakennuksen toiminnot ja käyttäjät sekä rakennuksen runkomateriaali ja ikä. [9.]

”Ulkoilma on sisäilman sieni-itiöiden tärkein ”normaalilähde”. Ulkoilman mikrobipitoisuudet ovat suurimmillaan kesällä ja syksyllä ja pienimmillään talvella, erityisesti lumi- ja jääpeitteen aikana. Sisäilman mikrobipitoisuudet seuraavat pääasiassa ulkoilman pitoisuuksien vaihtelua. Ulkoilmanäytteet ovat tulosten vertailun ja tulkinnan kannalta tärkeitä. Sisäilmanäytteet suositellaan otettavaksi talviolosuhteissa, lumipeitteen aikana. Tulosten tulkinta on tällöin helpointa, koska ulkoilman vaikutus on vähäinen.” [9.]

Ulkoilman sieni-itiöpitoisuudet kohoavat kasvukauden aikana suuriksi. Meidän ilmas-  
tossamme sieni-itiöpitoisuudet alkavat kohota heti kun maa paljastuu lumen alta. ”Kun mukaan otetaan home- ja hiivasienet sekä kotelo- ja kantasienet, ulkoilman sieni-itiöpitoisuudet saattavat ajoittain loppukesällä ylittää jopa 200 000 itiötä ilma-kuutiometrissä. Sieni-itiöpitoisuudet saattavat muutamassa tunnissa nousta hyvin korkeiksi.” Tämän ilmiön syytä ei tiedetä, mutta sen on arveltu olevan yhteydessä ilmanpaineen vaihteluihin ja ukkosmyrskyihin. Monet mikrosienistä elävät myös sisätiloissa kostuneella rakennusmateriaalilla. Esimerkiksi yleinen kosteusvaurioindikaattorilaji, *Aspergillus versicolor* on erittäin sopeutuvainen. Se pystyy luonnossa elämään vesipotentiaalisesti alhaisissa paikoissa. Toisaalta se kestää hyvin sekä happamia että emäksisiä ympäristöjä, ja kasvaa melko matalissa lämpötiloissa. [10, s. 4.]



## 5 Välipohjarakenteen korjausmenetelmät

Tässä työssä keskitytään tämän tutkimuskohteen välipohjan korjaukseen eli alalaattapurun kautta toteutettavaan korjausmenetelmään. Muita vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä on esimerkiksi:

- Ylälaatan purun kautta toteutettava korjaus, jolloin muottilaudoitukset ja mahdolliset täyteaineet poistetaan yläkautta. Pinnat esimerkiksi puhdistetaan mekaanisesti käsin tai hiekkapuhaltamalla ja käsitellään homeestoaineella. Uudet täyteaineet ja lattiarakenne toteutetaan rakennesuunnitelmien mukaan. Tämä voi olla hyvä vaihtoehto, jos alalaatan alapuolella on paljon tekniikkaa jota ei uusita. Tällä menetelmällä piikattavaa jätettä tulee enemmän ja sen poiskuljetus, liikkuminen palkkiväleissä ja muiden työvaiheiden aloittaminen hankaloituu.
- Kapselointi, eli tehdään rakenteesta niin tiivis, etteivät haitalliset aineet pääse kulkeutumaan sisäilmaan. Mahdollisesti vaurioituneet muottilaudoitukset ja orgaaninen täyte aine jätetään rakenteen sisään. Kaikki välipohjan liitoskohdat tiivistetään esim. elastisella saumausmassalla. Pinnat puhdistetaan mekaanisesti ja suoritetaan kapselointi esim. maalaamalla tai käyttämällä muita tiiviitä pintamateriaaleja. Tässä menetelmässä riskinä on välipohjarakenteeseen tehtävät kiinnitykset ja mahdollinen rakenteen eläminen. Rakenne ei enää ole tiivis, jos siihen tehdään reikiä. Kapselointi vaatii säännöllistä tarkkailua, jolloin on mahdollista havaita rakenteen vaurioituminen ja tiiviys. Tämä menetelmä on kustannuksiltaan halvin ja vaatii rakenteelta hyvää kuntoa.

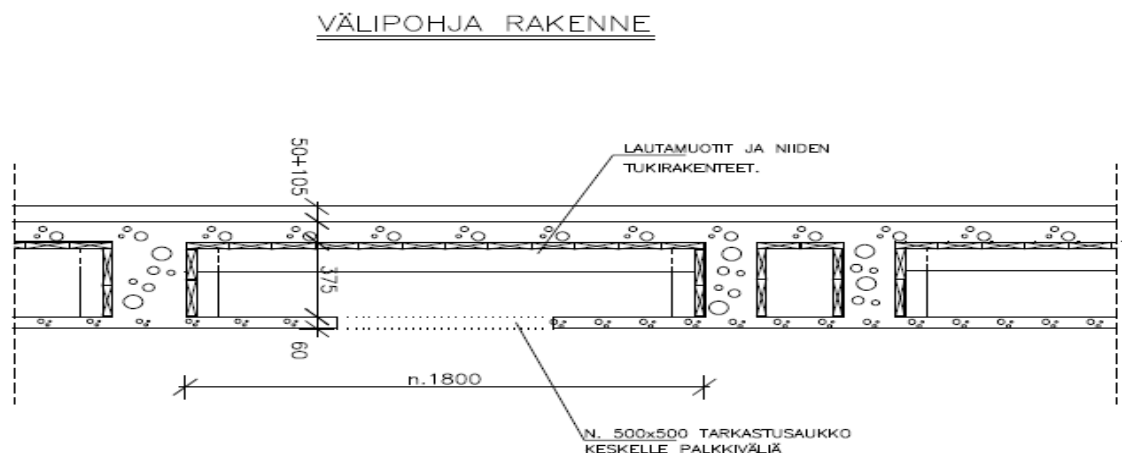
### 5.1 Korjausten kartoitus

Kun epäillään, että rakennuksessa tai rakenteissa on kosteusvaurioita, selvitetään mistä vauriot ovat peräisin. Tunkkaisen hajun perusteella voidaan vetää johtopäätökset, että sisäilmassa on normaalia enemmän mikrobien itiöitä. Vaurioiden syitä voivat olla mm. selvät vesivuodot tai epäillään että rakennuksessa on mikrobivaurioita. Mikrobi-vaurioihin viittaavia käyttäjien oireita ovat esimerkiksi ihon, silmien ja hengityselinten ärsyntyminen/tulehtuminen. [11, s. 2.]

Korjaustyötä tehdessä on aina huomioitava, että se tehdään kunnolla ja huolellisesti. Terveydelle haitalliset ongelmat on poistettava varmuudella, mutta kuitenkin niin, että korjaustyön kustannukset pysyvät kohtuullisina. Kustannusten saavuttavan tapauskohtaisesti määrittyvän kestävämmän tason, on järkevintä purkaa rakenne kokonaisuudessaan.

Korjaustyötä aloitettaessa on määriteltävä korjauksen laajuus ja korjattavat kohdat tapauskohtaisesti. Käytännössä pääsääntönä voidaan kuitenkin pitää, että kaikki kosteusvaurioituneet rakenteet ja materiaalit, jotka ovat sisäilmaan kosketuksissa, vaihdetaan tai kunnostetaan. Jos vaurio on rakenteiden sisällä, ei rakennetta tarvitse välttämättä uusia, vaan tällöin voidaan harkita puhdistusta. Puhdistustyössä täytyy varmistua siitä, ettei vaurio aiheuta vaaraa ihmisille jatkossa, joka voidaan toteuttaa esim. ilmittauksella.

Välipohjien rakenteena on tässä tutkimuskohteessa kuvan 5. mukainen betoninen kaksoislaattarakenne, jonka sisällä on muottilaudoitus. Selvitetään tutkimuksen avulla rakenteen sisällä olevan muottilaudoituksen kunto. Vastaavissa kohteissa muottilaudoituksessa on havaittu kosteusongelmia lähinnä ulkoseinien lähellä ja vanhojen märkätilojen kohdalla. Tällöin muottilaudoitus on paikoin lahonnut ja siinä on ollut havaittavissa sieni- ja homekasvustoa.



