

Miika Laivonen
UUDISRAKENNUKSEN TYÖMAA-AIKAINEN KOSTEUDEN- JA
PÖLYNHALLINTA TUOTANNON NÄKÖKULMASTA

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2018

UUDISRAKENNUKSEN TYÖMAA-AIKAINEN KOSTEUDEN- JA PÖLYNHALLINTA TUOTANNON NÄKÖKULMASTA

Laivonen, Miika
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2018
Sivumäärä:82
Liitteitä: 1

Asiasanat: Kosteudenhallinta, pölynhallinta, P1-puhtausluokka

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kosteuden- ja pölynhallinnan käytännön toimenpiteitä uudisrakennustyömaille. Opinnäytetyössä käsitellään kosteuden- ja pölynhallinnan toteuttamista työmaa ympäristöstä, työmenetelmiä sekä -laitteita. Työn case kohteena toimii Hartela Länsi-Suomen toteuttama Pohjoiskehäntoulu, joka toteutetaan P1-puhtausluokkan menetelmiä hyödyntäen. Tämän opinnäytetyön kautta on haettu toteutusmalleja työmaa-aikaiseen pölynhallintaan sekä työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan toteutukseen. Työn tuloksena on laadittu luonnos vaadittavista kosteusmittauksista sekä toimintatapa ohjeistus työmaalla toteutettavien pölyvien työvaiheiden toteuttamiseksi.

ON-SITE NEW CONSTRUCTION HUMIDITY AND DUST MANAGEMENT FROM THE PRODUCTION POINT OF VIEW

Laivonen, Miika
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
April 2018
Number of pages: 82
Appendices: 1

Keywords: humidity and dust control, P1-purity level

The purpose of this thesis is to examine practical measures for humidity and dust control in construction sites for new buildings. The thesis addresses the execution of humidity and dust control in the construction site environment, the work methods, and the equipment. The case study for the thesis is the future Pohjoiskehä school (in Rauma) that is being built by construction company Hartela Länsi-Suomi Oy utilizing P1-purity level methods. This thesis offers implementation models for humidity and dust control during construction. The result of this thesis is a draft of required humidity calculations and procedural instructions for any construction site work that produces dust

SISÄLLYS

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 7 |
| 1.1 | Opinnäytetyön tausta | 7 |
| 1.2 | Opinnäytetyön tavoite..... | 7 |
| 1.3 | Työn toimeksiantaja..... | 7 |
| 2 | KOSTEUDEN- JA PÖLYNHALLINTAA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ | 8 |
| 3 | SISÄILMASTOLUOKITUS 2008..... | 10 |
| 3.1 | S1: Yksilöllinen sisäilmasto..... | 11 |
| 3.2 | S2: Hyvä sisäilmasto..... | 12 |
| 3.3 | S3: Tyydyttävä sisäilmasto | 12 |
| 3.4 | Rakennusmateriaalien päästöluokitus (M)..... | 12 |
| 4 | RAKENNUSFYSIKAALINEN TARKASTELU..... | 13 |
| 4.1 | Kosteuden siirtyminen | 13 |
| 4.1.1 | Veden painovoimainen siirtyminen..... | 13 |
| 4.1.2 | Vesihöyryn konvektio | 14 |
| 4.1.3 | Diffuusio | 16 |
| 4.1.4 | Kapilaarinen vedenliike..... | 17 |
| 4.2 | Kosteusteknisiä määritelmiä | 18 |
| 4.2.1 | Absoluuttinen kosteus | 18 |
| 4.2.2 | Suhteellinen kosteus | 18 |
| 4.2.3 | Kastepiste | 19 |
| 4.2.4 | Kyllästyskosteus | 19 |
| 4.2.5 | Kondensoituminen..... | 19 |
| 4.2.6 | Vesihöyrynläpäisevyys ja -vastus..... | 20 |
| 4.3 | Aineessa oleva kosteus | 20 |
| 4.3.1 | Hygroskooppinen kosteus | 21 |
| 4.3.2 | Tasapainokosteus..... | 21 |
| 4.3.3 | Rakennuskosteus | 21 |
| 4.3.4 | Kosteuskapasiteetti | 22 |
| 5 | PÖLYNHALLINTA | 23 |
| 5.1 | Rakennusaikaiset ilman epäpuhtaudet | 26 |
| 5.2 | Pölynhallintasuunnitelma..... | 26 |
| 5.2.1 | Pölynhallinnan laadunvalvonta | 27 |
| 5.3 | Pölynhallinta menetelmät..... | 28 |
| 5.3.1 | Kohdepoisto | 28 |
| 5.3.2 | Alipaineistus | 29 |
| 5.3.3 | Osastointi | 30 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.3.4 | Rakennusaikainen siivous | 32 |
| 5.3.5 | Muut menetelmät..... | 33 |
| 5.4 | Rakennustöiden puhtausluokitus P1 ja P2 | 34 |
| 5.5 | Pölynhallinnan kustannukset | 36 |
| 6 | KOSTEUDENHALLINTA..... | 37 |
| 6.1 | Kosteudenhallintasuunnitelma ja -asiakirja | 38 |
| 6.1.1 | Kuivaketju10- toimintamalli | 40 |
| 6.1.2 | Kosteuskoordinaattori..... | 41 |
| 6.2 | Laadunvalvonta, laatutavoitteet ja dokumentointi..... | 41 |
| 6.3 | Rakenteiden kuivuminen | 42 |
| 6.3.1 | Betonirakenteen kuivuminen..... | 42 |
| 6.3.2 | Kosteusmittaussuunnitelma | 44 |
| 6.4 | Mittaustekniikka | 45 |
| 6.4.1 | Porareikämittaus | 46 |
| 6.4.2 | Näytepalamittaus | 48 |
| 6.4.3 | Pintamittaus | 49 |
| 6.4.4 | Puun kosteuden mittaus..... | 49 |
| 6.5 | Kosteudenhallinnan ongelmat rakennustyömaalla | 50 |
| 6.6 | Kosteuslähteet rakennustyömaalla..... | 51 |
| 6.7 | Kosteudenhallinta menetelmät..... | 51 |
| 6.7.1 | Vaurioituvien rakenteiden ja rakennusmateriaalien suojaus | 53 |
| 6.7.2 | Rakennuksen sääsuojaus | 55 |
| 6.7.3 | Rakenteiden koneellinen kuivaus | 57 |
| 6.7.4 | Putkivuodot | 63 |
| 6.7.5 | Työmaa-aikaisten vesivahinkojen kustannukset | 64 |
| 6.8 | Rakenteiden kuivaaminen suunnittelu ja toteutus..... | 64 |
| 6.8.1 | Kuivumisen vaikutus rakentamisaikatauluihin.. Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty. | |
| 7 | TYÖMAAN KÄYTÄNNÖN TOIMINNOT KOSTEUDEN- JA PÖLYNHALLINNASSA..... | 65 |
| 7.1 | Case: Pohjoiskehän koulu, Rauma..... | 65 |
| 7.2 | Työmaalle sovellettu kosteudenhallinta..... | 65 |
| 7.2.1 | Kohteessa käytettävien kosteusteknisesti kriittisten rakenteiden tarkastelu | 68 |
| 7.2.2 | Kosteusmittaus ja kuivatus suunnitelma | 70 |
| 7.3 | Työmaalle sovellettu pölynhallinta..... | 72 |
| 7.3.1 | Pölyttävien työvaiheiden toteutus..... | 72 |
| 7.3.2 | Pölynhallinnan yleinen toteutus työmaalla..... | 75 |

| | |
|--------------------|----|
| 8 YHTEENVETO | 78 |
| LÄHTEET | 80 |
| LIITTEET | |

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Kosteus- ja sisäilmaongelmat ovat yhä yleistynyt ongelma uusissa, vastavalmistuneissa rakennuksissa. Media leimaa rakenteilla tai vasta suunnitteilla olevat talot sisäilmaongelmaisiksi ilman tutkimuksiin perustuvia tuloksia ja selvityksiä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää työmaille juurtuneita käytäntöjä, ja pohtia keinoja, joiden avulla työmaiden pölyn- ja kosteuden hallinta kehittyy kaikkien osapuolten osalta taloudellisesti kannattavalle tasolle.

1.2 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja havainnollistaa työmaakäyttöön soveltuvat pölyn- ja kosteudenhallinnan menetelmät. Opinnäytetyön näkökulma on työmaalähtöinen, painottaen suunniteltujen ratkaisujen kestävyyttä, helppokäyttöisyyttä sekä kustannustehokkuutta työmaaolosuhteissa. Työn lopputuloksena syntyvää käytännön ohjeistusta käytetään, kokonaan tai osittain, Hartela Länsi-Suomi Oy:n työmaaperehdytyksen pölyn- ja kosteudenhallinta osiossa sekä työnjohdon apuvälineenä työmaan valvonnassa.

1.3 Työn toimeksiantaja

Työtoimeksiantajan toimii Hartela Länsi-Suomi Oy. Työnohjaajina toimivat Hartela Länsi-Suomen vastaavatyönjohtaja Toni Raita sekä työpäällikkö Matti Puustelli. Opinnäytetyön case-kohteena on Hartela Länsi-Suomen, Rauman kaupungille toteutettava Pohjoiskehäntoulu. Kohteen rakentaminen on alkanut maaliskuussa 2018 ja sen laajuus on noin 10000brm².

2 KOSTEUDEN- JA PÖLYNHALLINTAA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Suomessa rakentamista ohjaavat normit muodostuvat laeista, asetuksista ja Euroopan unionista tulevista asetuksista ja direktiiveistä. Rakentamista ohjaava normisto on esitetty kaaviossa 1. Edellä mainittujen kohtien lisäksi normeiksi voidaan mieltää niin sanottuja hyvä rakennustapa- normeja. Laittaisin tämän lauseen jotenkin näin: Rakentamista ja siinä noudatettavia hyväksyttäviä menetelmiä ohjaa lisäksi Hyvä rakennustapa-normisto. (Niemelä 2014, 19) Hyvä rakennustapa on käsite, jossa työn lopputulosta arvioidaan kokonaisvaltaisesti niillä tiedoilla, jotka työn toteuttajalla voidaan olettaa olevan saatavilla hyvän ja laadukkaan tuotteen aikaansaamiseksi. Hyvä rakennustapa- käsite on sidoksissa rakennusajankohtaan. Valesokkelin käyttö edusti esimerkiksi 1970-luvulla hyvää rakentamistapaa. Nykyisin rakenteen rakennusfysikaalinen toiminta tunnetaan hyvin ja tiedostetaan sen aiheuttamat riskit. (Niemelä 2014, 24-26)

Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) ei sellaisenaan määrittele rakentamisessa hyväksytyjä toimintatapoja. Sen tehtävä on abstraktilla tasolla määrittää rakentamiselle asetetut vaatimukset sekä noudatettavat menettelytavat. Kosteuden- ja pölynhallinnan osalta MRL :n asettamat tavoitteet ovat kuitenkin keskeisiä, sillä niiden sisältöä täydennetään Suomen rakentamismääräyksen osassa. Tavoitteet perustuvat myös terveydensuojelulainsäädäntöön. (Niemelä 2014, 19-20)

Rakennusten terveellisyttä, sisäilmastoa ja kosteudenhallintaa käsitellään erityisesti seuraavissa laeissa:

- Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 sekä -asetus
- Terveydensuojelulaki 763/1994
- Työterveyslaki
- Työterveyshuoltolaki
- Ympäristönsuojelulaki

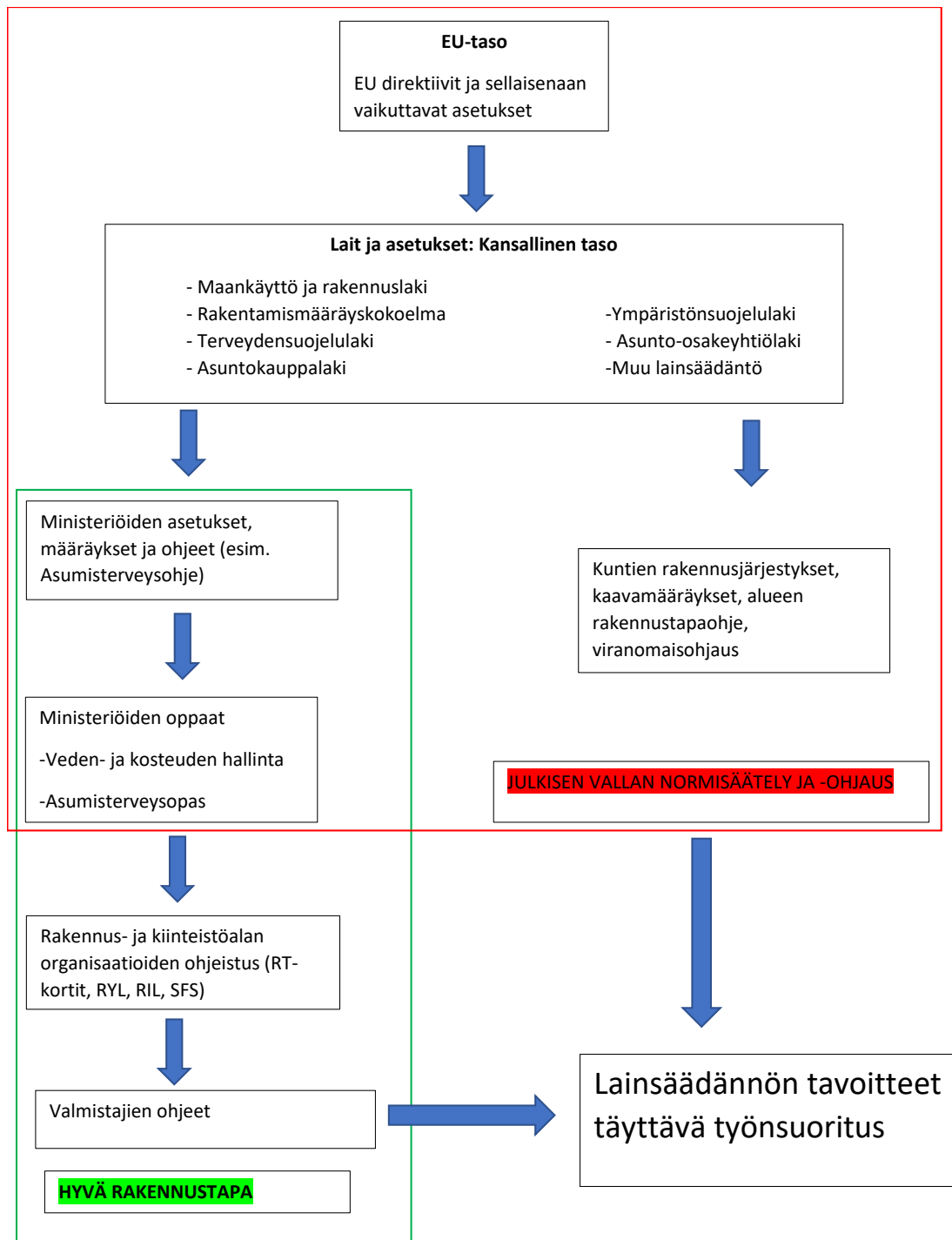
Lisäksi rakennusten terveyttä koskevia asioita on käsitelty seuraavissa laeissa suoraan tai välillisesti:

- Asuntokauppalaki 843/1994
- Asunto-osakeyhtiölaki 1599/2009
- Kuluttajansuojalaki 38/1978
- Terveydensuojeluasetus 1280/1994

- Työturvallisuuslaki 299/1958 muutoksineen
- Vahingonkorvauslaki
- Työturvallisuuslaki 738/2002
- Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveystahtimuksista 577/2003

Rakennuksiin ja rakentamisen laatuun liittyviä tilaajaa velvoittavia lakeja ovat muun muassa:

- Tilaajavastuulaki 1233/2006
- Valtioneuvostonasetus rakennustyönturvallisuudesta 205/2009 (RIL 250-2011, 228-229)



Kaavio 1 Rakentamista ohjaava normien kaavio (Niemelä 2014, 23)

3 SISÄILMASTOLUOKITUS 2008

Nykypäivän ihmiset viettävät noin 90% ajastaan sisätiloissa, joten hyvä sisäilmasto on tärkeä asia niin viihtyvyyden kuin työtehonkin kannalta. Sisäilma sisältää aina jonkin

verran epäpuhtauksia, joista suurin osa on peräisin rakennusmateriaaleista ja ilmanvaihdon epäpuhtauksista. Samassa tilassa oleskelevat voivat kokea saman lämpötilan liian korkeaksi tai matalaksi, ilmanvaihdon aiheuttavan vetoa tai olevan liian vähäinen. Sisäilmastoluokituksen avulla kiinteistöjen sisäilmalle annetaan tavoitearvot, jotka toimivat ohjeena suunnittelulle ja rakentamiselle.

Sisäilmastoluokitusta voidaan käyttää rakennus- ja talotekniikan suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden apuvälineenä, kun tavoitellaan perustasoa terveellisempiä ja viihtyisämpiä kiinteistöjä. Sisäilmastoluokitus on pääsääntöisesti tarkoitettu uudisrakentamiseen, mutta tavoite- ja suunnitteluarvoja voidaan käyttää soveltuvien osin myös korjausrakentamisen hankkeissa. (Eli kääntäisin lauseen toisin päin.) Luokitus ei miltään osalta kumoja viranomaissäädöksiä tai niistä julkaistuja tulintoja. (RT 07-10946 2008, 3)

Sisäilmastoluokituksen sisältö on otettava huomioon hankkeen jokaisessa vaiheessa. Rakennushankkeeseen ryhtyvän rakennuttajan tehtävänä on valita sisäilmaston tavoitearvot yhteistyössä eri alojen suunnittelijoiden kanssa. Tavoitearvoina voidaan käyttää hankekohtaista sovellusta sisäilmastoluokituksesta tai kokonaisuudessaan sisäilmastoluokituksen asettamia tavoitteita. Sisäilmastoluokituksen tarkempi rakenne on esitetty kuvassa 1. (RT 07-10946 2008, 3)



Kuva 1 Sisäilmaluokituksen rakenne (RT 07-10946 2008, 3)

3.1 S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Yksilöllisen sisäilmaston saavuttaneissa tiloissa sisäilman laatu on erinomainen, eikä tiloissa ole havaittavissa häiritseviä hajuja. Tiloissa tai rakenteissa, jotka ovat yhteydessä sisäilmaan, ei ole sisäilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Tilan käyttäjällä on mahdollisuus hallita tilan lämpöoloja, jolloin lämpötila on

viihtyisä eikä vedon tunnetta ilmene. Ääni- että valaistusolosuhteet ovat käyttötarkoitukseen sopivat ja yksilöllisesti säädettävissä. (RT 07-10946. 2008, 4)

3.2 S2: Hyvä sisäilmasto

Hyvän sisäilmaston saavuttaneissa tiloissa ilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole aistittavissa hajuja. Tiloissa tai rakenteissa, jotka ovat yhteydessä sisäilmaan, ei ole sisäilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot olot hyvät, mutta tilojen yllilämpeneminen on mahdollista kesäkautena. Vetoa ei juurikaan esiinny. Tiloissa on käyttötarkoituksen mukaiset valaistus- ja ääniolosuhteet. (RT 07-10946. 2008, 4)

3.3 S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tyydyttävän sisäilmaston saavuttaneessa tilassa täytyvät sisäilman laatu, lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet rakentamismääräysten vähimmäisvaatimusten mukaisesti. (RT 07-10946. 2008, 4)

3.4 Rakennusmateriaalien päästöluokitus (M)

Rakennusmateriaalien päästöluokituksessa esitetään vaatimukset normaaleissa asuin- ja työtiloissa käytettäville materiaaleille hyvän sisäilmaston saavuttamiseksi. Vähäpäästöisten materiaalien käyttö ei kuitenkaan takaa varmuudella hyvää sisäilmaa. Rakennus- ja sisustusmateriaaleista johtuvat päästöt ovat peräisin tuotteiden valmistuksessa käytetyistä materiaaleista, valmistusprosessista tai valmistuksen / asennuksen aikaisesta virheestä. Ilmanvaihtoa lisäämällä pystytään tehokkaasti vähentämään päästöjen määrää sisäilmassa, mutta sen tulisi aina olla toissijainen vaihtoehto. Ensisijaisesti päästöjen määrään vaikutetaan materiaalivalinnoilla. (RT 07-10946. 2008, 16)

Materiaalien päästöluokitus on kolmiportainen. M1 on paras luokka ja M3 eniten epäpuhtauksia synnyttävä. Pyrittäessä sisäilmaluokkiin S1 ja S2, tulisi päästöluokkien M2 ja M3 materiaalien käyttöä rajoittaa. Luokkaan M1 kuuluvat materiaalit, joiden päästöt

ovat kaavion 2 tasolla. Luokkaan M3 kuuluvat materiaalit, jotka ylittävät kaaviossa 3 ilmoitetut raja-arvot. Testaamattomille tuotteille ei myönnetä M-luokitusmerkintää. Mikäli rakenne sisältää usean eri päästöluokan materiaaleja, määräytyy päästöluokka huonoimman päästöluokan mukaisesti. (RT 07-10946. 2008, 17)

- Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC) on alle 0,2 mg/m²h. Yhdisteistä on tunnistettava vähintään 70 %.
- Formaldehydin (H₂CO) emissio on alle 0,05 mg/m²h.
- Ammoniakkin (NH₃) emissio on alle 0,03 mg/m²h.
- IARC:n luokittelun mukaisten luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten aineiden (WHO 1987) emissio on alle 0,005 mg/m²h (ei koske formaldehydiä, sen kriteeri on annettu edellä).
- Materiaali ei haise, hajun hyväksyttävyyden kouluttamattomalla paneelilla arvioituna on >0,1.
- Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät saa sisältää kaseiinia.

