



ALA- JA KAKSOISLAATTAPALKIS- TOISTEN VÄLIPOHJIEN KORJAUS

Hannariitta Ihalainen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013
Rakennustekniikka
Talorakennustekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka

HANNARIITTA IHALAINEN:

Ala- ja kaksoislaattapalkistoisten välipohjien korjaus

Opinnäytetyö 47 sivua
Huhtikuu 2013

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ala- ja kaksoislaattapalkistoihin välipohjarakenteisiin liittyviä sisäilmaongelmia ja niiden korjaamista. Ala- ja kaksoislaattapalkistoisia välipohjia käytettiin sekä asuin- että toimistorakennusten välipohjarakenteena pääasiassa vuosina 1910–1950. Alalaattapalkiston orgaaniset ääneneristeet ja kaksoislaattapalkiston sisään jätetyt muottilaudat voivat kastuessaan aiheuttaa sisäilmaongelmia, ja tässä työssä esitellään erilaisia korjausvaihtoehtoja kyseisille rakenteille.

Työssä käsitellään välipohjarakenteiden korjaustarpeeseen johtavia syitä ja sisäilmaongelmien korjausperiaatteita. Työssä määritetään, mitä sisäilmariskejä välipohjarakenteisiin liittyy, ja mitä asioita tulisi tutkia sisäilmaongelmien syiden selvittämiseksi. Lisäksi selvitetään, miten rakentamismääräyksiä tulee noudattaa korjausrakentamisessa ja kuinka rakenteiden sisältämillä mikrobeilla suojaudutaan purku- ja korjaustöiden aikana.

Lopuksi esitetään korjausvaihtoehtoja ala- ja kaksoislaattapalkistovälipohjille. Vaihtoehdolle laskettiin alustavat kustannusarviot korjausten perusratkaisuille. Kustannusarvioiden avulla voidaan vertailla rakenteiden eri korjausvaihtoehtojen kustannusten suuruusluokkaa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building construction

HANNARIITTA IHALAINEN:
Repair options for beam-and-slab floors

Bachelor's thesis 47 pages
April 2013

This thesis is about beam-and-slab floors, and indoor air problems caused by microbes inside of the structures. The beam-and-slab floors were mainly used in office buildings and blocks of flats in 1910–1950. The beam-and-slab floors were stuffed with organic soundproofing materials, and the shuttering forms used in casting of floor were left inside the structure. If the intermediate floor has additional moisture stress, the circumstances inside the structures are favourable to the microbes to grow. The microbes may cause indoor air problems in the building.

This thesis deals with the causes that lead to the need for repair of intermediate floors and the repair principles of the indoor air problems. The indoor air risks associated to the structures and the factors that need to be investigated for solving the indoor air problems are determined. In addition, it is cleared how the building regulations should be followed in renovations and how to conduct the protection against the microbes in demolition and repair work.

In conclusion the repairing options for the beam-and-slab floors are presented. For the basic repair solutions the estimated costs for repairs were prepared. The estimated costs can be used to compare the costs of the structures various repair options.

Key words: reconstruction, intermediate floors, indoor air

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Teräsbetonivälipohjat 1900 - 1950.....	7
2.1	Välipohjatyyppejä.....	7
2.2	Kotelorakenteiset välipohjat	8
2.2.1	Alalaattapalkisto.....	8
2.2.2	Kaksoislaattapalkisto.....	10
3	Välipohjarakenteiden korjaaminen.....	12
3.1	Rakentamismääräysten noudattaminen korjausrakentamisessa.....	12
3.1.1	Palomääräykset	12
3.1.2	Ääneneristysmääräykset.....	13
3.2	Korjaustarpeeseen johtavia syitä	14
3.3	Korjausperiaatteet sisäilmakorjauksissa	15
3.4	Suojautuminen mikrobeilta purku- ja korjaustöissä	17
4	Sisäilma	19
4.1	Sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät	19
4.2	Sisäilmariskit välipohjarakenteissa	20
4.3	Tutkittavat asiat ja tutkimusmenetelmät	21
4.3.1	Ilmanvaihto	22
4.3.2	Lämpötila	23
4.3.3	Huoneilman kosteus	23
4.3.4	Rakenteiden kosteus.....	24
4.3.5	Mikrobit	24
5	Korjausvaihtoehdot	27
5.1.1	Tiivistys.....	27
5.1.2	Kapselointi	29
5.1.3	Alalaattapalkiston ylälaatan purkaminen	30
5.1.4	Kaksoislaattapalkiston ylälaatan purkaminen	31
5.1.5	Kaksoislaattapalkiston alalaatan purkaminen	32
6	Korjauskustannukset	33
6.1	Kustannusten muodostuminen.....	33
6.2	Kustannusarviot	33
6.2.1	Tiivistys.....	34
6.2.2	Kapselointi	35
6.2.3	Alalaattapalkiston ylälaatan purkaminen	36
6.2.4	Kaksoislaattapalkiston ylälaatan purkaminen	38
6.2.5	Kaksoislaattapalkiston alalaatan purkaminen	40

7 POHDINTA.....	43
LÄHTEET.....	46

1 JOHDANTO

Ihmisten tietoisuus sisäilman aiheuttamista terveysongelmista on viime vuosina kasvanut. Rakennusten sisäilmaoloihin kiinnitetään entistä enemmän huomiota, ja korjaukset sisäilman laadun parantamiseksi ovat yleistyneet. Sisäilmaongelmien tutkiminen on haastavaa, sillä ongelmat voivat johtua monista eri syistä. Ongelmien todellisen syyn selvittäminen on välttämätöntä, jotta voidaan suunnitella toimivia korjausratkaisuja.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ala- ja kaksoislaattapalkistoisten välipohjien sisäilmakorjauksia. Työn tavoitteena on määritellä, millaisia sisäilmariskejä kyseisiin välipohjarakenteisiin liittyy ja mitä asioita ongelmien selvittämiseksi tulee tutkia. Sisäilma-asioita käsitellään rakennetekniseltä kannalta, ja muut sisäilman laatuun liittyvät tekijät on rajattu tämän selvityksen ulkopuolelle. Lisäksi tarkoituksena on selvittää sisäilmakorjausten korjausperiaatteita ja korjaamiseen johtavia syitä, sekä asioita, mitä välipohjien korjauksissa tulee ottaa huomioon rakenteiden palo- ja ääneneristävyys sekä purkutöiden osalta. Lopuksi esitellään ala- ja kaksoislaattapalkistovälipohjien korjausvaihtoehtoja, joille lasketaan alustavat kustannusarviot.

Työtä varten on käytetty kirjallisuuslähteiden lisäksi työn tilaajan Finnmap Consulting Oy:n toteutuneita ja suunnitteluvaiheessa olevia korjauskohteita. Työtä on tarkoitus käyttää apuna kustannusten suuruusluokan määrittämiseen, kun vertaillaan eri korjausratkaisuja toisiinsa. Työtä ohjasivat Finnmap Consulting Oy:n DI Urpo Karesniemi ja Tampereen ammattikorkeakoulun DI Heikki Saarenpää.

2 Teräsbetonivälipohjat 1900 - 1950

2.1 Välipohjatyyppejä

Rautabetonia alettiin käyttää asuinkerrostalojen välipohjarakenteissa 1900-luvun alussa. Tätä aiemmin käytössä oli ollut rakenteita, joissa I-raudat tai rataiskot kannattivat betonista holvia, mutta rauta ja betoni eivät toimineet yhtenä rakenteena, kuten rautabetonissa. Raudoitteena käytettiin sileitä pyöröteräksiä, joiden päät taivutettiin koukulle terästen ja betonin välisen tartunnan aikaansaamiseksi. Pääterästen ympärillä käytettiin hakarautoja, jotka olivat ohuempaa pyöröterästä. Harjateräksen käyttö betoniraidoitteena alkoi 1940 -luvulla. (Neuvonen, P., Mäkiö, E. & Malinen, M. 2002, 92, 97.)

Massiivilaatat ovat joko ristiin tai yhteen suuntaan jäykistettyjä teräsbetonilaattoja, jotka ovat tukeutuneet kantaviin seiniin tai palkkeihin. Niiden etuna muihin välipohjarakenteisiin on hyvä ääneneristävyys, pieni rakennekorkeus ja helppo valutyö. Välipohjaa, jossa jatkuva massiivilaatta on tuettu säännöllisillä, yläosastaan levitetyillä pilareilla, kutsutaan sienikatoksi. Sienikatkoja on käytetty mm. varastorakennuksissa. (Wegelius, E.A., Lippa, A. & Ruso, R. 1953, 669–670, 672.)

Massiivilaatan käyttö Suomessa alkoi 1930-luvulla, mutta toisen maailmansodan aiheuttaman materiaalipulan takia ne korvattiin betonilla ja rautaa säästäväillä välipohjarakenteilla. Materiaalisäännöstelyn loputtua 1950-luvulla massiivilaatan käyttö aloitettiin uudelleen. (Neuvonen, P. ym. 2002, 101.)

Ylälaattapalkisto muodostuu melko lähekkäin olevista palkeista, joiden yläpinnassa on yhteen suuntaan jäykistetty laatta. Palkkien k/k-jako on noin 2,0 - 3,0 m, ja palkit voivat olla joko yhdensuuntaisia tai ne voivat muodostaa ruudukon eli ristipalkiston. Ylälaattapalkiston rakennekorkeus on suurempi kuin massiivilaatan, ja koska valu on monimutkaisempi, on ylälaattapalkisto myös kalliimpi rakenne. Toisaalta ylälaattapalkisto on rakenteena massiivilaattaa kevyempi, ja siihen voidaan tehdä helpommin suurempiakin aukkoja kuin massiivilaattaan. (Wegelius, E.A. ym. 1953, 670–671.)

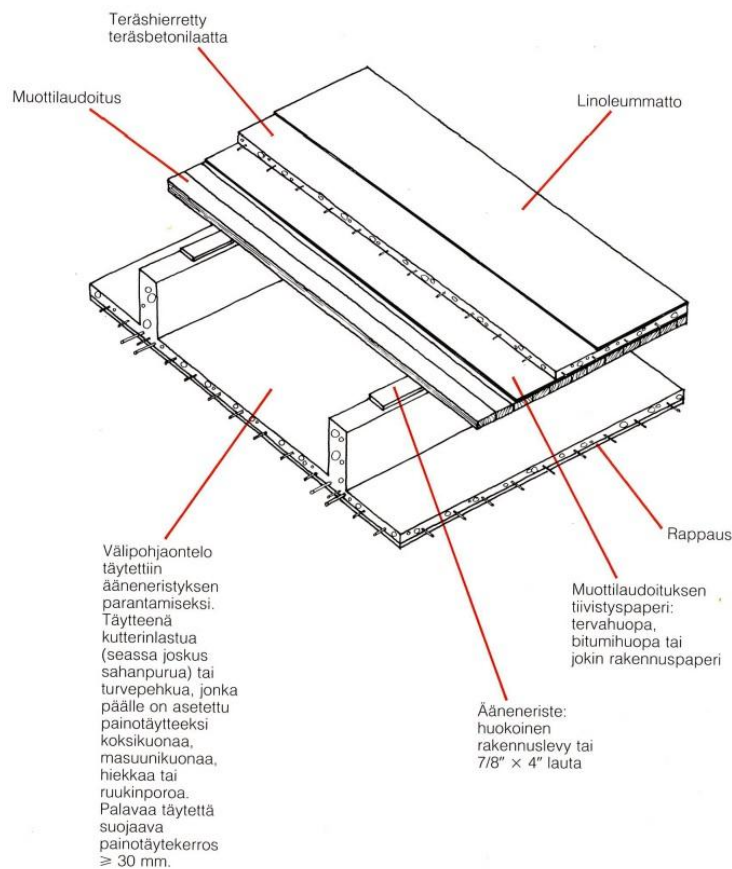
Kaksoislaattapalkistot muodostavat tiheällä jaolla olevien palkkien ja niiden ala- ja yläpinnassa olevien teräsbetonilaattojen kanssa kotelomaisen rakenteen. Alalaattapalkisto-

välipohjissa kotelorakenne muodostuu teräsbetonisesta alalaatasta ja palkeista, joiden varaan on rakennettu puu- tai betonilattia.

2.2 Kotelorateiset välipohjat

2.2.1 Alalaattapalkisto

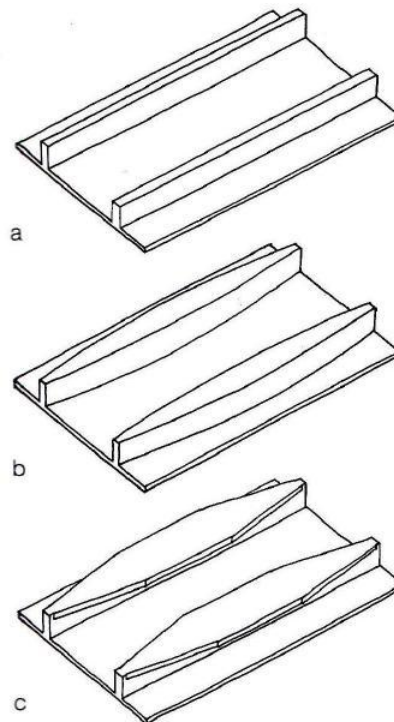
Alalaattapalkistoa käytettiin asuin- ja toimistorakennusten välipohjarakenteena 1910 – 1950-luvuilla. Rakenne koostuu teräsbetonisista, yhdensuuntaisista palkeista, joiden alapintaan liittyy teräsbetoninen, 30 – 50 mm vahvuinen alalaatta. Varsinainen lattiarakenne tehtiin palkkien päälle puusta tai teräsbetonista (kuva 1). (Wegelius, E.A. ym. 1953, 671; Mäkiö, E. 1990, 123.)



KUVA 1. Alalaattapalkisto erillisellä teräsbetonisella ylälaatalla. (Mäkiö, E. 1990, 126.)