Kuva 5. Välipohjarakenteen rakennetyyppi ja tarkastusaukko [12.]

### 5.1.1 Tutkimus

Välipohjan onteloita avataan alapuolelta. Alalaattaan tehdään noin 500x500 suuruisia aukkoja rakenteen kunnan määrittämiseen, palkkilinjojen keskelle kuten kuvassa 6. havainnollistettu. Aukot tehdään tutkimusta varten suunniteltuihin kohtiin, joihin on arvioitu muodostuneen kosteus- ja mikrobivaurioita. Tarkemmat sijainnit ja lukumäärät katsotaan työmaalla. Ennen aukkojen tekemistä varmistetaan palkkien sijainnit, joko rau-doitemittarilla etsimällä palkkien pääteräkset tai poraamalla pilottireikiä alalaatan läpi. Aukon avaamisen jälkeen otetaan muottilauoituksista koekappaleet ja tehdään niille mikrobi tutkimus. Saatujen tulosten perusteella määritetään, onko tarvetta lisätutkimuk-selle.



Kuva 6. Välipohjan rakenteen avaus kunnan määrittämiseksi. Muottilautojen reunoissa on havaittavissa kosteuden aiheuttamaa tummentumaa

Tässä kohteessa tutkimusmenetelmäksi valitaan sisäilmatutkimus sekä materiaalinäyt-teiden mikrobianalyysi. Materiaalinäytteet mikrobianalyysiä varten otettiin betoniraken-teisten välipohjien sisäpuolisista puisista muottilauoista välipohjarakenteiden alaosiin tehtyjen reikien kautta. Näytteitä otetaan eri kerroksista sekä keskeltä rakennusta, että ulkoseinien läheltä ja wc-tilojen kohdilta. Näytteenoton yhteydessä tarkastettiin puura-

kenteiden kunto aistinvaraisesti näytteenotto kohtien läheisyydestä. Materiaalinäytteet pyritään ottamaan yläpuolisen betonilaatan alapuolisista muottilautoista, joka ei jokaisen näytteenottokohdan kohdalla onnistunut muun muassa suuren etäisyyden vuoksi, joten näytteet otettiin puisista tukirakenteista.

#### Näytteet

Näyte	Materiaali	Rakennusosa	Tila	Tuloksen tulkinta
1.	Puu	Kaksoislaattaväli-pohja, muottilauta	2.krs katto, sisäpihan puoleisen ulkoseinän läheltä	Heikko viite vauriosta
2.	Puu	Kaksoislaattaväli-pohja, muottilauta	2.krs katto, Eteläesplanadin puoleisen ulkoseinän läheltä	Viite vauriosta
3.	Puu	Kaksoislaattaväli-pohja, muottilauta	2.krs katto, wc-tilasta	Viite vauriosta

#### Tulokset

Näyte	Sieni-itiöt pmy 2 % Mallasuuteagar	Sieni-itiöt pmy DG18-agar	Bakteerit pmy THG-agar
1	Yhteensä + <i>Penicillium</i> +	Yhteensä + <i>Penicillium</i> + steriilit sienet + muut sienet +	Yhteensä ++ aktinobakteerit* 4 + muut bakteerit ++
2	Yhteensä +++ <i>Penicillium</i> +++	Yhteensä ++ <i>Penicillium</i> ++	Yhteensä ++++ aktinobakteerit* 5 + muut bakteerit ++++
3	Yhteensä + <i>A. versicolor</i> * 1 + <i>Penicillium</i> + steriilit sienet +	Yhteensä + <i>A. versicolor</i> * 2 + <i>Penicillium</i> + steriilit sienet +	Yhteensä +++ aktinobakteerit* ++ muut bakteerit ++

Kuva 7. Esimerkki kuva materiaalinäytteistä ja tuloksista suoraviljelymenetelmällä

Materiaalinäytteistä tutkitaan mikrobimäärät sekä lajisto laboratoriossa. Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit tehdään tässä kohteessa suoraviljelymenetelmällä. Suoraviljely antaa semikvantitatiivisen tuloksen mikrobimäärästä, joka on määrällisesti suuntaa antava kuvan 8. mukaisesti.

<b>Suoraviljelyn semikvantitaaviset tulokset</b>	
<b>Mikrobimäärän kasvu</b>	<b>pesäkkeen muodostava yksikkö / malja</b>
Niukka	Alle 20 pmy/malja
Kohtalainen	20–49 pmy/malja
Runsas	50–200 pmy/malja
Erittäin runsas	Yli 200pmy/malja

Kuva 8. Suoraviljelyn semikvantitaavisten arvojen arviointi tulokset.

Runsas sieni-itiöpitoisuus vastaa Asumisterveysohjeen (2003) sieni-itiöpitoisuutta 10 000 pmy/g, joka viittaa jo vahvasti kosteusvaurioon. Mikrobimäärien lisäksi tarkastellaan, onko näytteessä kosteusvaurioon viittaavaa lajistoa.

Materiaalinäyte analysoidaan sosiaali- ja terveysministeriön ohjeistusten mukaisella laimennosviljely menetelmällä, jossa materiaalia ripotellaan suoraan kasvualustalle. Näytealustat [homeet: 2 % mallasuute- ja dikloran-glyseroli (DG18) -agar, bakteerit: tryptoni-hiivauute-glukoosiagar.] pidetään +25 °C:ssa 7-14 vrk ajan. Mikrobit tunnistetaan pesäkeulkonäön ja valomikroskoopissa havaittujen rakenteiden perusteella. Mikrobimäärät ilmoitetaan muodossa pmy (cfu)/ malja, joka tarkoittaa pesäkkeen muodostavia yksiköitä maljalla.

Tutkimuksen havainnoiksi ja tuloksiksi saatiin, että aistinvaraisesti tarkasteltuna kosteuden aiheuttamia vaurioita on myös osassa näytteenottokohdissa, joissa mikrobianaalysin perusteella ei ole viitteitä vaurioista. Mikrobikasvustoa ei pystytä toteamaan käytetyllä kasvatustutkimusmenetelmällä kohdista, joissa on lahovaurioita. Puisissa muottirakenteissa on havaittavissa selkeästi kosteuden aiheuttamaa puun lahoamista sekä tummumista.

Tutkimuksen johtopäätöksiksi ja jatkotoimenpidesuosituksiksi saatiin, että puurakenteista otettujen materiaalinäytteiden mikrobianaalysitulosten perusteella osassa betonisten kaksoislaattavälipohjien sisäpuolisissa vanhoissa muottilaudoituksissa on kosteusvaurioihin viittaavaa mikrobikasvustoa.

Puurakenteista ei voi todeta silmämääräisesti, mitkä terveiltä näyttävät puuosat voitaisiin jättää paikoilleen rakenteen sisään, sillä todennäköisesti osassa näissä kohdissa esiintyy myös mikrobivaurioita.

Edellä mainittujen tietojen perusteella suositellaan välipohjarakenteiden sisäpuolisten puurakenteiden poistamista, sillä rakenteissa jo olevat vauriot saattavat aiheuttaa terveyshaittaa tilojen käyttäjille mahdollisten välipohjien ilmanvuotokohtien kautta leviävien epäpuhtauksien takia.