Kaavio 2 Luokan M1 vaatimukset (RT 07-10946. 2008, 17)

- Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC) on alle 0,4 mg/m²h. Yhdisteistä on tunnistettava vähintään 70 %.
- Formaldehydin (H₂CO) emissio on alle 0,125 mg/m²h.
- Ammoniakkin (NH₃) emissio on alle 0,06 mg/m²h.
- IARC:n luokittelun mukaisten luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten aineiden (WHO 1987) emissio on alle 0,005 mg/m²h (ei koske formaldehydiä, sen kriteeri on annettu edellä).
- Materiaali ei haise hajun hyväksyttävyyden kouluttamattomalla paneelilla arvioituna on 0,1.
- Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät saa sisältää kaseiinia.

Kaavio 3 Luokan M2 vaatimukset (RT 07-10946. 2008, 17)

4 RAKENNUSFYSIKAALINEN TARKASTELU

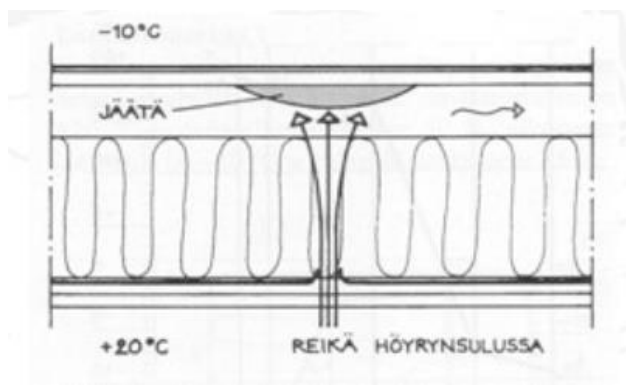
4.1 Kosteuden siirtyminen

4.1.1 Veden painovoimainen siirtyminen

Vesi pyrkii painovoiman vaikutuksesta alaspäin rakennuksen kaltevilla ja pystysuorilla pinnoilla. Rakennuksen ulkoalueilla tiheä maaperä, esimerkiksi kallio, mahdollistaa veden painovoimaisen siirtymisen. (Siikanen 2012, 68)

4.1.2 Vesihöyryn konvektio

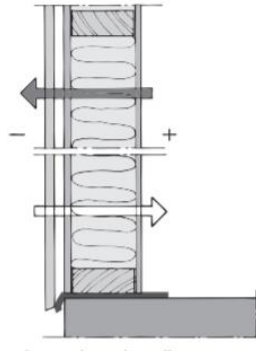
Vesihöyryn konvektio on kaasuseoksen, kuten ilma, sisältämän vesihöyryn liikettä kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Rakennuksissa konvektiota tapahtuu huokoisten ja hyvin ilmaa läpäisevien rakennusmateriaalien sekä rakenteissa olevien epätiiviysoh-
tien kautta, joka on esitetty kuvassa 2. Konvektion suuruus riippuu huonetiloissa val-
litsevasta ilmanpaine-erosta, joka sekin saattaa vaihdella huonetiloittain ilmanpaine-
suhteen mukaan. (Siikanen 2014, 71-72)



Kuva 2 Konvektiovirtaus ja kosteuden kertymä tasakatossa (Siikanen 2014, 71)

Konvektio ilmiö voidaan jakaa, kahteen eri osaan riippuen niiden kehittymisestä, pakotettuun- ja luonnolliseen konvektioon.

Konvektiot voidaan jakaa kehittymisen perusteella pakotettuun- ja luonnolliseen konvektioon. Pakotettu konvektio perustuu puhaltimen, ihmisen liikkeen tai tuulen tuottamaan paine-eroon, esimerkkinä koneellinen tulo- poistoilmanvaihto järjestelmä. Pakotetun konvektion toiminta on esitetty kuvassa 2. Koneen puhaltimien tuottaman paine-eron seurauksena tilassa oleva kaasuseos liikkuu, jolloin myös lämpimän kaasuseoksen sisältämä kosteus siirtyy paikasta toiseen. (Siikanen 2012, 74)



Kuva 3 Pakotettu konvektio ulkoseinässä (Siikanen 2012, 74)

Luonnollinen konvektio perustuu lämpötilaeroon rakenteen kylmän ja lämpimän puolen välillä. Lämpötilaeroista johtuva tiheysero saa tilassa olevan kaasuseoksen liikkumaan, jolloin myös lämpimän kaasuseoksen sisältämä kosteus siirtyy paikasta toiseen. Luonnollisen konvektion voimakkuutta kuvataan Rayleighin luvulla (Huttunen 2012, 2-3)

Konvektio voi tapahtua myös rakenteen sisällä, esimerkkinä kuvassa 3 mineraalivillalla eristetty rakennuksen ulkoseinä. Rakenteen sisällä tapahtuvasta konvektiosta käytetään nimitystä sisäinen konvektio. Sisäinen konvektio kehittyy tyypillisesti molempien, pakotetun- ja luonnollisen konvektion yhteisvaikutuksena. Sisäinen konvektio esiintyy yleensä pehmeiden ja keveiden mineraalivilla eristeiden kanssa. Jotta sisäinen konvektio pääsee kehittymään, rakenteen tulee olla riittävän paksu, tyypillisesti yli 125mm. Sisäisessä konvektiossa siirtyvä lämpö ja kosteus on otettava huomioon rakenteiden rakennusfysikaalisessa tarkastelussa. Käytännössä sisäinen konvektio heikentää rakenteen lämmöneristävyyttä vain vähän ja tiheämmissä, puupohjaisissa lämmöneristeissä sisäisellä konvektiolla ei ole vaikutusta rakenteen lämmöneristyskykyyn. (Siikanen 2012, 73-74)

Sisäisen konvektion voimakkuuteen osallistuvat tekijät:

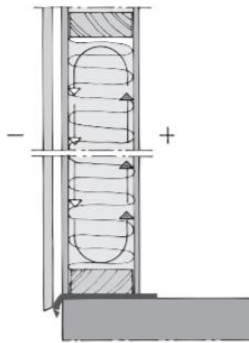
- Lämpötilaeron suuruus kerroksen yli
- Eristemateriaalin ilmanläpäisevyys (huokoisuus)
- Eristekerroksen paksuus
- Eristemateriaalin lämmönjohtavuus

- Rakenteen korkeus ja savupiippu (voimistaa ilmiötä)

(Huttunen 2012, 2-3)

Vaikka sisäisen konvektion oletetaan lähtökohtaisesti olevan rakenteen kannalta epäedullinen, ei näin kuitenkaan aina ole, kuten Tampereen Teknillisessä Yliopistossa tehty kokeellinen tutkimus osoittaa:

“Yläpohjassa tapahtuva sisäinen konvektio ei heikennä yläpohjan kosteusteknistä toimintaa, vaan parantaa sitä. Konvektion seurauksena yläpohjaan pääsevä lisälämpö nostaa yläpohjan lämpötilaa ja alentaa suhteellista kosteutta vähentäen homeen kasvulle otollisia olosuhteita.” (Huttunen 2012, 27)



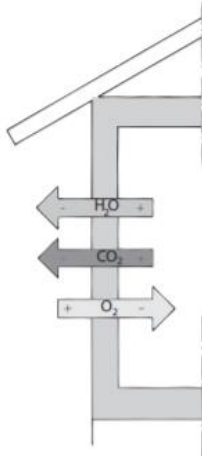
Kuva 3 Luonnollinen konvektio ulkoseinässä eli sisäinen konvektio (Siikanen 2012, 73)

4.1.3 Diffuusio

Diffuusiolla tarkoitetaan kosteuden liikettä vesihöyrynä rakenteiden läpi, kuten kuva 4 osoittaa. Lähes kaikki käytettävät rakennusmateriaalit läpäisevät vesihöyryä. Läpäisyn määrä on riippuvainen materiaalin vesihöyrynvastuksesta. Tyypillisesti diffuusion suunta on lämpimästä tilasta kylmään tilaan päin. Diffuusion suunnalle olennaisinta on kuitenkin tilojen välillä vallitseva kosteusero, sillä kosteus pyrkii diffuusioidumaan rakenteiden läpi siihen tilaan, jonka vesihöyryn osapaine on pienempi. Tämän vuoksi diffuusion suunta saattaa olla kylmästä tilasta lämpimään tilaan päin, riippuen kosteuspitoisuudesta. (Siikanen, 71, 2012)

Liiallinen vesihöyryn päätyminen rakennuksen ulkoseinärakenteisiin saattaa pitkällä aikavälillä aiheuttaa rakenteeseen eriasteisia kosteusvaurioita. Vesihöyryn

tunkeutuminen on otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa, jolloin lämmöneristeen ja lämpimän sisätilan väliin tulee suunnitella riittävän vesihöyrytiivis kerros sekä rakenteen vesihöyrynvastuksen tulee pienentyä kylmään tilaan päin mentäessä. (Siikanen, 71, 2012). Rakenteen lämpimälle puolelle suunniteltavan rakennekerroksen vesihöyrynvastuksen tulee olla vähintään viisinkertainen verrattuna kylmällä puolella olevan rakennekerroksen vesihöyrynvastukseen. (YM 782/2017§6)



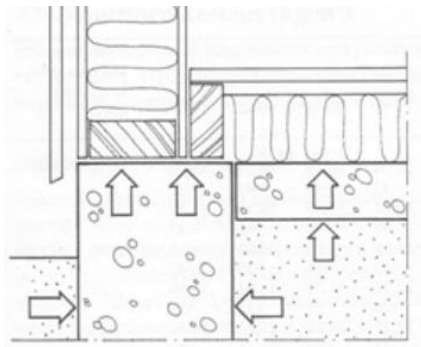
Kuva 4 Diffuusio ulkoseinässä (Siikanen 2012, 85)

4.1.4 Kapilaarinen vedenliike

Kapillaarivirtauksella tarkoitetaan nesteen siirtymistä huokoisessa materiaalissa huokosalipaineen erojen mukaisesti. Rakentamisesta kapilaarinen vedenliike tulee huomioida maanvastaisten rakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Perustuksiin vaikuttava kapilaarinen vedenliike on esitetty kuvassa 4. Maaperässä kapillaarivoimat pyrkivät nostamaan vettä pohjavedenpinnan yläpuolelle. Maaperän kapillaariset ominaisuudet ovat riippuvaisia maalajista. Karkeilla maalajeilla, kuten karkea hiekka kapillaarisuus on erittäin pientä, kun taas hienoilla maalajeilla, kuten savella, se saattaa olla useita metrejä. Eri maalajien likimääräiset kapillaariset nostokorkeudet on esitetty taulukossa 1. (Siikanen 2012, 68)

| Maalaji | Raekoko [mm] | Kapillaarinen nousukorkeus | |
|---------------|--------------|----------------------------|-----------------------|
| | | Löyhä kerrostuma [m] | Tiivis kerrostuma [m] |
| Savi | 0,002 | 8 | 10 |
| Hiesu | 0,002 - 0,02 | 10 - 4 | 12 - 6 |
| Hieno hieta | 0,02 - 0,06 | 5 - 1,5 | 8 - 2,5 |
| Karkea hieta | 0,06 - 0,2 | 2 - 0,3 | 3,5 - 0,4 |
| hieno hiekka | 0,2 - 0,6 | 0,35 - 0,1 | 0,5 - 0,12 |
| karkea hiekka | 0,6 - 2 | 0,12 - 0,03 | 0,15 - 0,04 |

Taulukko 1 Maalajien likimääräiset kapillaariset nostokorkeudet (Siikanen 2012, 68)



Kuva 4 Kapillaarinen vedenliike perustuksissa (Siikanen 2012, 68)

4.2 Kosteusteknisiä määritelmiä

4.2.1 Absoluuttinen kosteus

Absoluuttisella kosteudella tarkoitetaan ilman sisältämän veden tai vesihöyryn määrää tietyssä tilavuudessa toista ainetta. Ilman lämpötilalla on suuri vaikutus vesihöyryn määrään. Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän se voi sitoa itseensä kosteutta. Yksikkö on tyypillisesti g/m^3 tai kg/m^3 . (Siikanen 2012, 68)

4.2.2 Suhteellinen kosteus

Rakentamisessa ilman kosteuspitoisuutta kuvataan suhteellisella kosteudella RH, joka kertoo ilman sisältämän vesihöyryn määrän prosentteina suhteessa enimmäismäärään tietyssä lämpötilassa. Suhteellinen kosteus ei voi ylittää 100% missään tilanteessa. Saavuttaessa 100% suhteellisen kosteuden, vesihöyry tiivistyy vedeksi.

Lämmityskaudella normaalin huonetilan RH on noin 20-40%, kun samanaikainen RH ulkoilmassa on noin 80%. Kesäkuukausina RH vaihtelee 50-60% välillä. Sisäilman kosteuteen vaikuttavat ulkoilman lisäksi sisätiloissa olevat kosteuslähteet, sisäilman lämpötila sekä ilmanvaihdon tehokkuus. (Siikanen 2012, 69-70)

4.2.3 Kastepiste

Kastepisteellä tarkoitetaan lämpötilaa, jossa vesihöyry tiivistyy vedeksi eli kondensoituu. Kastepisteessä ilman kosteus on saavuttanut kyllästyskosteuden. (Siikanen 2012, 70)

4.2.4 Kyllästyskosteus

Ilman kyky sitoa kosteutta on riippuvainen ilman lämpötilasta. Kyllästyskosteudella tarkoitetaan tilannetta, jossa ilman suhteellinen kosteus on 100% eli se ei kykene sitomaan itseensä enää lisää kosteutta. (Siikanen 2012, 70)

4.2.5 Kondensoituminen

Kondensoitumisessa vesihöyry tiivistyy vedeksi. Kondensoitumista tapahtuu, kun lämmin ilma kohtaa kylmän pinnan. Johtuen lämpimän ilman suuremmasta kosteuskapasiteetista kylmän ilman aiheuttama lämpötilan lasku saa suhteellisen kosteuden nousemaan 100%:iin. Jäähtyneen ilman ja lämpimän ilman välinen kosteuskapasiteettiero tasoittuu kosteuden kondensoituessa kylmään pintaan, jolloin kylmään pintaan syntyy kastepiste. Tiivistyminen voi tapahtua missä kohtaa rakennetta tahansa, kunhan suhteellinen kosteus on 100%. Rakenteissa vesihöyryn tiivistyminen tapahtuu aina ympäröivää ilmaa kylmemmälle pinnalle. Tavallisimmin kondensoitumista aiheuttavat:

- liian kylmä, lämpimään tilaan rajoittuva rakenteen pinta. Esimerkkinä kylmä ikkunalasi
- kylmäsillat

- höyrinsulun vuodot, jotka mahdollistavat konvektion rakenteessa
- höyrinsulun väärä sijainti rakenteessa tai muut puutteet
- huonosti eristetyt talotekniikan putket

(Siikanen 2012, 72)

4.2.6 Vesihöyrynläpäisevyys ja -vastus

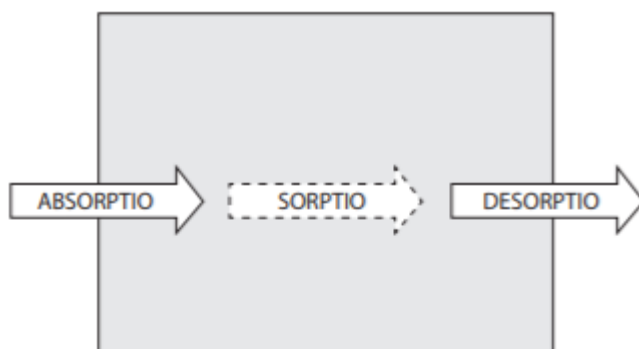
Vesihöyrynläpäisevyys on aineen ominaisuus päästää lävitseen vesihöyryä. Vesihöyrynläpäisevyyden yksikkö on kg/msPa tai m^2/s

(Siikanen 2012, 72-73)

Vesihöyrynvastus kuvaa aineen kykyä vastustaa sen läpi virtaavaa vesihöyryä. Vesihöyrynvastus on käänteinen ilmiö vesihöyrynläpäisevyydelle. Vesihöyrynvastuksen yksikkö on $\text{m}^2\text{sPa/kg}$ tai s/m . (Siikanen 2012, 73)

4.3 Aineessa oleva kosteus

Aineessa olevan kosteuden määrää kuvataan yleisimmin kosteutta sisältävän massan ja kuivan aineen massan välisenä suhteena ja se ilmoitetaan prosentteina kuivapainosta. Aineessa voi tapahtua kosteuden liikettä kolmella eri menetelmällä Kuvan 5 mukaisesti. Kosteuden liikettä aineeseen kutsutaan absorptioksi, kosteuden aineen sisäistä liikettä sorptioksi ja aineesta poistuvaa liikettä desorptioksi kuvan 5 mukaisesti. (Siikanen 2012, 77)



Kuva 5 Kosteuden liikkuminen aineessa. (Siikanen 2012, 77)

4.3.1 Hygroskooppinen kosteus

Hygroskooppisella kosteudella tarkoitetaan kosteutta, jonka aineessa sisäisesti vaikuttava sorptio saa aikaan kosteuden normaaliarvoilla. Normaaliarvolla tarkoitetaan tilannetta, jossa huokoinen materiaali pystyy sitomaan ja luovuttamaan ilmassa olevaa kosteutta. Hygroskooppisella tasapainotilalla tarkoitetaan tilannetta, jossa kappaleen kosteus asettuu tasapainoon ympäröivän ilman kosteuden kanssa. (Siikanen 2012, 77)

Eri aineiden hygroskooppisuudet vaihtelevat suuresti. Esimerkiksi puun hygroskooppisuus on suuri, kun taas mineraalivillan hygroskooppisuus on pieni. Sanonta ”hengittävä rakenne” tulee juuri puun hygroskooppisuudesta ja sillä viitataan puun kykyyn sitoa ja luovuttaa kosteutta ympäröivän ilmankosteuden mukaan. (Siikanen 2012, 87)