Kantavana rakenteena toimivien sekundääripalkkien jakoväli on noin 1,0 - 1,3 m, ja palkkien korkeus 300 - 400 mm, sekä leveys 100 - 150 mm. Palkkien alareunaan tehtiin noin 20 mm korkea ja 60 mm leveä viiste, joka suojaa alalaatan ja palkin sidontaan käytettyjä teräksiä. Välipohjan kokonaiskorkeus oli noin 400 - 450 mm. Tavallisesti alalaatatapalkiston jänneväli on noin 5 - 6 m. (Neuvonen, P. ym. 2002, 100.)

Käytössä oli suoran palkin lisäksi muitakin palkkityyppejä (kuva 2), mm. venepalkki ja laippapalkki, joiden avulla välipohjan rakennekorkeutta voitiin pienentää ja materiaali-
menekkiä vähentää. Jännevälin keskellä palkin yläosaan kohdistuu suurin puristusjännitys, joka voitiin ottaa huomioon leventämällä palkkeja ylä- ja alaosastaan jännevälin keskellä. Yleensä palkit kuitenkin levennettiin vain yläosastaan, kuten laippapalkin tapauksessa. (Neuvonen, P. ym. 2002, 100; Wegelius, E.A. ym. 1953, 671.)



KUVA 2. Alalaatatapalkistossa käytettyjä palkkityyppejä; a. suora palkki, b. venepalkki ja c. laippapalkki. (Neuvonen, P. ym. 2002, 101.)

Alalaatta kantaa vain itsensä ja lämmön- ja ääneneristeenä käytetyt täyteaineet. Ääneneristeenä käytettiin raskaita täytteitä, lämmöneristeenä kevyitä ja huokoisia materiaaleja. Kevyiden täyteaineiden päälle lisättiin usein noin 30 mm paksuinen painotäytekerros esimerkiksi koksikuonasta, tiilimurskasta tai ruukinporosta. 1920 - 1930-luvulla tavallisimpia täytemateriaaleja olivat kutterinlastu ja sahajauho. (Neuvonen, P. ym. 2002, 106.)

Alalaattavälipohja liittyy kantavaan tiilimuriin ulkoseinällä kuormantasauspalkkeilla, jotka siirtävät sekundääripalkkien kuormat kantaville pystyrakenteille. Kuormantasauspalkki on yleensä ½ -kiven levyinen. Tiilimuurin ollessa kiven paksuinen palkin ulkopinnan ja tiilimuurin väliin asennettiin toisinaan eriste. Betonipilarirungossa ulkoseinällä on kaksoispalkki, joka kannattelee välipohjaa ulkoseinän palkin kannatellessa ulkoseinärakennetta. Kaksoislaattapalkiston ja rungon liittymät on toteutettu samalla tavalla kuin alalaattapalkistolla. (Mäkiö, E. 1990, 131.)

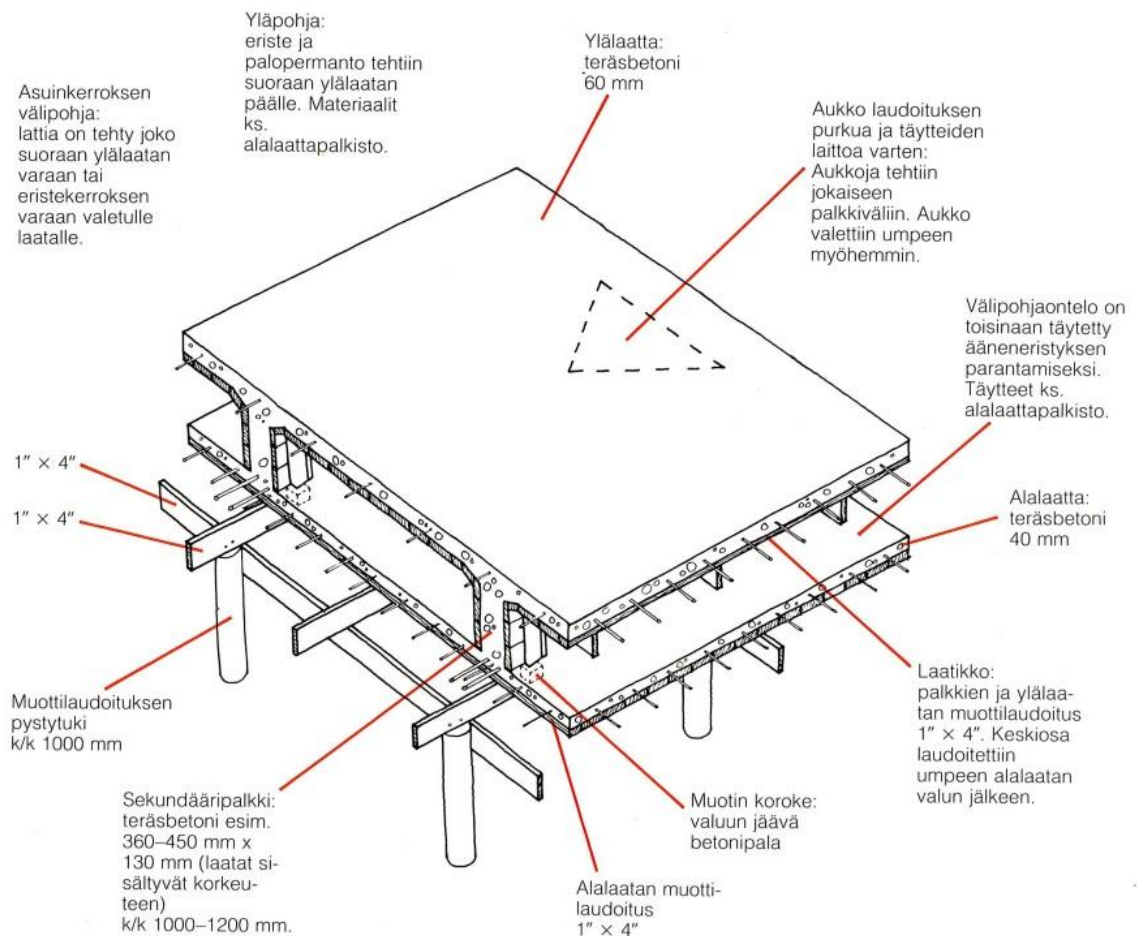
Alalaattavälipohjan etuina massiivilaattaan verrattuna ovat materiaalisäästö ja pienempi paino, haittoina suurempi rakennekorkeus ja vaikeampi muottityö. Ylälaattavälipohjaan verrattuna alalaattapalkiston muottityö on se sijaan helpompi, ja saadaan valmis, tasainen kattopinta, mutta rakennekorkeus on ylälaattapalkistoa suurempi. Lisäksi rakenne on ylälaattavälipohjaa kalliimpi. (Wegelius, E.A. ym. 1953, 671.)

2.2.2 Kaksoislaattapalkisto

Kaksoislaattapalkistoa, eli niin sanottua laatikkoholvina, käytettiin kerrostalojen välipohjarakenteena pääasiassa 1920 - 1930-luvulla. Rakenne oli aluksi käytössä sekä asuinkerrostalojen, että toimistojen ja julkisten rakennusten välipohjissa. Myöhemmin sitä käytettiin asuinkerrostaloissa enää lähinnä kellarin vastaisessa välipohjassa liikehuoneistojen kohdalla ja pihakansissa. (Neuvonen, P. ym. 2002, 100; Mäkiö, E. 1990, 122.)

Välipohjarakenne valettiin kahdessa osassa; ensin 40 mm vahvuinen alalaatta, jonka jälkeen kantavat sekundääripalkit ja noin 60 mm paksu ylälaatta. Rakenteen kokonaiskorkeus on tavallisesti 360 mm - 450 mm. Kuten alalaattapalkistossa, myös kaksoislaattapalkiston alalaatta kantaa ainoastaan oman painonsa. Myös välipohjan liittyminen kantavaan pystyrunkoon on toteutettu kuten alalaattapalkistossa. (Mäkiö, E. 1990, 122.)

Kaksoislaattapalkiston palkkien jakoväli on 1,0 - 1,2 m. Jokaiseen palkkiväliin tehtiin ylälaattaan jälkeensä umpeen valettava aukko, jonka kautta muottilaudoitukset voitiin poistaa (kuva 3). Yleensä muottilaudat jätettiin kuitenkin paikalleen. Joskus palkkivälit saatettiin täyttää alalaattapalkiston tavoin orgaanisilla eristemateriaaleilla. (Mäkiö, E. 1990, 122.)



KUVA 3. Kaksoislaattapalkisto ja muottilaudoituksen periaate. (Mäkiö, E. 1990. 122.)

Asuinkerroksissa varsinainen lattiapinta tehtiin usein suoraan ylälaatan varaan. Toinen vaihtoehto oli asentaa ylälaatan päälle ääneneristysmatto, jonka päälle tehtiin betonivalu. Tarvittaessa pintavalun alle voitiin asentaa myös lämmöneristys. (Wegelius, E.A. ym. 1953, 672.)

Wegelius, E.A. ym. (1953, 672) mukaan kaksoislaattapalkistossa yhdistyy ylä- ja alalaattapalkistojen edut, mutta muottityö on hankala ja valu joudutaan tekemään kahdessa osassa. Jos valukertojen välillä betoni pääsee osittain kovettumaan, muodostuu palkkeihin vaakasuora työsauma, joka heikentää palkkien leikkauslujuutta. (Wegelius, E.A. ym. 1953, 672.)

3 Välipohjarakenteiden korjaaminen

3.1 Rakentamismääräysten noudattaminen korjausrakentamisessa

Rakentamismääräyskokoelman säännökset koskevat uuden rakennuksen rakentamista, ja korjausrakentamisessa rakentamismääräyskokoelman säännöksiä on noudatettava Maankäyttö- ja rakennuslain 13 §:n mukaan vain soveltuvin osin. Pääperiaate on, että vanhaa rakennusta käsitellään oman aikakautensa tuotteena, eikä siltä tule vaatia samaa tasoa, kuin uudisrakennukselta. Jos rakennukselle on joskus annettu rakennuslupa, se voidaan korjata samanlaiseksi ja samaan käyttötarkoitukseen ilman, että sitä tarvitsee muuttaa nykymääräysten mukaiseksi. Tämä mahdollistaa sen, että säilyttävissä korjauksissa voidaan noudattaa vanhoja säännöksiä. Voimassa olevia määräyksiä sovelletaan sellaisissa tapauksissa, kun rakennukseen tehtävät korjaustyöt ovat verrattavissa uudisrakentamiseen tai rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu riskialttiimpaan suuntaan. Tällöin korjausrakentamiseen vaaditaan myös rakennuslupaa. (Ympäristöopas 39 2003, 17, 20.)

3.1.1 Palomääräykset

Voimassa olevan Rakentamismääräyskokoelman mukaan rakennukset jaetaan paloluokkiin P1, P2 tai P3, joista P1 on vaativin. Rakennuksen kuuluessa luokkaan P3 sen palominaisuuksille on annettu pienimmät vaatimukset. Yli 2-kerroksiset asuin- ja työpaikkarakennukset kuuluvat luokkiin P1 tai P2 rakennuksen kerrosluvun, kerrosalan ja korkeuden perusteella. Rakennus jaetaan palo-osastoihin mm. palon ja savun leviämisen estämiseksi ja rakennuksesta poistumisen turvaamiseksi. Asuinrakennuksessa jokainen huoneisto on yksi palo-osasto, paloluokasta riippumatta. Työpaikkarakennuksissa palo-osastoille on annettu maksimipinta-alat paloluokan mukaan.

Palomääräyksiä soveltaminen vanhaan rakennukseen on tapauskohtaista. Periaate on, ettei rakennuksen paloturvallisuutta tarvitse yleensä parantaa, jos rakennuksen käyttö ei muutu eikä rakennuksen paloturvallisuudessa ole oleellisia puutteita. Muutettaessa rakennuksen käyttötarkoitusta uusi käyttö on suunniteltava siten, ettei jouduta tekemään epätarkoituksenmukaisia muutostöitä riittävän paloturvallisuuden saavuttamiseksi. Ra-

kennusten erityispiirteitä tulee vaalia, ja korjaukset on tehtävä tuhoamatta niitä. Kulttuurihistoriallisesti arvokkaisiin rakennuksiin tulee sijoittaa toimintoja, jotka eivät aseta paloturvallisuudelle erityisiä vaatimuksia, jotta niiden erityispiirteet voidaan säilyttää. (Ympäristöopas 39 2003, 38–39.)

Jos rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu siten, että uusi käyttö on henkilöturvallisuuden kannalta riskialttiimpi kuin entinen, rakennuksen paloturvallisuutta pitää parantaa. Paloturvallisuusvaatimusten toteutuminen voidaan todeta joko noudattamalla Suomen Rakentamismääräyskokoelman E1:n paloluokitusta tai käyttämällä oletettuun palonkehitykseen perustuvia laskennallisia menetelmiä. Paloluokitusta käytettäessä paloturvallisuusvaatimusten toteutumista ei tarvitse erikseen osoittaa. Oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnittelu tehdään aina tapauskohtaisesti, ja vaatimusten täyttyminen on todennettava erikseen. Menetelmien yhdistäminen on myös mahdollista. (Ympäristöopas 39 2003, 39; 41–42.)

Ympäristöopas 39:n (2003, 72) mukaan vanhojen palonkestävien rakennusten kantavat rakenteet ovat usein paloteknisesti ongelmallisia. Rakennuksen käyttötarkoituksen muuttamisen yhteydessä välipohjarakenteen palonkestävyysaikaa voidaan kasvattaa tarkoituksenmukaisella suojauksella. Pelkästään paloturvallisuuden kannalta välipohjan täytteiden vaihtaminen ei yleensä ole välttämätöntä. Orgaanisten täyteaineiden vaihtaminen mineraalivillalla muuttaa rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä, ja raskaiden täytteiden vaihtaminen kevyempään saattaa aiheuttaa rakenteeseen liikkeitä, jotka aiheuttavat rakenteen halkeilua. (Ympäristöopas 39 2003, 72.)