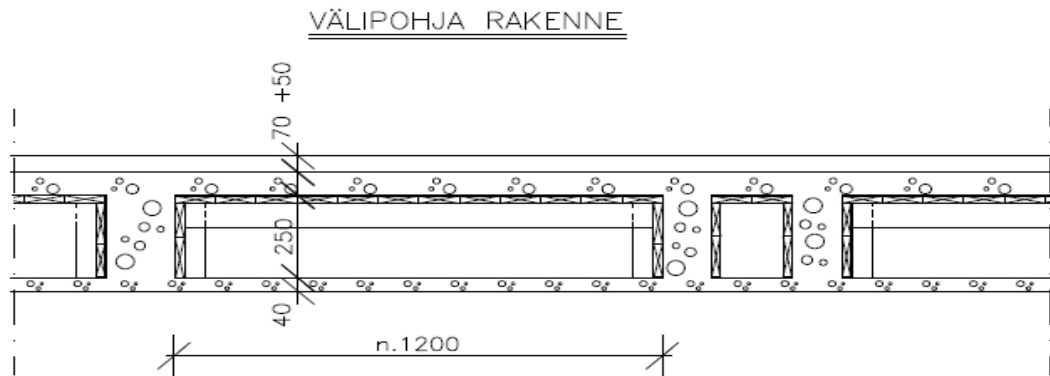
Esimerkiksi seitsemännen kerroksen sisäpihan ja katujulkisivun puolen välikattoon oli tehty rakenneavaukset. Välikaton täyteenä on sekalaista rakennusjätettä, joka on erittäin pölyävää. Rakennusjätteestä otettiin kaksi materiaalinäytettä asbestipitoisuuden selvittämiseksi, näytteissä ei laboratoriotutkimuksessa havaittu asbestia. Myös tervapaperieristeestä otettiin materiaalinäyte, jossa laboratorioanalyysissä havaittiin vaarallisen jätteen raja-arvon ylittävä PAH-pitoisuus (16000 mg/kg). Rakenneavauksissa havaittiin myös kosteusvaurioitunutta puutavaraa kuten kuvassa 9. on havaittavissa.



Kuva 9. 7.krs. välipohjan rakenneavaus

## 5.2 Korjaustoimenpiteet tutkimuskohteessa

Tässä luvussa käydään läpi tämän tutkimuskohteen korjaustoimenpiteiden kulkua vaihe vaiheelta. Välipohjarakennetyyppi on kuvan 10. mukainen.



Kuva 10. Välipohjan kaksoislaattarakenne. [12.]

### 5.2.1 Alalaatan purku

Tässä kohteessa kaksoislaattaholvien alalaatat avataan piikkaamalla seitsemännestä kerroksesta aloittaen ensimmäiseen kerrokseen asti. Piikkaus toteutettiin Brokk-piikkausrobotilla apuna käyttäen ja osittain käsityönä, piikkaamalla noin 50 mm etäisyydeltä sekundääripalkin sivusta. Piikkaus suoritetaan huolellisesti vaurioittamatta sekundääripalkkeja, kuten kuvassa 11. Välipohjarakenteessa ainoastaan seitsemännen kerroksen välipohjan sisällä on täytteenä sekalaista rakennusjätettä, joka poistettiin imuautolla ennen laatan purkua.



Kuva 11. Alalaatan poisto sekundääri palkkien välistä.

Alalaatta poistetaan pieninä osina koska, suuria paloja ei saa pudottaa alemman holvin päälle. Laatan sivuja ei siistitä, raudoitus katkaistaan, sekä näkyviin jäävät raudat korroosiosuojataan ja irtonaiset betonipalat poistetaan esimerkkinä kuva 12. Poikkeuksena väliseinien kohdat, jotka tarvittaessa siistitään timanttisauhauksena.



Kuva 12. Palkkivälistä on poistettu alalaatta ja raudoitukset katkaistu.

Purkutyöt toteutetaan lajittelevana purkuna purkutyökoneilla ja käsipurkuna. Materiaalit puretaan lattialle ja siirretään jätteet siirtolavoille. Purkujätteen aiheuttama kuorma alapuoliselle välipohjarakenteelle on huomioitava purkusuunnitelmassa, eikä kantokyvyn ylittäviä kasoja saa kerätä laatastolle, vaan se on levitettävä tasaisesti ja kuljetettava pois sopivin väliajoin. Purkutyöt ja jätteen siirto pyritään tekemään aina mahdollisuuksien mukaan purkutyökoneella työturvallisuuden ja tehokkuuden saavuttamiseksi. Valmistelu, viimeistely sekä avustavat purkutyöt tehdään käsityökoneita käyttäen. Asbestipurkutyöt tehdään omana työvaiheenaan, muutoin purkutyöt tehdään vaiheittain seuraavasti.

Välipohjien purku:

1. Tarvittavat purkutyönaikaiset tuennat ja tarkastukset
2. Työalueen rajaaminen ja osastointi/suojaukset ja niiden tarkastukset
3. Purkurajat timanttisauhataan, nurkat porataan ylisauhauksen välttämiseksi
4. Rakenteen purku purkurobotilla



## 5. Viimeistelypurku

## 6. Purkujätteen raivaus

Purkutyön edetessä voi rakenteista paljastua kartoittamattomia terveydelle haitallisia aineita. Asbestia voi löytyä mm. talotekniikan nousuhormeista, lattiatasoitteista, vesieristeistä ja rakenteiden sisällä kulkevien putkien eristeistä. Mikäli purettavista rakenteista paljastuu epäilyttäviä materiaaleja, keskeytetään työvaihe ja otetaan tarvittavat materiaalinäytteet.

Purkutyössä kiinnitetään erityistä huomiota kosteudenhallintaan. Kaikki timanttiporaus- ja sahaustyöt tehdään kuivamenetelmin tai siten, että jäähdytysvesi saadaan varmulla kerättyä talteen.

### 5.2.2 Hiekkapuhallus

Ennen hiekkapuhallustyön aloittamista tulee hiekkapuhallettava alue osastoida ja alipaineistaa sekä tehdä muut tarvittavat suojaus toimenpiteet mm. ympäröiville rakenteille.

Vanha mikrobivaurioitunut muottilaudoitus ja kaikki muu mahdollinen orgaaninen aines poistetaan ja betonipinnat puhdistetaan hiekkapuhaltamalla. Hiekkapuhallus poistaa vanhat pinnoitteet, irrottaa sementtiliimakerroksen ja karhentaa pintaa. Mikäli poistettavassa pinnassa on havaittu olevan asbestia, toteutetaan hiekkapuhallustyö asbestipurkutyönä. Hiekkapuhalluksen jälkeen pinnat puhdistetaan paineilmalla ja hiekat imuroidaan. Väli-tila puhdistetaan huolellisesti pölystä harjasuulakkeella varustetulla korkeapaineimurilla. Puhdistus tehdään koko palkkivälille, vaikka vaurio olisi havaittavissa vain osassa kotelorakennetta kuten kuvassa 13.

Kaikki huoneiston muut sisäpinnat puhdistetaan pölystä purkutyön jälkeen erittäin huolellisesti harjasuulakkeella varustetulla korkeapaineimurilla.



Kuva 13. Vanha muottilaudoitus on purettu ja pinnat puhdistettu

### 5.2.3 Desinfiointi

Ennen välipohjien desinfiointia pinnoille tehdään HEPA-puhdistus. HEPA-puhdistuksen jälkeen suoritetaan desinfiointikäsitteily, joka toteutetaan tässä kohteessa Sanosil S015 Ag -desinfiointiaineella.

Puhdistuksen jälkeen kaikki välipohjan kotelorakenteen betonipinnat käsitellään peroksidipohjaisella ULV-sumuttimella levitettävällä hajunpoisto- ja desinfiointiaineella. Hajunpoistoaineesta ei saa jäädä käsitellyille pinnoille varoajan jälkeen kemikaalijäämiä, jotta esimerkiksi tasoitteet/palosuojamassat tarttuvat pintaan kunnolla. Aina ennen seuraavaa käsittelyä täytyy varmistaa, että käytettävä desinfiointiaine on yhteensopiva jatkokäsittely pinnoitteelle. Tässä kohteessa käytettävän hajunpoistoaineen kuivumisen vähimmäisvaroaika on vähintään yksi viikko, jonka jälkeen tehdään ilmamittaus, jonka avulla varmistetaan turvallinen aloitus pintojen jatkokäsittelylle. Hajunpoistoaineella käsiteltyn tilaan järjestetään koneellinen tehostettu tuuletus. Hajunpoistossa tulee ehdottomasti noudattaa valmistajan ohjeita. Hajunpoistoaine, levitysmenetelmä ja varoajat hyväksytetään suunnittelijalla.