4.3.2 Tasapainokosteus

Tasapainokosteudella tarkoitetaan aineessa olevan kosteuden määrää tietyssä ilman kosteudessa ja lämpötilassa. Eri aineilla tasapainokosteuden saavuttaminen vie eri ajan riippuen aineen vesihöyrynläpäisevyydestä. Hyvin vesihöyryä läpäisevät aineet saavuttavat tasapainon nopeammin verrattuna aineisiin, joilla on huono vesihöyrynläpäisykyky. (Siikanen 2012, 77-78)

4.3.3 Rakennuskosteus

Suomessa betonia käytetään vuosittain noin 5 miljoonaa kuutiota, eli noin yksi kuutio jokaista ihmistä kohden. Betonia käytetään jossain muodossa lähes kaikessa rakentamisessa. Taulukossa 2 on listattu yleisesti käytössä olevia rakennusmateriaaleja ja niiden rakennuskosteuspitoisuuksia. Taulukon mukaan (yhden kuution verran) betonia sisältää kuivatettavaa rakennuskosteutta keskimäärin noin 90kg/m^3 , joka tarkoittaa 450 miljoonaa litraa ylimääräistä vettä. Kun tähän lisätään rakennusaikainen kastuminen, lopullinen summa on huomattavasti suurempi. Rakenteet saattavat sisältää kosteutta, vaikka ihminen ei sitä aistisikaan. (Suikka 2011, 1)

Rakennuskosteus on rakennusaineisiin ja -tarvikkeisiin valmistuksen, varastoinnin tai rakennusvaiheen aikana joutunutta ylimääräistä kosteutta. Ongelmien välttämiseksi rakennuksen kosteusrasituksen tulisi työmaaolosuhteissakin minimoida. Tämän

lisäksi rakenteet tulisi suunnitella teknisesti sekä rakennusfysikaalisesti toimivaksi sekä huolehtia ylimääräisen rakennuskosteuden kuivumisesta. (Siikanen 2012, 78)

Rakennusaikaisen kosteuden määrään voidaan vaikuttaa muun muassa:

- Rakennusmateriaalit säilytetään sateelta suojattuna niille soveltuvissa olosuhteissa (lämpötila ja kosteus)
- Tarvikkeiden toimitus asennusajankohta
- Rakenteiden työaikainen suojaus
- Rakennusaikainen ilmanvaihto, lämmitys ja kuivaus

Tyypillisesti rakennuskosteudesta johtuvat ongelmat ovat peräisin rakenteiden liian aikaisesta pinnoittamisesta, jolloin rakenteissa oleva rakennusaikainen kosteus ei enää pääse kuivumaan tai sen kuivuminen hidastuu huomattavasti. (Siikanen 2012, 78-79)

| Rakennusaine | Kosteus kg/m ³ | | | |
|---------------------|---------------------------|--|--|--|
| | Valmistus- kosteus | Kemiallisesti sitoutunut kosteus | Tasapainokos- teus, kun ilman RH = 50% | Poistuva rakennuskosteus, kun ilman RH = 50 % |
| Betoni | | | | |
| K15 | 180 | 40 | 25 | 115 |
| K25 | 180 | 60 | 30 | 90 |
| K40 | 180 | 70 | 40 | 70 |
| Kevytbetoni | 100...200 | - | 20 | 80...180 |
| Kalkkisementilaasti | 300 | 20 | 30 | 250 |
| Tiili | 10 | - | 10 | 0 |
| Tiilimuuri | 80 | - | 10 | 70 |
| Puu | 60 | - | 40 | 20 |

Taulukko 2 Tyypillisten rakennusaineiden suuntaa-antavia rakennuskosteuksia (Siikanen 2012, 81)

4.3.4 Kosteuskapasiteetti

Kosteuskapasiteetti ilmaisee aineen tai tarvikkeen kykyä sitoa tai luovuttaa kosteutta. (Siikanen 2012, 79) Kosteuskapasiteetin merkitys korostuu erityisesti puurakenteissa, johtuen puun hygroskooppisuudesta. Hygroskooppisuutta on käsitelty tämän opinnäytetyön kappaleessa 4.3.1

5 PÖLYNHALLINTA

Pölynhallinnalla on suuri merkitys työmaan toimivuuteen. Pölynhallinnalla tarkoitetaan työmaalla syntyvän pölyn leviämisen estämistä tai pölyn syntymisen estämistä kokonaan. Pölynhallinta aiheuttaa aina kustannuksia, joiden suuruus riippuu kohteen laajuudesta ja vaaditusta puhtaustasosta. Kustannukset aiheutuvat pölynhallintalaitteistojen hankinnasta, työvoimakustannuksista sekä laadunvalvonnan mittauksista aiheutuvista maksuista. Kuluista huolimatta taloudellinen ja toimintavarma pölynhallinta on kaikkien työmaalla toimien etu. Se lisää työntekijöiden työmykävyyttä, nopeuttaa rakenteiden kuivumista ja vähentää luovutusvaiheen siivouskustannuksia. Mikäli työmaalla edellytetään P1-puhtausluokkaa, on pölynhallinnan merkitys entistä suuremmassa roolissa. P1-puhtausluokka on käsitelty tämän opinnäytetyön kappaleessa 5.4. (Koski 2013, 3-5)

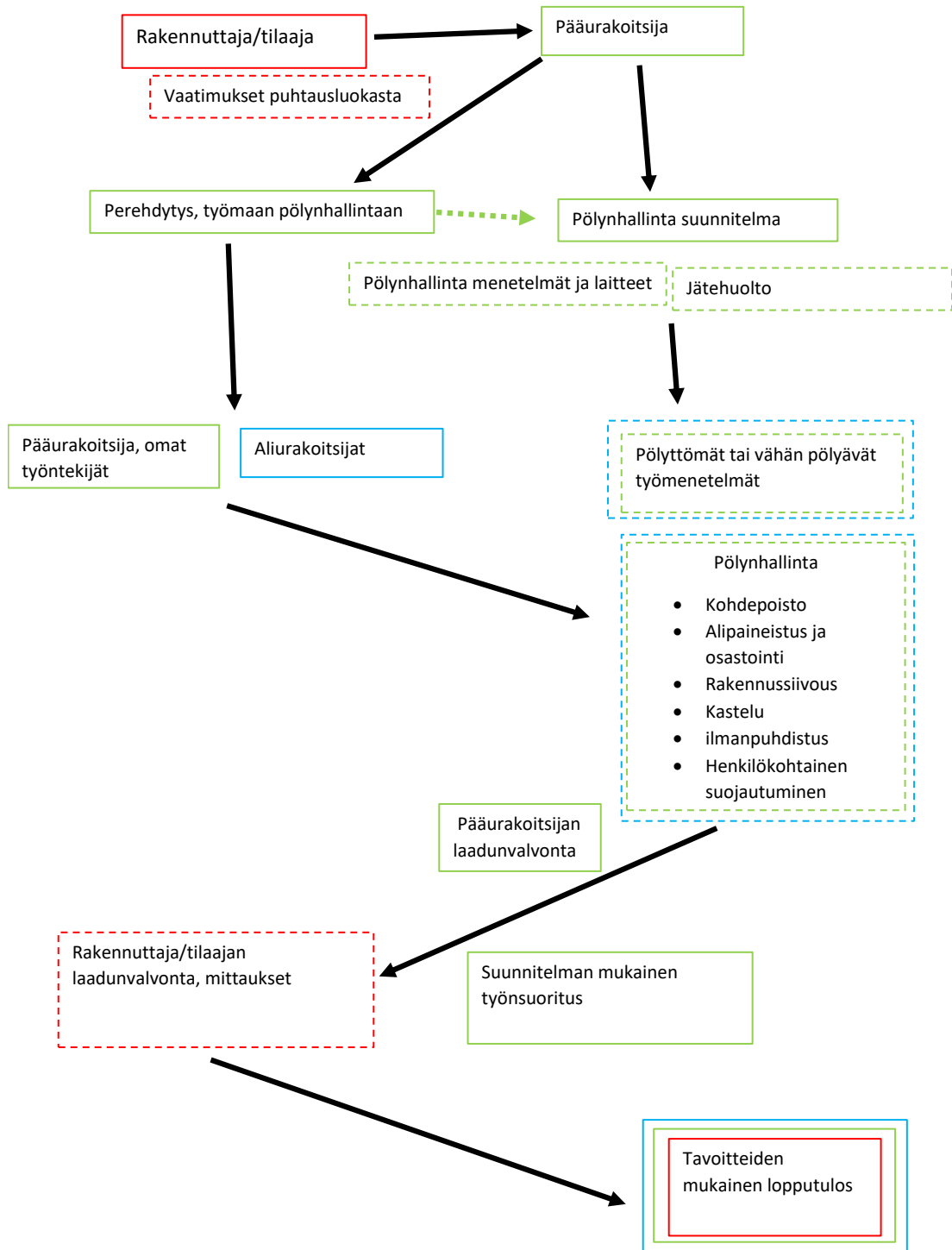
Kaikkien työmaalla toimivien tahojen on omalla toiminnallaan mahdollistettava suunnitellun mukainen pölynhallinta. Päävastuussa pölynhallinnasta on työmaan pääurakoitsija, joka on velvollinen toteuttamaan hanke niin, että rakennuttajan vaatimukset pölynhallinnan osalta täyttyvät. Rakennuttajan vaatimuksena pölynhallinnasta voidaan pitää vaadittua puhtausluokkaa, P1 tai P2. Pääurakoitsija on velvollinen tekemään työmaalle pölynhallintasuunnitelman, josta selviävät työmaalla toteutettavan pölynhallinnan riskit, niihin varautuminen, pölyä tuottavat työvaiheet sekä pölyntorjuntakeinot. Aliurakoitsijoille tämä käytännössä tarkoittaa, että jokainen urakoitsija huolehtii oman työpisteensä pölynhallinnasta. Aliurakoitsijoille vaatimukset pölynhallinnan laajuudesta sidotaan osaksi urakka-asiakirjoja.

Työmaan pääurakoitsija on velvollinen suorittamaan lakisääteisen työmaakohtaisen perehdytyksen työmaan vaaroista. Pölynhallinnan on hyvä olla omana osionaan perehdytyksessä. Perehdytyksessä työmaalla noudatettavat pölynhallinnan keinot ja työmenetelmät on hyvä käydä yksityiskohtaisesti läpi sekä korostaa niiden merkitystä osana onnistunutta työnsuoritusta. Perehdytystä varten on hyvä luoda oma pölynhallinnan perehdytyskansio, jossa suunniteltua pölynhallintaa ja siihen käytettävää laitteistoa voidaan esittää kuvien avulla.

On tärkeää, että työntekijät asennoituvat pölynhallintaan oikealla asenteella, eivätkä koe sitä ylimääräisenä työvaiheena varsinaisen työn lisäksi. Jotta pölynhallinnasta muodostuu osa päivittäistä rutiinia, on tärkeää valvoa suunnitellun mukaisten

työmenetelmien ja laitteiden käyttöä heti työmaan alusta asti ja puuttua havaittuihin epäkohtiin empimättä.

Työmaalle hankittava pölyntorjunta kalusto koostuu pääasiassa rakennusimureista ja alipaineistajista. Kalusto voi olla vuokrattua tai urakoitsijan omistamaa. Huolimatta omistussuhteista, kaluston säännöllinen huolto työmaaolosuhteissa on tärkeää, jotta kalustoa pystytään käyttämään tehokkaasti. Huolto kattaa pääsääntöisesti yksinkertaiset toimet, kuten suodattimien puhdistuksen ja vaihdon sekä imurin jätesäiliön tyhjentämisen.



Kaavio 4 Pölyhallinnan toimintaketju (Koski 2013, 2-8)

5.1 Rakennusaikaiset ilman epäpuhtaudet

Pöly koostuu tyypillisesti erikokoisista partikkeleista, joiden koko vaihtelee välillä 1-100 µm. Pölyt voidaan jakaa hiukkaskoon mukaisesti. Hiukkaskoko vaikuttaa olennaisesti pölyn leijumiskykyyn huoneilmassa.

- Karkeat hiukkaset 2,5–10 µm. Laskeutuu nopeasti (tunneissa, minuuteissa) vaakapinnoille, eikä enää nouse ilmavirtojen mukana uudelleen ilmaan.
- Pienhiukkaset <2,5 µm. Laskeutuu hitaasti tai eivät lainkaan. Nousevat ilmavirtojen mukana herkästi uudelleen ilmaan.
- Ultrapienet hiukkaset eli nanohiukkaset <0,1 µm. Tutkimus nanohiukkasten toimintakyvystä osittain kesken.

Pölyn voidaan olettaa olevan ihmissilmällä havaittavissa, kun sen hiukkaskoko on < 20 µm (Manninen 2017, 5)

| Pölylaji | Aiheuttama vaara tai haitta | Suojautuminen | HTP _{9h} |
|------------------------------|--|---|-------------------------|
| Betonipöly | Ärsyttää hengitysteitä ja ihoa emäksisyytensä vuoksi. Sisältää myös erittäin haitallista kvartssia, ks. kvartsipöly. | P2-hengityssuojain, kohdepoisto, paljaan ihopinnan peittävä vaatetus | 5mg/m ³ |
| Epäorgaaniset mineraalikulut | Ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytys | P2-hengityssuojain, paljaan ihopinnan peittävä vaatetus | 1 kuitu/cm ³ |
| Puupöly | silmien ja hengitysteiden ärsytys | P2-hengityssuojain, kohdepoisto | 2mg/m ³ |
| Kvartsipöly | Pitkäkestoisessa altistumisessa voi aiheuttaa kivipölykeuhkosairauden eli silikoosin. Riski keuhkosyöpään ja keuhkohtaumatautiin | P2-hengityssuojain, kohdepoisto, paljaan ihopinnan peittävä vaatetus | 0,05mg/m ³ |
| Maalit, liimat, tasoitepöly | Astma, allerginen nuha, ärsytys- ja pahoinvointioireet. | Työtilan tehokas ilmanvaihto, paljaan ihopinnan peittävä vaatetus, kaasuja suodattava koko-P2-hengityssuojain, kohdepoisto, paljaan ihopinnan peittävä vaatetus | 0,05mg/m ³ |
| Kivi-, Tiili- ja laastipöly | Pitkäkestoisessa altistumisessa voi aiheuttaa kivipölykeuhkosairauden eli silikoosin. Riski keuhkosyöpään ja keuhkohtaumatautiin | P2-hengityssuojain, kohdepoisto, paljaan ihopinnan peittävä vaatetus | 10mg/m ³ |

Taulukko 3 Ilman epäpuhtaudet (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista 1214/2016)

5.2 Pölynhallintasuunnitelma

Pölynhallintasuunnitelma on osa työmaan turvallisuusasiakirjoja. Suunnitelman avulla pyritään varautumaan jo tiedossa oleviin, pölyäviin työvaiheisiin. Suunnitelmassa arvioidaan työmaalla esiintyvät pölyt ja niille altistumisen todennäköisyys.

Pölynhallintasuunnitelmassa on syytä huomioida seuraavia asioita:

- Työjärjestys (pölyävistä työvaiheista puhtaisiin työvaiheisiin)
- Osastointi ja suojaus (alipaineistus työaikana)
- Irtaimiston ja kiintokalusteiden siirto tai suojaus (vähentää loppusiivousta ja estää ylimääräisen kalusteiden vaurioitumisen)
- Jätteenkäsittely sekä lajittelu, työmaan puhtaanapito (vähentää jättekustannuksia)
- LVI- ja sähkölaitteiden suojaus ja mahdollinen irtikytöntä (minimoidaan riski laitteistojen vaurioitumiselle sekä vähennetään siivous kustannuksia)
- Rakennustarvikkeiden suojaus ja säilytys työmaa-alueella (vähentää materiaalihävikkiä)
- Laadunvarmistustoimenpiteet osastoinnin ja purkutöiden aikana (osana työjärjestystä, pölyävien työvaiheiden vaiheistus puhtaisiin työvaiheisiin nähden)
- Siivoustöiden suoritus, työohjeet, mallityöt, laadunvarmistus ja noudatettavat kriteerit (Manninen 2017, 15-16)

Suunnitelmassa voidaan myös ottaa kantaa henkilökohtaisia suojaimia vaativien työvaiheiden suoritukseen.

5.2.1 Pölynhallinnan laadunvalvonta

Pääurakoitsijan osalta pölynhallinnan laadunvalvonta suoritetaan muun työnvalvonnan osana sekä osana TR-mittausta. Arviointia suoritetaan pääasiassa silmämääräisesti. Epäkohtiin tulee puuttua nopeasti pölyn syntymisen vähentämiseksi sekä jo syntyneen pölyn leviämisen estämiseksi.

Rakennuttajan valvonta toteutuu hankkeen valvojan suorittamien työmaakerrosten yhteydessä. Valvoja arvio pölynhallinnan onnistumista sekä yleistä järjestystä silmämääräisesti. Tarvittaessa valvoja voi huomauttaa pääurakoitsijaa havaitsemastaan epäkohdasta ja edellyttää sen korjaamista epäkohdan vakavuuden edellyttämällä aikataululla. Pääurakoitsijan tehtävä on korjata epäkohta mahdollisimman nopeasti tai osoittaa epäkohdan korjaaminen siitä vastuussa olevalle aliurakoitsijalle. (Manninen 2017, 12-14)

P1-puhtausluokan hankkeissa tai erikseen sovittaessa pölyhallinnan laadunvalvonnassa käytetään silmämääräisen arvioinnin lisäksi geeliteippi-koetta. P1-puhtausluokasta on kerrottu tämän opinnäytetyön kappaleessa 5.4.

5.3 Pölynhallinta menetelmät

Pölyntorjunta menetelmät eivät ole vuosien varrella suuresti muuttuneet, mutta käytettävien laitteiden ominaisuudet ja ergonomisuus ovat kehittyneet huomasti. Pölynhallinnan viisi pääkeinoa ovat:

1. Minimoida pölyn syntyminen
 - kohdepoistomenetelmä
2. Työmenetelmän vaihtaminen
 - sahaus vaihdetaan leikkaamiseksi tai murtamiseksi
3. Rajata syntyneen pölyn leviäminen
 - alipaineistus ja osastointi
4. Huolellinen ja oikein mitoitettu rakennussiivous
 - omana työnä tai alihankintana. HEPA-suodattimilla varustetut rakennusimurit ja tilanteen mukaiset suulakkeet
5. Henkilökohtaisten suojainten käyttö
 - P3-suodatusluokan puolinaamari pölyävissä työvaiheissa. Ohjeistetaan työntekijöitä pölyn vaarallisuudesta ja suojainten oikeasta käytöstä sekä huollosta.

Hankekohtaiset pölynhallintamenetelmät esitetään työmaan pölynhallintasuunnitelmassa. (Koski 2013, 3)

5.3.1 Kohdepoisto

Kohdepoistolla tarkoitetaan työkoneeseen liitettävää rakennus- tai keskuspölynimuria, kuten kuvassa 6, jonka tehtävä on poistaa työstä aiheutuva pöly ennen sen leviämistä sisäilmaan. Imurin suodatusluokka ja teho riippuvat käytettävästä työkoneesta ja työlaadusta. Mikäli työkoneessa ei ole mahdollisuutta imuriliitännälle, tulee harkita

työkoneen vaihtamista tai vaihtoehtoisesti työmenetelmän muuttamista alkuperäiselle työkoneelle sopivammaksi.



