



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Eija Lehtimäki

PAH-yhdisteet suunnittelijoiden näkökulmasta korjausra- kentamisessa

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Eija Lehtimäki

Työn nimi: PAH-yhdisteet suunnittelijoiden näkökulmasta korjausrakentamisessa

Ohjaaja: Tero Turja

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 41

Liitteiden lukumäärä: 1

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia korjaussuunnittelijoiden menetelmiä polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen parissa korjausrakentamisessa. Opinnäytetyön toisena tavoitteena oli kerätä ohjeistusta PAH-yhdisteitä sisältävän saneerauskohteen korjaussuunnitteluun. Kolmantena tavoitteena oli perehtyä PAH-yhdisteisiin korjausrakentamisen puolella.

Opinnäytetyön ensimmäinen teoriaosuus käsittelee PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteistä kerrotaan niiden ominaisuuksista, vaikutuksista rakennuksen käyttäjiä kohtaan, minkälaisista materiaaleista niitä voi löytää ja avataan, minkälaisia tutkintamenetelmiä on. Teoriaosuuden toisessa osassa käsitellään, millainen ammattipätevyys korjaussuunnittelijalla on oltava ja kuinka korjaussuunnittelijoiden tulisi huomioida PAH-yhdisteet korjaussuunnittelussa.

Opinnäytetyön tutkimus suoritettiin haastattelemalla kolmea korjaussuunnittelijaa. Haastatteluiden avulla saatiin selvitettyä, että korjaussuunnittelijat toimivat suurimmaksi osaksi ohjeistuksien mukaan, mutta työvuosien tuoma kokemus toimii hyödyllisenä lisänä korjaussuunnittelussa.

¹ Asiasanat: PAH-yhdisteet, korjausrakentaminen, vaikutukset, korjaussuunnittelu, korjaussuunnittelija

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Eija Lehtimäki

Title of thesis: PAH compounds from the structural designer's point of view in reconstruction

Supervisor: Tero Turja

Year: 2024

Number of pages: 41

Number of appendices: 1

The aim of the thesis was to research, what the procedures with polycyclic aromatic hydrocarbons were in reconstruction. The thesis concentrated on the structural designer's point of view.

The theoretical part of the thesis handled PAH-compounds. The characteristics, effects, the materials with PAHs, and research methods were discussed in the theoretical part. The theoretical part also studied the qualifications of a structural designer and how to notice PAHs.

For the thesis three reconstruction designers were interviewed. The interviews clarified that the designers did their job almost according to the instructions and that experience would be useful in the field of reconstruction.

¹ Keywords: PAH-compounds, reconstruction, effects, reconstruction design, reconstruction designer

SISÄLTÖ

| | |
|--|----|
| Opinnäytetyön tiivistelmä | 2 |
| Thesis abstract | 3 |
| SISÄLTÖ | 4 |
| Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo | 6 |
| Käytetyt termit ja lyhenteet..... | 7 |
| 1 JOHDANTO | 8 |
| 1.1 Opinnäytetyön tausta | 8 |
| 1.2 Opinnäytetyön tavoite..... | 8 |
| 1.3 Opinnäytetyön rakenne | 8 |
| 2 POLYSYKLISET AROMAATTISET HIILIVEDYT | 10 |
| 2.1 PAH-yhdisteiden määritelmä..... | 10 |
| 2.2 Käyttäjiin kohdistuvat vaikutukset..... | 11 |
| 2.2.1 Altistuminen | 11 |
| 2.2.2 Terveysvaikutukset | 12 |
| 2.2.3 Viihtyvyyshaitta | 12 |
| 2.3 Esiintyminen korjausrakennuskohteissa..... | 13 |
| 2.3.1 Materiaalit | 13 |
| 2.3.2 Jätteet | 14 |
| 2.3.3 Maaperä..... | 14 |
| 2.3.4 Sisäilma | 14 |
| 2.4 Tutkiminen..... | 15 |
| 2.4.1 Haitta-ainetutkimus | 15 |
| 2.4.2 Näytteenottaminen ilmasta..... | 15 |
| 2.4.3 Näytteenottaminen materiaalista..... | 16 |
| 2.4.4 Näytteenottaminen pyyhinnällä..... | 17 |
| 2.4.5 Muita tutkimusmenetelmiä | 17 |
| 3 PAH-YHDISTEIDEN HUOMIOINTI SUUNNITTELUSSA..... | 18 |
| 3.1 Rakennesuunnittelija | 18 |
| 3.2 Kohteeseen perehtyminen | 18 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.3 | Pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirja | 19 |
| 3.4 | Purkutyöselostus | 20 |
| 3.4.1 | Suojaus | 21 |
| 3.4.2 | PAH-yhdisteiden purkaminen..... | 21 |
| 3.4.3 | Purkujätteen käsittely ja kuljetus | 22 |
| 3.5 | Korjaussuunnitelma | 22 |
| 3.5.1 | Korjausmenetelmät | 23 |
| 3.5.2 | Korjausmateriaalit | 25 |
| 3.6 | Laadunvarmistus | 25 |
| 3.6.1 | Laadunvarmistusmenetelmiä | 25 |
| 3.6.2 | Käyttö- ja huolto-ohje | 27 |
| 4 | TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN..... | 28 |
| 4.1 | Tutkimuksen tavoite ja kohderyhmä | 28 |
| 4.2 | Tutkimusmenetelmä | 28 |
| 4.3 | Tutkimustulokset | 29 |
| 4.3.1 | Haastattelevien taustatietoja | 29 |
| 4.3.2 | Perehtyminen kohteeseen | 29 |
| 4.3.3 | Korjausmenetelmän valitseminen | 30 |
| 4.3.4 | Korjausmateriaalien valinta | 32 |
| 4.3.5 | Yhteistyö | 32 |
| 4.3.6 | Laadunvarmistus..... | 32 |
| 4.3.7 | Haasteet..... | 33 |
| 4.3.8 | Kehityskohteita PAH-yhdisteisiin liittyen | 34 |
| 5 | JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISIDEAT | 35 |
| 5.1 | Johtopäätökset..... | 35 |
| 5.2 | Prosessin luotettavuuden arviointi..... | 35 |
| 5.3 | Opinnäytetyön eettisyys | 36 |
| 5.4 | Kehittämisehdotukset | 37 |
| 6 | YHTEENVETO | 38 |
| | LÄHTEET | 39 |
| | LIITTEET | 42 |

Kuvio- ja taulukkoluetelo

| | |
|--|----|
| Kuvio 1. Naftaleenin rakennekaava. | 10 |
| Kuvio 2. Bentso[a]pyreenin rakennekaava..... | 11 |
| Taulukko 1. Listattuna EPA:n eli Yhdysvaltain ympäristönsuojelu ympäristön priorisoimat PAH-yhdisteet ja niiden CAS-nro, molekyylikaava ja haihtuvuus..... | 16 |

Käytetyt termit ja lyhenteet

| | |
|----------------------------|---|
| Bentso[a]pyreeni | Viidestä aromaattisesta renkaasta muodostuva polysyklinen aromaattinen hiilivety-yhdiste. |
| Diffuusio | Molekyylien siirtymistä väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan. |
| Haitta-ainetutkimus | Haitta-ainetutkimuksella selvitetään terveydelle vaarallisten ja haitallisten aineiden ja rakennustarvikkeiden sijainnit. |
| Kapselointi | Korjaustapa, jolla estetään haitta-aineiden tai muiden epäpuhtauksien kulkeutuminen konvektiolla tai diffuusiolla epäpuhtauksia sisältävästä rakenteesta sisäilmaan. |
| Karsinogeeninen | Syöpää aiheuttava. |
| Naftaleeni | Kahdesta aromaattisesta renkaasta muodostuva polysyklinen aromaattinen hiilivety-yhdiste. |
| PAH | Polysykliset aromaattiset hiilivedyt ovat orgaanisia yhdisteitä, joiden rakenne muodostuu hiilen ja vedyn muodostamista aromaattisista renkaista. PAH-yhdisteitä syntyy orgaanisen aineen epätäydellisen palamisen seurauksena. Osa PAH-yhdisteistä on todettu olevan syöpävaarallisia. |

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Yleisimpiin haitta-aineisiin kuuluvat PAH-yhdisteet voivat aiheuttaa sekä terveys- että viihtyvyyshaittoja rakennuksen käyttäjille. Korjaussuunnittelijoiden tulee työssään huomioida kyseiset haitta-aineet, että korjaustyö voidaan suorittaa turvallisesti työntekijöiden ja rakennuksen tulevien käyttäjien kannalta. PAH-yhdisteistä ei tällä hetkellä kuitenkaan ole löydettävissä paljon tietoa, joten taustalla on PAH-yhdisteiden tietouden lisääminen. Edellä mainitun lisäksi taustalla on opinnäytetyön tekijän kiinnostus korjausrakentamiseen ja erityisesti sisäilmaongelmiin.

1.2 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyössä tutkitaan PAH-yhdisteiden kanssa toimivien suunnittelijoiden menettelytapoja ja tavoitteena on selvittää, onko niissä eroavaisuuksia annettuihin ohjeistuksiin, jotka kohdistuvat sisäilmakorjauskohteisiin. Toisena tavoitteena on koota suunnittelijoille ohjeistus. Kolmas opinnäytetyön tavoite on lisätä sekä opinnäytetyöntekijälle tietoutta että PAH-yhdisteiden näkyvyyttä, koska tietoa löytyy vielä tällä hetkellä vähäisesti.

1.3 Opinnäytetyön rakenne

Opinnäytetyö alkaa teoriaosuudella, jossa käsitellään polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen ominaisuuksia, terveysvaikutuksia, ja millaisilla menetelmillä PAH-yhdisteitä voidaan tutkia. Teoriaosuudessa kerrotaan myös, millaisissa materiaaleissa voi mahdollisesti esiintyä PAH-yhdisteitä korjaustyömaalla.

Opinnäytetyön toisessa osassa kerrotaan, millaisia piirteitä tulee olla rakennesuunnittelijalla, joka työskentelee PAH-yhdisteitä sisältävässä korjauskohteessa. Toisessa osassa avataan mitä rakennesuunnittelijan tulisi huomioida tällaisissa korjauskohteissa, kuten perehtyminen kohteeseen, erilaiset asiakirjat, korjaussuunnitelmat, -menetelmät ja -materiaalit ja laadunvarmistus.

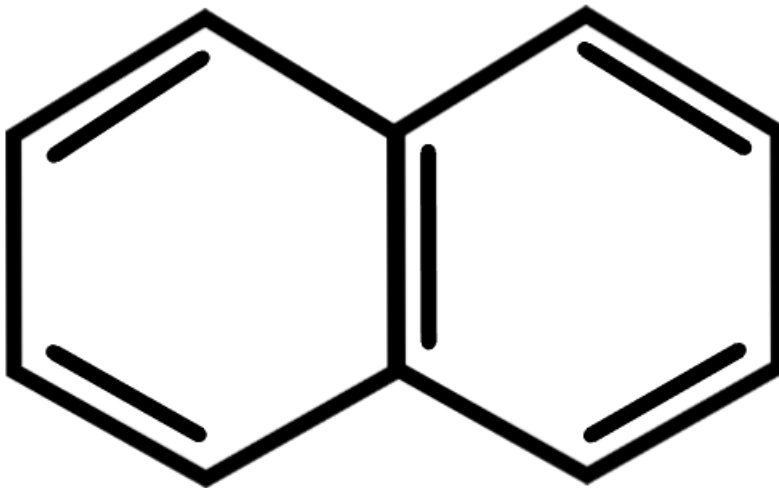
Kolmas osa on tutkimusosio, jossa käsitellään ja vertaillaan haastattelujen vastauksia ohjeistuksiin, sekä kuinka PAH-yhdisteet tulisi huomioida suunnitteluvaiheessa. Tutkimusosion jälkeen on esitettyä johtopäätökset ja mahdolliset kehittämissideat aiheeseen liittyen. Lopuksi on kerättyä yhteenveto opinnäytetyöstä.