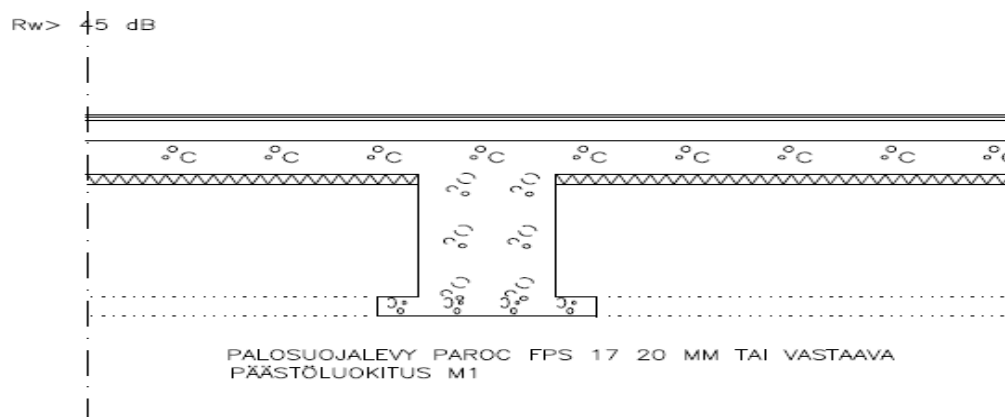
Desinfiointityö toteutetaan tässä kohteessa paineellisesti sumuttamalla/ruiskuttamalla. Aineen levittämisessä on otettava huomioon, että laitteen tekemä pisarakoko on riittävän pieni tunkeutuakseen kapilaarisesti hyvin materiaaleihin. Ennen desinfiointityön aloitusta tehdään kerroksittain työsuunnitelma, jossa määritellään alueittain tehtävät käsittelyt. Desinfiointityön aikana ylä- ja alapuoliset kerrokset oltava suljettuna henkilö liikenteeltä/muulta toiminnalta, sen vuoksi ruiskukäsittelyt pyritään suorittamaan viikonloppuisin. Kaikki suuremmat aukot on suojattava, mutta kerroksen ei kuitenkaan tarvitse olla täysin ilmatiivis. Ulkopuoliset pääsevät desinfioituun tilaan noin 36 tunnin kuluttua ruiskutuksesta.

Desinfiointiainetta levitettäessä on käytettävä moottorimaskia varustettuna A2/P3-luokan suodattimilla. Vaatetuksiksi soveltuu kertakäyttöhaalari, joka on kemikaaliluokiteltu ja höyrytiivis. Käsineiden ja jalkineiden tulee olla nitrilivalmisteiset. Aineen mahdolliset valumat tulee huuhdella välittömästi runsaalla vedellä. Neutralointia ei tarvita, mutta tuotemerkintöjen lisäohjeita ja teknisiä neuvoja, sekä lisäksi kansallisia ja alueellisia määräyksiä on ehdottomasti noudatettava.

#### 5.2.4 Korroosiosuojaus, palosuojavilloitus ja pölynsidontamaalaus

Desinfiointityön jälkeen on varmuudella huolehdittava, että desinfiointiainekäsittelyn varoaika on täyttynyt ja kemiallisten reaktioiden lopputuotteet ovat poistuneet sisäilmasta ja rakenteen pinnasta. Vasta sen jälkeen voidaan aloittaa näkyviin jääneiden raudoituksien korroosiosuojaus ruiskurappaus menetelmällä. Välipohjaan tehdään suunnitelmien mukainen palosuojavilloitus. Välipohjan onteloiden betonipinnat ja palosuojavilloitus maalataan sisäkäyttöön tarkoituksen mukaisella pölynsidontamaalilla.

Välipohjaan tehdään kuvan 14. rakennetyypin mukainen palosuojavilloitus. Jos välipohjien palkit ovat leveydeltään alle 120 mm niin myös palkkien kyljet palosuojavilloitetaan.



RAKENNE PÄÄLTÄ LUKIEN:

- \* Lattiamateriaali huoneselityksen mukaan
- \* Lattiatasoite
- \* Vanha pintabetoni
- \* Vanha kantava betoninen kaksoislaatta. Alalaatta ja muotitus puretaan. Betonipinnat puhdistetaan erillisen ohjeen mukaan.

Kantavan laatan alapinta ja alle 120 mm levyisten palkkien kyljet palosuojataan, esim. Paroc FPS 17 20 mm. Kiinnitys valmistajan ohjeiden mukaan.

Paloluokka REI60

Kuva 14. Korjattu välipohjarakennetyyppi [12.]

## 6 Korjauksessa huomioitavaa

### 6.1 Asbestilainsäädäntö

Korjauksessa on otettava huomioon uusi asbestilainsäädäntö, joka tuli voimaan vuoden 2016 alusta. Vanhat asbestipurkutyövaltuutukset ovat edelleen voimassa kaksi vuotta lain voimaan tulon jälkeen. Uudet asbestipurkutyöluvat myönnetään määräaikaisiksi tai toistaiseksi voimassa oleviksi. Lupamenettelyn yhteydessä selvitetään hakijan oikeuskelpoisuus ja että hakijalla on käytettävissä asbestipurkuun tarvittavat koneet ja laitteet sekä vankkarakenteiset huoltotilat. Asbestipurkutyöntekijän pätevyysvaatimuksena on ammattitutkinto tai sen soveltuva osa. [13.]

Suomessa asbestia on rakennusmateriaaleissa käytetty vuosina 1922–1992. Asbestia on käytetty mm. putkieristeissä, ruiskutuseristeinä, erilaisissa tasotteissa, maaleissa, rakennuslevyissä, ilmastointikanavissa, muovimatoissa, palokatkoeristeissä, ovissa sekä vesikattomateriaaleissa. Asbestipurkutyö tuli luvanvaraiseksi 1988 alkaen. Lupaviranomaisena toimii Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintovirasto työsuojelun vastuualue, joka pitää asbestipurkutyöluvista rekisteriä. Rakennuttajan tai sen, joka ohjaa ja valvoo rakennushanketta on huolehdittava että, ennen vuotta 1994 valmistuneissa rakennuksissa tulee suorittaa perusteellinen asbestikartoitus ennen purkutyötä. Asbestikartoituksessa on paikallistettava purettavassa kohteessa oleva asbesti ja selvitettävä sen laatu ja määrä. Kartoituksen suorittaminen edellyttää henkilöä, jolla on kartoituksen laadun ja laajuuden edellyttämä ammatillinen osaaminen. Jos kartoituksen perusteella ei voida olla täysin varmoja rakenteiden asbestipitoisuudesta, on työ toteutettava asbestipurkutyönä käyttäen osastointimenetelmää. Purettavien materiaalien asbestipitoisuus on aina selvitettävä. Kartoitus on dokumentoitava ja liitettävä rakennuttajan turvallisuusasiakirjaan. [13.]

Asbestipurkutyöstä on tehtävä työsuojeluviranomaiselle ennakoilmoitus, johon kirjaetaan mm. purkutyötä suorittavat työntekijät ja terveystarkastuksien voimassaolo. Lisäksi purkutyöstä on tehtävä kirjallinen turvallisuussuunnitelma ja nimettävä asbestityön toteuttamista varten työnjohtaja. Uuden lainsäädännön tavoitteena on selkeyttää asbestityöhön liittyvää lupamenettelyä ja asbestipurkutyön suunnitelmien, menetelmien, työvälineiden ja henkilösuojainten käyttöön liittyviä vaatimuksia. [13.]

## 6.2 Ympäristövaikutukset

Välipohjan korjaustöitä tehdessä on huomioitava korjauskohdetta ympäröivät tilat. Työmaa-alue tulee suojata niin, että se täyttää paloturvallisuus-, pölyntiiviys- ja ääneristysvaatimukset. Alapuolisen kerroksen lattia on tarvittaessa tuettava, sekä suojattava jos lattiapinnoitetta ei uusita. [14, s. 9.]