3.1.2 Ääneneristysmääräykset

Rakentamismääräyskokoelmassa on annettu lukuarvot asuintalojen suurimmalle sallitulle askeläänitasoluvulle, pienimmälle sallitulle ilmaääneneristysluvulle ja LVI-järjestelmien suurimmalle sallitulle äänitasolle. Lisäksi kaavalla voidaan asettaa ääneneristävyyksivaatimuksia rakennusten julkisivuille. Rakennuksen käyttötarkoituksen muuttuessa vaativampaan suuntaan, esimerkiksi toimistotiloista asuinkäyttöön, rakennuksen ääniolosuhteita on parannettava. Rakennusvalvonta vaatii yleensä, että uudisrakentamista koskevia ääneneristysmääräyksiä noudatetaan tarkasti myös korjausraken-

tamisessa. Ääniongelmien ovat asukkaiden yleisin valitusaihe peruskorjatuissa tai muusta käytöstä muutetuissa asuinkerrostaloissa. (Korjausrakentamisen viranomaisohje 2008.)

Ääneneristysmääräysten toteuttaminen vanhoissa rakennuksissa voi olla haastavaa. Korjatun rakenteen ääneneristävyydelle tehdyt laskennalliset arviot poikkeavat usein valmiille rakenteelle tehtyjen mittausten tuloksista. Korjausten haasteellisuutta lisää myös se, että yhden määräyksen täydellinen noudattaminen saattaa aiheuttaa toisen määräyksen syrjäyttämisen. Esimerkiksi vanhojen välipohjien korjauksissa on tyypillistä, että ääneneristysmääräysten toteutuessa rakennuksen esteettömyys kärsii. (Korjausrakentamisen viranomaisohje 2008.)

3.2 Korjaustarpeeseen johtavia syitä

Korjaustarve syntyy, kun rakennus tai sen osa ei enää täytä sille asetettuja vaatimuksia. Vaatimukset voivat liittyä rakennuksen käyttöön, tekniseen toimintaan tai terveellisuuteen ja turvallisuuteen.

Rakennuksen käytölle asetetut vaatimukset syntyvät tilojen käyttäjien tarpeista. Tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa, esimerkiksi toimistoista asuintiloiksi, myös tilojen käyttäjien tarpeet muuttuvat. Vaikka tilat olisivatkin edelleen niille suunnitellussa käytössä, käyttäjien tarpeet ovat voineet muuttua ajan myötä siten, etteivät tilat sellaisenaan ole enää toimivia, ja on ryhdyttävä korjaustoimenpiteisiin. Tekniikan kehitys ja lisääntynyt teknisten järjestelmien tarve aiheuttaa korjaustoimenpiteitä esimerkiksi toimistorakennuksissa, kouluissa ja sairaaloissa. Rakennuksen käyttötarkoitus ja tilojen käyttäjien tarpeet voivat muuttua tiheälläkin aikavälillä, ja rakenteita voidaan joutua muuttamaan, vaikka niissä olisi teknisesti mitään vikaa. (RIL 174-4 Korjausrakentaminen IV Runko-rakenteet 1988, 30–32.)

Vanhentuneet rakennusmateriaalit ja tekniset järjestelmät voivat olla syynä rakenteiden korjaustarpeeseen. Vanhetessaan rakennusmateriaalien toiminta heikkenee ja rakenteet altistuvat erilaisille vaurioille. Esimerkiksi märkätilojen vedeneristeen vaurioituessa kerrostalon välipohja- ja seinärakenteisiin pääsee kosteutta, jonka seurauksena voi olla laaja kosteus- ja homevaurio. Vaurioita voi syntyä myös virheellisen käytön tai puutteellisen kunnossapidon ja huollon seurauksena. Vanhentuneet LVI-järjestelmät voivat

vaurioituessaan aiheuttaa ongelmia myös niitä ympäröiviin rakenteisiin. Esimerkiksi jos vanhat, välipohjarakenteiden sisälle asennetut vesi- ja viemäriputket ajan myötä syöpyvät, voi seurauksena olla laajoja kosteusvaurioita. (Ympäristöopas 29 1997, 14; Ympäristöopas 28 1997, 67, 80.)

Rakenteiden vauriot voivat olla seurausta myös virheellisistä suunnitelmista. Materiaali- ja rakenneratkaisut eivät ehkä alun perinkään ole olleet toimivia, tai korjaussuunnittelussa vanhan rakennuksen toimintaa ei ole tutkittu riittävästi ja on päädytty huonoihin korjausratkaisuihin. Toisaalta myös korjaustyöt on voitu toteuttaa huonosti, jolloin huolellisellakaan suunnittelulla vaurioitumista ei ole voitu estää. (Viitanen, H., Ojanen, T. & Airaksinen, M. 2013.)

Rakenteiden vaurioitumisella voi olla vaikutusta tiloja käyttävien ihmisten terveyteen ja turvallisuuteen. Tilojen käyttäjien terveys voi vaarantua esimerkiksi rakennuksen sisäilman heikon laadun vuoksi. Yksi syy sisäilmaongelmiin on rakenteiden kosteus- ja homevauriot. Vauriokohdista sisäilmaan leviävät mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet voivat aiheuttaa erilaisia terveysongelmia tilojen käyttäjille, kuten hengitystie-, silmä- ja iho-oireita, allergiaa sekä hengitystieinfektioita. Mikäli rakennuksen tilojen käyttäjillä ilmenee terveyshaittoja, tai käyttäjät kokevat sisäilman laadun heikoksi, ongelmien aiheuttajat tulee poistaa. (Seuri, M., Palomäki E. 2000, 17; Terveelliset tilat 2008.)

3.3 Korjausperiaatteet sisäilmakorjauksissa

Jos rakennuksessa ilmenee terveyshaittoja, tulee niiden alkuperä selvittää. Ongelmien aiheuttajat tulee korjata heti, sillä mikrobien aiheuttamille terveyshaitoille altistuminen saattaa johtaa sisäilman epäpuhtauksille herkistymiseen. Vaikka vanhoissa rakenteissa olisikin selkeitä sisäilmariskejä, ei niitä ole tarpeen korjata, mikäli rakenteet toimivat moitteettomasti eivätkä ne aiheuta terveyshaittaa. Rakenteita tulisi tarkastella tapauskohtaisesti, sillä rakenteen toimintaan vaikuttavat itse rakenneratkaisun lisäksi myös esimerkiksi tilojen käyttö, rakennusmateriaaliyhdistelmät ja ympäristöolosuhteet. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2011, 54–55.)

Sisäilmaongelmat johtuvat yleensä monen eri tekijän vaikutuksesta, ja siitä syystä kuntotutkimusten tulee olla riittävän laajat. Puutteelliset tutkimukset voivat johtaa väärin vaurio-arvoihin, ja liian vähäisiin tai väärin asioihin kohdistuviin korjauksiin. Korjausten yhteydessä tulee aina huomioida myös ilmanvaihdon vaikutus. Ilmanvaihdon korjaamatta jättäminen on yleinen syy, miksi korjaukset ovat epäonnistuneet. Tilan ilmanvaihdon tulee olla huonekohtaisessa tasapainotilassa, jotta tilasta ei tule liian alipaineista rakenteisiin nähden. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2011, 55.)

Korjausten laajuuden määrittäminen oikein on usein haastavaa. Teknisesti paras ja toimivin korjausvaihtoehto on yleensä myös kallein ratkaisu, ja korjauskustannusten pitämiseksi kohtuullisina joudutaan usein tekemään kompromisseja. Joskus pienilläkin korjaustoimenpiteillä voidaan parantaa tilannetta oleellisesti. Kuitenkin kevyitä, pieniä korjauksia tehdessä on hyväksyttävä, että niihin sisältyy riski korjauksen riittämättömyydestä. (Ympäristöopas 28 1997, 101.)

Korjaustyön edetessä korjauskohteesta tehdään usein yllättäviäkin havaintoja, joita ei ole kuntotutkimuksissa voitu saada selville. Tällaisissa tilanteissa suunnitelmia joudutaan muuttamaan korjaustöiden aikana. Tavoitteena tulee olla korjausten onnistuminen ja sopivien korjaustapojen määrittäminen niin, että vältytään yli- ja alikorjaamiselta. Korjausten onnistumisen kannalta on tärkeää, että saadaan selville todelliset ongelmat ja niiden syyt. (Viitanen, H. ym. 2013.)

Jos korjattavassa kohteessa tehdään purkutöitä, työhygieniaan tulee erityisesti kiinnittää huomiota. Tilojen käyttäjät ja purku- ja korjaustöiden tekijät eivät saa altistua mikrobeille, ja mikrobien kulkeutuminen työmaa-alueelta muihin tiloihin on estettävä. Mikrobien leviämistä voidaan rajoittaa esimerkiksi tilan alipaineistuksella ja osastoinnilla, sekä perusteellisella loppusiivouksella. (Terveelliset tilat 2008.)

Korjausten onnistumista tulee aina seurata. Homeongelman poistumisen varmistamiseksi voidaan esimerkiksi ottaa tilasta materiaali- pinta- ja ilmanäytteitä. Hankaliin rakenteisiin voidaan jo korjaustyön aikana asentaa lämpötila- ja kosteusmittareita, joiden avulla saadaan ajoissa selville jos rakenne alkaa vaurioitua uudelleen. Muita seuranta-menettelyjä ovat esimerkiksi tilojen käyttäjille tehtävä sisäilmastokysely, ja merkkiainemenetelmä, jolla voidaan varmistaa rakenteeseen tehtyjen tiivistysten onnistumi-

nen. (Ympäristöopas 29 1997, 68; Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2011, 33.)

3.4 Suojautuminen mikrobeilta purku- ja korjaustöissä

Korjattaessa rakenteita, jotka sisältävät mikrobeja, on kiinnitettävä huomiota mikrobeilta suojautumiseen. Mikrobit eivät saa vaarantaa kohteessa työskentelevien eikä muiden tiloissa oleskelevien ihmisten terveyttä, eivätkä epäpuhtaudet saa levitä korjattavaa tilaa ympäröiviin, puhtaisiin tiloihin. Mikrobin olemassaolo on huomioitava purkutöissä ja purkujätteen käsittelyssä, sekä korjausten loppusiivouksen suorittamisessa.

Purkutöitä varten on aina laadittava purkutyösuunnitelma, jossa selvitetään mm. purku- ja siivoustyömenetelmät, kohteen pölyntorjunta, purkujätteen käsittely sekä työntekijöiden turvallisuus. Purkutyömenetelmä valitaan vaurion laadun ja laajuuden perusteella. Pieniin, paikallisiin vaurioihin pölyn leviämisen estämiseksi riittää kohdepoistomenetelmä. Osastointimenetelmä on kosteus- ja mikrobivauriokohteissa purkutöiden päämenetelmä. Menetelmää käytetään, kun homekasvusto on näkyvää ja laajalla alueella, rakenteissa on näkyvää mustaa homekasvustoa, materiaalinäytteiden mikrobipitoisuudet ovat korkeita ja näytteiden mikrobit tuottavat toksineja. Lisäksi osastointia kannattaa käyttää, kun rakenteessa on kosteusvaurio, tai tiedetään, että kosteusvaurioita on tapahtunut joskus aiemmin, tai jos rakenteiden vauriutilasta ei ole varmuutta ja tilojen käyttäjillä on homealtistukselle tyypillisiä oireita. (Ratu 82 – 0383 2001, 3.)

Työntekijöiden on käytettävä purkutöiden aikana tavanomaisten henkilökohtaisten suojainten lisäksi P2-, P3- tai P3/A2- luokan suodatimella varustettua koko- tai puolinaamaria, tai eristävää naamaria. Suodatintyyppi valitaan sen perusteella, mitä terveydelle haitallisia aineita purettavassa materiaalissa esiintyy. Kasvojen iho ja silmät on usein tarpeen suojata, kun käytetään P3-luokan suodatinta. (Ratu 82 – 0383 2001, 15.)

Purkujätteen käsittelyssä ja siirroissa on huomioitava, ettei ympäristölle saa aiheutua pöly- tai muuta haittaa. Jätteet pakataan sitä mukaa kuin jätettä syntyy, suljettuihin säkkeihin tai astioihin. Jätteet kuljetetaan etukäteen suunniteltua reittiä suojatulle jätelavalle tai konttiin. Purkutyön jälkeen osasto siivotaan imuroimalla korkeapaineisen kohdepoiston pölynimureilla tai teollisuusimureilla. (Ratu 82 – 0383 2001, 9.)

Korjaustöiden valmistuttua kohteessa tehdään perusteellinen homepölysiivous, sillä tavanomainen rakennussiivous ei ole riittävän perusteellinen, jotta tilat saataisiin homepölyttömiksi. Homepölysiivouksessa noudatetaan samoja peruseriaatteita kuin muusakin perusteellisessa siivouksessa; kaikki pinnat ja tavarat nihkeäpyyhitään tai imuroidaan, tekstiilit pestään ja lian kulkeutuminen huoneesta toiseen estetään. Lisäksi homepölysiivouksessa pölynimurit varustetaan mikro-suodattimilla. Siivottavat tilat pidetään osastoituina siivoustöiden ajan. (Terveelliset tilat 2008.)