2 POLYSYKLISET AROMAATTISET HIILIVEDYT

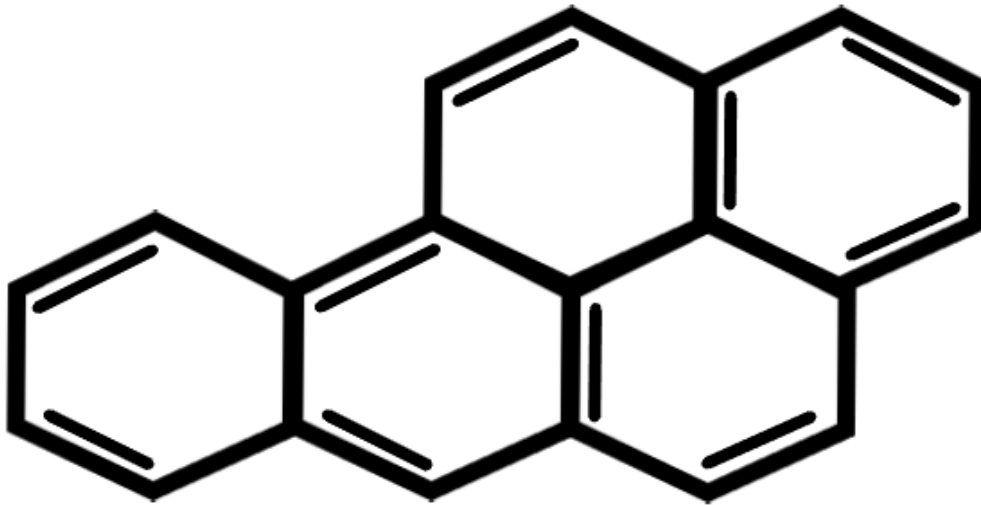
2.1 PAH-yhdisteiden määritelmä

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet ovat suuri orgaanisten yhdisteiden joukko, mitkä muodostuvat epätäydellisen palamisen seurauksena (The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1996, s.1). PAH-yhdisteet ovat tasomaisia hiilivety-yhdisteitä, jotka koostuvat kahdesta tai useammasta fuusioituneesta aromaattisesta renkaasta (RakennusPRO, 2023). Näitä yhdisteitä löytyy ympäristöstämme: vesistöistä, maaperästä, ilmasta ja joistain materiaaleista. Ilmassa olevat PAH-yhdisteet hajoavat auringonvalon vaikutuksesta ja ne voivat reagoida myös muiden ilmansaasteiden kanssa (Sisäilmayhdistys, 2008a).

Esimerkkeinä PAH-yhdisteiden rakennekaavoista, naftaleeni (kuvio 1). Se koostuu kahdesta aromaattisesta renkaasta ja on PAH-yhdisteistä haihtuvin (Työterveyslaitos (TTL), i.a.). Tutkituin PAH-yhdiste on Bentso[a]pyreeni (kuvio 2). Se koostuu viidestä aromaattisesta renkaasta ja lisää hengitysilmassa keuhkosityövän riskiä (Suomen sisäilmatutkimus, i.a.).



Kuvio 1. Naftaleenin rakennekaava.



Kuvio 2. Bentso[a]pyreenin rakennekaava.

Hengityслиiton (i.a-b.) mukaan PAH-yhdisteiden on todettu olevan terveydelle haitallisia ja karsinogeenisiä eli ne voivat aiheuttaa syöpää. Ilmansaasteiden kanssa muodostuvat PAH-yhdisteet voivat olla terveydelle vaarallisempia kuin reaktioiden lähtöaineet. Esimerkiksi PAH-yhdisteiden ja typen oksidien reagoiessa keskenään syntyy nitro-PAH-yhdisteitä, jotka ovat erittäin karsinogeenisiä (Sisäilmäyhdistys, 2008a).

2.2 Käyttäjiin kohdistuvat vaikutukset

2.2.1 Altistuminen

Altistuminen PAH-yhdisteille voi tapahtua ulkoisesti tai sisäisesti. Ulkoinen altistuminen voi tapahtua suorassa kontaktissa esimerkiksi PAH-yhdisteitä sisältävän materiaalin tai pilaantuneen maaperän kanssa. Sisäinen altistuminen voi tapahtua hengittäessä PAH-yhdisteitä sisältävää ilmaa, tupakansavua tai suun kautta nautittuna esimerkiksi grillattua tai hiiltynyttä lihaa (ATSDR, 1996, s. 2; The Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2009).

2.2.2 Terveysvaikutukset

PAH-yhdisteet luokitellaan syöpää aiheuttaviksi aineiksi (Työministeriön päätös syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista tekijöistä 838/1993). Esimerkkejä syöivistä, joita pitkäaikainen PAH-yhdisteille altistuminen voi aiheuttaa; keuhko-, iho-, virtsarakonsyöpä tai leukemia (Roadmap on carcinogens, 2018).

PAH-yhdisteet saattavat aiheuttaa vaaraa ihmisen lisääntymisterveydelle (Valtioneuvoston asetus lisääntymisterveydelle työssä vaaraa aiheuttavista tekijöistä ja vaaran torjunnasta 603/2015). Eläintutkimuksessa, missä hiirille syötettiin tiineyden aikana korkeita pitoisuuksia PAH-yhdistettä, selvisi, että hiirille ja niiden jälkipolville syntyi lisääntymisvaikeuksia (ATSDR, 1996, s. 2).

Materiaalit, jotka sisältävät PAH-yhdisteitä voivat aiheuttaa silmien ja ihon ärsytystä, punoitusta sekä valoherkistymistä (Suomen sisäilmatutkimus, i.a.). Muita oireita voivat olla päänsärky, huimaus tai pahoinvointi (Airaksinen ym., 2023, s. 5).

PAH-yhdisteiden myrkyllisyydestä on kokemuksia lähinnä naftaleenista, jota on käytetty koimyrkkinä (Karvinen, 2010, s. 14). Kerta-annoksena 5–15 grammaa on kuolettava aikuiselle, kun lapselle kuolettava kerta-annos on 2 grammaa. Välitön myrkyllisyys muilla PAH-yhdisteillä on alhainen (Roadmap on carcinogens, 2018).

2.2.3 Viihtyvyyshaitta

Airaksinen ym. (2023, s. 6) kuvaavat kivihiilitervapohjaisten materiaalien aiheuttavan usein voimakasta hajua, mutta päästöjen hajun voi havaita ilmasta jo ennen kuin siitä koituu ihmiselle terveydellisiä haittoja. Hajuhaitat voivat pienissäkin määrissä vaikuttaa käyttäjien viihtyvyyteen. Voimakkaana ja pitkäaikaisena vaikuttava viihtyvyyshaitta voi aiheuttaa välillisiä haittavaikutuksia, kuten kroonista stressiä, joka voi ilmetä unettomuutena, keskittymiskyvyn puutteena ja kohonneena verenpaineena. He muistuttavat kuitenkin, että PAH-yhdisteiden vaikutukset käyttäjiin ovat yksilöllisiä.

2.3 Esiintyminen korjausrakennuskohteissa

2.3.1 Materiaalit

PAH-yhdisteitä sisältävien aineiden kosteuden kestävyys ja suoja lahoamista vastaan huomattiin jo 1800-luvulla (Airaksinen ym., 2023, s. 1). Materiaaleja, jotka sisältävät PAH-yhdisteitä on käytetty vuosina 1870–1995, mutta 1960-luvun jälkeen käyttö on ollut harvinaista (Käyhkö, 2023). PAH-yhdisteitä sisältävillä materiaaleilla on ominaista pistävä ja hyvin tunnistettavissa oleva kyllästetyn ratapölkyn haju (Airaksinen ym., 2023, s. 2). Materiaaleissa käytetyillä PAH-yhdisteillä on todettu olevan kyky imeytyä viereisiin huokosiin rakennusmateriaaleihin, kuten puu, betoni, tiili, laasti ja tasoite (Pitkäranta, 2013, s. 76).

Kivihiilipiki- ja terva. Kivihiilen koksauksessa saadaan kivihiilitervaa, kun haihtuvat yhdisteet tiivistyvät nestemäiseksi tervaksi haihtuessaan (Käyhkö, 2023). Kivihiiliterva on koostumukseltaan jähmeää ja väriltään ruskeanmustaa ja sisältää bi- ja polysyklisiä PAH-yhdisteitä, fenoleita ja heterosyklisiä yhdisteitä, jotka yhdistävät happea, rikkiä ja typpeä (Airaksinen, ym., 2023, s. 1). Kivihiilitervalla on suojattu puurakenteita lahoamiselta (Uotila ym., 2021, s. 56).

Kivihiilipikeä syntyy kivihiilitervan tislauksessa sivutuotteena (Käyhkö, 2023). Kivihiilipiki sisältää runsaasti raskaita, heikosti haihtuvia PAH-yhdisteitä, mutta myös nopeasti haihtuvaa naftaleenia. Naftaleenia voi löytyä vielä runsaasti vuosikymmenien jälkeen rakenteista, koska kivihiilipiki muodostaa ajan kuluessa kalvomaisen, lasittuneen pinnan, joka hidastaa voimakkaasti yhdisteiden vapautumista (Airaksinen, ym., 2023, s. 2). Koostumukseltaan se on kiinteää ja mustanruskeaa (Airaksinen, ym., 2023, s. 1). Kivihiilipiki on ollut käytössä erilaisissa kosteuden- ja vedeneristeissä, kuten bitumihuovissa, -pahveissa ja -papereissa, bitumisivelyissä ja valuasfaltissa (Uotila ym., 2021, s. 57). Yleisimmin kivihiilipikeä on löytynyt kellari-kerrosten lattiarakenteissa, muuratuissa seinissä ja tiilisaumoissa (Rakennustieto, 2011, s. 11).

Kreosootti. TTL:n (2022) mukaan kreosoottia syntyy kivihiilitervan tislauksessa ja se koostuu pääosin PAH-yhdisteistä (60–85 %) ja loppuosa koostuu fenoleista sekä heterosyklisistä rikki- ja typpiyhdisteistä. Koostumukseltaan se on öljymäistä nestettä, jolla on pistävä PAH-yhdisteille ominainen haju. Kreosoottia on käytetty esimerkiksi puuosien kyllästykseen ja betonissa vesieristeenä (Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY), i.a.).

Bitumi. Bitumia syntyy raakaöljyn jalostusprosessin jäännöstuotteena. Bitumia käytetään esimerkiksi asfaltissa, kun rakennetaan teitä, mutta se toimii myös sideaineena. Se on luonnontuote, jota on käytetty useiden vuosien ajan (TotalEnergies Nordic, 2024). Bitumi asennettuna ei aiheuta vaaraa ihmisten terveydelle (Eurobitume, 2023). Varastoinnin, kuljetuksen ja käsittelyn aikana bitumi kuumennetaan yli 100°C, jolloin kuumuudessa syntyvät bitumihöyryt vapauttavat PAH-yhdisteitä.

Muita öljypohjaisia materiaaleja. Rakennustuotteissa on käytetty erilaisia muovi- sekä kumimateriaaleja, jotka saattavat sisältää PAH-yhdisteitä (Karvinen, 2010, s. 31). Esimerkiksi sähköjohdon eristeiden kyllästyksessä on voitu käyttää kreosoottitervaa (Rakennustieto, 2014, s. 12).

2.3.2 Jätteet

PAH-yhdisteitä sisältävä purkujäte lajitellaan erilleen muusta purkujätteestä (Rakennustieto, 2011, s. 11). Jätteessä olevan PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuuden ja liukoisuuden ja jätteen kokonaismäärän perusteella määritellään, mihin jäte sijoitetaan ja kuinka se käsitellään.