Ennen purkutöitä on otettava huomioon purettavaan rakenteeseen liittyvät rakenteet, sekä niiden kunto katselmuksessa. Purkutöitä suunniteltaessa määritetään myös kuljetusreitit ja aukot, joista purkujätteet kuljetetaan pois, ja huolehditaan mahdollisista suo-  
jauksista. [14, s. 70.]

## 6.3 Rakennusperintö

Suunnittelijan ja rakentajan tulee ottaa huomioon rakennusperinnön säilyttäminen, sillä monet vanhemmat arvokkaat rakennukset ovat suojeltuja rakennustaiteellisesti, kaupunkikuvallisesti ja kulttuurihistoriallisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi rakennuksen julkisivua ei korjauksen yhteydessä saa muuttaa ja vanhaa rakennustapaa on noudatettava. Vanhan arvokiinteistön korjausta suunniteltaessa on otettava huomioon rakennuksen ominaispiirteet ja pyrittävä säilyttämään se tyylillisesti alkuperäisenä. [15, s. 86.]

Korjattaessa suojeltua rakennusta, vaatii rakennusvalvonta useimmiten museoviraston, kaupunginmuseon tai maakuntamuseon lausuntoa rakennuksen muutoksiin. Myös kaavoissa voi olla merkintä suojellusta rakennuksesta. Vaikkei kaavassa olisikaan merkintää, on kuitenkin hyvä tarkistaa, koska suojelumerkintä on otettu käyttöön vasta 1980-luvulla. Näin ollen kaavat voivat olla jälkeenjääneitä. Rakennuksen suojelupäätöksen tekee elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus ja sen vahvistaa ympäristöministeriö. [15, s. 86.]

## 6.4 Työturvallisuus

Kaikki työmaalla työskentelevät henkilöt perehdytetään työmaalle tultaessa sekä erikseen kuhunkin työtehtävään. Työmaan yleisperehdytyksestä vastaa pääurakoitsija.

Tehtäväkohtaisesta perehdytyksestä vastaa kunkin urakoitsijan/aliurakoitsijan työnjohtaja/työmaavastaava. Perehdytys dokumentoidaan perehdytyslomakkeelle. Lemminkäisen työmailla edellytetään Raturva-lomakkeen täyttöä ja läpikäyntiä ennen työvaiheen aloittamista.

Työmaalla käytetään henkilökohtaisia suojavarusteita: kypärää, hengityssuojaimia, kuulosuojaimia, suojalaseja, huomioliivejä, suojaavaa vaatetusta, viiltosuojahanskoja ja turvakengkiä. Kaikilla työntekijöillä tulee olla kuvallinen henkilökortti sekä voimassa oleva työturvallisuuskortti.

Rakennustarvikkeiden ja purkujätteiden välivarastoinnissa huomioidaan työmaan siisteys ja erityisesti kulkureittien esteettömyys. Erityisesti hätäpoistumistiet on pidettävä esteettöminä koko työmaan ajan.

Työhön liittyvät riskit ja niiden minimoimiseksi vaadittavat toimenpiteet arvioidaan ennen työvaiheen aloittamista. Työntekijöille on annettava riittävä tehtäväkohtainen opastus ennen kunkin työvaiheen aloittamista, jossa huomioidaan työturvallisuuteen ja laatuvoitteisiin liittyvät asiat. Opastuksesta vastaa työryhmän nokkamies/työnjohtaja. Riskien ollessa luonteeltaan arvaamattomia tai muutoin hallitsemattomia, tulee työ keskeyttää ja miettiä vaihtoehtoisia työtapoja yhdessä vastaavan työnjohdon kanssa.

Työvälineiden kunto tarkastetaan ennen käytön aloittamista. Työmaan turvallisuus tarkastetaan työnjohdon toimesta päivittäin ja havaittuihin puutteisiin puututaan välittömästi. Työmaalla järjestetään viikoittain työturvallisuuskierros, joka dokumentoidaan työmaan kunnossapitotarkastuslomakkeelle. Työturvakerroksen tuloksista informoidaan tilaajaa ja työturvallisuuskoordinaattoria

Jokainen työmaalla työskentelevä työntekijä on velvollinen puuttumaan havaitsemiinsa työturvallisuutta vaarantaviin puutteisiin ja edistämään työturvallisuutta omalla harkitulla toiminnallaan.

## 6.5 Putoamissuojaus

Purkutyössä syntyvät kuilut ja aukot suojataan kaitein ja/tai levytyksin välittömästi aukon muodostumisen jälkeen. Aukon läheisyydessä työskennellään käyttäen valjaita ja turvaköyteen kiinnitettynä aina, mikäli muuta putoamissuojausta ei ole.

Nostokorissa, kaiteettomien aukkojen läheisyydessä ja epävarmojen rakenteiden päällä työskenneltäessä käytetään turvavaljaita ja turvaköyttä. Turvaköysi kiinnitetään kantaviin rakenteisiin. Rakenteisiin voidaan myös valmistella erillisiä kiinnityspisteitä turvaköydelle. Kiinnityspisteen valinnassa huomioidaan, että missään työvaiheessa turvaköyden pituus ei saa ylittää mahdollista putoamiskorkeutta.

## 6.6 Välipohjarakenteen kantavuus ja kunto

Riskitekijänä on, että välipohjarakenne on kantavuudeltaan huonokuntoinen. Kantavuudeltaan huonokuntoinen laattarakenne voi vaurioitua tai romahtaa purkutyön aikana. Tämän ennaltaehkäisemiseksi tulee rakenne tarvittaessa tukea alapuolelta ennen purkutyön aloittamista, sekä yritetään välttää isojen palojen pudottamista alapuoliselle laatastolle. Purkujätettä ei läjitetä yhteen paikkaan vaan se jaetaan tasaisesti, jotta isoja kuormia ei pääse syntymään rakenteelle, ja kuljetetaan mahdollisimman nopeasti pois jätelavoille.

Rakennesuunnittelija varmistaa kuormien siirtymisen korvaaville rakenteille, ennen purkutöiden aloittamista. Purettavaa rakennetta tuetaan väliaikaisin tuennoin hallitsemattomien sortumien ja romahdusten estämiseksi. Alalaattaa purkaessa tuetaan tarvittaessa alapuolella olevan kerroksen välipohja purkujätteen, ja työkoneiden aiheuttaman kuorman johdosta.

## 6.7 Purkujäte

Tutkimuskohteena olevan kiinteistön kaksoislaattarakenteiset välipohjat ovat seitsemännen kerroksen välipohjaa lukuun ottamatta tyhjiä. Seitsemännen kerroksen välipohjan sisällä täytteenä on sekalaista rakennusjätettä, joka on erittäin pölyävää.



Purkujäte siirretään jätelavoille sitä mukaa, kun jätettä syntyy. Vaakasiirroissa käytetään diesel- tai kaasukäyttöisiä kuormaajia ja osittain purkujätteen siirto tapahtuu käsitöinä. Maanpäällisistä kerroksista purkujäte poistetaan pääosin kurottajalla ikkunaaukosta nostamalla. Ikkuna aukkoon asennetaan purkusuppilo paremman työturvallisuuden ja pölynhallinnan vuoksi. Jätelavat peitetään pölyämisen estämiseksi. Kellarikerrosten purkujätteet siirretään välipohjaan puhkaistusta haalausaukosta pääosin hissiä apuna käyttäen.

Eri jättemateriaalit lajitellaan omille jätelavoilleen. Lajittelevan purkamisen ansiosta jätteet pyritään kuljettamaan nopeasti pois urakka-alueelta. Kierrätykseen on asetettu erillisiä tavoitteita. Kohteelle tavoitellaan myös LEED-ympäristösertifikaattia, jonka taso on tällä hetkellä Gold. (Leadership in Energy and Environmental Design)

## 7 Kustannusten muodostuminen tutkimuskohteessa

Tämän luvun arvot on sensuroitu julkaistussa versiossa yrityksen salaisen toteumatiedon johdosta.