Kuva 6 Hilti kohdepoisto liitettynä piikkausvasaraan TE-1000AVR (Hiltin www-sivut 2018)

5.3.2 Alipaineistus

Alipaineistuksella tarkoitetaan, kiinteillä rakenteilla tai tilapäisillä muoviseinillä rajatua aluetta, jonne muodostetaan alipainepuhaltimen, kuvassa 7, eli alipaineistajan avulla alipaine suhteessa ympäröiviin tiloihin. Alipaineen vaikutuksesta rajatulla alueella syntyvä pöly ei leviä muihin tiloihin. Alipainepuhaltimen poistama ilma suodattetaan, jonka jälkeen se puhalletaan ulkoilmaan muovisukkaa tai letkua pitkin. Vaihtoehtoisesti poistoilma voidaan puhalleta rajatun alueen viereisiin tiloihin, edellyttäen että alipaineistajassa on HEPA-suodatin eikä puhallettava poistoilma aiheuta tiloissa hajuhaittoja. Korvausilma osastoituun tilaan tuodaan hallitusti muoviseinään tehdystä aukosta. Suositeltava alipaineen määrä normaaleissa rakennus- ja purkutöissä on 5-10 pascalia. Tarvittaessa tilojen alipaineisuutta voidaan seurata paine-ero mittarilla. Kehittyneimmissä mittareissa paine-eron tarkkailu voidaan asettaa jatkuvaksi sekä paineen alenemalle voidaan asettaa hälytysraja, jonka alittumisen seurauksena järjestelmä ilmoittaa kohteesta vastaavalle henkilölle tekstiviestitse tapahtuneesta.

Alipaineistajissa käytetään normaalisti kahta eri suodatinta, karkea- ja HEPA-suodatinta (High Efficiency Particulate Air filter). Karkeasuodatin on usein pala suodatinmattoa tai tehdasvalmisteinen kertakäyttöinen kasettisuodatin. Karkeasuodattimen tehtävä on vähentää HEPA-suodattimen tukkeutumista. Karkeasuodatinta on mahdollista puhdistaa sen likaannuttua, esimerkiksi imurilla. HEPA-suodatin on

kustannukseltaan moninkertainen verrattuna karkeasuodattimeen, joten suodattimien imurointiin on syytä panostaa työmaaolosuhteissa.

HEPA-suodattimen tulee suodattaa vähintään 99,97% bakteereista, siitepölystä ja pölystä sekä ilmassa kehittyvistä partikkeleista, partikkelikoon ollessa 0,3 mikrometriä ja ilmavirtauksen 85litraa minuutissa täyttääkseen HEPA-luokituksen. Euroopassa suodattimien luokittelussa käytetään standardeja EN 779 ja EN 1822.



Kuva 7 Bos Clean M alipaineistaja, teho 1000m³/h (ASTQ Supply House Oy 2018)

5.3.3 Osastointi

Osastoinnilla tarkoitetaan tietyn tilan ilmastollista eristämistä viereisistä tiloista. Osastoinnin avulla pyritään estämään osaston sisällä tapahtuvan rakennustyön synnyttämän rakennuspölyn leviäminen muihin tiloihin. Osastoitava tila on syytä rajata mahdollisimman pieneksi, mutta kuitenkin työn vaatima tila huomioiden. Liian suuren tilan osastoiminen aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia muun muassa materiaalissa ja henkilöstökuluissa. Osaston rajaavina seininä voidaan hyödyntää jo olemassa olevia rakenteita, joita täydennetään tilapäisillä muoviseinillä. Muoviseinien rungon materiaali on usein puuta, jonka vahvuus riippuu siitä, kuinka kauan seinien on suunniteltu olevan paikoillaan. Esimerkiksi lyhytaikaiset suojaseinät voidaan tehdä 22x50mm rimasta, kun taas pitkäaikaiset seinät on syytä tehdä esimerkiksi väliseinätolpista. Kun suojaseinien runko tehdään heti alusta alkaen, sillä periaatteella, että se kestää koko työmaa-ajan, ei sen korjaamiseen täydy myöhemmissä vaiheissa käyttää resursseja. Lisäksi tukeva ja siisti suojaseinä antaa työmaasta ammattimaisen kuvan ulkopuolille.

Äkillisissä tai hyvin lyhyt aikaisissa osastointi tilanteissa voidaan käyttää teleskooppitukia, joiden avulla puurimoihin kiinnitetty muoviseinä kiristetään kuten kuvassa 8. Vetoketjuovet ovat tehdasvalmisteisia kulkuaukkoja, jotka liimataan muoviseinän pintaan. Varsinainen kulkureitti avataan asentamisen jälkeen puukolla. Vetoketjuovet ovat nopeita asentaa ja suhteellisen tiiviitä, mutta pitkäaikaisessa työmaakäytössä niiden kestävyys ei ole riittävä. Kestävämpi ratkaisu kulkuaukon oveksi on kiinnittää leikatun aukon päälle aukkoa hieman suurempi rakennusmuovin kappale, jonka alapäähän kiinnitetään oven levyinen puurima. Tässä tapauksessa ovi voidaan aina mitoittaa tapauskohtaisesti, jolloin logistiikan toimiminen osastoidulla alueella on helpompaa. Lisäksi itsetehdyn oven kustannukset suhteessa vetoketjuoveen ovat huomattavasti alhaisemmat. Vetoketjuovi on esitetty kuvassa 8.

Toimiakseen optimaalisesti, tulee osastoitava tehdä alipaineiseksi suhteessa muihin tiloihin. Alipaineistuksesta on kerrottu tämän opinnäytetyön kappaleessa 5.3.2. Alipaineistus ei ole välttämätön, mikäli osastoitavassa tilassa tehtävän työn vapauttama rakennuspölyn määrä on vähäinen ja sen leviäminen voidaan minimoida rakennusimurilla. Vaihtoehtoisesti alipaineistus voidaan suorittaa työssä käytettävän rakennusimurin avulla. Tällöin rakennusimurin suodatusluokan tulee olla H, sillä imurin suodatama ilma palautuu tällöin osastoidun alueen ulkopuolelle. (Ratu 1225- S, 15.)



Kuva 8 Teleskooppi tuilla tehty osastointi varustettuna vetoketjuovella (Manninen 2017, 24)

5.3.4 Rakennusaikainen siivous

Rakennusaikainen siivous tärkeä on osa rakennustyömaiden pölynhallintaa. Siivouksen pääasiallisena tarkoituksena on vähentää pinnoilla olevan rakennuspölyn määrää, joka samalla vähentää tutkitusti luovutusvaiheen loppusiivouksen tarvetta. Rakennusaikaisen siivouksen merkitys korostuu erityisesti, mikäli työmaalle on asetettu P1-puhtausluokitus. Rakennussiivouksessa käytetään pääasiallisesti tehokkaita rakennusimureita tai keskuspölynimurijärjestelmää, mikäli sellainen työmaalle on asennettu. Suurimmat roskat kerätään käsin tai lastan avulla. Harjan käyttö on yleisesti kielletty, koska harjaaminen aiheuttaa ylimääräistä pölyämistä verrattaessa lastalla siivoamiseen. Imureiden valinnassa tulee huomioida imureiden suodatusluokka, tarvittava määrä sekä laitteiden koko, joka vaikuttaa merkittävästi laitteen liikuteltavuuteen työmaalla. Suodatusluokkaan vaikuttavat työmaalla käytettävät materiaalit sekä työmaan vaatimus puhtaustasosta. (Manninen 2017, 25-27)

Työvaiheista eniten pölyä tuottavat betonipintojen hionta ja piikkaustyöt sekä tasointoihin liittyvät hiontatyöt. Vaikka betoni ja tasoitteet ovat nykypäivänä turvallisia käyttää, vapautuu niiden hiontatyöstä partikkeleita, joiden kokoluokka vastaa asbestikuituja.

Asbestikuidut ovat tutkitusti pitkäaikaisessa altistumisessa vaarallisia, aiheuttaen eriasteisia hengityselinsairauksia. Betonipölyn pitkäaikaisesta vaikutuksesta ihmisen hengityselimiin on vielä vähän tutkittua tietoa. Tästä johtuen on suositeltavaa hankkia työmaille ainoastaan H-luokan imureita, joiden suodatusteho on vastaava kuin asbestityössä käytettävillä imureilla. Esimerkkinä H-luokan imuri kuvassa 9. Imureiden pölynsuodatusluokka on määritelty standardissa EN-60335-2-69 (kuva 10)



Kuva 9 HEPA-suodattimella varustettu rakennusimuri DC 2900c eco (ASTQ Supply House Oy 2018)

| VUODESTA 1997 EN 60335-2-69, IEC 60335-2-69 | | RISKITYYPIT |
|--|---|--|
| Pölyluokka / Zone | Maks. läpäisevyys | |
| L | 1% | Poistaa 99 %: • Pölystä OEL arvolla > 1mg//m ³ |
| M | 0.1% | Poistaa 99.9 %: • Pölyn OEL arvolla > 0,1mg//m ³ • Puupöly |
| H | 0.005% | Poistaa 99.995 %: • Pölyn OEL arvoilla • Karsinogeenisen pölyn • Pölyn, jossa basilleja tai bakteereita |
| Asbestivaatimus | kuten H | • Asbestipöly |
| Räjähtävät pölyt (ATEX Zone 22) | Type 22 Kuten pölyluokat L, M tai H lisävaatimuksilla | • Pölyn pölyräjähdysluokassa St1, St2 ja St3 ATEX Zone 22 (aikaisemmin zone 11) |
| Räjähtävät kaasut (ATEX Zone 2) | Erillinen hyväksyntä Zone 2:lle | • Syttyvät kaasut, vähemmän kuin 10 hr/vuosi |



Pölyluokka M

Luokkaan kuuluvat imurit poistavat L- ja M-luokan pölyn. Näihin kuuluvat kaikki terveydelle haitalliset ei-syöpää aiheuttavat pölyt, joiden terveydelle haitallinen pitoisuus on yli 1,0 mg/m³, sekä kovapuupöly.



Pölyluokka H

Luokkaan kuuluvat imurit poistavat L-, M- ja H-luokan pölyn. Näihin kuuluvat kaikki pöly, joille on määritelty terveydelle haitallinen pitoisuus, kaikki syöpää aiheuttava pöly sekä pöly, jossa on bakteereja ja itiöitä.



Asbesti

Asbestipölyä saa imuroida vain pölyluokkaan H kuuluvalla imurilla.



Type 22

Luokkaan kuuluvilla imureilla voi poistaa räjähdysvaarallista pölyä sekä luokkiin L ja M kuuluvaa pölyä kuten kovapuupölyä, kaikki eisyöpää aiheuttava pöly, joiden terveydelle haitallinen pitoisuus on yli 1,0 mg/m³ ja / tai tulenarka pöly ATEX Zone 22 sovellutuksissa.

Kuva 10 Pölynimureiden pölyluokitus (Rakennuskone www-sivut. 2018)

5.3.5 Muut menetelmät

Ilmanpuhdistus

Ilmanpuhdistusta voidaan käyttää osana osastoidun sekä alipaineistetun tilan pölyhallintaa. Ilmanpuhdistuksen tavoitteena on poistaa ilmassa olevia epäpuhtauksia kiertämällä tilassa olevaa sisäilmaa suodattimien läpi. Ilmanpuhdistuksessa käytetään vastaavia alipaine puhaltimia kuin osastoinnissa. Alipaineistuksesta ja siinä käytettävästä laitteistosta on kerrottu tämän opinnäytetyön kohdassa 5.3.2. Ilmanpuhdistuksen haittapuolena on varsinaisen ilmanvaihdon puuttuminen, jolloin tilassa oleva ilma ei vaihdu, vaan ainoastaan kiertää. Tämän lisäksi ilmanpuhdistus toimii vain täydentävänä pölyhallinta menetelmänä, osana alipaineistusta ja osastoitua tilaa. Useampien alipaineistajien hankinta työmaalle lisää kalustokustannuksia huomattavasti.

Kasteleminen

Kastelun avulla voidaan vähentää maanrakennustöistä aiheutuvan pölyn syntymistä. Ongelmana on suuri veden kulutus, mikäli kasteluvettä ei ole mahdollista ottaa luonnon vesistöistä.

5.4 Rakennustöiden puhtausluokitus P1 ja P2

Rakennustöiden puhtausluokituksen tarkoituksena on saada varmistus siitä, että rakennuksen tilat, joissa rakennustöitä on tehty, ovat puhtaat sekä rakennusaikaisten epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan rakennuksen käytön aikana on estetty. Lähtökohtana voidaan olettaa, että luovutettavat tilat ovat puhtaudeltaan sitä luokkaa, että tilat voidaan välittömästi ottaa käyttöön. Vaatimusten taso ja laajuus ovat riippuvaisia hankkeelle asetetusta sisäilmastoluokasta tai muusta tilaajan ja urakoitsijan välisestä kirjallisesta sopimuksesta. (RT 07-10946 2008, 11)

Keskeinen osa P1-puhtausluokkaa on rakennussiivous, jonka avulla vähennetään ilmassa leijuvan rakennuspölyn määrää sekä samalla estetään pölyn ylimääräinen leviäminen muihin tiloihin työmaalla työskentelevien jaloissa tai ilmasteitse.

Rakennussiivous voidaan jakaa työnaikaiseen-, toimintakoevalmis- ja loppusiivoukseen. Kaikissa siivouksessa on suositeltavaa käyttää HEPA-suodattimella varustettua keskuspölynimuria tai rakennusimuria sekä muuta, vaadittavan puhdistustuloksen saamiseksi tarvittavaa puhdistuskalustoa. (RT 07-10946 2008, 10-11)

Työnaikainen siivous on työmaa-aikana tapahtuvaa jatkuvaa tilojen puhtaana pitoa. Päivittäisellä imuroinnilla vähennetään siivouksen tarvetta luovutusvaiheessa. Toimintakoevalmis siivouksessa siivotaan myös ei-näkyvissä olevat pinnat kuten sähköarinat ja alakattojen yläpuoli. Lisäksi kaikki tiloihin kuulumattomat rakennusmateriaalit ja työkalut, sekä lattioiden ja kiintokalusteiden suojana olleet pahvit ja muovit on poistettava. Tarvittaessa puhdistuksessa käytetään nihkeäpyyhintää ja puhdistus- ja hoitoaineita rakennusmateriaalien valmistajan hoito-ohjeen mukaisesti. Luovutussiivouksessa siivotaan kaikki mahdolliset pinnat niin, että tilat voidaan ottaa välittömästi käyttöön. (RT 07-10946 2008, 10-11)

Siivouksen laadunvalvonta suoritetaan kahdessa osassa, ennen toimintakokeita ja ennen luovutusta. Laadunvalvonta tehdään pääosin silmämääräisesti arvioiden kaikkien

pintojen puhtaus, myös niiden tilojen, jotka jäävät piiloon muiden rakenteiden alle. Tarvittaessa pintojen pölykertymää voidaan arvioida geeliteippimenetelmällä INSTA-800- standardin liitteen D.1 mukaisesti. Pölynkertymän mittaus on suositeltavaa tehdä aikaisintaan 2 tunnin kuluttua viimeisimmästä siivouksesta, jotta leijaileva pöly on ehtinyt laskeutua. Pölynkertymien enimmäistasot on esitelty taulukossa 4

Arviointi kattaa katto-, seinä-, kaluste-, lattiapinnat sekä alakattojen yläpuoliset pinnat. Mikäli pinnat ovat puhtaat, voidaan talotekniikan ja muiden järjestelmien toimintakokeet aloittaa.

Ennen varsinaista luovutusta kaikki pinnat arvioidaan, myös kiintokalusteiden sisäpinnat. Yläpuolisten pintojen puhtautta ei tässä vaiheessa enää tarkisteta mikäli kattopinna on suljettu.

Talotekniikan ja muiden järjestelmien toimintakokeet voidaan aloittaa, kun riittävä puhtaustaso on saavutettu. Toimintakokeiden alettua tiloissa saa suorittaa vain pölyä aiheuttamattomia töitä, kuten paikkamaalausta ja loppusiivousta. Mikäli rakennushankkeen aikataulu edellyttää tilojen luovuttamisen vaiheittain, on käyttöön otettava tila erotettava työmaa-alueesta väliaikaisilla suojaseinillä. Työmaatilaa ja puhtaan tilan välinen paine-ero tulee tarkistaa ja tarvittaessa huolehtia puhtaan tilan lievästä ylipaineisuudesta työmaatiloihin päin. Näin estetään rakennuspölyn ja hajujen kulkeutuminen puhtaisiin tiloihin.

P2 luokan rakennustöiden puhtausluokitukselle ei ole asetettu vaatimuksia, mutta yleisesti riittävänä tasona voidaan pitää normaalia, hyvän rakentamistavan mukaista tasoa. (RT 07-10946 2008, 10-12)

| Tarkastusajan-kohta | Arvioitavat pinnat | Pölykertymä % |
|------------------------------------|---|---------------|
| Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita | <ul style="list-style-type: none"> • Alakaton yläpuoli • Pinnat yli 180 cm korkeudella • Pinnat alle 180 cm korkeudella (pl. lattiapinnat) | 5,0 |
| Ennen rakennuksen luovutusta | <ul style="list-style-type: none"> • Pinnat yli 180 cm korkeudella • Pinnat alle 180 cm korkeudella | 1,0 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Lattiapinnat | 3,0 |

Taulukko 4 Puhtausluokan P1 sallitut pölykertymät (RT 07-10946 2008, 11)

5.5 Pölynhallinnan kustannukset

Pölynhallinnan kustannukset muodostuvat pölynhallintaan käytettävästä laitteistosta, siivoustyön aiheuttamista henkilöstökustannuksista, suojaukseen ja osastointiin käytettävästä rakennusmateriaalista, mahdollisesta konsultoinnista sekä mittauksista. Kustannukset nousevat suhteessa puhtaustason vaatimusten kanssa. Alapuolella esitetty pölynhallinnasta aiheutuvat kustannukset sekä siitä saatavat hyödyt.

Pölynhallinnassa käytettävä laitteisto:

- Aiheuttaa vuokratkustannuksia, jotka riippuvaisia työmaan laajuudesta ja kestosta.
 - Ei huoltokustannuksia, laitteiden saatavuus toimittajasta riippuvaista
- Oman laitteiston ostaminen iso kertahankinta, pitkäkestoisilla työmailla halvempi vaihtoehto
 - Oma kalusto edellyttää toimivan huoltoketjun laitteiden toiminnan varmistamiseksi.
- + Toimiva ja oikein mitoitettu pölynhallintakalusto vähentää työmaa-aikaisten epäpuhtauksien leviämistä. Työmaan yleisilme paranee.
- + Työskentely olosuhteet paranevat, vaikutus työmotivaatioon positiivinen
- + Vähentää loppusiivouksen määrää

Suojaus ja osastointi

- Aiheuttaa materiaalikustannuksia, jotka ovat suhteessa työmaan laajuuteen ja keston. Materiaalikustannukset isossa mittakaavassa suhteellisen vähäisiä.
- Suojausten ja osastoinnin pystytys lisää työvoimakustannuksia, riippuvaisia työmaan laajuudesta ja kestosta.
- Tahdittavat työn tekoa, mikäli ovat edellytyksenä tietyn työvaiheen alkamiselle.
- + Rajaavat työmaa-aikaisen pölyn leviämistä muihin tiloihin sekä helpottavat syntyneen pölyn hallintaa.
- + Vähentävät siivouskustannuksia

- + Vähentävät kalustokustannuksia. Rajaamalla tiloja pienempiin alueisiin voidaan samalla pienentää käytettävän alipaineistus kaluston mitoitusta pykälää pienemmäksi.