2.3.3 Maaperä

Tuomi ja Vepsäläinen (2022) toteavat PAH-yhdisteiden olevan yksi tyypillisimmistä haitta-aineista, joita maaperässä esiintyy, mutta eivät läheskään aina aiheuta haittaa ympäristölle tai ihmisten terveydelle. Maaperässä esiintyville PAH-yhdisteille voi altistua esimerkiksi maan pölyämisen ja pölyn hengittämisen tai maan tahattoman nielaisemisen seurauksena.

2.3.4 Sisäilma

Sisäilmaan pääsevien PAH-yhdisteiden pääasialliset lähteet ovat PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit ja saastuneet maat (Suomen sisäilmatutkimus, i.a.). Saastuneiden maiden PAH-yhdisteiden pääseminen sisäilmaan tapahtuu useimmiten alapohjarakenteiden epätiivetyksien kautta.

2.4 Tutkiminen

2.4.1 Haitta-ainetutkimus

Haitta-aine arviolla ja tutkimuksella selvitetään, missä rakennuksen osissa ja teknisissä järjestelmissä voi löytyä PAH-yhdisteitä (Rakennustieto, 2014, s. 1). Kartoituksessa kerätyillä tiedoilla, jotka kootaan tutkimusraporttiin, voidaan suunnitella jatkotoimenpiteet tutkittavalle rakennukselle. Haitta-ainekartoitus tulee tehdä riittävän laajana ja hyvissä ajoin, että PAH-yhdisteet osataan ottaa huomioon suunnittelussa sekä voidaan huomioida työmaalla työskentelevien ja tulevien käyttäjien terveys (Uotila ym., 2019, s. 56). Haitta-ainetutkimus sisältää myös lakisääteisen asbestikartoituksen (Rakennustieto, 2022, s. 1).

2.4.2 Näytteenottaminen ilmasta

Ilmanäyte tulee ottaa rakennuksen sisäilmasta, jos sisällä on havaittavissa PAH-yhdisteistä johtuva ratapölkkymäinen haju tai suunnitelmissa on rakenteiden avaaminen ja rakennusvuoden perusteella on mahdollista, että on käytetty kivihiilitervapohjaisia tuotteita (Airaksinen ym., 2023, s. 8). Ilmanäyte suositellaan otettavaksi talviaikaan, kun ulkoilmassa olevien mikrobipitoisuuksien taso on alhainen (Labroc, 2023).

Ilmanäytteen otto tapahtuu joko pumpulla tai lasikuitusuodattimella, riippuen siitä otetaanko näyte höyrymäisistä vai hiukkasiin sitoutuneista PAH-yhdisteistä (Rakennustieto, 2022, s. 26). Höyrymäiset yhdisteet kerätään pumpun avulla, 3–100 l nopeudella, 0,2–1 l/min XAD-2 adsorbenttiin. Hiukkasiin sitoutuneet yhdisteet kerätään lasikuitusuodattimelle, jolloin näytteenottoon käytetään pumppua, 10–1000 l nopeudella 1–20 l/min. Osa PAH-yhdisteistä ovat kuitenkin ilmaa raskaampia, joten näytteenottoa tulee avustaa esimerkiksi harjaamalla pintoja, mutta kuitenkin tulee huolehtia, ettei harjasta aiheudu kontaminaatiota eri näytteenotto- paikkojen välillä.

PAH-yhdisteiden todistamiseksi ilmanäytteestä tutkitaan PAH(16)-pitoisuudet. EPA:n (Yhdysvaltojen ympäristösuojeluviraston) priorisoimiin PAH(16)-yhdisteisiin (taulukko 1) kuuluu antraseeni, asenaftteeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, naftaleeni, pyreeni ja kryseeni

(Työterveyslaitos (TTL), 2010, s. 4). Airaksinen ym. (2023, s. 6) muistuttavat, että ilmanäyte tulee ottaa rakennuksen normaaleissa käyttöolosuhteissa.

| <i>Yhdiste</i> | <i>CAS-nro</i> | <i>Molekyylikaava</i> | <i>Haihtuvuus</i> |
|--------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------|
| Naftaleeni | 91-20-3 | C ₁₀ H ₈ | Herkästi haihtuva |
| Asenaftyleeni | 83-32-9 | C ₁₂ H ₈ | |
| Asenafteeni | 208-96-8 | C ₁₂ H ₁₀ | |
| Fluoreeni | 86-73-7 | C ₁₃ H ₁₀ | |
| Fenantreeni | 85-01-8 | C ₁₄ H ₁₀ | Keskihaihtuva |
| Antraseeni | 120-12-7 | C ₁₄ H ₁₀ | |
| Fluoranteeni | 206-44-0 | C ₁₆ H ₁₀ | |
| Pyreeni | 129-00-0 | C ₁₆ H ₁₀ | |
| Bentso(a)antraseeni | 56-55-3 | C ₁₈ H ₁₂ | Heikosti haihtuva |
| Kryseeni | 218-01-9 | C ₁₈ H ₁₂ | |
| Bentso[b]fluoranteeni | 205-99-2 | C ₂₀ H ₁₂ | |
| Bentso[k]fluoranteeni | 207-08-9 | C ₂₀ H ₁₂ | |
| Bentso[a]pyreeni | 50-32-8 | C ₂₀ H ₁₂ | |
| Indeno[1,2,3-cd] pyreeni | 193-39-5 | C ₂₂ H ₁₂ | |
| Dibentso[ah]antraseeni | 53-70-3 | C ₂₂ H ₁₄ | |
| Bentso[ghi]peryleeni | 191-24-2 | C ₂₂ H ₁₂ | |

Taulukko 1. Listattuna EPA:n eli Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston priorisoimat PAH-yhdisteet ja niiden CAS-nro, molekyylikaava ja haihtuvuus (TTL, 2010, s.4).

2.4.3 Näytteenottaminen materiaalista

Materiaalinäytteen, esimerkiksi puun käsittelyaineiden tutkimiseen tarvitaan 3 desilitraa valmista sahanpurua (Rakennustieto, 2014, s. 19). Näytteen irrottamiseen tulee käyttää puusahaa, koska ihokosketus on pääasiallinen altistusreitti osalle suoja-aineista. Näytteenottajalla tulee olla oikeanlaiset suojakäsineet ja oikeanlainen suodatinsuojain välttääkseen altistumista.

2.4.4 Näytteenottaminen pyyhinnällä

PAH-yhdisteitä voidaan tutkia pinnoilta pyyhkimällä etanoliin kostutetulla pumpulitupolla (Rakennustieto, 2022, s. 26). Pyyhittävästä pinnasta tulee tietää pinta-ala. Pyyhkiminen tehdään ensiksi yhteen suuntaan ja sitten puhtaalla pumpulitupon osalla kohtisuorasti ensimmäiseen pyyhintäkertaan nähden. Pumpuli asetetaan suljettavaan astiaan ja PAH-yhdisteet uutetaan siitä liuottimella. Analysointi tapahtuu kaasukromatografimassaspektrometrillä. Pyyhintäpinta-ala tulee olla vähintään 10 cm x 10 cm.

2.4.5 Muita tutkimusmenetelmiä

Laurila ym. (2021) mukaan PAH-yhdistepitoisten materiaalien sijainteja voidaan etsiä tutkimalla vanhoja piirustuksia, työselostuksia tai tekemällä pintapuolisen tutkimisen kiertämällä rakennusta. Rakenneavaukset paljastavat vasta todelliset rakenteet ja käytetyt materiaalit. Vanhoissa rakennuksissa on mahdollisuus, ettei alkuperäisiä suunnitelmia ole käytettävissä tai niitä on hankala löytää (Weijo ym., 2019, s. 10).

Suomessa on käytössä PAH-koira, jonka avulla pystytään tekemään haitta-ainekartoitusta (Kainuun homekoirapalvelu, i.a.). Koiran avulla tehty sisäilmatutkimus toimii alkukartoituksen ja sen jälkeen pystytään tekemään tarkempia tutkimuksia ja tarvittaessa jatkotoimenpiteitä.

3 PAH-YHDISTEIDEN HUOMIOINTI SUUNNITTELUSSA

3.1 Rakennesuunnittelija

Rakennesuunnittelijalla eli korjaussuunnittelijalla tulee olla PAH-yhdisteitä sisältävässä korjauskohteessa erityisosaamista ja yhteistyökykyä toimiakseen hankkeen kuntotutkijan kanssa (Weijo ym., s. 17). Joissain kohteissa korjaussuunnittelija itse voi olla kuntotutkija, joka on tehnyt tutkimukset (Hengitysliitto, i.a-c). Korjaussuunnittelijan hankkima kokemus kuntotutkijana on hyödyksi varsinkin vanhojen suunnitelmien tarkastelussa ja kun analysoidaan vaurioiden syitä (Rakennustieto, 2023, s. 3).

Korjaussuunnittelijan tehtävät edellyttävät erityisosaamista ja kokemusta (Rakennustieto, 2023, s. 3). Suunnittelijan tulee osata tunnistaa, tutkia ja korjata vaurioita ja sisäilman laatua heikentäviä puutteita. Näiden osaaminen edellyttää tuntemusta tyypillisistä rakenneratkaisuista ja rakennetyypeistä, taloteknisistä ratkaisuista, rakennusmateriaaleista sekä haitallisista aineista eri aikakausilla. Hyvät tiedot rakennusfysikaalisista lämmön- ja kosteudensiirtymisilmiöistä ja niiden vaikutuksista kosteus- ja mikrobivaurioiden syntyyn, normaaleista ja poikkeavista sisäympäristön ominaisuuksista, erilaisista tutkimus- ja mittausmenetelmistä sekä epäpuhtauksien kulkeutumisesta, joihin vaikuttaa painesuhteet ja vuotoilmareitit. Vähintään hyvä ymmärrys suunnittelun muista osa-alueista, kuten rakenteiden kantavuus ja stabiili teetti kokonaisuudessaan, akustiikasta ja paloteknisistä kysymyksistä. Hyvät yhteistyö- ja viestintätaidot auttavat, etenkin hankalissa ja moniongelmaisissa korjauskohteissa.

Korjaussuunnittelijan keskeisimmät tehtävät korjaushankkeessa ovat hanke- ja yleissuunnittelu, toteutussuunnittelu, korjaustöiden toteutus ja vastaanotto (Weijo ym., 2019, s. 23). Korjaussuunnittelija vastaa korjattavan rakennuksen rakennusteknisistä suunnittelutehtävistä ja vaurion korjaustyön suunnittelusta (mts. 19–20).

3.2 Kohteeseen perehtyminen

Ensimmäinen tehtävä on perehtyä korjattavaan kohteeseen ja siihen liittyviin asiakirjoihin, kuten kuntotutkimusraporttiin, mahdolliseen rakennushistoriaselvitykseen ja kohteen olemassa oleviin suunnitelma-asiakirjoihin (Weijo ym., 2019, s.23). Näiden perusteella luodaan käsitys

kohteen rakenneratkaisuista ja niiden rakennusfysikaalisesta toimivuudesta ja mahdollisista korjauksista.

Korjaussuunnitelman lähtötietona toimii tutkimusraportti (Rakennustieto, 2014, s. 3). Raportissa tulee olla esitettynä haitta-aineita sisältävien materiaalien sijainti ja materiaalien lajit selostettuna, sijaintipiirustusten ja valokuvien kera, toimenpidesuositukset korjaus- ja muutostöitä varten, tiedot purkusuunnitelmaa ja purkutöitä varten, haitta-ainepitoisille materiaaleille vaihtoehtoisia toteutuksia purkamisen sijaan, vaarallisen jätteen jäteluokitus, vaarallisten materiaalien riskiryhmittely rakennuksen, korjaus- ja purkutöiden, jäteluokituksen, ja mahdollisen ympäristön pilaantumisriskin suhteen, haitta-aineita sisältämättömät materiaalit, kosteudesta johtuvat riskit ja vauriot ja sellaiset tilat, joihin ei tutkimushetkellä ollut pääsyä. Korjaussuunnittelijan tulee tarkastaa, että hänellä on käytettävissä kaikki mahdolliset lähtötiedot jatkaakseen, jos lähtötietoja puuttuu, tulee suunnittelijan tehdä esitys lisätutkimustarpeista (Weijo ym., 2019, s. 11).