Tässä luvussa käydään läpi kustannusten muodostuminen tutkimuskohteessa, sekä mitä kaikkea kustannuserät pitävät sisällään. Välipohjarakenteen korjaukset suoritetaan ylhäältä alaspäin, jokainen työvaihe kerrallaan valmiiksi tehtynä, kerros kerrallaan.

### 7.1 Alalaatanpurku

Alalaatan purun kustannuksia nostaa merkittävästi purkujätteen merkittävä määrä ja sen kuljetus ja lajittelu jätelavoille. Alalaattoja puretaan määrällisesti noin. xxx m<sup>2</sup> ja yksikköhinta on xxx €/m<sup>2</sup>. Välipohjien alalaattojen purun kustannuksissa on otettava huomioon työnaikaisen tuentakaluston vuokra, joka kuuluu pääurakoitsijalle.

Alalaatanpurun yksikköhintaan sisältyvät:

- Kaksoislaattaholvien alalaattojen ja vanhojen muottilaudoitusten purku
- Välipohjapurkujen työnaikainen tuenta
- Roskalavat ja jätteenkuljetus kaatopaikkamaksuineen
- Suojaus (mm. jäävät rakenteet)
- Jätteiden siirto ja lajittelu roskalavalle
- Purkutyökalusto (siirtokalusto, piikkauskalusto yms. työ: siirrot, huollot ym.).

## 7.2 Hiekkapuhallus

Hiekkapuhallettavaa pintaa välipohjissa on määrällisesti noin. xxx m<sup>2</sup> ja yksikköhinta on xxx €/m<sup>2</sup>.

Hiekkapuhallus neliömäärät:

Hiekkapuhalluksen yksikköhinta sisältää:

- Hiekkapuhallettavan kerroksen osastoinnin ja alipaineistuksen
- Hiekkapuhallustyön materiaaleineen ja tarvikkeineen
- Hiekkapuhallettujen pintojen puhdistuksen paineilmalla
- Hiekkojen imuroinnin imuautolla
- Hiekkapuhallusjätteen kuljetukset ja maksut.

## 7.3 Desinfiointi

Desinfiointityön aikana ylä- ja alapuoliset kerrokset on oltava suljettuna, jonka johdosta työ suoritetaan viikonloppuisin.

Ennen välipohjien desinfiointia pinnoille tehdään HEPA-puhdistus, jolla on oma yksikköhinta. HEPA-puhdistuksen jälkeen suoritetaan desinfiointi käsittely, joka toteutetaan Sanosil S015 Ag -desinfiointiaineella.

Desinfiointityötä edeltävä pintojen HEPA-puhdistusta tehdään noin xxx m<sup>2</sup> ja yksikköhinta on xxx €/m<sup>2</sup>. HEPA-puhdistuksen jälkeinen desinfiointi käsittely tehdään Sanosil S015 Ag -aineella, jonka yksikköhinta on xxx €/m<sup>2</sup>.

Desinfiointityön jälkeen on huomioitava aineen varoaika ja tehtävä ilmanmittaus ennen kuin osaston pystyy ottamaan käyttöön ja jatkamaan seuraavaa työvaihetta.

#### 7.4 Korroosiosuojaus, palosuojavilloitus ja pölynsidontamaalaus

Desinfioinnin jälkeen näkyviin jääneet teräkset korroosiosuojataan käyttämällä ruiskurappausmenetelmää ja pinnat palosuojavilloitetaan, FPS 17 20x600x1200, kiinnitys mekaanisesti 6 kpl/levy. Villoituksen jälkeen välipohja pölynsidontamaalataan, joka toteutetaan ruiskumaalauksena.

Palosuojavilloitettava pinta välipohjissa on määrällisesti noin. xxx m<sup>2</sup> ja yksikköhinta on xxx €/m<sup>2</sup>. Villoitusten jälkeen pinnat pölynsidontamaalataan, jonka yksikköhinta on xxx €/m<sup>2</sup> tai vaihtoehtoisesti kalliimmalla silikaattimallilla, jonka yksikköhinta on xxx €/m<sup>2</sup>.

#### 7.5 Kustannusten yhteenveto

Kustannukset muodostuivat tässä kohteessa kuvan 15 mukaisiin työvaiheisiin.

Alalaatan purkuun sisältyy mm. tilan osastointi, alalaatan piikkaus, raudoitusten katkaisu, muottilaudoituksen/täytteen poisto, jätteen poisajo.

Lattiapinnoitteiden liimojenpoisto on otettu mukaan laskelmaan mutta sitä ei ole lisätty yhteenlaskettuihin kustannuksiin. Lattiapinnoitteiden liimojen poisto suoritettiin osastovalla purkumenetelmällä tässä kohteessa kahdeksannesta kerroksesta kellariin asti.

Kaksoislaattarakenteen korjauskustannukset		Määrä Yks.	€/m <sup>2</sup>	Yhteensä/€
Alalaatanpurku		xxx m <sup>2</sup>	xxx	xxx
Hiekkapuhallus		xxx m <sup>2</sup>	xxx	xxx
HEPA-puhdistus + Desinfiointi käsittely Sanosil S015 Ag		xxx m <sup>2</sup>	xxx	xxx
<b>(Lattiapinnoitteiden liimojen poisto osastointimenetelmin)</b>		xxx m <sup>2</sup>	xxx	xxx
Veroton: xxx €				
Alv 0%:				
Yhteensä: xxx €		€/m <sup>2</sup> = xxx €		
<b>Palo- ja korroosiosuojaukset</b>				
Palo- ja korroosiosuojaukset		xxx m <sup>2</sup>	xxx	xxx
Pölynsidontamaalaus		xxx m <sup>2</sup>	xxx	xxx
Veroton: xxx €				
Alv 0%:				
Yhteensä: xxx €		m <sup>2</sup> /€ = xxx €		
<b>Kustannukset yhteensä kaikki toimenpiteet tehtynä</b>				
Veroton: xxx €				
Alv 0%:				
Yhteensä: xxx €		€/m <sup>2</sup>	xxx €	

Kuva 15. Korjauskustannusten muodostuminen

## 8 Eri korjaustoimenpiteiden vaikutus aikatauluun

Tämän luvun sisällön arvot ovat sensuroituja julkaistussa versiossa yrityksen salaisen toteumatiedon johdosta.

Kaikki työtehot ovat laskettu tutkimuskohteen toteumatiedon perusteella ja sisältävät häiriöt.

### 8.1 Alalaatan purku

Alalaatan purku tapahtuu kerroksissa ylhäältä alaspäin. Ajallisesti merkittäviä vaiheita purussa on jätteen poisajo ja lajittelu pois kerroksista. Purkutyö on syytä suunnitella huolellisesti, jotta voidaan toteuttaa työ mahdollisimman tehokkaasti ja varautua mahdollisiin ongelmiin ja riski paikkoihin jo etukäteen. Alalaatan purkutyöhön on sisällytetty myös vanhojen muottilaudoitusten poisto, sekä muut aikaisemmin mainitut yksikköhintaan kuuluvat työt ja kalusto. Alalaatan purku kestää noin kolme viikkoa kerrosta kohden. Kerroksien pinta-alojen keskiarvo on noin xxx m<sup>2</sup>.