Rakennusaikainen siivous sekä loppusiivous

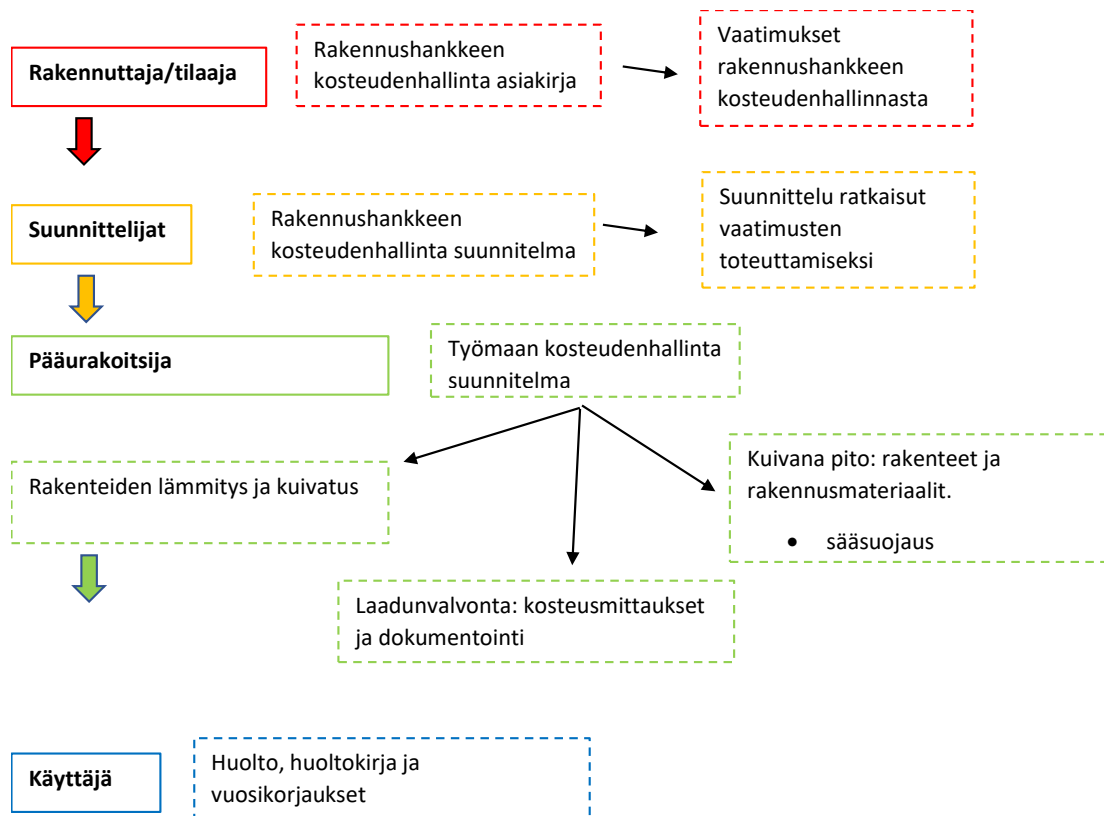
- + Työmaan siivous voidaan toteuttaa omana työnä tai alihankintana. Molemmista aiheutuu työvoimakustannuksia.
- + Estää tehokkaasti pölyn leviämisen työmaa-alueella.
- + Työolosuhteet paranevat. Vaikutus työmotivaatioon positiivinen
- + Rakennusaikainen siivous vähentää loppusiivouksen määrää ja samalla helpottaa loppusiivouksen aikatauluttamista.

Konsultointi ja mittaukset

- Konsultointi ja pölymittaukset tyypillisesti käytössä vain P1-luokassa. Toimii osana tilaajan laadunvalvontaa. Tyypillisesti lisää siivouskustannuksia ja aikataulu painetta hankkeen loppuvaiheessa.
- Puolueeton mielipide kohteen puhtaustasosta vähentää hankkeen jälkeisiä selvittelyitä osapuolten kesken.

6 KOSTEUDENHALLINTA

Rakentamisen kosteudenhallinta ymmärretään usein pelkästään rakentamisvaiheen sääsuojauksena. On kuitenkin tärkeää ymmärtää, että kosteudenhallinta kattaa koko rakentamisprosessin: rakennuttamisen, suunnittelun, työmaa toteutuksen, valvonnan ja dokumentoinnin. Huomioimalla kaikki osa-alueet, voidaan luoda hyvät lähtökohdat rakennuksen käytönaikaiselle ylläpidolle. Rakennusprosessin liittyvät kosteudenhallinnan osa-alueet eritelty suppeasti kuvassa 11. (Seppälä 2013, 26)



Kuva 11 Rakennusprosessiin liittyvä kosteudenhallinnan osa-alueet

6.1 Kosteudenhallintasuunnitelma ja -asiakirja

Kosteudenhallinta-asiakirjassa rakennuttaja määrittelee hankkeeseen liittyvät kosteudenhallinnan tavoitteet sekä toimintaperiaatteet jatkotyöskentelyn toteuttamiseksi. Rakennuttajan tehtävä on varmistua siitä, että hanke johdetaan, suunnitellaan ja rakennetaan siten, että vältetään kosteuden aiheuttamilta ongelmilta. Rakennuttaja asettaa hankkeelle siis laatutavoitteet. Kosteudenhallinta-asiakirjaan merkityt tavoitteet toimivat suunnittelijoiden ja toteuttajien ohjenuorana hankkeen kosteudenhallinnassa. Suunnitteluvaiheen aikana muodostetaan kosteudenhallinta-asiakirjan pohjalta kosteudenhallintasuunnitelma, jonka tietoja urakoitsija voi käyttää apuna laatiessaan työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaa. Alustavaa asiakirjaa on päivitettävä hankkeen edetessä sitä mukaan, kun hankkeeseen liittyvät suunnitelmat täsmentyvät. Rakennushankkeeseen ryhtyvä luo omalla toiminnallaan pohjan hankkeen kosteustekniselle onnistumiselle. Kosteudenhallinnan laatutavoitteet voidaan jakaa esimerkiksi seuraaviin eri osa-alueisiin:

- Projektinhallinta
 - Kosteudenhallinta-asiakirja
 - Laatutavoitteiden määrittely ja riskitarkastelu
 - Valvontatoimenpiteet
 - Kosteusriskiluokka
 - Kosteudenhallinnan menettelytaso
- Suunnitteluratkaisut
 - Kosteudenhallintasuunnitelma
 - Rakennuspaikan kuivatus
 - Perustusten kosteudenhallinta
 - Vaipan toimivuus
 - Märkätilaratkaisujen toimivuus
 - Talotekniset ratkaisut
- Työmaanosuohdehallinta
 - Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma
 - Rakenteiden kuivumisaika-arvio
 - Kuivumiseen liittyvä aikataulu
 - Sääsuojaussuunnitelma
 - Rakennusmateriaalien varastointi suunnitelma
 - Kosteusmittaussuunnitelma
- Ylläpito ja käyttö
 - Huolto + huoltokirja
 - Vuosikorjaukset

(kosteudenhallinta.fi www-sivusto, 2018)

Kosteudenhallintasuunnitelman toteutumista, sekä samalla sen onnistumista, seurataan rakennusvaiheessa säännöllisesti suoritettavilla kosteusmittauksilla. Kaikista mittauksista on kannattavaa tehdä kirjallinen raportti tai muistiinpano. Rakennushankkeen loputtua rakennusaikaiset toteumatiedot luovutetaan rakennuksen omistajalle tai kiinteistöhuollosta vastaavalle taholle osana huoltokirjaa. Toteumatietoja ovat muun muassa rakennusaikaiset kosteusmittausraportit. (kosteudenhallinta.fi www-sivusto, 2018)

6.1.1 Kuivaketju10- toimintamalli

Kuivaketju10 on Oulun rakennusvalvonnan kehittämä rakennusprojektin toimintamalli, jonka avulla pyritään ehkäisemään rakennusten kosteusvaurioita niiden elinkaaren aikana. Olennainen osa toimintamallia on kosteusriskien torjumisen sekä torjunnan onnistumisen todentaminen luotettavalla tavalla. Toimintamalli sisältää kuivaketju10-riskilistan ja todentamisohjeen, joissa on esitetty kymmenen tyypillisintä kosteusriskiä. Torjumalla nämä riskit, vältetään yli 80% kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista. Kuivaketju10 riskilista on esitetty kuvassa 12.

- | | | | |
|-----------|--|------------|---|
| 1. | Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita. | 6. | Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja. |
| 2. | Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle. | 7. | Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet. |
| 3. | Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan. | 8. | Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen. |
| 4. | Kosteutta siirtyy ilmansulkerakkeksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi. | 9. | Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen. |
| 5. | Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin. | 10. | Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti. |

Kuva 12 Kuivaketju10 riskilista (kuivaketju10 www-sivut, 2018)

Kuivaketju10 toimintamalli lähtee liikkeelle rakennushankkeeseen ryhtyvän tahdosta toteuttaa hanke toimintamallin mukaisesti. Toimintamalli velvoittaa hankkimaan hankkeelle kosteudenhallintakoordinaattorin valvomaan kuivaketju10- toteutumista. Kosteuskoordinaattorista on kerrottu tarkemmin tämän opinnäytetyön kappaleessa 6.1.2.

6.1.2 Kosteuskoordinaattori

Kosteuskoordinaattori on tilaajan tai rakennuttajan rakennushankkeeseen valitsema suunnittelijoista ja urakoitsijoista riippumaton asiantuntijataho, jonka tehtävä on valvoa kuivaketju10- toimintamallin noudattamista työmaalla. Mikäli hankkeeseen ryhtyvä tilaaja on sama kuin hankkeen urakoitsija, tulee kosteuskoordinaattori valita tilaajaorganisaation ulkopuolelta. (kuivaketju10 www-sivut, 2018)

6.2 Laadunvalvonta, laatutavoitteet ja dokumentointi

Laadunvalvonnan tehtävänä on luoda pohja rakennushankkeelle asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Rakennushankkeen laadunvalvonnan ja tavoitteiden pääkohdat määritetään työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa. Laadunvalvonta sitoo työmaanresursseja koko työmaan rakentamisen ajan. Laadunvalvonnan laajuus, taso ja sen edellyttämät resurssit riippuvat tilaajan hankkeelle asettamista vaatimuksista.

Laadunvalvonta aiheuttaa huomattavia kustannuksia, mutta sen positiiviset vaikutukset ovat pitkällä aikavälillä kuluja suuremmat. Huolimatta tilaajan laadunvalvonnasta tai sen puutteellisuudesta, on kehittyvällä rakennusalan toimijalla suotavaa olla omaan laadunvalvontaan perustuva järjestelmä, jota täydentämällä kyetään vastaamaan tilaajan vaatimuksiin. Rakentajien tulisikin keskittyä rakentamisen hinnan sijasta rakentamisen laatuun. Laadunvalvonnalla saavutettavia etuja on esitetty kaaviossa 3.



Kaavio 3 Laatutekijöiden merkitys (Toivari 2011, 34)

6.3 Rakenteiden kuivuminen

6.3.1 Betonirakenteen kuivuminen

Tuoreen betonin suhteellinen kosteus (RH) on 100 %. Betonimassan kovettuessa osa valmistamisessa käytettävästä vedestä sitoutuu kemiallisen reaktion, hydrataation seurauksena. Hydrataation jälkeen betonin huokosrakenteen suhteellinen kosteus vaihtelee 90–98% välillä. Ajan kuluessa betonin suhteellinen kosteus asettuu tasapainokosteuteen ympäristön kanssa, suhteellisen kosteuden laskiessa RH 50–60%:iin. Rakennusaikana betonirakenteen ei tarvitse kuivua tasapainokosteuden tasolle vaan mitoitavana tekijänä ovat rakenteen pinnoitemateriaalin kosteudenkestävyys. Useimpien pinnoitteiden vaatimuksena on, että suhteellinen kosteus (RH), on arvostelusyvyydeltä mitattuna 80-90%. Aika, jonka betonirakenne tarvitsee kuivuakseen vaadittuihin arvoihin vaikuttavat muun muassa:

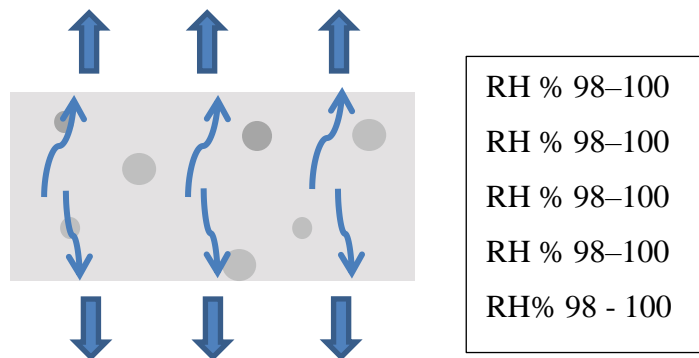
- Betonilaatu
 - Betonin vesisementtisuhde vaikuttaa betonin tiiviyyteen. Mitä alhaisempi suhde on, sitä tiiviimpää on betoni. Tiiviin betonin vesihöyrynvastus taas on suurempi kuin huokoisen betonin, jolloin vesihöyryn poistuminen rakentamisesta hidastuu. Kuitenkin vesisementtisuhteen ollessa alhainen rakenteessa olevan sitoutumattoman veden määrä on pienempi. (Merikallio, Niemi, Kononen 2007, 20–23)
- Rakenteen paksuus
 - Rakennepaksuuden kasvattaminen hidastaa betonin kuivumista huomattavasti. Hidastuminen johtuu kosteuden ja haihtumiskykyisen pinnan välimatkan kasvamisesta. Rakennepaksuuden tuplaaminen saattaa joissain olosuhteissa nelinkertaistaa rakenteen kuivumisajan. (Merikallio, Niemi, Kononen 2007, 20–23)
- Kuivumissuunnat
 - Kuivuminen voi tapahtua vaakasuuntaan olevissa rakenteissa ylös ja alaspäin sekä pystysuuntaan olevissa rakenteissa ulos- ja sisäänpäin.

Rakenteen kuivuminen kahteen suuntaan nopeuttaa kuivumista. (Merikallio, Niemi, Kononen 2007, 20–23)

- Kuivumisolosuhteet
 - Ilman kosteuden tulisi olla riittävän alhainen, suositeltu RH 50 %. Alhainen kosteuspitoisuus mahdollistaa betonista haihtuvan vesihöyryn sitoutumisen sisäilmaan. Kuivauksen suunnittelussa tulee kuitenkin huomioida betonirakenteen liian nopean kuivumisen aiheuttamat haittavaikutukset, muun muassa kuivumiskutistuma, halkeilu ja viruma.
 - Lämpötilan tulisi olla vähintään 20 astetta. Lämpötilan noustessa betonin huokosten ilmatilan vesihöyrynpaine kasvaa ja siten nopeuttaa kosteuden haihtumista sisäilmaan. Betonin lämpötilan noustessa kymmenellä asteella, betonin kuivuminen kasvaa 1,5-kertaiseksi. Esimerkiksi betonin lämpötilan nousu +10 asteesta +30 asteeseen, merkitsee teoriassa kuivumisajan puolittumista.
 - Rakennusaikainen kastuminen hidastaa kuivumisprosessia merkittävästi. Mitä myöhäisemmässä vaiheessa betonirakenne kastuu sitä kauemmin sen kuivuminen kestää, johtuen betonirakenteen pintaosien tiivistymisestä hydrataation seurauksena. (Merikallio, Niemi, Kononen 2007, 20–23)

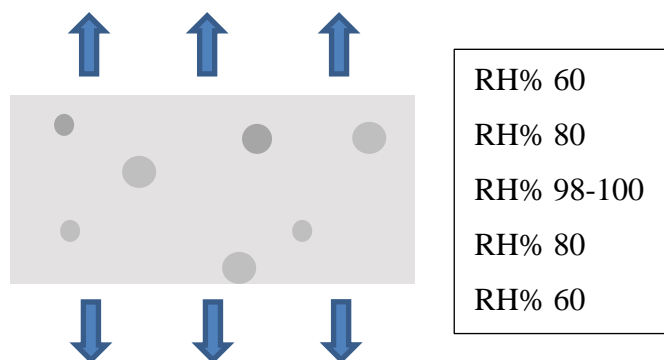
Betonin kuivuminen voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin, sitoutumis- ja haihtumiskuivumiseen. Sitoutumiskuivuminen on sitä suurempaa mitä enemmän betonimassa sisältää sementtiä. Erikoisnopeiden "pikamassojen" toiminta perustuuakin suurelta osin sementin määrän kasvattamiseen suhteessa muihin raaka-aineisiin. (Merikallio, Niemi, Kononen 2007, 20–23)

Haihtumiskuivumisessa betonin kuivuminen perustuu kosteuden nousemiseen rakenteen sisältä kohti pintaa, josta se haihtuu ympäröivään ilmaan. Kuivumisen alkuvaiheessa, rakenteen pinnan ollessa vielä märkä, rakenteessa oleva kosteus poistuu tehokkaasti kapilaarisen kosteuden siirtymisen ja diffuusion yhteisvaikutuksesta. Alkuvaiheen kuivuminen on esitetty kuvassa 13. (Merikallio, Niemi, Kononen 2007, 20–23)



Kuva 13 Haihtumiskuivumisen ensimmäinen vaihe (Merikallio, Niemi, Kononen 2007, 21)

Alkuvaiheen tehokas kuivuminen kestää suhteellisen vähän aikaa. Kuivuminen hidastuu huomattavasti betonipinnan kuivuttua, jolloin kapillaarinen kosteuden siirtyminen rakenteen sisältä estyy lähes täysin. Tämän jälkeen rakenne kuivuu vain diffuusion vaikutuksesta kuvan 14 mukaisesti. (Merikallio, Niemi, Kononen 2007, 21–23)



Kuva 14 Haihtumiskuivumisen toinen vaihe (Merikallio, Niemi, Kononen 2007, 21)

6.3.2 Kosteusmittaus suunnitelma

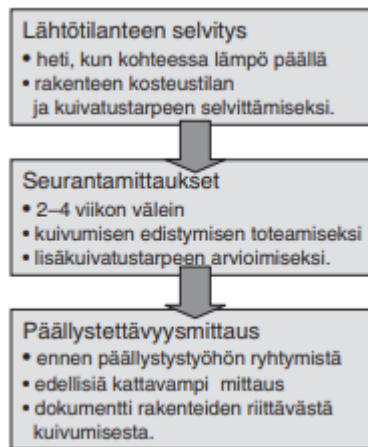
Kosteudenhallintaan liittyviä mittauksia ovat sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaukset sekä rakennekosteusmittaukset. Mittausten tulosten perusteella pystytään tarkentamaan rakennekosteudesta riippuvaisten työvaiheiden aikatauluja, arvioimaan kuivaus- ja lämmityskaluston riittävyyttä suhteessa suunniteltuihin aikatauluihin sekä

todentamaan rakenteiden riittävä kuivuminen ennen päällystämistä. Kosteusmittausten kulkua on esitetty kaaviossa 5.

Lähtötilanteeseen vaikuttavat työmaan rakennusvaihe sekä vallitsevat sääolosuhteet. Usein lähtötilanteessa rakennuksen vesikatto ei ole vielä vesitiivis. Tästä johtuen myös alimpiin kerroksiin saattaa valua sadevesiä. Talvikaudella rakenteiden kylmyys vaikeuttaa mittausten tulkintaa.

Seurantamittausten avulla seurataan rakenteiden kuivumisaikataulun toteutumista ja tarvittaessa lisätään kuivatus ja lämmityskalustoa, mikäli rakenteiden kuivuminen ei etene suunnitellulla tavalla. Päällystettävyyssmittauksen tarkoituksena on varmistua rakenteen riittävästä kuivumisesta ennen rakenteen päällystämistä. Päällystettävyyden raja-arvot määräytyvät useimmin valmistajan ilmoittaman arvon mukaisesti. Vaihtoehtoisesti voidaan noudattaa RYL tai BY43 antamia yleisiä raja-arvoja.

Kosteusmittauksissa pääsääntöinen mittausmenetelmä on porareikä- tai näytepalamittaus, jonka avulla mitataan betonirakenteen suhteellista kosteutta. Edellä mainittuja mittausmenetelmiä on käsitelty tämän opinnäytetyön kappaleissa 6.4.1 ja 6.4.2.