3.3 Pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirja

Korjaussuunnittelija laatii muiden asiantuntijoiden ja suunnittelijoiden kanssa yhteistyössä ohjeet ja vaatimukset pölyn- ja puhtaudenhallinnalle (Weijo ym., 2019, s. 29). Tämän asiakirjan tavoitteena, että korjauskohteen tilat ovat puhtana luovutusvaiheessa ja että sisäilmaan ei pääsisi enää kulkeutumaan PAH-yhdisteitä tai muita epäpuhtauksia, mitkä ovat peräisin korjausvaiheesta. Nykyisin korjaushankkeissa pyritään noudattamaan puhtausluokkaa P1. Korjaussuunnittelijan laatima pölyn- ja puhtauden hallinta-asiakirja toimii urakoitsijan laatimalle pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelmalle pohjana.

Asiakirjassa tulee esittää työmaata koskevat vaatimukset ja ohjeet (Weijo ym., 2019, s. 29). Käsiteltäviä aiheita työmaan organisointi pölyn- ja puhtaudenhallinnan suhteen, työntekijöiden altistumisen vähentäminen, jäävien rakenteiden, rakenneosien ja pintojen suojaus korjaustyönaikana, pölynhallinnan hoitaminen ja pölyn leviämisen estäminen ympärillä oleviin tiloihin, korjaustyön aikana palo-osastoinnin ja poistumisjärjestelyjen toimivuus, ilmanvaihdon toiminta riippumattomana korjattavasta alueesta, kun korjataan vain osa rakennuksesta, rakennusmateriaalien, tarvikkeiden ja laitteiden kuljetus pitämällä ne vaurioitumattomana, työmaan jätehuollon hoito, työmaan siivous työnaikana, pölyävien ja likaavien työvaiheiden teko,

ilmanvaihdon suojaaminen, loppusiivous, irtaimiston puhdistus ennen takaisin tuontia, puhtaustason ylläpitäminen ja puhtaustason ylläpitäminen korjauksen jälkeen.

Purkuvaihe. PAH-yhdisteitä sisältävässä korjauskohteessa pölyn leviämistä hallitaan purkuvaiheessa alipaineella (Rakennustieto, 2011, s. 3). Alipaine estää purkutyössä syntyvää PAH-yhdisteitä sisältävää pölyä leviämästä osaston ulkopuolelle. Sisäpuolella pölyjen ja kaasujen poistamista tehostetaan kohdepoistolla ja siihen varustetuilla työvälaineillä. Kohdepoistourit sijoitetaan ulkopuolelle, jolloin ilmankierto ei pääse nostattamaan pölyä työtilan ilmaan ja PAH-yhdisteitä sisältävä ilma ei leviä tilaan.

Lopettavat työt. Purkutyön lopettaviin toimiin kuuluu työkohteen tyhjennys kalustosta ja materiaaleista, työkohteen ja kuljetusreittien siivous (Rakennustieto, 2011, s. 8). Siivoamisessa tulee käyttää kohdepoistoon ja varusteiden imuroimiseen tarkoitettua pölynimuria. Tarvittaessa käytetään lisänä lastoja, lapioita ja suljettavaa jätekärryä. Työvälaineet, koneet ja materiaalit puhdistus tapahtuu imuroimalla tai vedellä ennen purkutilasta pois vientiä. Alipaineistus ylläpidetään kohteen lopullisen siivouksen jälkeen niin kauan, että on saavutettu vaadittu ilman puhtaustaso.

Ilman puhtautta voidaan varmistaa näytteiden otolla työskentelytilan ilmasta ennen osastoinnin purkamista ja muiden purku- ja korjaustöiden jatkamista (Rakennustieto, 2011, s. 8).

3.4 Purkutyöselostus

Korjaussuunnittelija laatii alustavat purkusuunnitelmat (Weijo ym., 2019, s. 26). Purettavista rakenteista tulee laatia rakennetyypit, joissa esitettynä, mitkä rakennekerrokset ja -materiaalit kustakin rakennusosasta säilytetään ja mitkä puretaan. Rakennetyypeissä tulee olla esitettynä rakennepaksuudet ja muistutuksena, mitkä materiaalit sisältävät PAH-yhdisteitä. Rakennetyyppien laadinta voi myös sisältyä kuntotutkijankin tehtäviin, jos niin on tilattu. Purkutyökaavion avulla korjaussuunnittelija esittää purettavien rakenteiden laajuuden. Purettavista rakenteista tulee olla yleisleikkaukset ja rajapinnoista liittymädetaljit.

Korjaussuunnittelija laatii myös tuentasuunnitelmat mahdollisesti tarvittaville tuennoilla ja väliaikaisille rakenteille (Weijo ym., 2019, s. 26). Toteutus suunnitelmissa tulee olla esitettyinä ohjeet työturvallisuuteen ja työmenetelmien valintaan koskien. Tuentasuunnitelmissa esitetään tarvittavat detaljit.

Purkutyöselostuksessa tulee olla määritettynä alustavasti purettavat rakenteet, purkujärjestys, kuinka puretaan, työturvallisuus, työnaikaiset suojaukset sekä PAH-yhdisteitä sisältävien purkujätteiden käsittely (Rakennustieto, 2019, s. 10–11). Edellä mainittujen lisäksi purkutyöselostuksessa tulee olla tiedot kohteesta, vanhat suunnitelmat, rakennuksen kunnosta tehdyt tutkimukset, rakennuksen tai rakenteiden jäykistyksestä, vakavuudesta sekä rakenteiden hyötykuormista selvitykset, sallitut työkoneiden painot ja muut rasitukset, selvitykset purkujätteen pudottamisesta tai varastoinnista kantavien rakenteiden päälle, ohjeet purkumenetelmien ja esillä olevien pintojen suojauksesta, vaurioituneiden pintojen puhdistusmenetelmien valinnasta, pölyntorjunta, ympärillä olevien rakennusten, rakenteiden ja alueiden suojaus.

Korjaussuunnittelijan tekemä purkutyöselostus toimii lähtötietona purku-urakoitsijalle, joka laatii yksityiskohtaisemman purkutyösuunnitelman (Weijo ym., 2019, s. 26–27). Korjaussuunnittelija tarkastaa purku-urakoitsijan tekemän purkutyösuunnitelman, että varmistuu kokonaisuuden rakenteellinen toimiminen.

3.4.1 Suojaus

Purettava rakenne tulee eristää suojaamalla sitä ympäröivästä ympäristöstä niin, ettei purkutyöstä ja siitä syntyvistä jätteistä aiheudu vaurioita tai likaantumista (Rakennustieto, 2011, s.4). Kulkureitit suojataan tarvittaessa. Purkutyön ajaksi kohde ja kulkureitit tulee rauhoittaa muilta töiltä. Osasto, sulkutila, jätteenkuljetusreitti ja alipaineistettu jätelava tulee merkitä PAH-yhdisteiden purkutyöstä varoittavilla kilvillä, tarroilla, teipeillä tai lippusiimoilla (Rakennustieto, 2011, s. 7).

3.4.2 PAH-yhdisteiden purkaminen

PAH-yhdisteitä sisältävän materiaalin purkaminen tehdään omana purkutyönä yleensä ennen muita purkutöitä (Rakennustieto, 2011, s. 3). Muun purkutyön yhteydessä purettavat PAH-yhdisteet tulee tehdä omana työvaiheena. PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit on hyvä merkitä ja suojata niin, ettei niitä vahingossakaan päästä purkamaan muun purkutyön yhteydessä. Purkutyö tehdään pääasiallisesti osastointimenetelmänä. Korjaustyökohde ja sitä ympäröivä tila tulee eristää muista tiloista ja suoritetaan alipaineistus.

Purkutyö tulee suorittaa niin, että rakenteet puretaan mahdollisimman isoina kappaleina ja niin, että pölyä ja yhdisteitä irtoaa ja leviää mahdollisimman vähän (Rakennustieto, 2011, s.8). Työ tulee suorittaa järjestelmällisesti.

3.4.3 Työturvallisuus purkuvaiheessa

Purkutyövaiheessa työntekijöiden tulee käyttää suojavaatetusta (Rakennustieto, 2011, s. 14). PAH-yhdisteitä purettaessa käytetään kertakäyttöisiä ja pölytiivitä suojahaalareita, suojakäsineitä ja sileäpintaisia kumisaappaita. Haalareissa ei saa olla taskuja tai muita taitteita, jotka voivat kerätä pölyä. Hengityksensuojaimena A2/P3-luokan suodattimilla varustettua eristävää tai ylipaineistettua kokosuojanaamaria.

3.4.4 Purkujätteen käsittely ja kuljetus

Purkujäte lajitellaan erikseen ja sitä ei saa sekoittaa muun purkujätteen mukaan (Rakennustieto, 2011, s. 11). Purkujätteen sijoituspaikka ja käsittelymenetelmä määritellään PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuuden, liukoisuuden sekä jätteen kokonaismäärän perusteella. Kokonaismäärän ollessa yli 200 mg/kg toimitetaan purkujäte ongelmajätelaitokselle. Kaatopaikalle toimittaessa tulee noudattaa kaatopaikan pitäjän ohjeistusta ja, on hyvä ilmoittaa etukäteen PAH-yhdisteitä sisältävän purkujätteen ja sen määrän.

Purkujäte pakataan muovisiin jätessäkkeihin sitä mukaa, kun jätettä syntyy (Rakennustieto, 2011, s. 8). Jätessäkit tulee merkitä, että niistä näkee sisällön sisältävän PAH-yhdisteitä. Jätessäkit kuljetetaan suljettavaan jätelavaan tai -konttiin. Jätessäkkien varastointia ei saa tapahtua osastoidussa työtilassa työvuoroa pitempää aikaa, koska PAH-yhdisteet voivat suodattua muovin läpi ympäröivään tilaan. Jättemassaa ei välivarastoida työmaalla, eikä sitä saa päästää liukenemaan pohjaveteen (Rakennustieto, 2011, s. 11).

3.5 Korjaussuunnitelma

Korjaussuunnittelija esittää korjaussuunnitelmassa tutkimuksessa havaittuihin ongelmiin korjauksia (Weiijo ym., 2019, s. 12). Suunnitelmassa esitetään korjausmenetelmistä yhteenveto rakennusosakohtaisesti, jossa esitettynä miten haitta tai sen vaikutus sisäilmaan ja käyttäjiin poistetaan suunniteltujen korjausten avulla. Korjaussuunnitelmassa tulee olla esitettynä

purettavat, uusittavat ja korjattavat rakenteet, uusien rakenteiden mahdolliset muutokset toteutuksessa, korjausmenetelmät, -materiaalit ja korjauksen laajuus (Hengitysliitto, i.a.-a). Korjaussuunnitelman tulee sisältää piirustukset ja työselostukset. Suunnitelmat tulee toteuttaa siten, että ne täyttävät rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132). Korjaussuunnittelijan tulee olla valmis perustelemaan suunnittelemansa korjausratkaisut (Weijo ym., 2019, s. 18).

Korjaustehtävät on tehtävä siten, että rakennus täyttää siihen yleisesti ennakoitavissa oleva kuormitus ja rakennuksen käyttötarkoitus huomioon ottaen; rakenteiden lujuus ja vakaus, paloturvallisuus, terveellisyys, käyttöturvallisuus, esteettömyys, meluntorjunta ja ääniolosuhteet, energiatehokkuus, lämmitysjärjestelmän arviointi, rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, rakennuksen käyttötarkoitus, kokoontumistilat ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian vähimmäisosuus (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132). Korjaustyössä tulee ottaa huomioon rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet sekä rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön (Weijo ym., 2019, s. 12). Korjaussuunnittelussa on kuitenkin aina mahdollisuus yllätyksille, joten korjaussuunnitelmaa on varauduttava muuttamaan korjaustyön aikana.