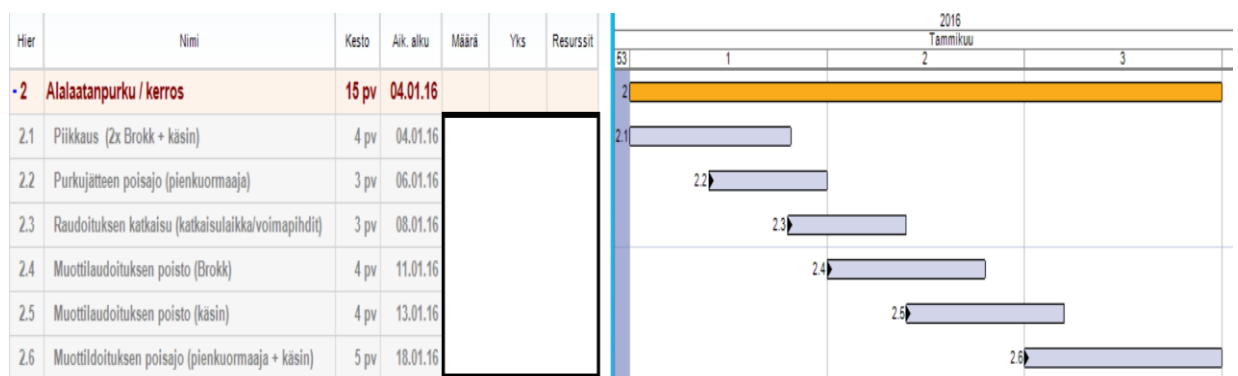
Alalaatan purkutyö kerrosta kohden tapahtui seuraavasti:

Kyseinen tulos on saatu kerrosten pinta-alan keskiarvosta. Puruvaiheessa työpäivää pidennettiin 14 tuntiin. Alalaatan piikkausta suoritti keskimäärin xxx purkajaa. Heillä oli käytössään purkurobotti ja osa työstä jouduttiin suorittamaan käsipiikkauksena. Piikkauksen työteho käytetyllä työryhmällä ja koneilla oli noin xxx m<sup>2</sup>/h. Piikkausjätteiden poisajoon kului aikaa xxx pienkuormaajaa apuna käyttäen kolme päivää. Jätteet otettiin rakennuksesta ulos pienkuormaajilla, kurottajalla ja osittain käsityönä. Raudoituksen katkaisu tapahtui käsityönä xxx purkajalta, käyttäen voimapihtejä ja katkaisulaikkaa. Aikaa rautojen katkaisuun kolmen henkilön työryhmältä kuluu xxx m<sup>2</sup> aluetta kohden yksi tunti. Vanhan muottilaudoituksen purku toteutettiin Brokk-purkurobotilla sekä käsityönä. Käytössä oli xxx purkurobottia muottilaudoituksen poistoon ja käsin purkua suoritti xxx työntekijää. Yhden tunnin aikana xxx purkurobottia ja xxx käsin purkajaa saavuttivat keskimäärin noin xxx m<sup>2</sup> alueen muottilaudoituksen poiston. Viimeisenä alalaatatapurun työvaiheena ajettiin muottilaudoituksen purkujätteet pois, jossa käytettiin xxx pienkuormaajaa ja lisäksi xxx purkajaa puujätteen koon ja vaikean kasaamisen takia pienkuormaajalla.

Alla olevassa kuvassa on otettu huomioon, että purkurobotit eivät ole jatkuvassa työssä vaan seisahduksia tulee mm. jätteen siirtojen johdosta.

Purku alkoi seitsemännestä kerroksesta ja eteni siitä järjestyksessä alaspäin. Seitsemännen kerroksen välipohjarakenne oli tässä kohteessa ainut, joka sisälsi täytemateriaalia.

Täytemateriaalin poisto ei vaikuttanut aikatauluun, koska kyse oli aloituskerroksesta. Silloin oli käytössä runsaasti resursseja, jotka vasta työn edetessä jakautuivat eri kerroksiin. Samaan aikaan käynnissä olevat alalaatan purun työvaiheet voi havainnollistaa kuvasta 16.



Kuva 16. Välipohjien alalaattapurun aikataulu kerrosta kohden

## 8.2 Hiekkapuhallus

Hiekkapuhallusta suoritettiin yhteensä noin xxx m<sup>2</sup> ja yhden kerroksen valmiiksi saamiseen meni noin xxx päivää. Kerroksien neliömäärien keskiarvo on noin 1186 m<sup>2</sup>, joten yhdessä päivässä kyseinen työryhmä hiekkapuhaltaa noin xxx m<sup>2</sup> välipohjarakennetta. Tämä aika sisältää myös hiekkapuhallettavan kerroksen osastoinnin, alipaineistuksen, pintojen puhdistuksen paineilmalla, hiekkojen imuroinnin imuautolla sekä hiekkapuhallusjätteen kuljetukset. Hahmoteltu alustava aikataulu kuvassa 17.





#### 8.4 Korroosiosuojaus, palosuojavilloitus ja pölynsidontamaalaus

Näkyvissä olevat raudoitukset korroosiosuojataan ruiskurappauksella. Korroosiosuojaksen neliömäärä tarkoittaa kyseisellä alueella keskimääräisesti näkyvien raudoitusten suojausta, joka voi vaihdella huomattavasti eri alueilla. Työryhmänä korroosiosuojauksessa toimii xxx työntekijää, jotka savuttavat noin xxx m<sup>2</sup> alueen tunnissa.

Palosuojavilloitus toteutetaan, FPS 17 20x600x1200 villalla ja levyt kiinnitetään mekaanisesti 6 kpl/levy. Palovilloitettavaa kerroksissa yhteensä on noin xxx m<sup>2</sup>, jonka suorittaa xxx asentajan työryhmä. Yhden kerroksen palovilloitettava alue on keskimäärin noin xxx m<sup>2</sup>. Kerroksen palovilloitus kestää kymmenen päivää, joka tarkoittaa että päivässä villoitetaan kyseisellä työryhmällä xxx m<sup>2</sup>. Palosuojavilloitusta suoritetaan tunnissa xxx m<sup>2</sup>.

Villoitusten jälkeen pinnoille suoritetaan pölynsidontamaalaus, joka ei ole merkittävä työvaihe ajallisesti vaan tapahtuu nopeasti ruiskumaalauksena. Pölynsidontamaalauksista suorittaa yksi maalari noin xxx m<sup>2</sup>/h.

## 8.5 Yhteenveto resursseista ja työtehoista

		Tunnit		
Päivän pituus		14		
Purettavien kerroksien pinta-alojen keskiarvo on noin xxx m <sup>2</sup>				
<b>Alalaatanpurku/kerros</b>				
Työvaihe	Työryhmä	Koneet / menetelmät	Aika (pv)	m <sup>2</sup> /h
Alalaatan piikkaus	XXX	Brokk x 2	4	XXX
Jätteen poisajo (noin 30 tn/krs)	XXX	pienkuormaaja x 2	3	XXX
Raudoituksen katkaisu	XXX	Katkaisulaikka/voimapihdit	3	XXX
Muottilaudoituksen poisto (brokk + käsin)	XXX	Brokk x 1+ käsin x2	4	XXX
Muottilaudoituksen poisajo	XXX	Pienkuormaaja + käsin	5	XXX
<b>Yhteensä:</b>				XXX
Vastaavilla työryhmillä voidaan arvioida että vastaavanlaista purkua saavutetaan noin XXX m <sup>2</sup> /h				

		Tunnit			
Päivän pituus		8			
Neliö määrät ovat kerroksien pinta-alojen keskiarvo					
Työvaihe	Työryhmä	Koneet / menetelmät	Aika (pv)	m <sup>2</sup> /h	
Hiekkapuhallus	xxx m <sup>2</sup>	XXX	2 kpl hiekkapuhalluslaitetta	5	XXX
Desinfiointi+HEPA-puhdistus	xxx m <sup>2</sup>	XXX	Levitys ruiskuttamalla	2	XXX
Korroosiosuojaus	xxx m <sup>2</sup>	XXX	Ruiskurappaus	3	XXX
Palosuojavilloitus	xxx m <sup>2</sup>	XXX	Kiinnitys mekaanisesti	10	XXX
Pölynsidontamaalaus	xxx m <sup>2</sup>	XXX	Ruiskumaalaus	1	XXX
Lattianpinnoitteiden liimojen poisto	xxx m <sup>2</sup>	XXX	Lattianhiomakone	9	XXX

Kuva 19. Kaikkien työvaiheiden työryhmät ja työtehot eriteltynä

## 9 Johtopäätökset

Korjausrakentaminen on kasvussa Suomessa ja voimakkain kasvu tapahtuu nimenomaan pääkaupunki seudulla. Korjausrakentamisen kysyntä kasvaa, kun nykyistä rakennuskantaa halutaan kehittää vastaamaan paremmin nykyajan työelämän tarpeisiin, kun esimerkiksi tilatehokkuuden vaatimukset kasvavat, josta johtuen vanhoja koppimaisia työtiloja avarretaan ja päivitetään avokonttoriratkaisuiksi. Myös energiatehokkuus, veden säästö ja esteettömyys ovat yhä tärkeämmässä roolissa.