Ympäristöopas 29 (1997, 63) esittää yhtenä korjaustoimenpiteenä biosidejä sisältävien kemiallisten homeenestoaineiden käytön kohteissa, joissa ei voida olla varmoja rakenteiden kuivana pysymisestä. Vuonna 2008 homeenestoaineita suositeltiin käytettäväksi homepölysiivouksen yhteydessä (Terveelliset tilat 2008). Nykytietämyksen mukaan biosidit ovat terveydelle vaarallisia, eikä niitä tule käyttää sisätilojen homeenestoon ja desinfiointiin. Helsingin yliopiston Elintarvike- ja Ympäristötieteiden laitoksen tekemässä tutkimuksessa havaittiin biosidisten kemikaalien (boori, PHMG, PHMB) käytön edistävän mykotoksiineja tuottavien homeiden kasvua rakennuksissa (Andersson, Maria A., Mikola, R., Salkinoja-Salonen, M. 2013).

4 Sisäilma

Sisäilma on rakenteiden rajaamaa, hengitettävää ilmaa sisätiloissa. Ilmassa voi olla perusosiensa lisäksi eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia. Tässä yhteydessä käsitellään sellaisissa tiloissa olevaa sisäilmaa, jossa ei pääsääntöisesti ole tuotannollisesta tai muusta poikkeavasta käytöstä johtuvia päästöjä, kuten asuin-, toimisto-, ja koulurakennukset. *Sisäilmasto* koostuu sisäilmasta ja siihen vaikuttavista fysikaalisista tekijöistä, kuten ilman kosteudesta, lämpötilasta ja ilman sisältämistä epäpuhtauksista. (Terveelliset tilat 2008.)

Ihminen viettää ajastaan noin 90 - 95 % sisätiloissa, ja suurin osa ihmisen hengitysilma on sisäilmaa. Sisäilman laadulla on vaikutusta ihmisten terveyteen, sillä sisäilman sisältämät epäpuhtaudet voivat aiheuttaa erilaisia allergia- ja ärsytysoireita, tai pahentaa niitä. (Terveelliset tilat 2008.)

4.1 Sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät

Sisäilman voidaan todeta olevan hyvää, jos suurin osa tiloja käyttävistä ihmisistä on tyytyväisiä sisäilman laatuun, eivätkä sisäilmassa olevat haittatekijät vaaranna tilojen käyttäjien terveyttä. Hyvällä sisäilmalla on terveydellisiä ja taloudellisia vaikutuksia, sillä hyvä sisäilma parantaa työntekijöiden työtehoa ja viihtyvyyttä, sekä vähentää sairastumisia. Huono sisäilma vastaavasti lisää työntekijöiden oireilua ja heikentää työn tuottavuutta. Jos rakennuksen käyttäjillä ei ole kyseiseen rakennukseen liittyviä oireita, rakennuksen sisäilmaston voidaan todeta olevan hyvä. (Terveelliset tilat 2008.)

Asunnon ja muiden oleskelutilojen terveellisyyteen vaikuttavat ilmassa olevat kemialliset epäpuhtaudet, hiukkaset ja kuidut sekä fysikaaliset olosuhteet. Kemiallisten epäpuhtauksien lähteitä ovat muun muassa rakennusmateriaalit, kosteuden vaurioittamat rakenteet tai ulkopuoliset lähteet, kuten liikenne ja teollisuus. Fysikaalisilla olosuhteilla tarkoitetaan esimerkiksi asunnon sisäilman lämpötilaa ja kosteutta, rakenteiden kosteutta sekä ilmanvaihtoa. Terveyshaitat voivat johtua suoraan fysikaalisista olosuhteista tai sisäilman olosuhteiden ja kemiallisten epäpuhtauksien ja mikrobikasvustojen yhteisvaikutuksesta. Sisäilmaongelmia tutkittaessa tulisi ottaa rakennus ja sen käyttö huomioon

kokonaisuutena, sillä sisäilmaongelmat ovat usein monen tekijän summa. (Asumisterveysohje 2003, 9, 14, 56.)

4.2 Sisäilmariskit välipohjarakenteissa

Seuraavassa luettelossa on listattu sisäilmasto-ongelmien ja erityisesti kosteus- ja homevaurioiden kannalta merkitseviä riskitekijöitä:

1. Rakenteissa on orgaanisia eristemateriaaleja
2. Tilassa on tunnistettavissa oleva poikkeava haju (esim. tunkkainen, kellarimainen, kemikaalimainen)
3. Rakenteeseen kohdistuu poikkeavaa kosteusrasitusta
4. Rakenteessa on ollut vesivahinkoja
5. Tila on alipaineinen
6. Rakenne on toteutettu hyvän rakennustavan, määräysten tai fysiikan lakien vastaisesti. (Seuri, M. ja Palomäki, E. 2000, 59.)

Kastuessaan alalaattapalkistojen täytemateriaalit ja kaksoislaattapalkistojen muottilaudat ovat hyvä kasvualusta mikrobeille, ja koska välipohjarakennetta ympäröi yleensä lämpimät huonetilat, olosuhteet ovat kasvustolle suotuisat. Kuivienkin täytemateriaalien mikrobit voivat aiheuttaa ongelmia, jos rakenteen läpi tai sen kautta kulkee ilmavirtauksia sisäilmaan. Välipohjarakenteisiin tehtävät läpiviennit voivat edesauttaa epäpuhtauksien pääsyä sisäilmaan, ellei läpivientejä tiivistetä huolellisesti. (Terveelliset tilat 2008. Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2011, 61.)

Tilassa havaittavissa oleva poikkeava haju on merkki ongelmista. Maamainen haju, kuten kellarin haju, johtuu bakteerien ja sienten kasvun yhteydessä muodostuvista haisevista ja haihtuvista yhdisteistä. Näitä yhdisteitä kutsutaan nimellä MVOC, mikrobin tuottamat, haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Tilassa olevan tunkkaisen hajun syynä sen sijaan on aina puutteellinen ilmanvaihto. (Seuri, M., Palomäki, E. 2000, 50, 60–61; Opas kosteusongelmiin – Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma 1998, 9.)

Välipohjien täyteaineiden kastumiseen voi olla syynä esimerkiksi rakennuskosteus, tilojen käyttäjien aiheuttama kosteus ja vesivahingot. Täytemateriaalit ovat voineet olla M. Seurin & E. Palomäen (2000, 60) mukaan kosteita jo asennettaessa, ja sen seurauksena niihin on voinut syntyä mikrobikasvustoa. Käyttäjien toiminnallaan aiheuttama kosteusrasitus voi johtua esimerkiksi tilojen vääränlaisesta käytöstä, kuten kuivan tilan käyttämisestä märkätilana. Lisäksi rakennuksessa on voinut olla vesivahinkoja joiden paikallistaminen ja ajankohdan selvittäminen on jälkikäteen hankala, sillä vanhan rakennuksen vauriohistoriaa ei välttämättä ole tiedossa. (Seuri, M., Palomäki, E. 2000, 60, 63.)

Tilojen välinen paine-ero aiheuttaa epäpuhtauksien kulkeutumista alipaineiseen tilaan. Jos rakenteen eristetilä on ylipaineinen huonetilaan nähden, voivat eristeessä olevat epäpuhtaudet kulkeutua rakenteen halkeamien ja muiden epätiiveyskohtien kautta sisäilmaan. Alipaineisuus yhdistettynä muihin vaurioihin on merkittävä riskitekijä. (Seuri, M., Palomäki, E. 2000, 60, 63.)

4.3 Tutkittavat asiat ja tutkimusmenetelmät

Sisäilmaongelmien todentamiseksi ja ongelmien aiheuttajien paikallistamiseksi on tehtävä erilaisia tutkimuksia. Tutkimusten tavoitteena on selvittää 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 toimivia 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. (Ympäristöopas 28 1997, 14–15.)

Tutkimuksissa tehtävät toimenpiteet määritetään tapauskohtaisesti sen mukaan, mistä syystä tutkimuksiin on ryhdytty ja mitä tutkimuksilla halutaan saada selville. Esimerkiksi jos rakennuksen käyttäjillä on homehaittaan viittaavia oireita, täytyy ensin selvittää, johtuuko oireilu rakennus- vai LVI-teknisestä ongelmasta, kuten puhdistamatta jääneestä ilmanvaihtokanavistosta. Jos oireilun aiheuttaja on rakennustekninen syy, kuten kosteus- ja homevaurio, tutkimusten tavoitteena on selvittää vaurion laajuus, sijainti ja sen syyt. Kosteus- ja homevaurion tapauksessa tutkimusmenetelminä voidaan käyttää

asukas- ja käyttäjäkyselyitä, rakenneavauksia, kosteus- ja lämpötilamittauksia, ilmanvaihtuvuus- ja paine-eromittauksia sekä mikrobiutkimuksia. (Ympäristöopas 28 1997, 12–16.)

4.3.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa asunnon ja muiden oleskelutilojen sisäilmasta epäpuhtauksia, kosteutta ja liiallista lämpöä. Samalla tilaan tuodaan puhdasta korvausilmaa. Ilmassa olevat epäpuhtaudet ovat peräisin ihmisten aineenvaihdunnasta ja toimunnoista, asumisesta, rakennus- ja sisustusmateriaaleista sekä ulkoilmasta ja joskus myös maaperän radonista. (Asumisterveysohje 2003, 21; Terveelliset tilat 2008).

Ilmanvaihdon riittävyyttä voidaan arvioida esimerkiksi aistihavainnoin, ilmavirta-, ja paine-ero-mittauksin. Ilmavirtaus- ja paine-eromittauksilla voidaan selvittää, kulkeutuuko ilmavirtausten mukana epäpuhtauksia rakennuksen muista osista, ja voiko vesihöyry siirtyä ilmavirtausten mukana ja aiheuttaa kosteusongelmia. Mittaukset tehdään normaaliolosuhteissa niin, että ilmanvaihto on käynnissä ja ikkunat suljettuina. Ilmanvaihdon määrää voidaan arvioida myös epäsuorasti mittaamalla ilman hiilidioksidipitoisuutta. (Terveelliset tilat 2008)

Ilmavirtausten tutkimiseen voidaan käyttää jälkiaine- ja merkkisavumenetelmiä. Jälkiainemenetelmässä huonetilaan päästetään jälkiainetta, jonka kulkeutumista rakennuksessa arvioidaan kaasuanalysaattorilla. Jälkiaineena käytetään kaasua, jota ei esiinny vapaana luonnossa, esimerkiksi rikkiheksafluoridia. Merkkisavuja käytettäessä huonetilaan päästetään ampullista tai pullosta savua, jonka liikkeistä tehdään havaintoja silmin. (Terveelliset tilat 2008.)

Korjauskohteessa ilmanvaihdon suunnittelu ja käyttö poikkeaa uudisrakennuksen ilmanvaihdon hallinnasta. On viitteitä siitä, että ilmanvaihto voi vanhoissa rakennuksissa edesauttaa epäpuhtauksien leviämistä. Seuri, M. ja Palomäki E. (2000, 63) mukaan ”kokemusten perusteella voidaan todeta, että alipaineisuuden aiheuttama epäpuhtauksien kulkeutuminen [rakenteista sisäilmaan] on erittäin todennäköistä.” Tästä syystä vanhoissa rakennuksissa ilmanvaihdon on oltava käynnissä jatkuvasti, ja se säädetään pai-

nesuhteiltaan täysin tasapainoiseksi tai hieman ylipaineiseksi. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2011, 60–61; Seuri, M., Palomäki, E. 2000, 63.)

4.3.2 Lämpötila

Sopiva huoneilman lämpötila on noin 21 °C. Liian matala lämpötila saa aikaan vedon tunnetta, ja liian korkea lämpötila voi lisätä muun muassa väsymistä ja hengitystieoireilua, ja voi myös kiihdyttää kaasumaisten epäpuhtauksien vapautumista lähteistään. Viileisiin pintoihin voi tiivistyä huoneilmasta kosteutta, joka kerääntyessään saattaa aiheuttaa kosteusvaurioita. (Asumisterveysohje 2003, 9–10, 13.)

Huoneilman lämpötila mitataan oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 m korkeudelta. Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan huoneen keskiosaa, jonka yläpinta on 1,8 m korkeudella lattiasta ja sivupinnat 0,6 m etäisyydellä seinistä. Kosteusvauriotutkimuksissa mitataan aina lämpötilan lisäksi myös ilman suhteellista kosteutta, jotta saadaan selville ilman kosteussisältö. Mittauspaikka valitaan siten, että tutkittavaan rakenteeseen kohdistuvat rasi-
tukset saadaan selville. (Ympäristöopas 28 1997, 27; Asumisterveysohje 2003, 10.)

Tutkittavan rakenteen pinnan lämpötilaa voidaan mitata infrapunatekniikkaan perustuvilla mittalaitteilla tai rakenteen pintaan asetettavilla lämpötila-antureilla. Lämpötila- ja kosteusmittaukset rakenteen sisältä tehdään esimerkiksi porareikämittausmenetelmällä. (Ympäristöopas 28 1997, 27–30.)

4.3.3 Huoneilman kosteus

Sisäilman kosteus on peräisin sisätiloissa olevista ihmisistä ja tiloissa tapahtuvista toiminnoista, kuten pesutilojen käytöstä, pyykinpesusta ja ruuanlaitosta. Nämä yhdessä muodostavat *huoneilman kosteustuoton*. Huoneilman kosteuteen vaikuttavat kosteustuoton lisäksi ulkoilman kosteus ja ilmanvaihdon määrä. (Ympäristöopas 28 1997, 49.)

Asumisterveysohjeen mukaan sisäilman kosteus vaikuttaa muun muassa ihmisen hikoi-
luun ja hengitykseen. Korkea ilmankosteus ja kylmät tai viileät pinnat aiheuttavat kos-
teuden tiivistymistä pinnoille, jonka seurauksena pinnoille saattaa muodostua mikrobi-

kasvustoa. Sopiva huoneilman suhteellinen kosteus on kesällä 50 - 60 % ja talvella 20 - 40 %. (Asumisterveysohje 2003, 16; Terveelliset tilat 2008.)