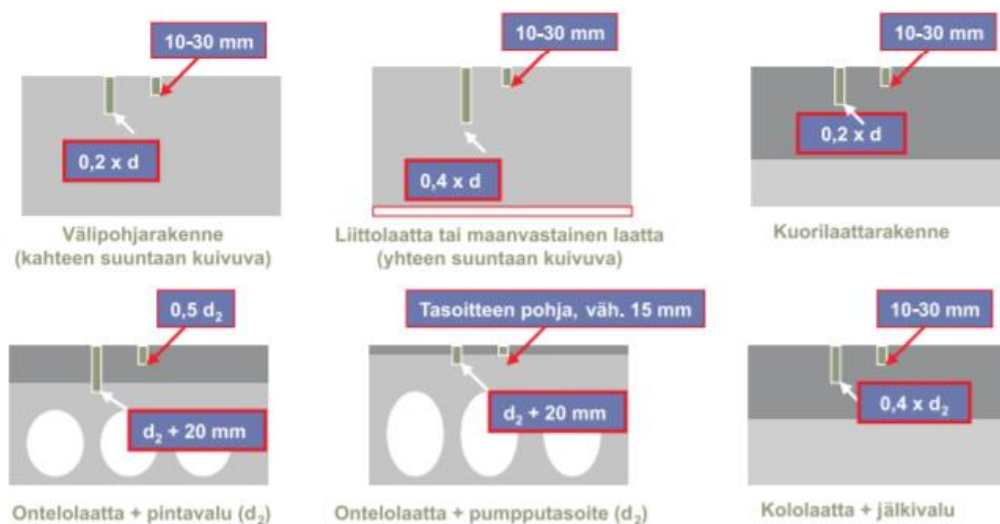
Kaavio 5 Kosteusmittausten kulku (Merikallio 2002, 552)

6.4 Mittaustekniikka

Rakennusten kosteudenhallinnan tärkeimpiä osa-alueita on rakenteiden kosteusmittaus. Kosteusmittauksen avulla pystytään seuraamaan rakenteiden kuivumista, joka helpottaa työmaan aikataulujen yhteensovittamista. Mittauksia suoritetaan koko rakennusvaiheen ajan, hankkeelle laaditun mittaussuunnitelman mukaisesti.

6.4.1 Porareikämittaus

Porareikämittaus suoritetaan rakenteeseen porattavasta reiästä, jonka halkaisija tyypillisesti on minimissään 16mm. Laitekohtaiset mittausreiän vaatimukset on selvitettävä ennen reiän tekoa. Reiän syvyyteen vaikuttavat rakenteen paksuus sekä kuivumissuunnat kuvan 15 mukaisesti. Maksimi mittaussyvyys kaikissa tapauksissa on 70mm. (RT 14-10984, 2-4)



Kuva 15 Porareikämittauksen mittausreiän syvyys eri rakenteissa (Niemi 2006, 67)

Mittauksessa käytettävä laitteisto koostuu näyttölaitteesta ja mittapästä. Osa laitteista toimii myös tiedonkeräysyksikköinä eli loggereina. Loggerimittauksessa mittausyksikkö voidaan asentaa mittausreikään halutun ajanjakson ajaksi, jonka aikana yksikkö mittaa mittausreiässä vallitsevaa suhteellista kosteutta sekä lämpötilaa. Yksikkö tallentaa mittautiedot tai vaihtoehtoisesti lähettää ne internetin pilvipalveluun, josta tiedot ovat ajantasaisesti seurattavissa. Laitteen ominaisuudet ja mittausvirhemarginaali riippuvat valmistajasta sekä laitteen tyypistä.

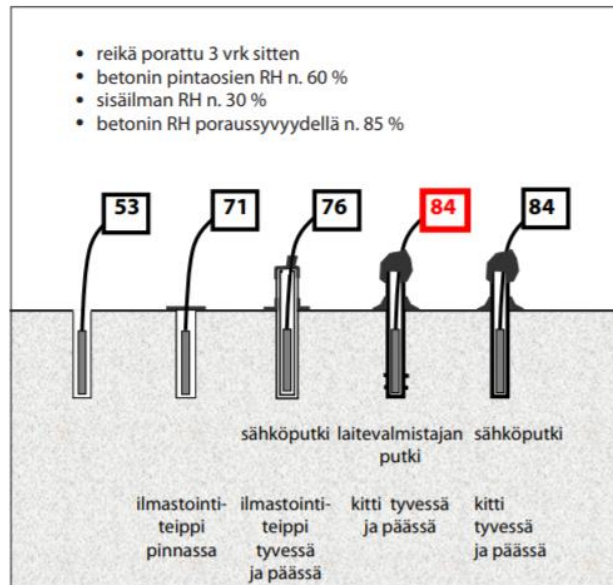
Porareikämittauksen työvaiheet RT 14-10984 mukaisesti:

- Selvitetään mitattavan rakenteen paksuus, rakenne sekä mahdolliset lattiassa kulkevat LVIS-asennuksen ennen reiän porausta. Apuna voidaan käyttää lämpökameraa sekä rakennusaikaisia suunnitelmia.
- Porataan vaadittavan kokoinen reikä rakenteeseen. Poistetaan porauksessa syntyvä betonipöly rakennusimurilla. Imuroidaan porattu mittausreikä huolellisesti.

- Putkitetaan mittausreikä esimerkiksi muovisella sähköputkella. Putki painetaan mittausreiän pohjaan. Tiivistetään betonin ja putken sauma elastisella massalla.
- Tiivistetään putken avoin pää esimerkiksi sinitarralla. Annetaan kosteuden tasaantumisaikaa mittausputkessa 3 vuorokautta.
- Suoritetaan varsinainen mittaus. Poistetaan putken yläpäässä oleva sinitarra ja asetetaan mittapää putken sisään. Tiivistetään putken yläpää uudelleen sinitarralla. Annetaan mittauspään tasoittua putkessa vallitsevaan kosteustasoon. Tasoittumisaika on riippuvainen mittalaitteesta. Luetaan mittauksien tulokset mittalaitteesta. (RT 14-10984, 2-6)

Porareikämittaukseen vaikuttavia epävarmuustekijöitä on runsaasti. Yleisin mittauksessa tapahtuva virhe on mittausputken puutteellinen tiivistys. Kuvassa 16 on arvioitu eri tiivistysmenetelmien vaikutusta lopulliseen mittauksentulokseen. Kuvasta voidaan todeta puutteellisen tiivistyksen aiheuttavan mittauksentuloksen vääristymistä alaspäin. Tästä johtuen rakenteen todellinen kosteuspitoisuus onkin korkeampi mitä mittauksen perusteella oletetaan. Puutteellisen tiivistyksen lisäksi muita yleisiä mittausvirheitä aiheuttavia osatekijöitä ovat muun muassa:

- Porareiän vajaa porausvyvyys tai tasaantumisaika.
 - Porareiän puutteellinen puhdistus.
 - Mitattavan betonirakenteen alhainen lämpötila tai lämpötilan vaihtelut mittauksen aikana.
 - Ympäröivän sisäilman alhainen lämpötila tai lämpötilan vaihtelu mittauksen aikana.
 - Mittalaitteen kalibrointi tai muu mittalaitteesta johtuva tekninen vika.
- (Merikallio, Niemi, Komonen 2007, 82)



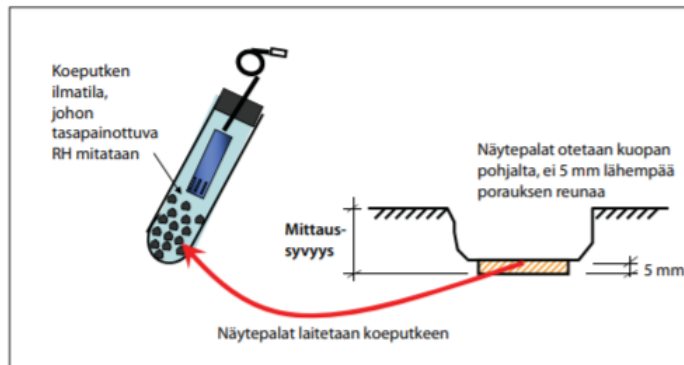
Kuva 16 Tiivistyksen vaikutus porareikämittauksen lopputulokseen (RT 14-10984, 11)

6.4.2 Näytepalamittaus

Näytepalamenetelmä on porareikämittauksen ohella, ohjeiden mukaan suoritettuna, luotettava tapa määrittää betonin suhteellinen kosteus. Näytepalamittauksen työvaiheet RT 14-10984 mukaisesti.

- Betoniin tehdään ympyräura käyttämällä kuivamenetelmää (esimerkiksi kuivaporakruunua). Uran halkaisija on noin 50-100mm ja syvyys noin 5mm haluttua mittaussyvyyttä vähemmän. Mittaussyvyys määräytyy kuvan 15 mukaisesti.
- Ympyräuran sisäosa piikataan pois. Kuopan pohjalta piikataan mahdollisimman suuria betonimursia, jotka siirretään mittausputkeen. Betonimurusten koko riippuu mittausputken halkaisijasta. Betonimursia voi käsitellä paljain käsin. Mittausputkeen laitetaan vain halutulta mittaussyvyydeltä otettuja mursia. Tämä työvaihe on esitetty kuvassa 17.
- Näytemäärän mittausputkessa tulee olla vähintään 1/3 putken tilavuudesta.
- Mittausputken sisälle asetetaan mittausanturi ja putkeen suuaukko suljetaan elastisella massalla, esimerkiksi sinitarralla.

- Mittausanturin annetaan tasaantua mittaputkessa laitevalmistajan ilmoittaman ajan. Tyypillinen aika on 5-12h. Tasaantumisaikana mittausputkea tulee säilyttää vakiolämpötilassa, joka tyypillisesti on +20 astetta. (RT 14-10984, 6-8)



Kuva 17 Näytepalamenetelmän näytteenotto tilanne (RT 14-10984, 7)

6.4.3 Pintamittaus

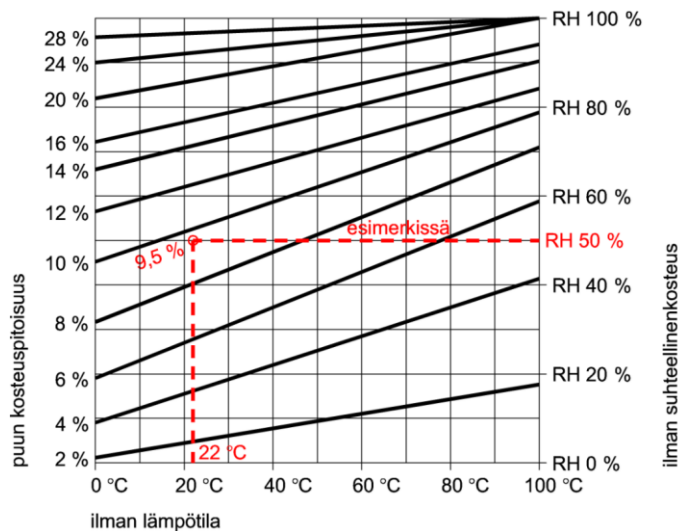
Pintakosteusmittarit mittaavat materiaalin sähkönjohtavuutta, joka vaihtelee materiaalin kosteuden mukaan. Mittarien ilmoittama lukema perustuu yleisesti valmistajan omaan asteikkoon (kuiva-kosteus-märkä) eikä sen avulla voida määrittää betonin suhteellista kosteuspitoisuutta, ainoastaan onko materiaalin pinta märkä vai ei. Mittauksessa tulee noudattaa mittauslaitevalmistajan ohjeita sekä huolehtia laitteiston säännöllisestä kalibroinnista. Pintakosteusmittarin avulla ei missään tilanteessa voi tehdä virallista pinnoitettavuus päätöstä. Pintakosteusmittarin avulla voidaan samasta rakennosasta, esimerkiksi betonilattiasta, arvioida kosteuspitoisuuksien kohoamia eri alueilta. Pintamittauksen virhemarginaali vaihtelee suuresti sillä kaikki sähköä johtavat materiaalit häiritsevät mittaustulosta, esimerkkinä lähes pinnassa oleva betonilattian rauditusverkko tai lattialämmityskaapeli. (Niemelä 2014, 65)

6.4.4 Puun kosteuden mittaus

Puun kosteuspitoisuudella tarkoitetaan puussa olevan kosteuden massan suhdetta puun absoluuttiseen kuivapainoon. Kosteuspitoisuus ilmoitetaan yleisesti prosentteina. (Puuinfo www-sivut, 2018) Puun kosteutta mitataan tyypillisesti piikkimitauksella. Piikkimitaus perustuu puumateriaalin resistanssin mittaukseen sähkönjohtavuuden

avulla. Mitä kosteampaa puu on, sitä pienempi sähkövastus sillä on. Piikkimittaus on tärkeää suorittaa samaan suuntaan puun syiden mukaan ja varmistua piikkien olevan samalla mittaussyvyydellä. Tämän lisäksi mittauksessa tulee noudattaa laitekohtaisia valmistajan ohjeita, puulajikohtaisia mittauservoja sekä huolehti laitteen kalibroinnista. (Niemelä 2014, 65)

Puun kosteuspitoisuus ei ole absoluuttinen arvo, vaan riippuvainen ilman suhteellisesta kosteudesta taulukon 5 mukaisesti. Esimerkkinä sisäilmanlämpötila on +22 astetta ja RH on 50%. Tällöin taulukon 5 mukaisesti puun kosteuspitoisuuden tulisi olla 9,5%. Puu on materiaalina hygroskooppinen, jonka ansiosta se kykenee sitomaan ja luovuttamaan kosteutta. Ominaisuutta voidaan käyttää hyödyksi rakennusten eristämateriaaleissa, jolloin kosteuden liikkuminen rakenteessa tasaantuu. (Puuinfo www-sivut, 2018)

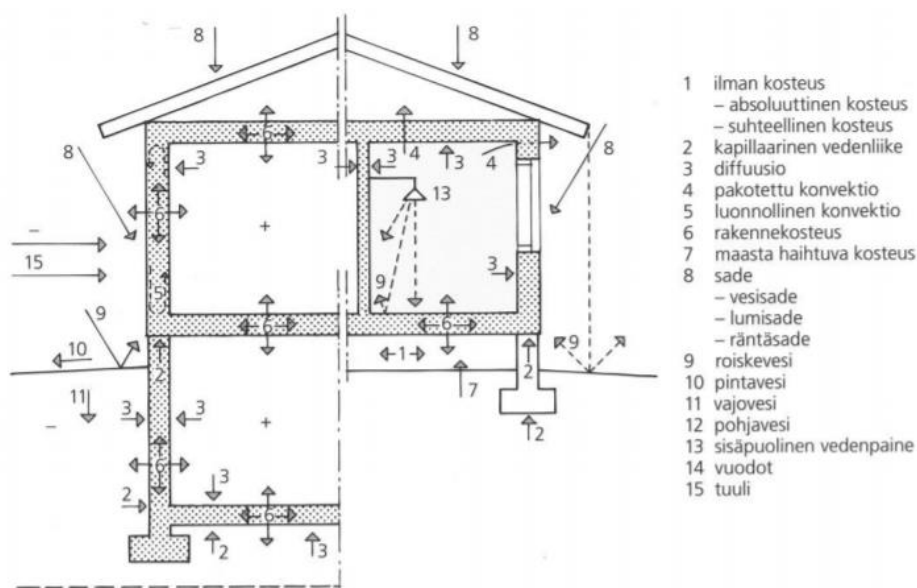


Taulukko 5 Puutavaran kosteuspitoisuuden riippuvuus ilman suhteellisesta kosteudesta ja lämpötilasta (Puuinfo www-sivut, 2018)

6.5 Kosteudenhallinnan ongelmat rakennustyömaalla

Merkittävä syy kosteus- ja homeongelmien syntyyn ovat rakentajien asenteet. Vastarinta uusia menetelmiä ja materiaaleja kohtaan on paikoittain suurta. Usein vastarintaa perusteellaan, että ”näin on aina toimittu ja niin toimitaan nytkin”. (Seppälä 2013, 5)

6.6 Kosteuslähteet rakennustyömaalla



Kuva 18 Rakennuksen kosteusrasitukset (Siikanen 2014, 65)

”Rakennuksen valmistumis- ja käyttöönottovaiheessa rakennusaineissa ja rakenteissa oleva rakennuskosteus on peräisin materiaalien valmistusprosessissa käytetystä vedestä ja rakennustuotteiden kuljetuksen, varastoinnin ja rakennustyön aikana tapahtuneesta kastumisesta.” (RIL 250 2011, 68.) Työmaa-aikaisia kosteuslähteitä on esitetty kuvassa 18. Suurimmat kosteusrasitukset aiheutuvat sadevesistä sekä betonin valmistukseen käytettävästä vedestä.

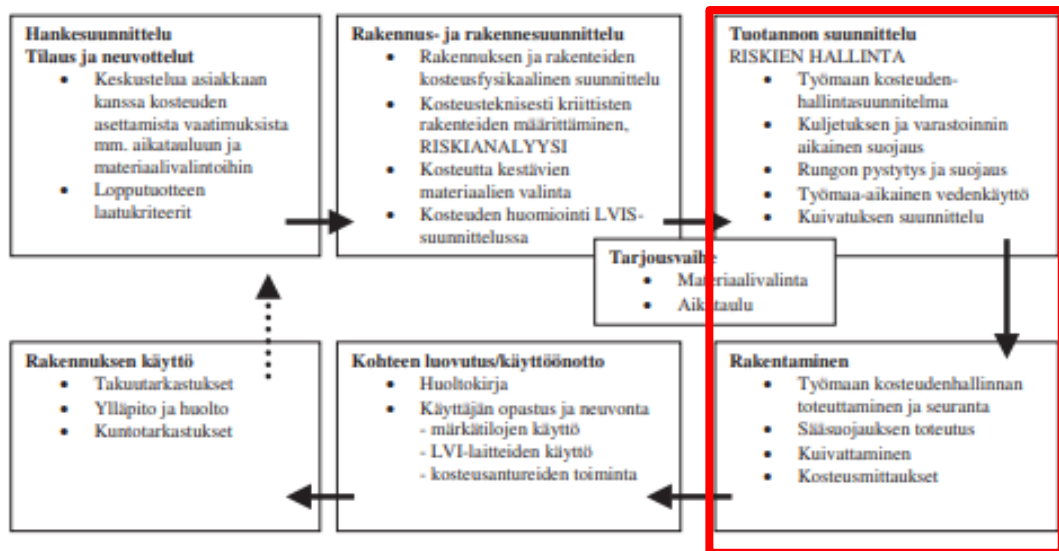
Monissa työvaiheissa tarvitaan vettä. Esimerkiksi valutyöt, tasoitetyöt ja timanttipooraus. Työvaiheissa, joissa käsitellään vettä yhdistettynä sementti pitoisiin rakennusmateriaaleihin, osa käytettävästä vedestä sitoutuu kemiallisesti rakenteeseen. Jäljelle jäänyt osa haihtuu rakenteesta diffuusion välityksellä sisäilmaan (Siikanen 2014, 78.)

6.7 Kosteudenhallinta menetelmät

” Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen”. (YM asetus 782/2017§13)

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaa voidaan lisäksi täydentää rakennuttajan vaatimuksin, jotka on esitetty työmaan kosteudenhallinta-asiakirjassa. Asiakirjan sisältö määrittää pitkälti kosteudenhallinnan taloudelliset reunaehdot.

Kaaviossa 5 on käyty läpi rakennuksen elinkaaren aikainen kosteudenhallintaprosessi. Tuotantovaiheen kosteudenhallinta voidaan eritellä kaavion 5 mukaisella tavalla.