3.5.1 Korjausmenetelmät

Korjausalueen rajauksen ja korjausmenetelmät määrittää vaurioitumismekanismi, vaurioiden vakavuus, sijainti sekä tavoitekäyttöikä (Weijo ym., 2019, s. 32). Jos kuntotutkimuksessa voidaan yksiselitteisesti määritellä ongelmien aiheuttaja, on toimenpiteet helpompi rajata vauriokohteen korjaukseen. Yksittäisen ongelman perusteella ei kannata korjata kokonaista rakennusta, mutta ilman kohteen kokonaistarkastelua vauriot voivat uusiutua tai korjaaminen on ollut turhaa. Jokainen vauriotilanne on erilainen ja tulee ottaa huomioon korjausta suunniteltaessa.

Korjauksen ensisijainen tavoite on poistaa sisäilman epäpuhtauksista aiheutuva terveyshaitta (Weijo ym., 2019, s. 32). Korjausta suunniteltaessa tulee määrittää tapauskohtaisesti kohteeseen soveltuvat korjaustavat ja korjausten perusteellisuus. Terveyshaitan poistaminen voi olla vaurioituneen rakenteen poistaminen ja uusiminen, vaurioitumiseen johtaneen tekijän poistaminen tai epäpuhtauksien leviämisen estäminen, esimerkiksi rakennusosia tiivistämällä tai kapseloimalla.

PAH-yhdisteiden poistaminen. Ensisijainen keino korjausrakentamisessa on poistaa PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit (Uotila ym., 2021, s. 57). PAH-yhdisteitä on käytännössä mahdotonta poistaa ilman kokonaispurkua, koska vuosien saatossa PAH-yhdisteet ovat voineet levitä ympärillä oleviin huokosiin rakenteisiin.

Kapselointi. Kapseloinnin tavoite on estää PAH-yhdisteitä sisältävästä rakenteesta niiden kulkeutumisen sisäilmaan sellaisella kerroksella, jolla on todistettu olevan riittävä diffuusiovastus (Uotila ym., 2021, s. 58). Kapseloinnissa käytettävä materiaali on ilmatiivis ja estää rakenteiden läpi tapahtuvat ilmavirtaukset (Weijo ym., 2019, s. 59). Kapseloinnissa tulee ottaa huomioon korjausmateriaalin vesihöyrynläpäisevyys ja ilmanläpäisevyys PAH-yhdisteiden kannalta, ja käytettävä materiaaleja, jotka on jo todistettu toimiviksi. Kapselointi on hyvä keino, jos PAH-yhdisteiden poisto on hankalaa, mahdoton tehdä tai kustannukset nousevat liian korkeaksi (Karvinen, 2010, s. 72). Kapselointia käytetään myös rakennuksissa, jotka ovat arvokkaita tai suojelukohteita.

Rakennusosien tiivistäminen. Tiivistäminen on korjausvaihtoehto, jos PAH-yhdisteet kulkeutuvat ilmapuotojen mukana sisäilmaan esimerkiksi halkeamista tai liitoskohdista (Weijo ym., 2019, s.56). Toinen vaihtoehto lähtötilanteelle on sama kuin kapseloinnissa eli PAH-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja on hankala tai mahdoton poistaa tai se ei ole kannattavaa. On kuitenkin hyvä muistaa, että korjauskohteesta ei koskaan saada täysin tiivistä (Weijo ym., 2019, 58). Tiivistämisessä tulee käytettävien materiaalien olla pitkäikäisiä ja käyttötarkoitukseen testattuja. Liikettä tapahtuvissa rakenteissa ja liitoksissa tulee materiaalien olla elastisia ja säilytettävä elastisuus korjauksen suunnitellulla käyttöiällä. Tiivistämisen onnistumisen kannalta oleellista on alustan puhtaus, tasaisuus ja lujuus.

Alipaineistus. Alipaineistusmenetelmässä koneellisella jatkuvatoimisella poistojärjestelmällä muutetaan alipaineistettavan rakenteen ja sisäilman välisiä painesuhteita, ettei PAH-yhdisteitä pääse virtaamaan sisäilmaan (Salo, i.a., s. 187–188). Korjauskohteissa alipaineistus toimii yleensä aina lisänä tiivistyskorjauksille. Sisäilmakorjauskohteissa ei asenneta erillisiä korvausilmareittejä, vaan korvausilma otetaan muiden rakenneosien kautta.

PAH-yhdistettä sisältävän materiaalin jättäminen rakenteeseen. PAH-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja ei ole välttämättömyys poistaa joissain kohteissa, jos niistä ei aiheudu hajuhaittaa sisäilmaan eikä toimenpideraja ylitä (Käyhkö, 2023). Esimerkiksi rakenne, jossa on

PAH-yhdisteitä sisältävä kosteuseristys, voi purkuvaiheessa aiheuttaa enemmän haittaa kuin koskemattomana (Uotila ym., 2021, s. 58).

3.5.2 Korjausmateriaalit

Korjausmateriaaleiksi valikoidaan kosteusteknisesti yhteensopivia tuotteita (Weijo ym., 2019, s.36). Valinnassa otetaan huomioon materiaalien vähäpäästöisyys, pitkäaikaiskestävyys ja tavoiteltu käyttöikä, rakennepaksuudet, ulkoiset ja sisäiset rasitusten vaikutukset, rakenteiden rakennusfysikaaliset toimivuudet, rakenteiden ja erilaisten materiaalikerrosten kuivumiskyky, vanhan rakenteen materiaaliominaisuudet ja toimintatapa, uuden rakenteen materiaaliominaisuudet, lämmöneristeiden ominaisuudet ja erillisen höyryn- tai ilmansulkukerroksen tarve. Sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä korjausmateriaaleissa on materiaalien hajut, päästöt, kulutuskestävyys ja siivottavuus.

3.6 Laadunvarmistus

Korjaussuunnittelijan tulee antaa ohjeet ja vaatimukset, että rakennustyöt suoritetaan ja todennetaan suunnitelmien mukaisesti (Weijo ym., 2019, s. 103). Laadunvarmistusta koskevia ohjeita ja vaatimuksia annetaan tyypillisesti työselostuksissa sekä kosteudenhallintaa että pölyn- ja puhtauden hallintaa koskevissa asiakirjoissa, mutta esimerkiksi vaativissa kohteissa laadunvarmistustoimenpiteet on hyvä koota yhteen asiakirjaan eli laadunvarmistussuunnitelmaan (Weijo ym., 2019, s. 30). Laadunvarmistussuunnitelmassa tulee viitata missä selostuksissa ja selvityksissä on tarkemmat ohjeet annettuna, millaiset toteutustavat laadunvarmistukselle sekä niiden hyväksymisestä ja dokumentoinnista. Laadunvarmistussuunnitelmaan tulee sisällyttää työmaan menettelytavat, riskit, laadunvarmistustoimenpiteet, osapuolten vastuut, hankkeen sujuvuuden hallinta ja kiinteistön käyttäjiä koskevat asiat (Weijo ym., 2019, s. 72–73).

3.6.1 Laadunvarmistusmenetelmiä

Seurantasuunnitelma. Korjaussuunnittelija laatii kohdekohtaisen korjaustöiden seurantasuunnitelman, jonka avulla arvioidaan korjaustyön onnistumista, todennetaan asetettujen tavoitteiden toteutuminen ja varmistetaan korjauskohteen hallittu käyttöönotto korjaustyön vastaanottamisen jälkeen (Weijo ym., 2019, s. 31). Seurantasuunnitelmassa kerrotaan, miten

selvitetään korjaustyöonnistuminen PAH-yhdisteiden kannalta ja, millä aikataululla seuranta-
mittaukset toteutetaan.

Sisäilmaongelmainen korjauskohde vaatii seurantaa (Sisäilmayhdistys, 2008b). Seurannan
avulla selvitetään, oliko tutkimuksessa löytynyt vaurio oikea, onko kaikki vauriot ja haitan ai-
heuttajat korjattu, oliko kohteessa tehdyt korjaukset riittävät, voiko vaurio toistua ja hävittikö
korjaus haitat.

Valvonta. Vaikka korjauskohde olisi huolellisesti suunniteltu on silti varauduttava siihen, että
suunnitelmia joudutaan muuttamaan tai täydentämään purku- ja korjaustöiden aikana paljas-
tuvien tietojen perusteella (Weijo ym., 2019, s. 20). Purkuvaiheessa on hyvä korjaussuunnit-
telijan olla paikalla katselmoimassa rakenteita. Rakentamisen aikana tulee huolehtia, että
työtä valvotaan, mitä tehdään ja kuinka tehdään, lopputulos tulee todentaa ja rakennustuot-
teiden kelpoisuus pitää varmistaa.

Merkkiainekoe. Laadunvarmistusmenetelmänä voidaan käyttää merkkiainekoe (Raken-
nustieto, 2015, s. 1). Sillä tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jossa käytetään erityistä kaasua
ja mittalaitetta selvittämään rakenteen sisällä ja rakenteen läpi tapahtuvia ilmavirtauksia.
Merkkiainekoe suoritetaan tiivistyskorjausta ennen ja jälkeen, että saadaan todettua, onko
saavutettu tavoiteltu parannus tiiveydelle (Weijo ym., 2019, s. 77).

Kyselyt. Tiivistyskorjauksen onnistumista voidaan myös seurata jälkikäteen käyttäjäkyselyllä
(Weijo ym., 2019, s. 77–78). Kyselyn perusteella pystyy havaitsemaan, onko korjauksen
muita toimenpiteitä, kuten siivous ja ilmanvaihdon säätö, laiminlyöty, jos merkkiainekokeessa
ei havaita puutteita, mutta kyselyssä ilmenee edelleen sisäilman laadussa ongelmia.

Näytteenotto. Korjaussuunnittelija voi määrätä laadunvarmistuksen keinoksi näytteenoton
tiivistyskorjausmateriaaleista (Weijo ym., 2019, s. 78). Suunnittelija määrittää kriteerit näyt-
teille. Otanta tiivistyskorjauksissa käytettävissä materiaaleissa on esimerkiksi; jokaista alka-
vaa 50 m² tai 50 juoksumetriä kohden tulee irrottaa kaksi näytepalaa olomuodon ja paksuu-
den mittaamiseksi tai, sitten jokaista alkavaa 100 m² tai 100 juoksumetriä kohden tulee po-
rata kaksi näytettä mitatakseen tartuntavetolujuutta.

Dokumentointi. Kaikista laadunvarmistustoimenpiteistä tulee laatia valokuvin varustetut mit-
tausraportit ja tarkastusmuistiot (Weijo ym., 2019, s. 30). Dokumentointi tulee suorittaa

huolellisesti, että tulevissa tutkimuksissa ja korjauksissa tieto on käytettävissä (Karvinen, 2010, s. 73). Dokumenteista tulee löytyä tieto, koska korjaustoimenpiteet on suoritettu, mitä materiaaleja on poistettu tai purettu, missä laajuudessa ja mitä korjausmateriaaleja on kohteessa käytetty.

3.6.2 Käyttö- ja huolto-ohje

Käyttö- ja huolto-ohje on laadittava myös rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä silloin, kun toimenpide edellyttää rakennuslupaa (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132). Käyttö- ja huolto-ohjeeseen korjaussuunnittelija huolehtii oman vastualueensa tiedot; rakennusosien ja niihin tehtyjen korjausten yleiskuvauksen, rakennusfysikaalisien riskien ja riskirakenteiden paikantamisperustukset, rakennusosien huolto- ja tarkastusvälit, tavoitteellisten käyttöikien määrittelemine ja suunnitelmamuutosten päivittäminen (Weijo ym., 2019, s. 31).

Paikantamisperustukset tehdään tarvittaessa sisäilma-asiantuntijan kanssa (Weijo ym., 2019, s. 31). Niissä tulee olla esitettynä PAH-yhdisteiden sijainti, pintojen ja liittymien sijainti, joiden tiiviyttä on korjattu ja rakennusosat, jotka vaativat erityistä tarkkailua ja niiden toimivuuden varmistavat ilmanvaihtojärjestelmät. Korjaussuunnittelijan on hyvä laatia myös salaojien paikantamisperustukset.