4.3.4 Rakenteiden kosteus

Rakennuksen rakenteiden sisällä olevaa ylimääräistä kosteutta, joka voi aiheuttaa rakenteiden vaurioitumista tai jonka seurauksena voi rakenteisiin syntyä terveydelle haitallista mikrobikasvustoa, kutustaan rakenteiden kosteudeksi (Asumisterveysohje 2003, 16). Rakenteisiin on voinut päästä ylimääräistä kosteutta rakennuksen virheellisen käytön tai putkivuotojen seurauksena, tai jo rakennusvaiheessa.

Rakenteiden sisältämää kosteutta voidaan arvioida aistinvaraisesti, tekemällä mittauksia pintakosteusmittareilla ja mittaamalla rakenteen suhteellista kosteutta. Aistinvaraisella arvioinnilla voidaan havaita pitkälle edenneitä vaurioita rakenteiden ulkonäön ja hajun perusteella sekä rakenteita tunnustelemalla. (Terveelliset tilat 2008.)

Aistinvaraisen havainnoinnin tueksi voidaan tehdä rakenteen pintakosteusmittauksia, joilla voidaan myös paikantaa lisätutkimusta vaativia rakenteita. Pintakosteusmittari ei anna tietoa siitä, kuinka paljon rakenteessa on kosteutta tai kuinka syvällä rakenteessa kosteus on, mutta sen avulla saadaan suuntaa-antavaa tietoa rakenteen pinnan kosteuseroista. Mittaustulosten tulkitsemista varten tarvitaan pintakosteusmittarin lukema rakenteen mahdollisimman kuivasta kohdasta, ja tätä lukemaa verrataan saatuihin mittausarvoihin. Mittaustulokset ovat vertailukelpoisia keskenään vain, jos tutkitut rakennetyypit ovat samoja. Tarkempaa tietoa rakenteiden kosteudesta saadaan mittaamalla rakenteen sisältämän ilman kosteutta rakennetta rikkovilla menetelmillä, esimerkiksi porareikämittauksilla. (Ympäristöopas 28 1997, 30.)

4.3.5 Mikrobit

Rakenteen pinnalle voi syntyä mikrobikasvustoa, kun lämpötila on sopiva, ilman kosteus on riittävän korkea ja kun rakenteiden pinnoilla on orgaanista ainesta, jota mikrobit voivat käyttää ravinnokseen. Mikrobikasvusto voi alkaa, kun ilman suhteellinen kosteus on vähintään 70 %, ja kasvuston riski on suuri, kun ilman suhteellinen kosteus on yli 85

%. Aika, jonka kasvun mahdollistavat olosuhteet vallitsevat, vaikuttaa mikrobikasvuston laajuuteen. (Ympäristöopas 28 1997, 65.)

Tavallisesti asuinrakennuksen sisälämpötila on mikrobikasvustojen syntymisen kannalta otollinen, sillä useimmat mikrobit tarvitsevat kasvaakseen 10 - 40 °C lämpötilan. Parhaat kasvumahdollisuudet mikrobeilla on lämpötilan ollessa 20 - 30 °C. Rakenteiden ja pintojen kosteus on käytännössä ainoa mikrobikasvustoa säätelevä tekijä rakennuksessa. Pakkanen estää mikrobien kasvun, mutta ei tuhoa niitä. (Ympäristöopas 28 1997, 65; Ympäristöopas 29 1997, 10.)

Kertaalleen jo kastuneen rakenteen väliaikainen kuivuminen ei tuhoa rakenteessa olevaa mikrobikasvustoa. Rakenteen tai ilman kosteuden laskiessa riittävästi homekasvusto jää lepotilaan. Tällöin kasvun jatkumiseen tarvittava kosteusmäärä on pienempi, kuin itiöistä alkavan kasvun vaatima kosteusmäärä. Myös kuollut mikrobikasvusto voi aiheuttaa terveyshaittoja. (Ympäristöopas 28 1997, 65; Ympäristöopas 29 1997, 10.)

Mikrobiologisilla tutkimuksilla vahvistetaan tai suljetaan pois rakennuksessa oleva mikrobivaurio. Rakennuksessa oleva kosteus- ja homevaurio voidaan usein todeta aistinvaraisin tarkasteluin, jolloin mikrobitutkimukset eivät ole tarpeen. Esimerkiksi tarkkoja mikrobitutkimuksia ei tarvita, jos sisäilmassa on homeen hajua. Homeen haju on varma osoitus siitä, että tiloissa on tai on ollut homehtuvaa materiaalia. Näytteitä voidaan ottaa rakennusmateriaaleista, pinnoilta tai sisäilmasta. Näkyvästä vauriosta voidaan ottaa pinta- ja rakennusmateriaalinäytteitä esimerkiksi kun halutaan tarkentaa korjausalueen laajuutta, varmistaa mikrobikasvuston olemassaolo tai mikrobilajisto. Lajiston tunnistaminen on tarpeen, kun määritetään esimerkiksi purkumenetelmiä. Tutkimuksia käytetään myös korjausten jälkiseurantaan. (Terveelliset tilat 2008; Opas kosteusongelmiin – Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. 1998, 53; Ympäristöopas 28 1997, 26.)

Mikrobinäytteitä voidaan ottaa rakennuksen sisäilmasta, jos tavanomaisia mikrobivaurion tunnusmerkkejä ei esiinny, mutta tilojen käyttäjillä on kuitenkin epätavanomaiseen mikrobilähteeseen viittaavia oireita. Ilmanäytteenotto tulee suorittaa talviaikaan, jolloin ulkoilman sieni-itiö- ja sädesienipitoisuudet ovat alhaisimmillaan. Ensisijaisesti näytteitä tulisi ottaa pinnoilta ja rakennusmateriaaleista, sillä ilmanäytteen mikrobipitoisuus

saattaa olla alhainen, vaikka rakennuksessa olisi näkyväkin mikrobikasvustoa. (Terveelliset tilat 2008; Ympäristöopas 28 1997, 26–27.)

Mikrobinäytteiden analysointia varten näytteitä tulee vertailla samoilla menetelmillä kerättyihin vertailunäytteisiin. Vertailunäytteiden avulla selvitetään, onko varsinaisessa näytteessä merkkejä epänormaalista mikrobilähteestä. Näytteiden oton sekä analysoinnin ja tulosten tulkinnan tekee aina alan asiantuntija. Näytteenoton yhteydessä tulee rakennusta tutkia silmämääräisesti sekä mitata sisäilman lämpötilaa ja kosteutta. Myös ilmanvaihto tutkitaan mahdollisuuksien mukaan. (Terveelliset tilat 2008; Ympäristöopas 28 1997, 26.)

5 Korjausvaihtoehdot

Korjausratkaisun valintaan vaikuttaa mm. rakenteissa olevat vauriot, niiden laajuus ja vaurioitumisaste sekä tilojen korjausten jälkeinen käyttötapa. Lisäksi korjauksiin käytettävissä olevat varat määrittävät osaltaan, kuinka laaja-alaisesti korjataan ja millä menetelmillä korjaukset suoritetaan.

Alalaattapalkiston mahdollisia korjausvaihtoehtoja ovat ylälaitan purku, sekä välipohjan tiivistys ja kapselointi. Kaksoislaattavälipohjan tapauksessa on mahdollista edellisten lisäksi myös alalaitan purku. Purku suoritetaan pääsääntöisesti laattaa tehtyjen aukkojen avulla. Korjaustoimenpiteet valitaan tapauskohtaisesti, sillä lähtötilanne määrittää, mikä vaihtoehto soveltuu kuhunkin korjauskohteeseen parhaiten. Esimerkiksi välipohjan ylä- tai alalaitan purku tulee kysymykseen, jos välipohjassa on laajoja kosteusvaurioita. Tiivistyskorjaus on sen sijaan käyttökelpoinen, kun rakenteessa ei ole aktiivista homekasvua, mutta tilassa on sisäilmaongelmia.

5.1.1 Tiivistys

Tiivistyskorjausta voidaan käyttää, jos rakenteeseen ei kohdistu jatkuvaa kosteusrasitusta ja vesivahingot on paikannettu ja korjattu. Tiivistys on lyhytaikainen ratkaisu, käyttöikänsä noin 5 - 10 vuotta, mutta sen käyttöikä voidaan nostaa välipohjan eristetilän pienellä alipaineistuksella. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 188–189.)

Menetelmä soveltuu alalaattavälipohjan korjaukseen, jos välipohjan pintalaatta on valettu betonista. Jos lattian pintarakenteet on tehty puusta tai levystä, on tiivistyskorjauksen onnistuminen epävarmaa, sillä rakenteen saaminen ilmatiiviiksi on vaikeaa. Tiivistyskorjaus ei onnistu myöskään silloin, jos rakenteen sisällä on aktiivista mikrobikasvustoa. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 188.)

Tiivistyskorjausten suunnittelussa on huomioitava, että tiivistysmateriaalin on pysyttävä kiinni ympäröivissä pinnoissa, ja sen on kestävä muodonmuutoksia halutun käyttöajan ajan. Tiivistyksessä tulee käyttää M1-luokan tuotteita, eli tuotteita, joista ei haihdu hai-

tallisessa määrin yhdisteitä sisäilmaan. Korjattava rakenne on tiivistettävä kauttaaltaan. Osittainen tiivistys ei riitä, sillä ilma pyrkii purkautumaan enemmän muita reittejä pitkin, jos vain osa tukitaan. Kaikki tiivistettävät yksityiskohdat tulee suunnitella erikseen. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 231–232, 235.)

Lattian ja seinän välisen liitoskohdan tiivistys voidaan tehdä joko vedeneristysmassakaistalla tai elastisella massalla. Käytettäessä vedeneristettä lattian ja seinän pintamateriaaleja poistetaan 30 mm levyiseltä alueelta. Pinnat hiotaan puhtaiksi liimoista, irtonaisesta maalista ja tasoitteista. Pinta pohjustetaan, ja päälle sivellään vedeneristysmassa. Vedeneristysmassakaista vahvistetaan lasikuitukankaalla. Välipohjan alapinnan ja seinän välinen liitoskohta tiivistetään samalla tavalla. Myös välipohjarakenteen kaikki läpiviennit tiivistetään vedeneristysmassalla. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 189, 235–236.)

Elastisella massalla tiivistettäessä lattian ja seinän väliseen liitoskohtaan avataan vähintään 5 mm leveä roilo. Pinnat puhdistetaan huolellisesti ja tarvittaessa pohjustetaan mahdollisimman hyvän tartunnan saavuttamiseksi. Roiloon laitetaan solumuovinen pohjanauha, jonka päälle lisätään elastinen massa. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 234–235.)

Betonilattian halkeamien tiivistykseen voidaan käyttää erilaisia injektointiaineita. Vuotavien halkeamien kohdalle tehdään vähintään 5 mm leveä roilo, joka tiivistetään elastisella vedeneristeellä. Pieniä halkeamia voidaan tiivistää myös levittämällä tiivistettävälle pinnalle sementtipohjainen kuituja sisältävä tasoitelaasti. Laastin tiiveyttä voidaan lisätä pinnan maalauksella. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 235.)

Tiivistysten onnistuminen todetaan merkkiaineanalyysillä, ja korjausten jälkeen tehdään loppusiivous. Jos välipohja halutaan alipaineistaa, laataston jokainen palkkiväli alipaineistetaan erikseen, sillä ilma ei pääse kiertämään välipohjassa vapaasti. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 189.)

Tiivistyskorjauksessa joudutaan ottamaan riski korjauksen riittävydestä. Rakenteita puretaan vain osittain, joten mikrobikasvustojen laajuudesta ja haitallisuudesta on hankala tehdä arviota. Korjauksen riskiä lisää myös se, ettei tiivistysten käyttöiästä ole pit-

käikäistä kokemusta. Tiivistyskorjaukset on tehtävä hyvin huolellisesti, jotta ne onnistuvat. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 189.)

5.1.2 Kapselointi

Kapseloinnin tavoitteena on estää homepölyn leviäminen tiivistämällä rakenne niin tiiviiksi, ettei ilma pääse kulkemaan sen sisälle. Rakenne on korjattava siten, ettei se enää kostu, ja ilmanvaihdon toiminta on tarkastettava. Lattian ja seinien väliset liitokset tiivistetään esimerkiksi elastisella saumaussmassalla. Pinnoilla oleva home poistetaan mekaanisesti ja pinnat imuroidaan. Kuivat, irtoavasta homeesta puhdistetut pinnat voidaan kapseloida maalaamalla tai peittämällä ne jollain muulla tiiviillä pintamateriaalilla. Pinnoitus onnistuu, jos rakenteet saadaan pidettyä kuivina myös pinnoituksen jälkeen. (Ympäristöopas 29 1997, 62.)

Kapselointia kannattaa käyttää korjausmenetelmänä silloin, kun muita vaihtoehtoja ei ole tai ne ovat liian kalliita. Menetelmä soveltuu kohteisiin, joissa rakenteet on mahdollista kuivattaa pysyvästi ja rakenteet ovat vaurioituneet vain vähän. Onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi korjaustyöt on tehtävä hyvin huolellisesti. Vauriokohtia on tarkkailtava sopivin väliajoin kosteus- ja homemittauksilla, jotta vaurion mahdollinen uusiutuminen havaitaan. (Ympäristöopas 29 1997, 60–62.)

Vuonna 2011 tehdyssä laboratoriotutkimuksessa testattiin kahdeksaa erilaista, levitettävää tai siveltävää kosteus- ja höyrynsulkutuotetta, jotka soveltuivat seinien, lattioiden ja kattojen käsittelyyn. Tutkittujen tuotteiden joukossa oli epoksi- ja sementtipohjaisia tuotteita, sekä yksi polymeeridispersio ja yksi vesiohenteinen dispersiohartsi. Tuotteista kolme epoksipohjaista tuotetta toimivat kapselointimateriaaleina, sillä ne päästivät lävitseen vain pieniä määriä mikrobien VOC-yhdisteitä. Loput tuotteet päästivät lävitseen selkeitä hajuja. Vaikka kaikki hajuja läpäisemättömät tuotteet olivat epoksipohjaisia, tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, etteivät kaikki epoksipohjaiset tuotteet sovellu VOC-yhdisteiden kapselointiin. (Sievola, J. 2011.)