Kaavio 5 Rakennuksen elinkaariaikainen kosteudenhallintaprosessi (Merikallio 2002, 500)

Tuotantovaiheen kosteudenhallinta

- Työmaan kosteudenhallinta suunnitelman laatiminen ja sen noudattamisen valvonta sekä toteuttaminen
 - Valvonta ja virheisiin puuttuminen
 - Dokumentointi
- Kuljetuksen ja varastoinnin aikainen suojaus
 - Ohjeistus rakennusmateriaalien toimittajille
 - Työmaa-aikaisen suojauksen toteutus
 - Työmaa-aikaisen varastoinnin suunnittelu
- Rungon pystytys ja suojaus
 - Holvivesien poiston järjestäminen
 - Runkovaiheen suojaus
 - Mahdollinen sääsuojaus
- Työmaa-aikainen vedenkäyttö

- Vettä vaativat työvaiheet
- Kuivatuksen suunnittelu
 - Kuivumisaika-arviot
 - Kosteusmittaussuunnitelma
 - Tarvittavat kuivaimet
 - Tarvittavat lämmittimet
 - Veden poistamiseen tarvittava kalusto

6.7.1 Vaurioituvien rakenteiden ja rakennusmateriaalien suojaus

Vaurioituvien rakenteiden suojaus on oleellinen osa rakennuksen kosteudenhallintaa. Vaurioituvilla rakenteilla tarkoitetaan rakenteita, joissa käytetyt rakennusmateriaalit eivät kestä ylimääräistä kosteusrasitusta. Erityisen herkkiä vaurioitumaan ovat muun muassa kipsilevyt ja sisustuspuutavara. Eri materiaalien suositeltavia säilytys olosuhteita on esitetty taulukossa 6

Rakenteiden ja rakennusmateriaalien suojausmenetelmän valintaan vaikuttavat:

- Kosteudenhallintasuunnitelma
- Rakennuksen sijainti, koko ja muoto
- Rakenneratkaisut
- Rakennusmateriaalit
- Rakentamisajankohta
- Työjärjestys ja aikataulut
- Suojauksen aiheuttamat kustannukset

(Teriö 2011, 17)

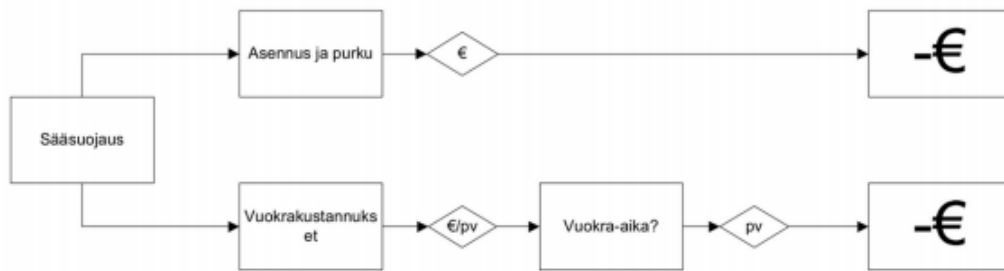
- Suojauksessa käytetään kevytpeitteitä, joiden tulee peittää koko suojattava materiaali. Peite on asetettava niin, ettei vesi lammikoidu materiaalien päälle.
- Suojauksen on ehjä ja yhtenäinen, mutta kuitenkin tuulettuva. Peitteiden ei tule olla kiinni suojattavassa materiaalissa vaan väliin tulee jättää tuuletusrako esimerkiksi laittamalla puurima peitteen ja rakennusmateriaalien väliin.
- Peitteet on kiinnitettävä huolellisesti. Kiinnittäminen voidaan tehdä sitomalla peitteet helmastaan tai asettamalla helman päälle painoja.
- Materiaalit tulee irrottaa maasta. Yleisesti käytetään puulavoja niiden helpon ja nopean liikuteltavuuden vuoksi. Suositeltava korkeus maasta vaihtelee vuodenajan mukaan, mutta nyrkkisääntönä voidaan pitää 10-20cm korkeutta irti maasta.
- Kosteudesta vaurioituneet materiaalit tulee poistaa käyttökelpoisten materiaalien joukosta ja hävittää työmaan jätehuoltosuunnitelman mukaisesti. Vaurioitumisen aiheuttaja on selvitettävä ja korjattava.

(Sahlsted, Lindberg 2014, 157-161)

6.7.2 Rakennuksen sääsuojaus

Rakennuksen sääsuojauksella tarkoitetaan rakennuksen osittaista tai kokonaan suojaamista vallitsevilta sääoloilta. Sääsuoja koostuu kantavasta metallirungosta, varsinaisesta sääsuoja peitteestä sekä työmaakohtaisesta ankkurointi välineistöstä. Sääsuojan tehtävä on mahdollistaa optimaaliset työskentelyolosuhteet suojan sisäpuolelle, huolimatta suojan ulkopuolella vallitsevasta säätilasta.

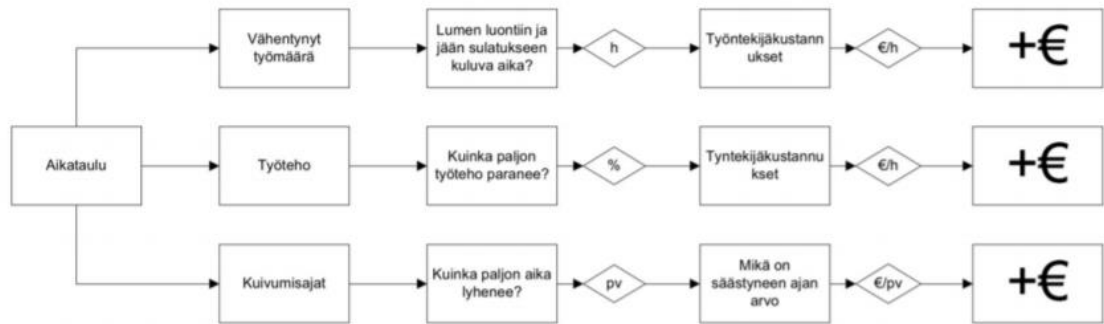
Rakennuksen sääsuojauksen lähtökohdat luodaan hankesuunnittelussa, jossa rakennuttaja esittää vaatimuksensa työmaa-aikaisesta kosteudenhallinnan tasosta. Vaatimukset esitetään kosteudenhallinta-asiakirjassa. Sääsuojan mitoitus on aina tapauskohtainen, johon vaikuttavat rakennuksen muoto, rakennuspaikan sijainti sekä sääsuolta vaadittavat muut ominaisuudet. Sääsuojauksen kustannukset muodostuvat suojan vuokrauksesta sekä asennus- ja purku kustannuksista kaavio 6 mukaisesti.



Kaavio 6 Sääsuojauksen aiheuttamien kustannusten muodostuminen (Toivari 2011, 47)

Sääsuojan aiheuttamien kulujen vastapainoksi saavutetaan sen avulla merkittäviä kustannussäästöjä erityisesti runkovaiheen osuessa talvikuukausille. Kaaviossa 7 on esitetty sääsuojauksen vaikutusta aikatauluun. Taloudellisten hyötyjen lisäksi työmaan imago työntekijöiden ja ulkopuolisten silmissä paranee. Imagon parantumisen vaikutusta on vaikea mitata taloudellisesti. Säästöjä saavutetaan:

- Talvitöiden poisjäänti
 - Ei lumi- tai sulatus töitä holvilla runkovaiheessa
- Vähentynyt energian kulutus
 - Lämmitysenergiaa ei kulu lumen ja jään sulatukseen vaan ainoastaan rakenteiden lämmitykseen.
 - Vähentynyt rakenteiden kuivauksen tarve
- Pienentyneet työterveys kustannukset
 - Liukastumisen riski rakennuksessa pienenee
- Työteho paranee
 - Työskentelyolosuhteet ovat kuivat ja lämpimämmät kuin ilman sääsuojaa. Työtehon paranemisesta saatavien hyötyjen mittaaminen on haastavaa.
- Rakentamisaikataulu lyhenee
 - Ei talvitöitä
 - Betonirakenteiden tehokkaampi kuivuminen



Kaavio 7 Sääsuojauksen vaikutus kuluihin aikataulutuksen kautta (Toivari 2011, 35)

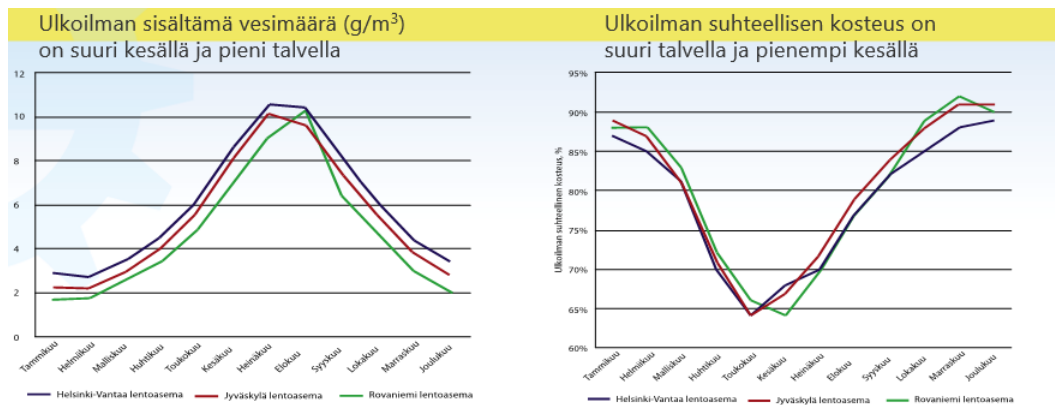
6.7.3 Rakenteiden koneellinen kuivaus

Rakennustyömailla rakenteet pyritään kuivattamaan tuulettamalla ja lämmittämällä rakennuksen sisäilmaa, jotta rakenteissa oleva ylimääräinen kosteus saataisiin poistettua. Kuivuminen perustuu lämpimän ilman korkeampaan kykyyn sitoa kosteutta. Tuulettuksen avulla kostea lämmitetty ilma poistetaan rakennuksesta.

Erityisesti pakkaskaudella rakenteet kuivuvat tehokkaasti, johtuen kylmän ilman vähäisemmästä kosteussisällöstä verrattaessa lämpimään ilmaan. Tästä johtuen kylmän ulkoilman lämmittämisen seurauksena lämmitettyyn sisäilmaan sitoutuu huomattava määrä kosteutta.

Lämpimänä ja kosteana vuodenaika, kesällä ja syksyllä, tilanne on toinen. Ulkoilman ollessa lämmintä se sisältää lähtökohtaisesti jo niin paljon kosteutta, ettei rakenteiden lämmittäminen enää tuota tavoiteltua kuivumista. Syksyille tyypilliset vesisateet puolestaan pitävät ulkoilman suhteellisen kosteuden korkealla, joten lämmittämisen vaikutukset ovat vastaavat kuin kesällä. Vuodenaikojen vaikutus ilmakehän kosteuteen on esitetty kaaviossa 8

Tilanteissa, joissa rakenne ei lähde kuivumaan lainkaan tai liian hitaasti, joudutaan usein käyttämään koneellista kuivausta. Kuivauksen suorittamiseen vaikuttaa kuivatavat materiaalit sekä kuivattavan rakennusosan rakenne.

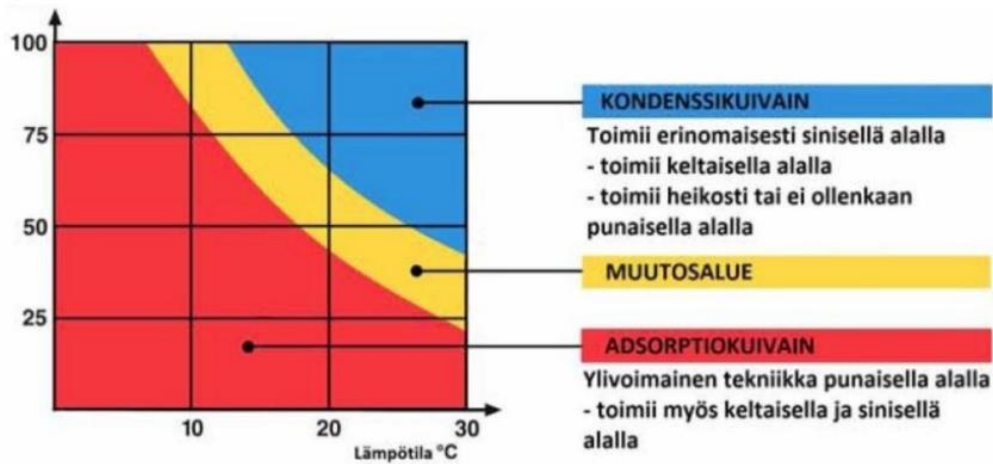


Kaavio 8 Vuodenajan vaikutus ulkoilman kosteuspitoisuuteen (Teriö 2011, 13)

Koneellinen kuivaus on harvoin budjetoitu rakennustyömaiden budjettiin, joten sen käyttöä tulee harkita tapauskohtaisesti, samalla tiedostaen hitaasta kuivumisesta aiheutuvat aikataulun viivästyksset ja siitä aiheutuvat kustannukset. Taloudellisesti on aina kannattavaa suorittaa luotettava rakenteen kosteusmittaus ennen koneellisen kuivauksen aloitusta. Pelkkä olettaus rakenteen mahdollisesta kosteudesta tai kuivumisesta ei riitä.

Kuivauspalvelu voidaan ostaa kokonaisuudessaan siihen erikoistuneelta yritykseltä, jolloin koko prosessi, sisältäen alkutilanteen kartoituksen, kuivauksen asennuksen ja seurannan sekä loppumittauksen ja mittauspöytäkirjan jää tehtävään valittavan aliurakoitsijan vastuulle. Vaihtoehtoisesti rakennustyöstä vastuussa oleva taho, usein pääurakoitsija, voi vuokrata tarvittavan kaluston konevuokraamosta. Tässä vaihtoehdossa ongelmaksi muodostuu rakenteen kosteusmittausten suorittaminen. Kosteusmittaajana voi käytännössä toimia kuka tahansa sillä kosteusmittaajalle ei ole asetettu lakiin perustuvia pätevyysvaatimuksia, mutta harvalla rakennusliikkeellä on toimenpiteen vaatimia mittareita tai osaamista. Tästä johtuen varsinainen kosteusmittaus jouduttaisiin joka tapauksessa hankkimaan ulkopuolelta.

Kuivauslaitteiston laatu ja määrä vaihtelee kuivattavan alan, materiaalin ja rakenteen mukaan. Alapuolella esitelty kuivaustyössä käytettävää laitteistoa ja niiden toiminta-periaatetta ja käyttömahdollisuuksia.



Kuva 19 Eri kuivaintyypien optimaaliset käyttöalueet (Kallio 2014, 24)

Adsorbiokuivain

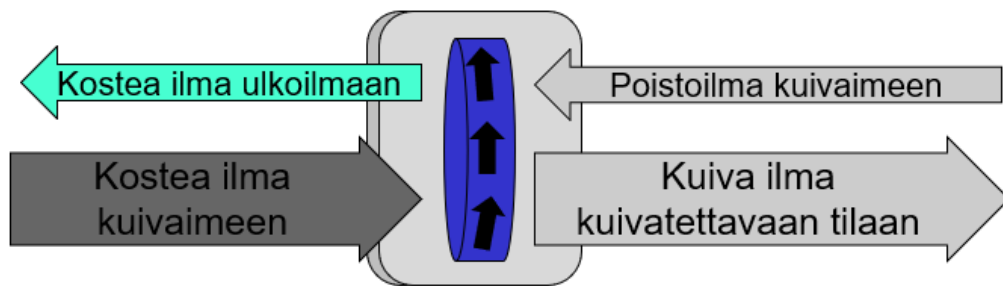
Adsorbiokuivaimen toiminta perustuu adsorbiotekniikkaan, jossa silicageelillä pinnoitetun kuivausroottorin avulla ilmassa oleva kosteus saadaan sidottua roottorin läpi virtaavasta ilmasta. Roottorissa oleva kosteus kuivataan lämmitetyn regenerointi-ilma avulla. Kuivaimen toimintaa on havainnollistettu kuvassa 21. Adsorbiokuivaimet, kuvassa 20, soveltuvat erityisesti tilanteisiin, jossa sisäilman lämpötila on alhainen tai halutaan ainoastaan ylläpitää sisäilman kosteuspitoisuus alhaisena.

Kuivattava tila tulisi rajata mahdollisimman pieneksi esimerkiksi muovisilla suojaseinillä, jotta kuivaus tapahtuu optimaalisesti. Samalla estetään kuivaimen synnyttämän ilmavirran ilmaan nostaman rakennuspölyn leviäminen muihin tiloihin.

Kuivaimen tekniikka tuottaa kuivattavaan tilaan kuivaa ilmaa, jolloin rakenteiden kuivuminen perustuu diffuusioon. Tästä johtuen pienempi ilmantilavuus tehostaa diffuusiota ja näin ollen nopeuttaa kuivumista. Laittevalintaa tehdessä kuivaimen teho tulee mitoittaa kuivattavan alan mukaisesti. Lisäksi kuivaimen vaikutusta voidaan tehostaa apupuhaltimilla, joiden tehtävä on kierrättää tilassa olevaa ilmaa myös nurkka-alueilta. Kuivaimiin on tyypillisesti saatavana useita lisälaitteita muun muassa hygrostaatti, joka säätelee laitteen toimintaa niin, että esivalittu sisäilman kosteuspitoisuus pysyy halutussa arvossa. Hygrostaatilla tavoitellaan kustannussäästöä välttämällä laitteen turhaa käymistä, mikäli sisäilman kosteuspitoisuus on jo halutulla tasolla. (Kallio 2014, 20-21)



Kuva 20 GD 240 Adsorbiokuivain (ASTQ Supply House Oy 2018)



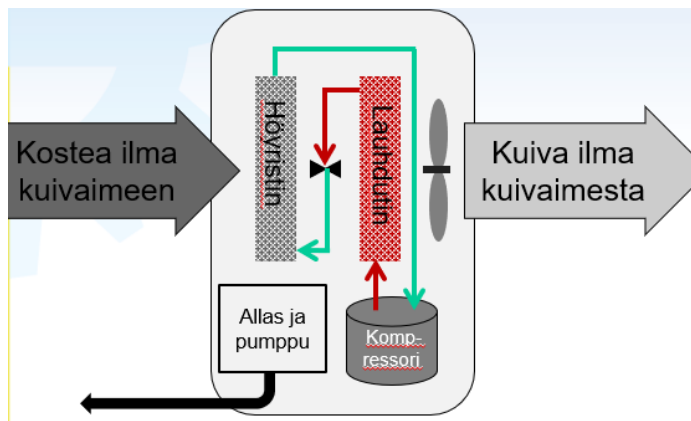
Kuva 21 Adsorbiokuivaimen toimintaperiaate (Teriö, Vinha & Hämäläinen. 72)

Kondenssikuivain

Kondenssikuivaimen toiminta perustuu vesihöyryn kondensoitumiseen. Kuivaimessa oleva puhallin imee laitteen sisään huonetilassa olevaa kosteaa ja lämmintä sisäilmaa. Kuivaimessa ilma johdetaan päin jäähdytyskennoa. Sisäilman sisältämä kosteus kondensoituu kennon pinnalle, josta se valuu vedenkeruu altaaseen tai johdetaan suoraan viemäriin. Jäähdytynyt sisäilma lämmitetään uudelleen lämmityskennossa, jonka jälkeen se puhalletaan takaisin samaan tilaan. Kuivaimen toimintaa on havainnollistettu kuvassa 23. Kondenssikuivain on tehokkaimmillaan, kun sisäilman kosteus on yli 75% RH ja samanaikaisesti sisäilman lämpötila on yli 20 astetta. Tyypillinen kondenssikuivain on esitetty kuvassa 22. (Kallio 2014, 22)



Kuva 22 BT 500S kondenssikuivain (ASTQ Supply House Oy 2018)



Kaavio 23 Kondenssikuivaimen toimintaperiaate (Teriö, Vinha & Hämäläinen. 73)