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

4.1 Tutkimuksen tavoite ja kohderyhmä

Tutkimuksen tavoitteena oli koota ohjeistusta korjaussuunnittelijoille ja selvittää, kuinka korjaussuunnittelijoiden toimintatavat eroavat annetuista ohjeistuksista, kun korjauskohteessa on PAH-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja taikka rakenteita. Lisäksi työn tekijä halusi selvittää, millaisia haasteita suunnittelijat ovat urallaan kohdannut ja, onko PAH-yhdisteihin liittyen jonkinlaisia kehittämisen kohteita.

Tutkimuksen kohderyhmänä oli korjaussuunnittelijat, joille on kertynyt kokemusta PAH-yhdisteiden parissa. Mukana oli korjaussuunnittelijoita eri paikkakunnilta, erilaisilla taustoilla ja osalla työkokemusta oli kertynyt enemmän kuin toisilla.

4.2 Tutkimusmenetelmä

Tämän opinnäytetyön tutkimus suoritettiin kvalitatiivisena tutkimuksena. Kvalitatiivinen tutkimus perustuu enemmän laatuun kuin määrään ja tutkimuksissa keskitytään enemmän yksilön näkökulmiin ja kokemuksiin (Hirsjärvi & Hurme, 2022). Aineiston keruumenetelmäksi valikoitui teemahaastattelu. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu haastattelumenetelmä. Puolistrukturoidussa haastattelussa haastattelevilta kysytään samat kysymykset, mutta vastauksia ei sidota vastausvaihtoehtoihin, vaan haastateltavat saavat vastata omin sanoin (Hirsjärvi & Hurme, 2008, s. 47). Teemahaastattelun pohjana toimii se, että jokainen on kokenut saman kokemuksen. Tässä tilanteessa se on PAH-yhdisteitä sisältävän korjauskohteen korjaussuunnittelu.

Haastattelupyynnöjä lähetettiin 12 henkilölle eri yrityksiin ja myönteisiä vastauksia saatiin kolmesta yrityksestä. Tutkimus suoritettiin haastatteleamalla eri yrityksissä työskenteleviä korjaussuunnittelijoita, joilla on työkokemusta PAH-yhdisteiden parissa. Haastattelut järjestettiin etäyhteydessä, kuten Microsoft Teams -sovellusta ja matkapuhelinta apuna käyttäen, koska haastateltavat löytyivät muualta kuin opinnäytetyön tekijän välittömästä läheisyydestä.

Haastattelukysymykset perustuivat korjaussuunnittelijan tehtäviin PAH-yhdisteitä koskevissa korjaushankkeissa ja käsittelivät korjaussuunnittelijan omakohtaisia kokemuksia. Kysymykset

olivat muodostettu niin, että korjaussuunnittelijoiden oli mahdollisuus vastata halutessaan laajemmin.

4.3 Tutkimustulokset

4.3.1 Haastattelevien taustatietoja

Haastateltavaksi onnistuttiin saamaan kolme henkilöä, jotka työskentelevät eri yrityksissä korjausrakentamisen parissa, ja joilta kaikilta löytyy tietoa ja kokemusta PAH-yhdisteitä sisältävistä korjauskohteista. Henkilö A:n ja henkilö B:n työkokemus korjausrakentamisen parissa oli vielä alle 10 vuotta, kun taas henkilö C:llä työkokemusta oli kertynyt jo yli 20 vuoden verran. Henkilö B ja C olivat toimineet pienemmissä korjauskohteissa myös pääsuunnittelijana.

Henkilö C:n merkittävä eroavaisuus muihin haastateltaviin löytyi siinä, että kun hän on uransa aloittanut, PAH-yhdisteistä löytyvä tieto on ollut erittäin vähäistä. Joten henkilö C on nähnyt, kuinka PAH-yhdisteihin liittyvät lait, määräykset ja ohjeistukset ovat vuosien saatossa muuttuneet.

4.3.2 Perehtyminen kohteeseen

Kysymys kohteeseen perehtymiseen liittyen oli, että onko yleensä löytynyt lähtötietoja ja millaisia ja kuinka usein on tarvinnut esittää lisätutkimusten tekemistä eli onko lähtötiedoissa ollut vajaavaisuutta. Haastateltavilla yhteistä vastauksissa oli, että lähtötietojen löytyvyys korjauskohteissa on kohdekohtaista, välillä on tarjolla hyvin lähtötietoja ja välillä taas ei. Kokeemukset haastateltavilla hieman erosivat lisätutkimusten esittämisestä.

Henkilö A:n kokemus lähtötiedoista oli vaihteleva. Esimerkiksi esitti kohteen, mikä on rakennettu 1800-luvun lopulla. Tällaisesta kohteesta ei välttämättä löydy kaikkia suunnitelmia. Yleensä voi löytyä arkkitehtikuvat ja, sitten arvaillaan, minkälainen tilanne on vastassa. Lisätutkimuksiin liittyen, A kertoo, että välillä joutuu jotain tutkituttamaan, mutta yleensä PAH-yhdisteitä korjattaessa tutkimukset on tehty jo tarpeeksi laajasti.

Henkilö B:n kokemus lähtötietojen riittävydestä on, että harvoin löytyy tarpeeksi lähtötietoja ja lisätutkimuksia tulee esittää joka kohteessa, vaikka olisikin tehty todella laaja kuntotutkimus. Lisätutkimuksina toimivat sitten rakenneavaukset ja materiaalinäytteet,

Henkilö C:n kokemukset lähtötiedoista ovat olleet laidasta laitaan, että välillä kuntotutkimukset ja haitta-aine selvitykset on tehty kattavasti ja välillä ei. Jos ei ole tehty kattavia, tulee informoida tilaajalle, että mistä kohtaa olisi hyvä vielä tutkia. Useasta kohteesta voi olla vain rakennussuunnitelmat löydettävissä. Tällaisiin kohteisiin liittyen on jo henkilö C:llä kehittynyt ”silmä”, että minkälaisia tuotteita on minäkin aikakautena käytetty eli mistä mahdollisesti voisi löytyä PAH-yhdisteitä.

4.3.3 Korjausmenetelmän valitseminen

Haastattelevilta kysyttiin, kuinka valitaan korjausmenetelmä kohteisiin ja kuinka määritellään korjauksen laajuus ja lisäkysymyksenä oli, että onko heillä tullut vastaan tapausta, jolloin ei olisi tarvinnut tehdä toimenpidettä PAH-yhdisteitä sisältävään materiaaliin. Vastauksissa ensisijaisena korjausmenetelmä vaihtoehtona oli PAH-yhdisteiden poistaminen, sen jälkeen tuli PAH-yhdisteiden pääsyn estäminen sisäilmaan eli kapselointi ja osa esitti mahdollisuutena, että ei vaadita toimenpiteitä, jos on todistettu, että PAH-yhdisteitä sisältävästä materiaalista ei koidu enää käyttäjillä haittaa. Korjauslaajuuden määrittämisessä vastaukset yhtenivät, että kuinka laajalta alueelta löytyy PAH-yhdisteitä. Haastateltavien vastaukset erosivat, kun kysyttiin, että onko tullut vastaan tilannetta, jolloin ei tarvitsisi tehdä toimenpiteitä.

Henkilö A:n korjausmenetelmät valikoituu sen perusteella, onko PAH-yhdisteitä sisältävä materiaali sellainen, että pitääkö tai onko sitä mahdollista poistaa, missä se sijaitsee, millä se on mahdollista korvata poiston jälkeen ja onko suora kontakti sisäilmaan. Korjausmenetelmän valintaan vaikuttavia asioita on myös rakennusfysikaalinen toiminta, että se säilyy rakenteessa. Laajuuteen liittyen A mainitsee, että PAH-yhdisteitä löydettyessä tulee koko rakenne käydä järjestelmällisesti ja kattavasti läpi. Käyttämättömissä tai käytöstä poistettavista tiloissa voi olla mahdollisuus, että ei tehdä korjausta tai korjaus tehdään kevyemmällä menetelmällä. Korjauksen käyttöikä vaikuttaa myös korjauksen laajuuteen. Henkilö A:lla oli tullut vastaan tilanne, että ei ollut tarvinnut tehdä korjaustoimenpiteitä, koska rakenteessa, mikä on sisältänyt PAH-yhdisteitä, on PAH-yhdisteet haihtuneet rakenteesta ajan mittaan pois ja, se on

lakannut olemasta sisäilmaongelma. Lyhyen käyttöiän korjauskohteissa myös, on voitu päät-
tää olla tekemättä mitään, koska PAH-yhdisteistä ei ole aiheutunut haittaa.

Henkilö B valikoi korjausmenetelmän niin, että lähtökohtaisesti ajatuksena on PAH-yhdistei-
den poistaminen tai niiden rajoittaminen, niin ettei niitä pääsisi kulkeutumaan sisäilmaan.
Korjausalueen rajaus määräytyy sen mukaan, kuinka laajalta alueelta löytyy PAH-yhdisteitä.

Henkilö C:n korjausmenetelmänä yleisin tapa on PAH-yhdisteiden poisto, riippuen pitoisuuk-
sista ja onko ne kustannusmielessä kohtuudella poistettavissa. Kapselointi on vaihtoehtona,
jos rakenne tai materiaali ei ole poistettavissa. PAH-yhdisteitä voi jättää rakenteisiin, jos pitoi-
suudet ovat pieniä ja on tutkittuna, että niistä ei aiheudu haittaa. Korjausalueen rajaukseen
liittyen C mainitsee tapauskohtaisuuden ja tilaajan. Esimerkkinä kaupungeilla voi olla tiu-
kempi linja kuin pientalokohteissa.

Suunnitelmien mahdollinen epäonnistuminen. Lisäkysymyksenä suunnittelijoille esitettiin,
että onko vastaan tullut tilannetta, missä suunnittelut on tehty niin sanotusti oikein, mutta kor-
jaus ei ole mennyt täydellisesti.

Henkilö A kertoo tähän liittyen, että tällaiset tilanteet menevät pieneen ja täydentävään suun-
nitteluun, että vielä suunnitteluvaiheessa ei olla kyetty huomioimaan jotain pienemmässä mit-
takaavassa.

Henkilö B nostaa esille esimerkin, jossa olivat tehneet itse kaikki tutkimukset ja suosittelleet
laajempaa korjausta, että vaurioituneen osan poistamiseksi. Tilaaja kuitenkin päätyi tiivistys-
korjaukseen. Kohteessa tehtiin laajat tiivistyskorjaukset, joiden kestossa meni noin vuoden
verran. Korjausten jälkeen jouduttiin toteamaan, että tiivistyskorjaus on epäonnistunut ja työ-
maa on tälläkin hetkellä edelleen jäissä monen vuoden jälkeen.

Henkilö C:n kokemukset suunnittelussa perustuivat työmaan ”sooloiluun” eli omin päin on
käytetty tuotteita, mitä suunnittelija ei ole hyväksynyt.

4.3.4 Korjausmateriaalien valinta

PAH-yhdisteitä sisältävässä korjauskohteessa korjausmateriaalien tärkeys on suuressa osassa, että korjaustyö onnistuu. Osalla valinta perustuu ohjeistuksen mukaisesti ja osalla materiaalien valintaan vaikuttaa myös työkokemuksen kerryttämä tietous.

Henkilö A valitsee korjausmateriaalit käyttöiän, tiiveyden ja rakennusfysikaalisten toimintojen avulla.

Henkilö B:llä korjausmateriaalin valinta perustuu omaan kokemukseen, asiantuntijoiden tekemiin tutkimuksiin ja kirjallisuuteen, joiden on todistettu olevan luotettavia.