Tällä hetkellä markkinoilla on muutamia siveltäviä tai levitettäviä tuotteita, joilla voidaan estää mikrobien aineenvaihduntatuotteiden pääsy sisäilmaan. Vain osa tuotteista soveltuu seinä- ja lattiapintojen lisäksi myös kattopinnoille, joten kaikkia tuotteita ei

voida käyttää välipohjarakenteiden alapintojen kapselointiin. Osa tuotteista toimii samalla myös vedeneristeenä, jolloin veden pääsy rakenteeseen estyy.

5.1.3 Alalaattapalkiston ylälaatan purkaminen

Alalaattapalkiston lattiapinta voidaan purkaa, jos palkkien välissä olevat eristeet ovat kastuneet vesivuotojen takia, eikä vuotoja pystytä välttämättä paikallistamaan. Ylälaatan purkaminen on kannattavaa myös siinä tapauksessa, jos rakennuksen tekniset järjestelmät ovat käyttöikänsä päässä, ja ne on sijoitettu välipohjarakenteen sisälle. Jos rakennuksen julkisivuun voidaan tehdä samassa yhteydessä lämpörappaus, voidaan samalla parantaa välipohjan kosteusteknistä toimintaa. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 189–190.)

Lattiarakenne puretaan kokonaan, samoin rakenteen sisällä olevat muottilaudat ja täyteaineet. Betonipinnat puhdistetaan joko mekaanisesti, tai epätasaiset pinnat hiekkapuhaltamalla. Puhdistetut pinnat imuroidaan huolellisesti. Betonipintoja on saatettu käsitellä bitumiliuoksella, joka sisältää PAH -yhdisteitä. Mikäli yhdisteitä on haitallisia määriä, tulee bitumikäsitely poistaa tai kapseloida. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 187, 189.)

Alalaattapalkiston kuormantasauspalkit ja tiilimuuri-ulkoseinä muodostavat talvella kylmäsillan, jolloin tiiliseinä voi olla kylmä välipohjan kohdalla. Kuormantasauspalkin kylkeen saattaa tällöin tiivistyä kosteutta. Kylmäsilta saadaan poistettua varmasti, jos rakennukseen ulkoseiniin asennetaan lämpörappaus, jolloin tiilimuuri jää lämpimälle puolelle ja kosteuden tiivistyminen välipohjan sisällä estyy. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 187, 190.)

Uudet tekniset järjestelmät ripustetaan alalaatasta keskitetysti, esimerkiksi käytävien katosta, jos mahdollista. Tällöin järjestelmien huolto ja tarkastus on helppoa. Uusi lattiarakenne valetaan betonista liittolevyn päälle, tai tehdään puusta ja pontatusta vanerilevystä. Täytteet voidaan korvata puhallettavalla puukuitueristeellä, jonka seassa on homeenestoainetta. Kansi tulee tehdä mahdollisimman tiiviiksi, koska mikrobeja ei välttämättä saa puhdistettua rakenteista täysin. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 189–190.)

Välipohjarakenne voidaan myös hieman alipaineistaa käyttämällä poistoimureita, jos voidaan varmistaa, ettei ulkoseinärakenteessa ole ilmapuotoja. Poistoimuri on varustettava hälytinlaitteella, joka ilmoittaa, jos imuri pysähtyy. Korjatun välipohjarakenteen käyttöikä on jopa yli 50 vuotta, jos vesi- ja viemäriputkistoja ei sijoiteta rakenteen sisälle, eikä rakennetta enää kastella siivousvesillä. (Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen 2008, 190.)

Uuden rakenteen ääneneristävyyttä voidaan parantaa asentamalla alakattoon ääntä eristäviä kerroksia, kuten akustiikkalevyjä. Alalaattapalkiston alalaatta välittää ääntä sivusuunnassa, eikä pelkkä alalaattaan lisätty eristekerros yleensä riitä ääneneristysvaatimusten täyttämiseksi, vaan tarvitaan lisäksi uiva lattiarakenne. Uiva lattia nostaa välipohjan rakennekorkeutta, joten se ei välttämättä sovellu historiallisesti arvokkaisiin kohteisiin. Tällöin myös esteettömyysvaatimuksista joudutaan tinkimään. (Korjausrakentamisen viranomaisohje 2008.)

5.1.4 Kaksoislaattapalkiston ylälaatan purkaminen

Kaksoislaattapalkistojen muottilaudat voidaan poistaa myös yläkautta. Ylälaatan purkaminen ei ole menetelmänä yleinen, mutta ylälaatan purkaminen voi olla kannattavaa esimerkiksi sellaisessa tapauksessa, että alalaatasta kannatetaan paljon tekniikkaa, eikä järjestelmien purku ja uudelleen asennus ole mielekäästä. Esimerkkitapauksena ylälaatan purkamisesta käytetään toteutunutta asuinkerrostalon välipohjien korjausta Helsingissä. Kohteessa lisättiin myös välipohjan ääneneristävyyttä.

Esimerkkikohteessa kaksoislaattapalkiston ylälaatta purettiin sekundääripalkkien väliltä, ja kaikki orgaaninen aines sekä muottilaudat poistettiin. Betonipinnat puhdistettiin ja käsiteltiin homeenestoaineella. Onteloihin asennettiin EPS -levyt siten, että ne muodostivat valumuotin uudelle teräsbetoniselle ylälaatalle. Ylälaatan päälle asennettiin askelääniä eristävät levyt, joiden päälle pumpattava, sementtipohjainen tasoite.

Kaksoislaattavälipohja saattaa tarvita työnaikaista tuentaa, sillä uuden ylälaatan valu aiheuttaa lisäkuormaa välipohjalle. Tuennan tarve on tutkittava tapauskohtaisesti.

Esimerkkikohteessa välipohjan ääneneristävyyden parantamiseksi alalaatan alapintaan asennettiin mineraalivillaeriste, akustinen jousiranka ja kaksinkertainen kipsilevy. Lisäksi uuden pintabetonilaatan päälle asennettu askelääneneriste parantaa rakenteen ään ominaisuuksia. Uuden rakenteen askeläänitasoluku R'_w on 53 dB ja ilmaääneneristysluku $L'_{n,w}$ on 55 dB, joten voimassa olevat ääneneristysmääräykset täyttyivät.

Rakentamismääräyskokoelman osan E1 mukaan luokkiin P1 tai P2 kuuluvien asuin- ja työpaikkarakennusten osastoivien rakenneosien luokkavaatimus on palokuormasta riippuen vähintään REI 60. Kaksoislaatta- ja alalaattapalkistovälipohjien korjauksissa uuden rakenteen palonkestoluokaksi saadaan yleensä REI 60 ilman erityistoimenpiteitä, kuten myös esimerkkitapauksessa.

5.1.5 Kaksoislaattapalkiston alalaatan purkaminen

Tavallisesti kaksoislaattapalkistojen korjauksissa muottilautojen poisto suoritetaan alalaattaan tehtyjen aukkojen kautta. Käytetään esimerkkinä Helsingissä sijaitsevaa, 1930-luvun lopulla rakennettua leipomorakennusta, joka on muutettu myöhemmin toimistokäyttöön. Nyt tiloja saneerataan nykyaikaisiksi.

Kaksoislaattapalkistossa myös alalaatta toimii jäykistävänä rakenneosana, joten sitä ei voida purkaa kokonaan. Esimerkkikohteessa alalaattaa puretaan sekundääripalkkien välistä siten, että kantavien seinien kohdalla olevien kuormantasauspalkkien ympärille jää jäykistävää laattaa riittävä kaistale. Kantavien seinien läheisillä reuna-alueilla, joissa alalaattaa ei voida purkaa laajalta alueelta, tehdään alalaattaan sopiviin kohtiin reikiä, joiden kautta työskentely on mahdollista. Reikien koko voi olla esimerkiksi 600 x 600 mm. Alalaatan purkamisen ja reikien tekemisen jälkeen palkkiväleistä poistetaan muottilaudat, ja onteloissa mahdollisesti oleva orgaaninen täyteaines. Tämän jälkeen ontelot puhdistetaan. Uusi alalaatta voidaan valaa betonista, tai se voidaan tehdä levytyksenä.

Rakenteen ääneneristävyyttä voidaan tässäkin tapauksessa parantaa alalaattaan asennettavilla ääntä eristävillä kerroksilla. Jos myös lattiapinnat uusitaan, niin pinnoitteiden alle voidaan asentaa askelääneneriste. Korjauksella voidaan tarvittaessa vaikuttaa rakenteen palonkestoon esimerkiksi käyttämällä alalaatan alapinnassa palolta suojaavia pinnoitteita.

6 Korjauskustannukset

6.1 Kustannusten muodostuminen

Korjausten kustannusarvio tehdään korjaussuunnitelman sisältämien työpiirustusten ja korjaustyöselityksen perusteella. Korjauskustannukset muodostuvat rakennuttamis-, työ-, materiaali-, ja alihankintakustannuksista, sekä välillisistä kustannuksista. Välillisillä kustannuksilla tarkoitetaan niitä kustannuksia, jotka syntyvät esimerkiksi ennen aikojaan korjattavien pintarakenteiden korjauksista ja vaurion ympäristössä olevien mikro-bien likaamien tilojen puhdistuskustannuksista. Välilliset kustannukset voivat nousta suuremmiksi kuin varsinaisen vaurion korjauskustannukset. (Ympäristöopas 29 1997, 65.)

6.2 Kustannusarviot

Tässä työssä esitetään korjausten kustannusarviot perusratkaisuille. Kustannusten arvioinnissa on käytetty Rakennustieto Oy:n Rakennusosien kustannuksia 2013 ja Rakennustöiden menekit 2010 -kirjoja. Rakennetyypin mitat (palkkien jakoväli, välipohjan rakennekorkeus, ala- ja ylälaatan paksuudet) vaihtelevat kohdekohtaisesti, ja laskenta on tehty mitoiltaan keskimääräisille rakenteille.

Esitetyissä korjauskustannuksissa on jätetty huomioimatta vanhojen pintamateriaalien purkukustannukset, uusien pintojen asennus- ja materiaalikustannukset sekä tarvittavien suojaustoimenpiteiden kustannukset. Purkukustannuksiin sisältyy purettavien materiaalien jätemaksut, mutta ei jätteiden siirtokustannuksia. Purettavien materiaalien sisältämiä vaarallisia aineita, kuten asbestia ja PAH-yhdisteitä, ei ole laskelmissa huomioitu. Vaaralliset aineet tulee huomioida aina erikseen, sillä niiden olemassaolo vaikuttaa mm. purkutyön suojaukseen ja jätteenkäsittelyyn. Työkustannusten laskennassa on käytetty tuntipalkkaa 30 €/tth, johon sisältyvät myös työntekijän sosiaalikulut.

6.2.1 Tiivistys

Tiivistyskorjauksen kustannukset määräytyvät tiivistettävien läpivientien ja väliseinien määrän, tiivistysmateriaalin valinnan sekä laatan halkeamien ja rakojen määrän mukaan. Mitä enemmän tiivistettäviä väliseinien liitoksia, välipohjan läpivientejä ja ala- tai ylälaatan halkeamia korjauskohteessa on, sitä suuremmat korjauskustannukset ovat.

Taulukossa 1 on esitetty kustannukset vuotavan halkeaman tiivistykselle, laatan halkeaman injektointille ja halkeaman tiivistykselle elastista massaa käyttäen. Taulukkoon 1 kootut tiivistystavat ovat vaihtoehtoisia, ja tiivistystapa valitaan aina tapauskohtaisesti.

TAULUKKO 1. Tiivistyskustannukset erilaisille halkeamille.

Tiivistys	Materiaalit €/jm	Työ €/jm	YHT €/jm
Vuotavan halkeaman tiivistys: roilous + pohjustus + vesieristys	1,0	3,0	4,0
Laatan halkeamien injektointi: alustan esikäsitteleminen + epoksipohjainen injektointiharts	9,0	3	12
Pienet halkeamat: sementtipohjainen tasoitelaasti + maalaus	1,0	1,0	2,0

Laskelmien perusteella halkeamien tiivistyskustannuksiin vaikuttaa halkeaman suuruus. Pienten halkeamien tiivistystyö on yksinkertaista, ja siten myös edullista verrattuna vuotavien halkeamien tiivistykseen. Injektointikustannukset ovat selvästi muiden tiivistystapojen kustannuksia suuremmat, sillä injektointiaineet ovat kalliimpia kuin muissa taulukossa esitetyissä tiivistysmenetelmissä käytetyt tuotteet.

Seinän ja laatan liitoskohdan kustannuslaskelmat on esitetty taulukossa 2. Kustannukset on laskettu kahdelle vaihtoehtoiselle menetelmälle, tiivistykselle vedeneristyskaistalla ja elastisella massalla.

TAULUKKO 2. Seinän ja laatan liitoskohdan tiivistyskustannukset.

Seinän ja laatan liitoskohdan tiivistys vedeneristeellä	Materiaalit €/jm	Työ €/jm	YHT €/jm
Pinnan hionta ja imurointi		1,0	1,0
Pohjustus liuotteettomalla pohjustusaineella	0,5	0,5	1,0
Vedeneristysmassa kahteen kertaan + lasikuituverkko	5	2,0	7,0
Yht. alv 0 %			9,0

Seinän ja laatan liitoskohdan tiivistys elastisella massalla	Materiaalit €/jm	Työ €/jm	YHT €/jm
Liitoskohdan avaus + pinnan puhdistus imuroimalla		1,0	1,0
Pohjustus + solumuovinen pohjanauha + elastinen massa	5,0	1,5	6,5
Yht. alv 0 %			7,5

Seinän ja laatan liitoskohdan tiivistys elastisella massalla on laskelmien mukaan edullisempaa, kuin vedeneristeellä tiivistäminen. Vedeneristeellä tiivistettäessä eri työvaiheita on enemmän kuin elastista massaa käytettäessä, joten työhön kuluu enemmän aikaa. Tästä syystä työkuksannukset ovat hieman suuremmat kuin elastisella massalla tiivistettäessä.