Mestarityön tekoon johti yrityksen tiedontarve betonisen kaksoislaattarakenteisen välipohjan kustannuksista ja aikataulutuksesta. Kaksoislaattarakenteisten välipohjien korjaus on tällä hetkellä ajankohtaista yritykselle ja vastaavanlaisia kohteita on tulossa lisää. Työn tarkoituksena oli kerätä tietoa, jolla voidaan määrittää jatkossa samankaltaisten hankkeiden kustannus suuruusluokkaa sekä helpottamaan aikataulutusta.

Työssä annetaan yleistietoa kaksoislaattarakenteesta ja sen yleisistä ongelmista. Kustannuksia varten kerättiin eri työvaiheiden yksikköhinnat tiiviiseen suuntaan antavaan pakettiin, jota on mahdollista käyttää tulevissa hankkeissa. Aikataulutusta helpottamaan luotiin laskelmat työryhmien ja toteutuneiden neliömäärien perusteella eri työvaiheiden ajallinen kesto eli kuinka monta neliometriä työtä saavutetaan valmiiksi tunnissa.

Työtä voisi lähteä jatkamaan syventymällä enemmän vaihtoehtoisiin korjausmenetelmiin, sekä keräämällä tietoa mikä korjausmenetelmä on missäkin kohteessa/tilanteessa järkevin valinta. Lisäksi luoda kustannus- ja aikatauluvertailua eri korjaustoimenpiteistä, sekä vertailla tulevien kohteiden saman kaltaista tietoa keskenään tiedon tarkentamista varten.

## 10 Yhteenveto

Korjausrakentamiseen käytetään jo enemmän rahaa kuin uudisrakentamiseen. Kiinteistöjen peruskorjauksessa päivitetään putkien ja julkisivujen lisäksi usein myös kaikkea talotekniikkaa. Erityisen huomion kohteena ovat sisäilman laatu, home ja mikrobiongelmat, joihin vaikuttavat myös rakennetekniset asiat.

Tämä mestarityö käsittelee betonisen kaksoislaattarakenteisen välipohjan tuotannon toimenpiteitä ja kustannuksia sekä lisäksi eri työvaiheiden vaikutusta aikatauluun ja antaa niistä yleistietoa lukijalle. Työssä tutkitaan käynnissä olevan liikekiinteistön peruskorjauksessa tapahtuvaa välipohjarakenteiden kunnostusta ja perehdytään sen korjaustoimenpiteisiin. Työssä käydään läpi yleisellä tasolla rakenteen historia, sekä syyt jotka johtavat rakenteen vaurioitumiseen ja sen seuraukset. Kaksoislaattarakenteen yleisimmät ongelmat aiheutuvat rakenteen sisälle jätetyn puurakenteisen muottilaudoituksen lahovaurioista ja kosteudesta. Ne aiheuttavat home- ja mikrobikasvustoa, jotka sisäilmaan päästessään huonontavat sen laatua. Työssä käydään läpi vaihe vaiheelta tutkimuskohteessa toteutettavat korjaustoimenpiteet: alalaatanpurku, orgaanisten materiaalienpoisto, hiekkapuhallus, desinfiointi, palo- ja korroosiosuojaus ja pölynsidontamaalaus. Perehdytään myös korjaustoimenpiteitä ohjaaviin osa-alueisiin: asbestilainsäädäntö, ympäristövaikutukset, rakennusperintö, työturvallisuus, rakenteen kantavuus ja kunto sekä purkujäte. Kustannuksista ja aikataulutuksesta luotiin omat osiot toteumatietoon perustuen. Kustannuksista tuodaan esille työvaiheiden yksikköhinnat toteutettavaa neliometriä kohden ja lopuksi yhteenveto kaikkien työvaiheiden kustannuksista. Aikatauluosiossa luodaan työryhmien ja toteutuneiden neliömäärien perusteella eri työvaiheiden ajallinen kesto eli kuinka monta neliometriä työtä saavutetaan valmiiksi tunnissa.

Työssä käytetään kirjallisuuslähteiden lisäksi työn tilaajan, Lemminkäinen Talo Oy:n käynnissä olevan työmaan toteumatietoa tutkimusaineistona. Työssä käsitellään enimmäkseen tutkimuskohteena olevan työmaan välipohjan korjausmenetelmää. Mestarityön tilaajan on tarkoitus käyttää tulevaisuudessa hahmottamaan vastaavien hankkeiden kustannusten suuruusluokkaa ja aikataulutusta.

## 11 Lähteet

1. Siren arkkitehdit Oy. 2015. ESPA-201\_leikkaus B-B. PIIR NO 630-201. Helsinki.
2. Mäkiö, Erkki.1990. Kerrostalot 1940 –1960. Helsinki: Rakennuskirja Oy.
3. Turpeinen, Juhani. 2005. Rakennusten hyönteisvauriot. Verkkodokumentti. Pohjois-Pohjanmaa. <[www.tuuma.net/artikkelit/Hyonteisvauriot.pdf](http://www.tuuma.net/artikkelit/Hyonteisvauriot.pdf)>. Luettu 20.08.2016.
4. Sisäilmayhdistys ry. 2008. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat. Verkkodokumentti. <[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/)>. Luettu 21.08.2016.
5. Torikka, K. Hyypöläinen, T. Mattila, J. Lindberg, R.1999. Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus. Tampere. TTKK, Rakennustekniikan osasto.
6. Leivo, Virpi. 1998. Opas kosteusongelmiin–Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. Tampere. Rakennustekniikan osasto.
7. Sisäilmatietokeskus. 1996. Terveellinen sisäilma. Jyväskylä. Suomen sisäilmanmittauspalvelu Oy.
8. Ympäristöministeriö. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Helsinki. Ympäristöopas 28.
9. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja. 2007. koulurakennusten kosteus- ja homevauriot. Verkkodokumentti. <[http://thl32kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/78159/Meklin\\_Koulurakennukset-Opas%20KTL-2007.pdf?sequence=1](http://thl32kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/78159/Meklin_Koulurakennukset-Opas%20KTL-2007.pdf?sequence=1)>. Luettu 20.09.2016.
10. Lääketieteellisen mykologian seuran tiedotuslehti. 2004. Sienet ja terveys. Verkkodokumentti. <<http://www.mykologia.net/wp-content/uploads/2013/05/sienetjaterveys2.pdf>>. Luettu 21.09.2016.

11. Rakennustieto Oy. 1999. Rakennusten kosteus- ja mikrobivauriot. RT 80-10712
12. Insinööritoimisto R J Heiskanen Oy. 2015. Välipohjan rakenne kuvat. Espoo
13. Sanoma Media Finland Oy. 2016. Kuinka jokaisen ennen 1994 rakennetun talon remontoijan tulee huomioida asbesti. Verkkodokumentti. <[https://www.rakentaja.fi/artikkelit/13173/uusi\\_asbestilainsaadanto\\_voimaan.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/13173/uusi_asbestilainsaadanto_voimaan.htm)>. Luettu 28.10.2016
14. Palomäki, J. Olenius, A. & Nissinen S. 2010. Korjaustöiden laatu 2011. Talonrakennusteollisuus ja Rakennustietosäätiö RTS.
15. Neuvonen, Petri. 2006. Kerrostalot 1880 – 2000. Helsinki. Rakennustieto Oy.