Henkilö C kertoo korjausmateriaalien valintaan vaikuttavan oma matkan varrella kerätty kokemus, minkälaisia tuotteita on hyvä käyttää ja yleensä tilaajalla löytyy omat asiantuntijat, joilla on vahvat mielipiteet ja suositukset omien kokemuksiansa pohjalta. Jos tilaajalta ei löydy aiheesta kokemusta toimii C asiantuntijana ja itse ehdottaa ja perustelee materiaalivalintansa. Materiaalien valintaan vaikuttaa tuotteen tekniset ominaisuudet eli onko tuote esimerkiksi diffuusiolle avoin vai tiivis tuote ja täyttääkö tuote esimerkiksi kapseloinnin vaatimukset.

4.3.5 Yhteistyö

Jokainen haastateltava koki yhteistyön korjauskohteiden toimihenkilöiden kanssa yleisesti hyvänä. Jokainen projekti on erilainen ja jokaisessa projektissa on yleensä eri henkilöt, joiden kanssa tulee toimia yhteistyössä. Muiden kanssa toimeentulo ja projektin loppuun saaminen ja siinä onnistuminen on kuitenkin tärkein. Yksi haastateltava nosti esille asioita, jotka ovat jo kehittyneet yhteistyön parantumisessa.

Henkilö B mainitsee kokeneensa yhteistyön kuitenkin aiemmin välillä haastavana, kun PAH-yhdisteistä ei ole ollut tietämystä kaikilla. Kuitenkin kun ihmisten tietämys on PAH-yhdisteistä lisääntynyt, niin on yhteistyökin helpottunut.

4.3.6 Laadunvarmistus

Laadunvarmistukseen liittyvässä kysymyksessä kysyttiin haastattelun vastaajilta, kuinka he työssään hallitsevat työmaalla tapahtuvaa laadunvarmistusta. Haastateltavat nostivat esille

samoja laadunvarmistusmenetelmiä, mutta vastauksissa löytyi myös poikkeavuuksia ja yksi vastaajista nosti esille yhden hyvän huomioitavan asian oman työn laadunvarmistukseen.

Henkilö A hoitaa laadunvarmistusta käymällä työmaalla valvomassa, mitä on tehty ja miten on tehty. Suunnitteluvaiheessa määritellään korjauskohteella vaatimukset tiiveystasolle ja miten niitä tulee testata. Esimerkkinä, jos työmaalla tehdään tiivistyskorjaus, voidaan määrittää laadunvarmistusmenetelmäksi merkkiainekokeen. Kolmas osapuoli toimii yleensä tarkastuksien suorittajana. Menetelmistä saapuvat raportit tarkastetaan ja tarvittaessa tehdään lisää suunnittelua.

Henkilö B on ollut määrittämässä ja myös tekemässä laadunvarmistustoimenpiteitä. PAH-yhdisteitä sisältävässä kohteessa toimenpiteet ovat olleet tiivistysmittaukset, kuten merkkiainekoe, jolla pystytään selvittämään, että ei ole yhteyttä enää sisäilmaan. Näytteillä myös pystyy varmistamaan, että PAH-yhdisteitä sisältävän materiaalin poiston jälkeen, ei ole siirtynyt raja-arvoja ylittäviä määriä toiseen materiaaliin.

Henkilö C kertoo käyvänsä työmaalla valvomassa työtä ja, tiivistyskokeiden tai merkkiainekokeen olevan luotettava keino varmistaa korjaustyön onnistumisen, koska vuotokohdat kohteessa voi olla erittäin pieniä. Laadunvarmistukseen liittyvässä kysymyksessä henkilö C muistutti myös oman työn laadunvarmistuksesta eikä pelkästään työmaalle suunnitellusta laadunvarmistuksesta. Omaa työtä epäillessä voi varmistaa muilla korjaussuunnittelijoilla haakeeseen varmuutta.

4.3.7 Haasteet

Haastattelun toiseksi viimeinen kysymys käsitteli korjaussuunnittelijoiden kohtaamia haasteita urallaan. Kaikki haastateltavat vastasivat kohdanneensa monenlaisia haasteita, mutta nostivat esille yhden tai useamman haasteen.

Henkilö A:n suurimmat haasteet on liittynyt tiettyyn rakenteeseen, joissa on kapseloitu PAH-yhdisteet tietyllä materiaalilla ja rakenne on siten saatu tiiviiksi, mutta siihen päälle rakennettaessa on kyseinen rakenne jouduttu lävistämään moneen otteeseen ja rakenteen tiiveystaso on kärsinyt.

Henkilö B on kokenut oman kokemuksen mukaan kaikennäköisiä haasteita, mutta nostaa esille ikänsä, että nuorempana asiantuntijana on välillä vaikea saada kokeneemmat henkilöt vakuutettua. Toinen asia minkä B nostaa esille on kielimuuri, ettei löydy työmaalla työskentelevien kanssa yhteistä kieltä.

Henkilö C on kokenut haasteena, että suunnitelmat ja rakenneavauksissa selvitetty rakenne ei olekaan samanlaiset, vaan sitten tulee tehdä aina muutoksia. Yhdeksi yleiseksi haasteeksi hän osoittaa korjausalalla sen, että suunnitelmat eivät ole valmiita ennen kuin työmaa on oikeasti melkein valmis.

4.3.8 Kehityskohteita PAH-yhdisteisiin liittyen

Haastattelun viimeisenä kysymyksenä oli PAH-yhdisteisiin liittyvät kehityskohteet. Kehityskohteina nähtiin yleisesti PAH-yhdisteihin liittyvä informaatio. Koetaan, että PAH-yhdisteistä ei löydy tarpeeksi tietoa ja, tähän tuli ehdotuksena, että jokaisesta PAH-yhdisteestä voisi koostaa samalle asiakirjalle esimerkiksi ominaisuudet, ulkonäön ja, millainen haju kyseisellä PAH-yhdisteellä on. Toisena kehityskohteena oli PAH-yhdisteiden korjausmateriaalit. Toiveena oli, että korjausmateriaalit PAH-yhdisteitä varten vaativat kehitystä. Henkilö C:llä oli myös toive tuotevalmistajille, että korjausmateriaaleja etsiessä, olisi materiaalien tiedoissa esitettynä, onko materiaalit tarkoitettu PAH-yhdisteitä varten ja millaisissa tilanteissa. C mainitsee myös saumanauhattomat tuotteet, jotka vaativat sivelyä, ja nykyisillä tuotteilla sively tulee suorittaa useaan otteeseen, että vahvimmatkin PAH-yhdisteet saadaan hallintaan.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISIDEAT

5.1 Johtopäätökset

PAH-yhdisteistä kertovaa tietoa löytyy vähän, mutta riittävästi, että pystyy tiedostamaan, mitä ne ovat ja mistä niitä voi löytyä. Kuitenkin PAH-yhdisteet ovat tällä hetkellä korjausrakentamisessa yleinen ongelma, mutta kuitenkin kaikki eivät tiedä niiden olemassaolosta. Tähän opinnäytetyöhön on kerätty yleisimmät tiedot PAH-yhdisteistä ja kuinka suunnittelijoiden tulisi ne huomioida.

Opinnäytetyössä tehdyssä vertailussa huomattiin, että haastatteluihin osallistuneilla korjaussuunnittelijoilla tämänhetkinen suunnittelutyö perustuu suurimmalta osin tämänhetkisiin annettuihin ohjeistuksiin. Työkokemuksen kerryttämä tietous toimii erittäin hyvänä apuna PAH-yhdisteitä sisältävässä saneerauskohteessa, jolloin suunnitelmista on helpompi tiedostaa, mistä kyseisiä yhdisteitä voisi saneerauskohteessa löytää.

5.2 Prosessin luotettavuuden arviointi

Lähdekritiikissä arvioidaan lähteitä ja niiden luotettavuutta, kattavuutta ja oleellisuutta oman työn soveltamisessa (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2024). Pääosin lähteet olivat verkkosivuja, koska painettua kirjallisuutta on PAH-yhdisteisiin liittyen vähän. Lähteenä käytetty yksi painettu kirja oli opinnäytetyö, josta löytyi kattavasti tietoa PAH-yhdisteistä. Vaikka opinnäytetyö ei ole suositeltava lähde, sain luvan käyttää tätä kyseistä opinnäytetyötä lähteenä. Vaikka lupa oli käyttää lähteenä kyseistä opinnäytetyötä, pyrki opinnäytetyöntekijä käyttämään kyseistä lähdetä mahdollisimman vähän. Korjaussuunnittelijan tehtäviin keskittyvässä teoriaosassa lähteenä oli suurimmalta osin Ympäristöministeriön julkaisema Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus, joka voidaan luokitella kattavaksi ja luotettavaksi lähteeksi. Suurin osa lähteistä olivat tuoreita ja ajan tasalla olevia. Joukosta löytyi vanhempana lähteenä Maankäyttö- ja rakennuslaki, minkä käyttöönottovuosi on vanha, mutta siitä on käytetty ajantasaista versiota. Lähteitä opinnäytetyössä on käytetty määrällisesti riittävästi, mutta lähteiden tyyppejä olisi voinut olla vielä monipuolisemmin.

Analysoitava aineisto, josta opinnäytetyöntekijä etsii vastauksia tutkimuskysymyksiinsä, kerättiin laadullisesti. Laadullinen aineisto muodostui haastattelussa esitetyistä kysymyksistä 1–

14. Muutamaa haastattelukysymystä muokattiin ensimmäisen haastattelun jälkeen, että kysymykset kohdistuivat enemmän korjaussuunnittelijan rooliin korjaushankkeessa. Laadullista aineistoa käsiteltiin teemoittain.

Kerättyä aineistoa käytetään ainoastaan tähän opinnäytetyöhön. Haastattelut litteroitiin Microsoft Teams- ja Word-sovelluksien avulla. Muutoksia litterointeihin tapahtui, kun käytettävät sovellukset olivat aiheuttaneet sanamuunnoksia ja opinnäytetyöntekijä muokkasi tekstiä.

Opinnäytetyössä noudatetaan EU:n yleistä tietosuojaa-asetusta. Haastatteluihin osallistuvilla ilmoitettiin vastausten olevan osa opinnäytetyötä. Haastateltavilta kysyttiin haastattelussa nimi ja esille nousi myös heidän työpaikkansa, mutta tiedot jäivät opinnäytetyöntekijälle. Opinnäytetyötä varten haastatellut henkilöt ovat pysyneet työssä nimettöminä ja heidän henkilötietojaan ei ole paljastettu missään vaiheessa opinnäytetyötä.

Opinnäytetyön luotettavuus on kyseenalaistavissa, koska haastatteluihin vastanneiden otos on pieni (3 kpl), mutta verrattuna lähetettyihin haastattelupyyntöihin (12 kpl) otos oli 30 prosenttia. Pienen otoksen myötä opinnäytetyö ei ole täysin luotettava, mutta kuitenkin suuntaa antava.

Opinnäytetyön aineistonkeruumenetelmänä käytettiin puolistrukturoitua teemahaastattelua. Opinnäytetyöntekijä laati kysymykset, että ne pohjautuivat opinnäytetyössä esitettyyn teoriaan ja haastateltavat saivat vastata kysymyksiin omien kokemusten mukaan.

Opinnäytetyössä käytettyjen kuvien ja taulukoiden tekijänä toimi itse opinnäytetyöntekijä, mukaillen valmiita teoksia. Tässä tilanteessa opinnäytetyöntekijällä on tekijänoikeudet.

5.3 Opinnäytetyön eettisyys

Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK) kolmantena listattu yleinen eettinen periaate vuodelta 2019 on, että ”tutkija toteuttaa tutkimuksensa siten, että tutkimuksesta ei aiheudu tutkittavina oleville ihmisille, yhteisöille tai muille tutkimuskohteille merkittäviä riskejä, vahinkoja tai haittoja.” Opinnäytetyössä on onnistuttu pitämään haastateltavien henkilötiedot salassa, että opinnäytetyöstä ei pääse koitumaan heille haittoja.