Laskettuja tiivistyskustannuksia ei voida suoraan verrata muiden korjausvaihtoehtojen kustannuksiin, sillä tiivistettävien halkeamien ja liitosten määrälle välipohjaneliötä kohden on vaikea esittää keskiarvoa. Korjattavan rakenteen tiivistettävien halkeamien määrä tulisi olla selvillä ennen eri korjausvaihtoehtojen kustannusvertailun tekoa.

6.2.2 Kapselointi

Kapselointikorjauksen kustannuksiin vaikuttaa kapseloitavien pintojen yhtenäisyys, sillä laajojen pintojen käsittely on nopeampaa kuin pienten. Kuten tiivistyskorjauksissa, myös kapselointikorjauksissa suuri läpivientien määrä vaikuttaa kustannuksiin. Mitä enemmän korjauskohteessa on tiivistettäviä läpivientejä, sitä suuremmiksi kustannukset nousevat.

Välipohjarakenteen kapselointikustannukset ovat taulukossa 3. Laskenta on tehty epoksi-pohjaisilla tuotteilla tehtävälle kapselointimenetelmälle. Kustannukset on laskettu välipohjaneliötä kohden, eli lasketut hinnat sisältävät välipohjan sekä ylä- että alapinnan

käsittelyt. Laskelmissa on lisäksi esitetty erikseen seinän ja laatan liitoskohdan tiivistyskustannukset juoksumetriä kohden. Liitoskohdan tiivistyskustannukset on laskettu vain yhdelle pinnalle, eli liitoskohtien määrää arvioitaessa tulee huomioida sekä laatan yläettä alapinnan liitos seinärakenteeseen. Seinän ja laatan tiivistys tehdään vedeneristekaistalla samalla tavalla kuin tiivistyskorjauksessa, tarkemmat laskelmat tiivistykselle ovat taulukossa 2. Korjauskustannuksia voidaan arvioida kapseloitavan pinta-alan sekä seinän ja laatan liitoskohtien määrän perustella.

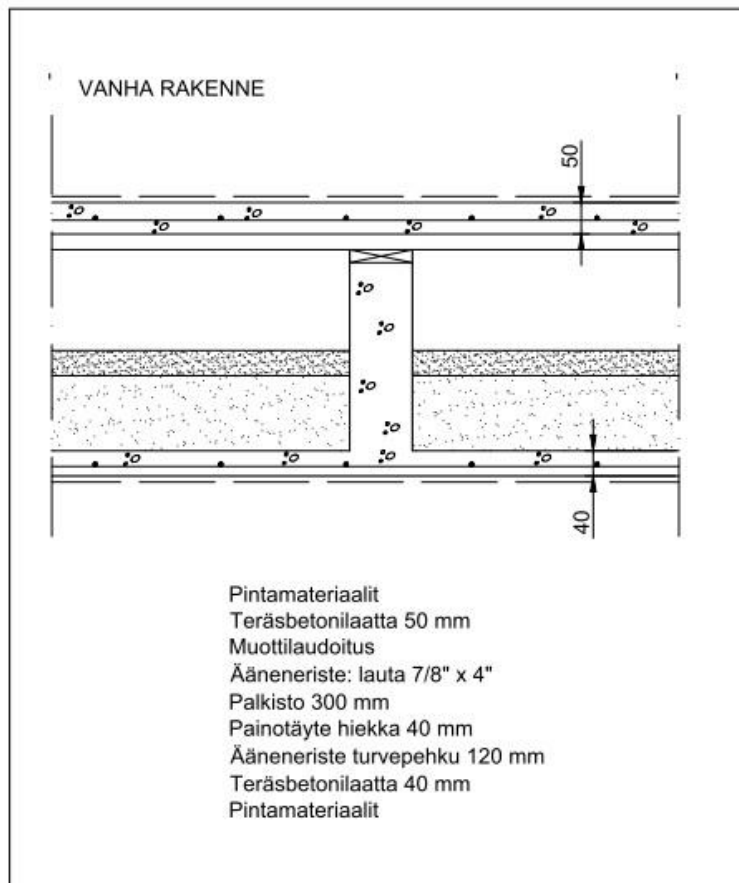
TAULUKKO 3. Kapselointikustannukset.

Kapselointi	Materiaalit €/m ²	Työ €/m ²	YHT €/m ²
sis. välipohjan ylä- ja alapinnan käsittely			
Pinnan hionta ja imurointi		9,5	9,5
Pinnoitus epoksipohjaisella höyrynsulkutuotteella	33	8,0	41,0
Pohjustus liuotteettomalla pohjustusaineella: tartunta reunatiivistykselle ja tasoitteelle	0,5	3,5	4,0
Tasoitus matala-alkalisella tasoitteella, 5 mm, tarvittaessa	11,5	2,0	13,5
	Yht. alv. 0 %		68,0
	Materiaalit €/jm	Työ €/jm	YHT €/jm
Seinän ja laatan liitoskohta, vedeneristekaista	4,5	1,5	6,0

Kapseloinnin työkustannukset ovat korkeat, sillä välipohjan alapinnan käsittely on työtekniisesti hankalaa. Kapselointikorjauksen kustannuksiin vaikuttaa taulukon 3 perusteella kuitenkin kaikkein eniten itse kapselointimateriaalin hinta. Mikäli kapseloitu pinta halutaan esimerkiksi maalata, täytyy pinta ensin tasoittaa. Jos pinnan tasoittaminen ei ole tarpeen, voidaan tasoituskustannukset jättää pois.

6.2.3 Alalaattapalkiston ylälaatan purkaminen

Kustannusten laskenta on tehty kuvan 4 mukaisen välipohjarakenteen korjaukselle. Välipohjan ylälaatta on 50 mm:n vahvuinen teräsbetonilaatta, ja se on valettu lautamuottien päälle. Muottilaudoitus on erotettu betonipalkista laudalla, jonka tarkoituksena on estää äänen siirtyminen rakenteessa. Välipohjan ääneneristeenä on 120 mm turvepehkoa, jonka päällä on painotäytteenä 40 mm paksu hiikkakerros.



KUVA 4. Vanha alalaattapalkisto, jonka päällä on teräsbetoni-laatta.

Yllä esitetyn rakenteen korjauskustannukset on esitetty taulukossa 4. Kustannukset on laskettu välipohjaneliötä kohden. Alalaattapalkiston ylälaatta puretaan kokonaan palkkien välistä, ja uusi ylälaatta valetaan teräs-liittolevyn päälle. Liittolevy toimii laatan valumuottina, ja betonin kovettuttua uuden ylälaatan raudoituksena.

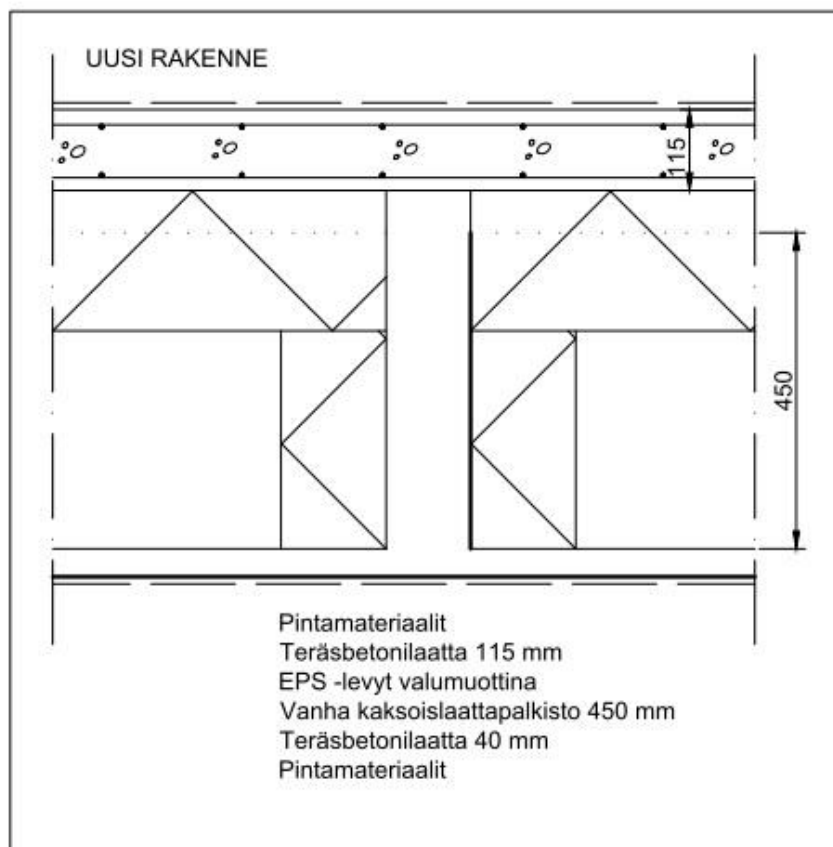
TAULUKKO 4. Alalaattapalkiston ylälaatan purku, kustannukset.

Alalaattapalkisto, ylälaatan purku	Materiaalit €/m ²	Työ €/m ²	YHT €/m ²
Ylälaatan purku, teräsbetoni 50 mm	17,0	3,0	20,0
Eristemateriaalien poisto: turvepehku 120 mm, hiekka 40 mm	28,0	3,0	31,0
Muottilautojen purku 1,0 m ²	3,5	3,0	6,5
Onteloiden pintojen hionta ja imurointi 1,5 m ²		5,5	5,5
Puukuitueriste, puhallettuna 0,27 m ³		8,0	8,0
Uusi ylälaatta, teräsbetoni 50 mm, liittolevy kuumasinkitty teräs	30,0	3,5	33,5
		Yht. alv 0 %	104,5

Vanhan teräsbetoni-laatan purku ja onteloiden eristemateriaalien purku muodostavat suurimman osan korjauskustannuksista, yli puolet korjauksen kokonaishinnasta. Korjauskohteen purkukustannusten määrään vaikuttaa syntyvän purkujätteen lisäksi, kuinka helposti purku voidaan korjauskohteessa suorittaa. Yläkautta työskentely on helppoa, varsinkin kun ylälaatta puretaan kokonaisuudessaan, joten korjauksen työkustannukset ovat pienet. Taulukossa 4 esitettyihin korjauskustannuksiin on lisättävä uuden ylälaatan ja seinien välisten liitosten tiivistyskustannukset, jotka ovat taulukossa 2.

6.2.4 Kaksoislaattapalkiston ylälaatan purkaminen

Kustannukset on laskettu kuvan 5 mukaiselle kaksoislaattapalkiston korjaukselle. Laattaston ylälaatta on purettu kokonaan palkkien välistä, ja uusi teräsbetoni-laatta on valettu EPS-levyjien varaan.



KUVA 5. Kaksoislaattapalkistovälipohjan korjausratkaisu.

Taulukossa 5 on esitetty korjauskustannukset kaksoislaattapalkiston ylälaatan purkamiselle. Kustannukset on esitetty välipohja-neliometriä kohden.

TAULUKKO 5. Kaksoislaattapalkiston ylälaatan purkaminen.

Kaksoislaattapalkisto, ylälaatan purku	Materiaalit €/m ²	Työ €/m ²	YHT €/m ²
Ylälaatan purku, teräsbetoni 60 mm	20,5	3,5	24,0
Muottilautojen poisto 1,7 m ²	3,5	3	6,5
Onteloiden puhdistus: hionta ja imurointi 1,7 m ²		6,0	6,0
EPS -levyjen asennus	3,5	4,0	7,5
Uusi ylälaatta, teräsbetoni 115 mm, T8#200 yläpinta + alapinta	22,5	3,0	25,5
		Yht. alv 0 %	69,5

Suurin osa korjauskustannuksista syntyy vanhan ylälaatan purkamisesta ja uuden valamisesta. Uuden ylälaatan valu tässä korjausvaihtoehdossa hinnaltaan suhteessa halvempi kuin alalaattapalkiston tapauksessa, sillä laatan valumuottina toimivat EPS-levyt liittolaatan sijaan. Jos uusi ylälaatta olisi tässäkin vaihtoehdossa 50 mm:n vahvuinen kuten alalaattapalkiston korjauksessa, tulisi uuden laatan valu- ja materiaalikustannuksiksi yhteensä 15 €/m², joka on noin puolet liittolaatan kustannuksista. Uuden ylälaatan ja seinien välinen liitoskohta tiivistetään kuten tiivistyskorjauksessa (taulukko 2), ja liitoksen tiivistyskustannukset on huomioitava kustannusten arvioinnissa.

Kaksoislaattapalkiston onteloiden muottilaudat voidaan poistaa myös ylälaattaan tehtyjen aukkojen kautta. Taulukossa 6 on esitetty purkukustannukset, kun ylälaatta puretaan vain osittain.

TAULUKKO 6. Ylälaatan purku osittain.

Kaksoislaattapalkisto, ylälaatan purku osittain	Materiaalit €/m ²	Työ €/m ²	YHT €/m ²
Ylälaatan purku, teräsbetoni 60 mm, aukot 600 x 600	2,5	1,5	4,0
Muottilautojen poisto 1,7 m ²	3,5	6	9,5
Onteloiden puhdistus: hionta ja imurointi 2,5 m ²		10,0	10,0
		Yht. alv 0 %	23,5

Kun ylälaattaa ei pureta kokonaan, laatasta syntyvän purkujätteen määrä pienenee huomattavasti verrattuna koko laatan purkamiseen. Purkujätteen jätemaksut ovat murto-osa

siitä, mitä jätemaksut ovat silloin, kun laatta puretaan kokonaan. Muottilautojen poistaminen ja onteloiden puhdistaminen kuitenkin vaikeutuu kun työskennellään ahtaissa tiloissa, ja se vaikuttaa työkustannuksiin. Puhdistettavaa pinta-alaa on myös enemmän, kun vanhaa ylälaattaa on jätetty paikoilleen. Kokonaisuutena purkutyö on tässä vaihtoehdossa kuitenkin hinnaltaan halvempi kuin edellisessä ratkaisussa. Koko ylälaatan purkutyön hinnaksi tulee taulukon 5 mukaan $36,5 \text{ €/m}^2$, kun tässä vaihtoehdossa hinta on $23,5 \text{ €/m}^2$. Osittain purkaminen on laskelmien mukaan selvästi halvempaa kuin laatan purkaminen kokonaan.

6.2.5 Kaksoislaattapalkiston alalaatan purkaminen

Korjauskustannukset on laskettu kuvan 6 mukaisen kaksoislaattapalkiston korjaukselle. Välipohjan alalaatta on teräsbetonia, ja sen vahvuus on 40 mm. Ylälaatan muottilaudoitukset on jätetty rakenteen sisälle.



KUVA 6. Vanha kaksoislaattapalkisto.

Kaksoislaattapalkiston alalaatta puretaan palkkien välistä kokonaan, ja muottilaudat poistetaan alakautta. Korjauskustannukset ovat taulukossa 7, ja ne on laskettu välipohjaneliötä kohden.

TAULUKKO 7. Kaksoislaattapalkiston alalaatan purkaminen.

Kaksoislaattapalkisto, alalaatan purku	Materiaalit €/m ²	Työ €/m ²	YHT €/m²
Alalaatan purku, teräsbetoni 40 mm	13,5	6,0	19,5
Muottilautojen poisto 1,8 m ²	3,5	9,0	12,5
Onteloiden puhdistus: hionta ja imurointi 1,8 m ²		12,0	12,0
Uusi alalaatta, teräsbetoni 40 mm T8#200	9,5	21,5	31,0
Alalaatan muotit, vuokra 1 kk, pystytys + purku ja puhdistus	10,50	29,0	39,5
		Yht. alv 0 %	114,2

Alakautta suoritettussa purkutyössä syntyvän purkujätteen jätemaksut ovat hieman pienemmät kuin yläkautta purettaessa, sillä alalaatta on ylälaattaa ohuempi ja jätettä syntyy vähemmän. Purkutyö on kuitenkin vaikeampaa ala- kuin yläkautta tehdessä, ja työ on siten kalliimpaa kuin yläkautta purettaessa. Uuden alalaatan vaatima muottityö ja hankala valu nostavat korjauskustannuksia. Kustannuksia voidaan saada pienemmiksi, jos välipohjan uusi alapinta voidaan tehdä levytyksenä betonivalun sijaan. Kuten muissakin purkua vaativissa korjaustöissä, myös tässä tapauksessa suojaustarve vaikuttaa korjauskustannuksiin, ja suojaukset tulee huomioida erikseen. Uuden alalaatan ja seinien välinen liitoskohta tiivistetään joko elastisella massalla tai vedeneristekaistalla.

Taulukossa 8 on esitetty kustannukset alalaatan purkutyölle, jossa alalaattaa ei pureta kokonaan, vaan muottilaudat poistetaan laattaan tehtyjen aukkojen kautta. Hinta on laskettu välipohja-neliömetriä kohden.

TAULUKKO 8. Alalaatan purku osittain.

Kaksoislaattapalkisto, alalaatan purku osittain	Materiaalit €/m ²	Työ €/m ²	YHT €/m²
Alalaatan purku, teräsbetoni 40 mm, aukot 600 x 600	1,5	3	4,5
Muottilautojen poisto 1,8 m ²	3,5	11,0	13,5
Onteloiden puhdistus: hionta ja imurointi 2,5 m ²		16,0	16,0
		Yht. alv 0 %	34,0

Samoin kuin ylälaatan tapauksessa, myös alalaattaa purkaessa on edullisempaa purkaa laattaa vain osittain kuin kokonaan. Kun alalaatta puretaan kokonaan, purkukustannuksiksi saatiin $44,0 \text{ €/m}^2$, ja tässä vaihtoehdossa kustannukset ovat neljänneksen pienemmät. Purkujätteen määrällä on suuri vaikutus purkutyön kokonaiskustannuksiin, ja tässä purkujätteen määrä on hyvin vähäinen verrattuna taulukon 7 korjausratkaisuun. Työkustannusten suuruus tässä vaihtoehdossa selittyy sillä, että alakautta työskentely on jo lähtökohtaisesti hidasta, ja aukkojen kautta purku- ja puhdistustöiden suoritus hidastuu entisestään. Alalaattaaan tehdyt aukot voidaan paikata levytyksellä tai betonivalulla, jolloin kustannus koko laatan uusimiseen verrattuna jää pieneksi.

7 POHDINTA

Ala- ja kaksoislaattapalkkistoisten välipohjarakenteiden sisällä olevat muottilaudat, sekä alalaattapalkkistojen orgaaniset ääneneristeaineet tekevät rakenteesta sisäilman laadun kannalta riskialttiin. Rakenteen luokittelu riskirakenteeksi ei kuitenkaan tarkoita sitä, ettei rakenne voisi toimia moitteettomasti. Itse rakenteen lisäksi sitä ympäröivät olosuhteet ratkaisevat, onko rakenne haitallinen sisäilman laadulle vai ei. Rakennuksessa olevien riskirakenteiden olemassaolo tulee kuitenkin tiedostaa, ettei tilojen käytöllä aiheuteta riskin laukeamista. Rakenteita ei tule korjata vain siksi, että ne voivat aiheuttaa sisäilmariskin, vaan ainoastaan jos ongelmia todella ilmenee.

Sisäilmaongelmien syiden selvittämiseen tarvitaan monialaista osaamista. Sisäilmatutkijoiden tulee ymmärtää sekä rakenne- että lvi-tekniisiä asioita, jotta ongelman todellinen aiheuttaja selviää. Tutkimusten on oltava riittävän laajat ja niiden on kohdistuttava oikeisiin asioihin, jotta voidaan suunnitella toimivia korjausratkaisuja, ja korjaustoimenpiteet voidaan mitoittaa oikein suhteessa ilmenneisiin ongelmiin.

Sisäilmaongelmien korjausten tavoitteena on poistaa sisäilman aiheuttamat terveyshaitat. Tehtävien korjausten tulee toisaalta olla riittävän laajat jotta ongelmat saadaan poistettua kerralla, mutta myös rakenteiden turhaa korjaamista ”varmuuden vuoksi” tulee välttää. Korjaussuunnittelun haasteena on juurikin korjaustoimenpiteiden laajuuden mittaaminen kohteeseen sopivaksi. Toisaalta oikeinkaan valitulle korjausratkaisulle ei voida asettaa takuuta siitä, että ongelma poistuu. Vaikka sisäilmaongelman syyt olisivat tiedossa ja korjaukset olisi suunniteltu huolellisesti, itse töiden toteutus ratkaisee, onnistuvatko korjaukset. Korjaustöitä tulee tästä syystä valvoa tavanomaista tarkemmin.

Sisäilmaongelmat ovat yksi syy rakenteiden korjaamistarpeelle. Muita syitä ovat mm. rakennuksen käyttötarkoituksen muutos ja lvi-tekniisten järjestelmien vanhentuminen. Usein tällaisissa tapauksissa joudutaan tekemään muutoksia välipohjarakenteisiin, jolloin rakenteiden ääneneristävyyteen ja palonkestoon on otettava kantaa. Lisäksi rakenteen sisällä olevien, myös vanhojen mikrobikasvustojen mahdollisuus on huomioitava. Vaikka rakennuksessa ei aikaisemmin olisi ollut sisäilmaongelmia, voi purkutöiden yhteydessä rakenteista löytyä mikrobeja, jotka voivat levitessään aiheuttaa terveyshaittoja sekä purkutyöntekijöille että rakennuksen käyttäjille korjausten valmistuttua. Myös kor-

jausten loppusiivoukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Rakennuksen käyttäjät voivat oireilla vaikka rakenteiden aiheuttamat terveyshaitat olisi saatu poistettua, jos loppusiivousta ei ole tehty huolellisesti ja oikeilla menetelmillä.

Työssä esitellyistä korjausvaihtoehdoista kevyimmät, tiivistys ja kapselointi, soveltuvat sekä ala- että kaksoislaattapalkistovälipohjille. Rakenteiden tiivistys- ja kapselointikustannuksille saatiin varmasti hyvin todellisuutta vastaavat arviot. Tiivistyskorjaus on työn toteutuksen kannalta erityyppinen kuin muut esitetyt korjausvaihtoehdot, joten kustannusten vertailu eri vaihtoehtojen välillä ei ole suoraviivaista. Jotta korjauskustannuksille olisi saatu arvio neliömetriä kohden, tulisi halkeamien määrälle tehdä jonkinlainen arvaus, eikä arvattujen määrien perusteella tehdyistä laskelmista olisi ollut hyötyä työn tarkoitusta ajatellen.

Kaksoislaattapalkiston ylä- tai alalaatan, ja alalaattapalkiston ylälaatan kautta tehtävät purkua vaativat korjaustyöt lukeutuvat raskaisiin korjauksiin. Näiden korjausratkaisujen kustannusarvioiden määrittämisessä jätettiin huomioimatta monia kustannuksiin vaikuttavia, korjauskohteille yksilöllisiä asioita, kuten purettavien pintamateriaalien määrä ja korjauskohteen suojaus, joille ei voitu määrittää keskiarvoa. Tässä työssä esitetyt kustannusarviot on tarkoitettu eri vaihtoehtojen vertailun työkaluksi. Todellisten korjauskohteiden kustannusten arvioinnissa kohteen erityispiirteet tulee aina ottaa huomioon.

Kustannusten vertailun perusteella todettiin, että purkutöiden minimointi pienentää korjauskustannuksia. Mitä raskaampiin korjaustoimenpiteisiin ryhdytään, sitä kalliimpaa korjaaminen on. Kustannuksiin vaikuttaa oleellisesti myös työtekniset asiat, kuten työskentelyasennot ja työskentelytilojen ahtaus. Vaikka purkutöiden määrän vaikutus kustannuksiin olikin odotettavissa, tuli työn tekijälle yllätyksenä kuinka suuren osuuden purkutyöt muodostavat rakenteen korjauksen kokonaiskustannuksista. Samaten hintaero kaksoislaattapalkiston ylä- ja alakautta toteutettavien korjausten välillä oli yllättävän suuri, vaikka alalaatan purkamisen odotettiin olevan kalliimpaa kuin ylälaatan purkaminen.

Opinnäytetyön aihe oli laaja ja haastava, mutta mielenkiintoinen. Vaikka sisäilma ja siihen liittyvät ongelmat ovat olleet pinnalla jo jonkin aikaa, ei sisäilma-asioita käsitellä juurikaan ammattikorkeakouluopetuksessa. Sisäilma-asiat olivatkin työn tekijälle melko tuntemattomia ennen työn aloittamista, ja kiinnostus aihetta kohtaan kasvoi työn edetes-

sä. Sisäilmaan, sen laatuun ja ongelmiin liittyvää kirjallisuutta on paljon, joten aiheeseen tutustuminen ja lähdeaineiston kokoaminen oli helppoa. Tiedon runsauden vuoksi työn aiheen rajaaminen tavoitteen kannalta olennaisiin asioihin oli haastavaa, mutta ohjauksen ansiosta työstä saatiin sellainen, kuin oli tavoitteenakin.

LÄHTEET

Asumisterveysohje 2003: Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. 2003. Helsinki: Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus.

Andersson, Maria A., Mikola, R., Salkinoja-Salonen, M. 2013. Biosidiset boori ja PHMG/B edistävät toksisten sisätilahomeiden leviämistä rakennuksissa. Sisäilmastoseminaari 2013, SIY Raportti 31. Helsinki: SIY Sisäilmätieto Oy.

Mäkiö, E. 1990. Kerrostalot 1940 – 1960. Helsinki: Rakennuskirja Oy.

Neuvonen, P., Mäkiö, E. & Malinen, M. 2002. Kerrostalot 1880 – 1940. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Korjausrakentamisen viranomaisohjaus. Päivitetty 2009. Luettu 18.2.2013. Luettavissa: www.korvo.fi/

Opas kosteusongelmiin – Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. 1998. Julkaisu 95. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu

Ratu 82 – 0383 Kosteus ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. 2011. Ratu-kortisto. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RIL 174-4 Korjausrakentaminen IV Runkorakenteet. 1988. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Seuri, M., Palomäki, E. 2000. Haasteellinen sisäilma. Riskianalyysi sisäilmaongelmissa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sievola, J. 2012. Haitta-aineiden kapselointimateriaalien jatkotutkimus ja kapseloinnin korjaustavat. Sisäilmastoseminaari 2012, SIY raportti 30. Helsinki: SIY Sisäilmätieto Oy.

Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. 2008. Helsinki: Opetushallitus.

Terveelliset tilat. Sisäilmayhdistys. Päivitetty 2008. Luettu 18.2.2013. http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/

Viitanen, H., Ojanen, T. & Airaksinen, M. 2013. Kosteus- home- ja laho-ongelmien ja -vaurioiden detektointi ja korjaus – Mitä on opittu viimeisten 30 vuoden aikana. Sisäilmastoseminaari 2013, SIY raportti 31. Helsinki: SIY Sisäilmätieto Oy.

Wegelius, E.A., Lippa, A. & Ruso, R. 1953. Talonrakennustekniikan käsikirja. Helsinki: Kirjamies.

Ympäristöopas 28. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöopas 29. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöopas 39. 2003. Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjaus-
kentämisessä. Uusittu painos. Helsinki: Ympäristöministeriö.