Henrik Rydenfeltin (2014) mukaan "Seurausetiikan mukaan oikein on sellainen teko, joka tuottaa hyvää." Tässä opinnäytetyössä PAH-yhdisteiden tietouden lisääminen lasketaan eettiseksi teoksi, koska PAH-yhdisteet voivat olla ihmisille vaarallisia, jos niitä ei käsitellä oikein.

5.4 Kehittämisehdotukset

Haastattelujen avulla onnistui löytämään kolme PAH-yhdisteihin liittyviä kehitysideoita, jotka ovat lueteltuna tärkeysjärjestyksessä alapuolella.

1. **PAH-yhdisteiden tiedot.** PAH-yhdisteistä ei löydy kattavasti tietoa kirjallisuudesta tai internetistä ja opinnäytetyöntekijällä oli hankalaa löytää lähteitä. Jatkotutkimusehdotuksena PAH-yhdisteisiin liittyen voisi selvittää perusteellisemmin minkälaisia PAH-yhdisteet ovat ominaisuuksiltaan esimerkiksi haju, koostumus ja ulkonäkö.
2. **Tietojen muokkaaminen.** Tuotteita etsiessä olisi hyvä näkyä, onko tuote tarkoitettu PAH-yhdisteitä sisältävän rakenteen korjaamiseen ja, millaisia pitoisuuksia voi materiaalilla korjata.
3. **Materiaalikehitys.** Korjausrakentamisen korjausmateriaaleista löytyy sopivia materiaaleja, että PAH-yhdisteitä sisältävät rakenteet saadaan korjattua, mutta eritoten PAH-yhdisteisiin tarkoitettuja korjausmateriaaleja kaivataan suunnittelussa.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää eroavaisuuksia ohjeistuksen ja konkreettisen korjaussuunnittelun välillä PAH-yhdisteitä sisältävässä korjauskohteessa. Toisena tavoitteena oli koota ohjeistusta korjaussuunnittelijoita varten PAH-yhdisteitä sisältävässä korjauskohdeessa. Kolmas tavoite oli lisätä opinnäytetyöntekijän tietoutta kyseisten haitta-aineiden kohdalla. Tutkimus suoritettiin puolistrukturoituna teemahaastatteluna, jossa yhteisenä tekijänä oli korjaussuunnittelu PAH-yhdisteiden parissa.

Opinnäytetyöntekijä koki opinnäytetyöprosessin yleisesti haasteellisena, mutta opettavaisena kokemuksena. Tutkimuksen kysymyksien luominen ja haastateltavien etsiminen tuotti vaikeuksia. Haastateltavia etsiessä isoksi ongelmaksi nousi vastaamattomuus, mutta onneksi haastateltavia löytyi sen verran, että työssä onnistuttiin esittämään vertailua. Opinnäytetyöprosessi edistyi aikataulussa, vaikka tekijällä oli aluksi käynnistymisvaikeuksia.

Tutkimuksessa selvisi, että tähän opinnäytetyöprosessiin vaikuttaneet korjaussuunnittelijat toimivat suurimmaksi osaksi annettujen ohjeistuksien mukaan. Korjaussuunnittelijoille hyödyksi tällaisissa tilanteissa on kerrytetty kokemus. Haastatteluissa nousi myös esille, että PAH-yhdisteitä koskevat ohjeistukset ja määräykset ovat muuttuneet vuosien saatossa.

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin ainoastaan korjaussuunnittelijan puolta PAH-yhdisteitä sisältävässä korjauskohteessa. Korjaussuunnittelun ja täten korjaussuunnittelijan rooli on PAH-yhdisteitä sisältävän saneerauskohteen läpiviennissä sekä toteutuksessa on merkittävä. Suunnittelijan tehtävä on tunnistaa rakenteessa piilevät terveysriskit, työssä käytettävät materiaalit sekä työtavat, minkä lisäksi onnistunut suunnittelu takaa hankkeen kustannustehokkaan läpiviennin.

LÄHTEET

- Airaksinen, R., Salmela, A., & Pitkäranta, M. (2023). *Kivihiilitervatuotteet rakennuksissa*. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos (THL). <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-408-108-5>
- Eurobitume. (2023). *Hazards & Prevention*. <https://www.eurobitume.eu/hse/hazards-prevention/>
- Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY). (i.a.) *Kreosootti*. <https://www.hsy.fi/jatteet-ja-kierratys/jateopas/jatteet/kreosootti/>
- Hengitysliitto. (i.a.-a). *Korjaussuunnitelman laatiminen*. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/kosteus-ja-homevauriot/kosteus-ja-homevaurioiden-korjaus/korjaussuunnitelman-laatiminen/>
- Hengitysliitto. (i.a.-b.). *Rakennusten haitta-aineet: PAH-yhdisteet ja kreosootti*. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/rakennusten-haitta-aineet/>
- Hengitysliitto. (i.a.-c.). *Yhteistyö korjaussuunnittelijan kanssa*. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/kosteus-ja-homevauriot/kosteus-ja-homevaurioiden-korjaus/yhteistyo-korjaussuunnittelijan-kanssa/>
- Hirsjärvi, S., & Hurme, H. (2008). *Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Gaudeamus.
- Hirsjärvi, S., & Hurme, H. (2022). *Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö* (2.p.). Gaudeamus.
- Kainuun homekoirapalvelu. (i.a.). *PAH-koira*. <https://www.kainuunhomekoirapalvelu.fi/pah-koira>
- Karvinen, K. (2011). *PAH-yhdisteet rakenteissa – esiintyminen ja korjaus*. Savonia ammattikorkeakoulu.
- Käyhkö, K. (24.03.2023). *Kreosootti rakennuksissa*. <https://www.rakennukset.fi/rakenteet/kreosootti-rakennuksissa/>
- Labroc. (2023). *Huomioitava ennen ilmanäytteenottoa näytteenottokohteessa*. https://labroc.fi/wp-content/uploads/2023/12/AO3_Huomioitava-ennen-ilmanaytteenottoa.pdf
- Laurila, A., Flink S., & Linnanmäki, S. (21.10.2021). *PAH-yhdistepitoiset materiaalit historiallisissa rakenteissa*. <https://afry.com/fi-fi/artikkeli/pah-yhdistepitoiset-materiaalit-historiallisissa-rakenteissa>

- Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- Pitkäranta, M. (2016). *Ympäristöopas: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus*. Ympäristöministeriö.
- Rakennustieto. (2011). *Kivihiihliä sisältävien rakenteiden purku: Osastointimenetelmä*. (RT 82-0381).
- Rakennustieto. (2014). *Haitta-ainetutkimus*. (RT 20-11160).
- Rakennustieto. (2015). *Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein*. (RT 14-11197).
- Rakennustieto. (2019). *Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo*. (RT 103087).
- Rakennustieto. (2022). *Haitalliset aineet rakennuksissa: Tilaajan ohje*. (RT 103501).
- Rakennustieto. (2023). *Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot: Korjausrakentaminen*. (RT 103529).
- RakentajaPro. (26.07.2023). *Liian moni jättää vaaralliset PAH-yhdisteet rakenteisiin*. <https://rakentaja.pro/artikkelit/liian-moni-jattaa-vaaralliset-pah-yhdisteet-rakenteisiin/>
- Roadmap on carcinogens. (2018). *Faktat: PAH-yhdisteet*. <https://roadmaponcarcinogens.eu/wp-content/uploads/Facts/PAHS-FIN.pdf>
- Rydenfelt, H. (2014). *Oikean ja väärän teorit*. <https://etiikka.fi/teoria/oikean-ja-vaaran-teorit/> Etikka.fi
- Salo, E. (i.a.). *Alipaineistusmenetelmä sisäilmakorjauksissa*. [https://kosteusvauriokorjaus.savonia.fi/jdownloads/Muut%20julkaisut/Rakentajain%20kaleneri/Alipaineistusmenetelma sisailmakorjauksissa - Salo 2015.pdf](https://kosteusvauriokorjaus.savonia.fi/jdownloads/Muut%20julkaisut/Rakentajain%20kaleneri/Alipaineistusmenetelma%20sisailmakorjauksissa%20-%20Salo%202015.pdf)
- Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK). (2024). *Kirjallisten töiden ohje. Lähteiden arviointi ja lähdekritiikki*. <https://seamk.libguides.com/KirjallistenToidenOhje/tekstiviitteet/lahteidenarviointi>
- Suomen sisäilmätutkimus. (i.a.). *PAH-yhdisteet*. <https://www.suomensisailmatutkimus.fi/pah-yhdisteet/>
- Sisäilmayhdistys. (2008a). *Kemialliset epäpuhtaudet*. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuhtaudet>
- Sisäilmayhdistys. (2008b). *Korjausten seuranta*. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Korjausten-laadunvarmistus/Korjausten-seuranta>

- The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1996). *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts69.pdf>
- The Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2009). *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*. https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-03/documents/pahs_factsheet_cdc_2013.pdf
- TotalEnergies Nordic. (i.a.). *Bitumit*. <https://nordic.totalenergies.com/fi/bitumit>
- Tuomi, P., & Vepsäläinen, M. (2022). *Ja PAH! Mitä ne PAHit maassa tekevät?* AFRY. <https://afry.com/fi-fi/artikkeli/ja-pah-mita-ne-pahit-maassa-tekevat>
- Työministeriön päätös syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista tekijöistä. 16.9.1993/838. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/1993/19930838>
- Työterveyslaitos (TTL). (i.a.). *Polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen (PAH) näytteenotto ilmasta*. <https://www.ttl.fi/palvelut/laboratoriopalvelut/naytteenotto-ohjeet/polysyklisen-aromaattisten-hiilivetyjen-pah-naytteenotto-ilmasta>
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK). (16.11.2021). *Ihmistieteiden eettisen ennakoarvioinnin ohje*. https://tenk.fi/fi/ohjeet-ja-aineistot/ihmistieteiden-eettisen-ennakoarvioinnin-ohje#4_1
- Työterveyslaitos (TTL). (2010). *PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumistio*. <https://www.ttl.fi/file-download/download/public/879>
- Työterveyslaitos (TTL). (2022). *Kreosootti*. <https://ova.ttl.fi/kreosootti>
- Uotila, U., Saari, A., & Junnonen, J-M. (2021) *Vaativan korjaushankkeen suunnittelun johtaminen*. Rakennustieto.
- Valtioneuvoston asetus lisääntymisrterveydelle työssä vaaraa aiheuttavista tekijöistä ja vaaran torjunnasta 603/2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150603> .
- Weijo, I., Lahdensivu, J., Turunen, T., Ahola, S., Sistonen, E., Vornanen-Winqvist, C., & Annala, P. (2019). *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus*. Ympäristöministeriö.

LIITTEET

Liite 1. Haastattelussa käytetyt kysymykset

Liite 1. Haastattelussa käytetyt kysymykset

1. Kuka olet ja miten PAH-yhdisteet liittyvät työhösi?
2. Montako vuotta olet tehnyt töitä korjausrakentamisen puolella?
3. Paljonko on kokemusta PAH-yhdisteiden parissa?
4. Onko löytynyt tarpeeksi lähtötietoja kohteesta? Minkälaisia lähtötietoja?
5. Onko usein tarvinnut esittää lisätutkimusten tekemistä?
6. Kuinka valitset sopivan korjausmenetelmän?
7. Onko ollut vastassa tilannetta, jolloin ei ole tarvinnut tehdä toimenpiteitä PAH-yhdisteitä sisältäviin rakenteisiin?
8. Kuinka valitset sopivat materiaalit?
9. Onko sinun tarvinnut toimia pääsuunnittelijana?
10. Minkälaisena olet kokenut yhteistyön korjauskohteissa? (Kuntotutkija, viranomaiset, urakoitsija yms.)
11. Kuinka hallitset laadunvarmistusta?
12. Onko ollut tilannetta, missä olet tehnyt kaiken niin kuin olisi pitänyt, mutta korjaus ei ole silti onnistunut?
13. Minkälaisia haasteita olet kohdannut?
14. Onko sinun mielestäsi PAH-yhdisteisiin liittyen kehitettäviä ideoita?