Lämpölevy

Lämpölevyjä käytetään pääasiassa vain paikallisten ja pienten alueiden kuivattamiseen. Lämpölevyjien toiminta perustuu lämpösäteilyyn. Levystä vapautuva lämpö säteilee rakenteen pintaan ja lämmittää sen. Rakenteen pinnan lämpötilan nousemisen seurauksena lämpö alkaa johtumaan syvemmälle rakenteeseen nopeuttaen rakenteen kuivumista. Osassa lämpölevyjä on integroitu ajastin tai puhallin. Lämpölevy on esitetty kuvassa 24. Lisäksi osaan lämpölevyistä on saatavana tukijalkoja, jotka mahdollistavat seinärakenteiden kuivaamisen. Lämpölevyt soveltuvat parhaiten massiivisten betoni tai tiilirakenteiden kuivattamiseen. (Kallio 2014, 24-25)



Kuva 24 Infrapunalämmitinlevy DryBoost slice (ASTQ Supply House Oy 2018)

Puhaltimet

Aksiaali- ja radiaalipuhaltimia käytetään adsorbio- ja kondenssikuiivainten sekä lämpölevyjen apupuhaltimina kuivauksen tehostamiseksi. Tapauskohtaisesti niitä voidaan käyttää kuivauksessa ilman varsinaista kuivainlaitetta, mikäli kuivattava ala on pieni tai kosteuspitoisuus on vähäinen. Puhaltimia on saatavana useissa eri teholuokissa sekä useilla eri lisävarusteilla. Kuvassa 25 on esitetty pienikokoinen aksiaalipuhallin (Kallio 2014, 29)



Kuva 25 Aksiaalipuhallin AX 3000 (ASTQ Supply House Oy 2018)

Eristetilakuivain

Eristetila kuivaus perustuu ilman liikkeeseen rakennuksen eristetilassa. Eristetila-kuivaimet ovat yleisesti turbiinipuhaltimia, kuva 26, joille ominaista on suuri ilman puhallus sekä imuteho. Uudisrakentamisessa eristetilakuivaimia käytetään pääasiassa ontelolaattojen kuivaamiseen ennen päällystämistä. Eristetilakuivainta varten kuivatavaan rakenteeseen porataan imureikiä sekä korvausilmareikiä. Reikien tyypillinen halkaisija on 32mm, joka mahdollistaa reikien putkituksen vastaavan kokoisella

viemäriputkella. Korvausilmareivät voivat olla astetta pienempiä, tyypillisesti 22mm. Ontelolaattojen onteloita kuivattaessa ontelon molempiin päihin porataan reiät, imu- sekä korvausilmareikä. Imureikä putkitetaan ja liitetään joustavan letkun välityksellä eristetilakuivaimen. Korvausilma reikä jätetään aukinaiseksi. Samalla eristetilakuivaimella pystytään kuivaamaan useita onteloita samalla kertaa, kytkemällä imulet- kut samaan sarjaan. Eristetilakuivain vaatii kuivattavaan tilaan erillisen adsorbio- tai kondenssikuivaimen, jotta korvausilmareistä onteloon menevä ilma olisi mahdolli- simman kuivaa. Onteloiden kuivuminen varmistetaan porareikämittauksella RT 14- 10984 mukaisesti. (Kallio 2014, 37-39)



Kuva 26 Eristetilakuivain DV 122 (ASTQ Supply House Oy 2018)

6.7.4 Putkivuodot

Uudisrakennustyömaalla tapahtuvat putkivuodot ovat lähes aina peräisin huolimatto- masta suunnittelusta tai asennusvirheestä. Tyypillisimpiä putkivuotoja rakennusvai- heessa ovat:

- työmaa-aikaisten LV-asennusten asennusvirheet, kuten sadevesiviemärien au- keaminen liitoksesta tai käyttövesiputkiston vuodot
- työmaa-aikaisten LV-asennusten jäätyminen

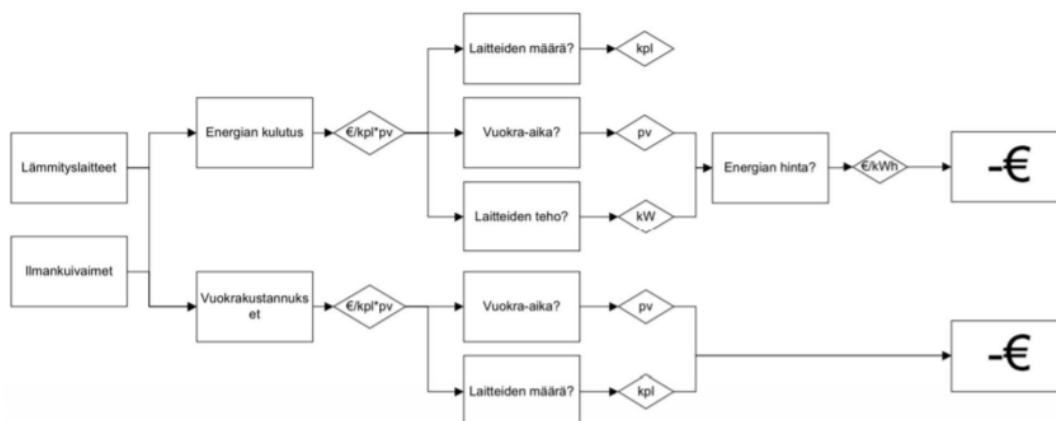
Putkivuodot ovat lähes aina mahdollista välttää huolellisella työskentelyllä, suunnitelmien tarkistamisella sekä työmaa-aikaisten järjestelmien säännöllisellä ylläpidolla.

6.7.5 Työmaa-aikaisten vesivahinkojen kustannukset

Työmaalla tapahtuvien vesivahinkojen kustannukset ovat pitkälti riippuvaisia työmaan rakennusvaiheesta. Sisätöiden alettua, mahdollinen ylemmissä kerroksissa tapahtuva vuoto, saattaa aiheuttaa merkittäviä kustannuksia aikataulun viivästymisen, pintamateriaalien uusimisen, rakenteiden uudelleen kuivattamisen sekä mahdollisten lisätutkimusten muodossa.

6.8 Rakenteiden kuivaaminen suunnittelu ja toteutus

Kosteudenhallinnan ensisijainen tarkoitus on ehkäistä kosteusvaurioiden syntyminen rakennuksessa sekä samalla mahdollistaa taloudellisesti kannattava rakennustuotanto vaaditussa aikataulussa. (Merikallio 2004, 2) Kuivaukseen kustannusten muodostuminen on esitetty kaaviossa 8.



Kaavio 8 Sääsuojauksen aiheuttamien kustannusten muodostuminen (Toivari 2011, 47)

Hyvin suunnitellusta työmaan yleisaikataulusta voidaan arvioida rakenteiden kuivumiseen varattu aika. Aikataulussa varattua aikaa tulee verrata rakenteen laskennalliseen kuivumisaika-arvioon. Laskennallinen kuivumisaika-arvio tehdään osana rakennuksen kosteudenhallintasuunnitelmaa. Kuivumisaika-arvio tehdään tyypillisesti ainoastaan rakennuksessa oleville betonirakenteille. Betonirakenteiden kuivumiseen vaikuttavat osatekijät on esitetty tämän opinnäytetyön kappaleessa 6.3.1.

7 TYÖMAAN KÄYTÄNNÖN TOIMINNOT KOSTEUDEN- JA PÖLYNHALLINNASSA

7.1 Case: Pohjoiskehän koulu, Rauma

Hartela Länsi-Suomi on osa Hartela-yhtiöt konsernia. Hartela Länsi-Suomen toimipisteet sijaitsevat Tampereella, Turussa, Lohjalla ja Raumalla, joista Rauman toimipiste toteuttaa opinnäytetyön case kohteena toimivan Pohjoiskehän koulun. Pohjoiskehäkoulun tilaajana toimii Rauman kaupunki. Urakkamuotona hankkeessa on KVR-urakka. Urakan arvo on noin 19,5 miljoonaa euroa ja se toteutetaan 2/2018-7/2019 välisenä aikana. Rakennuksen bruttopinta-ala on noin 9580m² pääosin yhdessä kerroksessa. Rakennukseen tulee betonirunko, joka verhoillaan puulla. Rakennuksen arkkitehtuurinen havainnekuva esitetty kuvassa 27.



Kuva 27 Pohjoiskehänkoulun havainnekuva (Rauman kaupungin www.sivut)

7.2 Työmaalle sovellettu kosteudenhallinta

Rakennusmateriaalien suojaus

Työmaalle perustetaan erillinen, valaistu varastointialue. Alueen pohja tasataan ja täyteenä käytetään hyvin vettä läpäisevää sekä työkoneiden painon kestäväää maa-ainesta. Alueelle laaditaan varastointisuunnitelma, josta käy ilmi materiaalien sijoittuminen alueelle. Suunnitelma laminoidaan ja sijoitetaan varastointialueen sisäänkäynnin läheisyyteen. Varastoinnissa huomioitavaa:

- Kaikki materiaalit on säilytettävä irti maasta.

- Kaikki materiaalit suojataan kevyt- tai kestopeitteillä.
- Peitteitä ei aseteta suoraan vasten materiaalia vaan peitteen ja materiaalin väliin jätetään tuuletusrako.
- Peitteet asetetaan niin, etteivät ne kerää vettä, vaan päälle satava vesi valuu peitteiden päältä maahan.
- Pintamateriaalit säilötään lähtökohtaisesti aina sisätiloissa.

Rakennusmateriaalien toimitukset pyritään ajoittamaan mahdollisimman tarkasti suunnitellun asennusajankohdan mukaan.

Vaihtoehtoisia varastointimahdollisuuksia ja niiden etuja sekä haittoja:

Varastokontti:

- + Soveltuu hyvin kiinnitystarvikkeiden ja työkoneiden säilömiseen
- + Soveltuu kohtuullisesti pienen rakennusmateriaalin säilyttämiseen
- + Sateelta suojassa, lukittavissa ja mahdollisuus lämmitykseen
- Suuressa kohteessa konttien vuokratustannukset nousisivat suuriksi
- Kaikki materiaali ei mahdu kontteihin

Pohjoiskehäkoulun työmaan tarve: Työmaan tarve varastointikonttien suhteen on noin 1-10kpl, riippuen aliurakoitsijoiden tarpeesta. Pääurakoitsijan oma tarve on noin 1-5 kpl.

Pressuhalli/katos

- + Riippuen koosta mahdollisuus säilyttää useimpia materiaaleja.
- + Varastointi ja logistiikka tehokasta. Mitoitettava niin, että materiaalit voidaan koneellisesti siirtää säilytyksestä työpisteille.
- Hankinta- tai vuokraushinta.
- Pystytyskustannukset

Pohjoiskehän koulun työmaan tarve: Työmaalla ei lähtökohtaisesti ole tarvetta vastaavalle varastointimuodolle. Tulevaisuutta ajatellen on kuitenkin hyvä selvittää tämänkin vaihtoehdon mahdollisuudet sekä siitä aiheutuvat kustannukset ja hyödyt

Rakennusosien suojaus

Puuelementit

Suojauksen kannalta kriittisin rakennusosa on puuelementtivalmisteiset ulkoseinät. Elementtien toimitukset tulisi pyrkiä ajoittamaan niin, että suurin osa elementeistä pystyttäisiin asentamaan suoraan ajoneuvon lavalta. Näin välttyttäisiin ylimääräiseltä varastoinnilta sekä suojaukselta. Mikäli elementtejä joudutaan varastoimaan, tulee ne asettaa pystyasentoon irti maasta, niille tarkoitettuun elementtifakkiin. Elementit suojataan valmistusaikaisen muovin lisäksi kevytpeitteillä asennukseen saakka. Asennuksen aikana elementin suojamuoveja poistetaan vain siltä osin, että elementti on mahdollista asentaa. Asennuksen jälkeinen suojaus tulee suunnitella tapauskohtaisesti. Suojauksessa tulee huomioida suojauksen vaikutus muihin elementtiin liittyviin töihin.

Vesikatto ja yläpohja (välipohja)

Rakennuksen vesikaton runko valmistetaan puuelementeistä ja on malliltaan pulpetti. Vesikatteenä on huopa. Yläpohjan rakenteena on ontelolaatasto, jonka yläpintaan hitsataan höyrynsulkukermi sekä asennetaan lämmöneristeet. Höyrynsulkukermi toimii työmaa-aikaisena sääsuojana alla oleville tiloille. Kermi ulotetaan ulkoseinien yli, jolloin sadevesi pääsee poistumaan holvilta. Lammikoituessa vesi tulee poistaa holvilta lastalla tai vesi-imurilla. Ontelolaattojen- ja kermin asennukset tulee rytmittää niin, että kermi asennetaan mahdollisimman pian ontelolaattojen viimeistelytöiden jälkeen.

Vahingon sattuessa

Mikäli rakennuksessa tapahtuu vesivahinko:

- Veden tulo pysäytetään.
- Aloitetaan jälkivahingon torjunta poistamalla ylimääräinen vesi sisätiloista.
- Mikäli työmaalla oleva kalusto ei riitä veden poistamiseen kutsutaan pelastuslaitos tai paikallinen jälkivahingontorjuntaan erikoistunut yritys.
- Dokumentoidaan vahinko ja informoidaan rakennuttajaa tai rakennustöiden valvojaa tapahtuneesta.
- Poistetaan kastuneet materiaalit siltä osin kuin voidaan silmämääräisesti arvioida niiden vaurioituneen.
- Aloitetaan rakenteiden kuivaus puhaltimien ja rakennuskuivaimien avulla.

- Rakennuttajan tai rakennustöiden valvojan vaatimuksesta tilataan vahinkokartoitus paikalliselta jälkivahingontorjuntaan erikoistuneelta yritykseltä. Tarkastusraportin perusteella päätetään tarvittavista jatkotoimista.

7.2.1 Kohteessa käytettävien kosteusteknisesti kriittisten rakenteiden tarkastelu

Alapohja

Rakennuksen alapohja on maanvarainen teräsbetoni-laatta. Maanvaraisen laatan kuivumisessa tulee ottaa huomioon tämän opinnäytetyön kappaleessa 6.3 käsitellyt asiat. Näiden lisäksi maanvarainen laatta eroaa muista lattiarakenteista merkittävästi, sillä maanvarainen laatta on jatkuvassa kosketuksissa lämpimän- ja kostean maa-aineksen kanssa. Rakenteeseen muodostuva lämpökenttä vaikuttaa maaperässä sekä rakenteessa olevan kosteuden siirtymis- ja sitoutumisilmiöihin. Minkä johdosta lämpötila on aina otettava huomioon rakenteen kosteusteknistä toimivuutta arvioitaessa.

Maanvaraisen laatan suurin kosteusrasitus muodostuu laatan alapuolella olevan hie-noaineen synnyttämästä kapillaari-ilmiöstä, jonka vaikutuksesta maaperässä oleva kosteus nousee voimakkaasti ylöspäin. Kapilaarinen vedennousu ja kapilaarisuus on esitetty tämän opinnäytetyön kappaleessa 4.1.4. Veden kapilaarinen nousu laatan alapintaan tulee aina estää kapillaarisen vedennousun katkaisevalla kerroksella. Kapilaarikatkona käytetään karkeaa, pestyä sepeliä. Kapillaarisen nousun katkaisevan kerroksen tulee olla paksumpi kuin kapilaarikatkossa käytettävän materiaalin kapillaarinen vedennousu korkeus. Yleisesti minimi paksuus on 300mm, mutta katkon lopullinen paksuus määritellään rakennesuunnitelmissa.

Huolimatta kapillaarisen vedennousun estävästä kerroksesta maanvaraisen laatan alapuolisen täyttökerroksen huokosilman suhteellinen kosteus on käytännössä aina lähes 100%. Lämmitetyn rakennuksen täyttökerroksen lämpötila on noin 12-17 astetta riippuen lämmöneristyskerroksen paksuudesta ja yläpuolisen tilan lämpötilasta. Lämmöneristämättömissä alapohjissa täyttökerroksen lämpötila voi nousta yläpuolisten tilojen sisäilman tasolle. Maanvastaisen laatan yli muodostuu kosteus- ja lämpötilaero, joka pyrkii tasoittumaan rakenteen läpi. Lämpimän ja kostean täyttökerroksen huokosilman vesihöyrypitoisuus on yleensä suurempi kuin normaalin huoneilman.

(Täyttökerros T=16-17, RH=100% / Sisäilma T=+21, RH 20-40%). Tasoittuminen tapahtuu diffuusiolla huoneilmaan päin. Useimmissa tapauksissa vesihöyryn tiivistyminen tapahtuu lattiapäällysteen alapintaan. Lattiamateriaalin vesihöyrynläpäisevyys vaikuttaa merkittävästi kosteuspitoisuuden nousuun. Tiiviillä materiaalilla riski kosteuspitoisuuden kriittiseen kohoamiseen on huomattavasti suurempi kuin hyvin kosteutta läpäisevällä materiaalilla. (Merikallio, Niemi ja Kononen 2007, 29-31)

Maanvastaisen lattiarakenteen toteutuksessa ja suunnittelussa huomioitava:

- Kapillaarikatko. Kerroksen paksuus korkeampi kuin materiaalin kapillaarinen nousukorkeus.
- Maanvaraisen laatan alla yhtenäinen lämmöneriste:
 - Vähentää diffuusiovirtausta maaperästä huoneilmaan päin
 - Eristeen eripuolilla tulisi olla 2-3 asteen lämpötilaero, joka tasaa diffuusiota.
- Betonilla tulisi olla mahdollisimman suuri vesihöyrynvastus
 - Alhainen vesi-sementtisuhde. Lisää betonin tiiviyyttä, joka hidastaa kosteuden nousua maaperästä.
 - Riittävä kuivatus ennen päällystämistä.
- Päällystemateriaalin vesihöyrynläpäisevyys
 - Tiiviillä kerroksella suurempi vaurioitumisriski.
- Ei höyrynsulkukerrosta mihinkään osaan rakennetta, sillä kosteusvirran suunta saattaa vaihdella rakennuksen elinkaaren aikana (Merikallio, Niemi ja Kononen 2007, 31)

Välipohja

Rakennuksen välipohja toteutetaan ontelolaatoilla. Ontelolaatat ovat esijännitetyjä betonilaattaelementtejä, joiden painoa on kevennetty pituussuuntaan kulkevilla onteloilla. Laattojen kuivumisprosessi on työmaalle tuotaessa edennyt huomattavasti verrattuna paikalla valettuun betoniholviin. Tämän johdosta on tärkeää minimoida laattojen ylimääräinen kastuminen työmaaolosuhteissa. Laattojen valmistuksessa käytetään tyypillisesti C40-C70 lujuusluokan betonia, jonka seurauksena laatat ovat rakenteeltaan tiiviimpiä. Tiiviys osaltaan heikentää veden imeytymistä, mutta samalla laatan vesihöyrynläpäisykyky on pienempi. Tämän johdosta betonivalmistuksessa lisätystä vedestä aiheutuva kosteus kuivuu hitaammin. Lisäksi laataston asennuksen jälkeinen

saumavalu sekä mahdollinen pintavalu lisäävät kosteuspitoisuutta hetkellisesti. Lisäksi tässä rakennuskohteessa ontelot pääsevät kuivumaan vain yhteen suuntaan ontelon päälle asennettavan höyrynsulkukermin vuoksi. Tällöin laattaa kuivuu ainoastaan alaspäin

Suurin ongelma ontelolaatan kosteudenhallinnassa on laatan onteloihin jäävä ontelovesi. Onteloihin porataan jo tehtaalla vedenpoistoreiät, jotka kuitenkin usein tukkeutuvat ontelossa olevista epäpuhtauksista. Työmaalla onteloihin joudutaan poraamaan uudet, mahdollisesti suuremmat reiät. Mikäli onteloihin ei porattaisi reikiä, ontelovesi ei pääsisi poistumaan onteloista rakennusaikana. Ontelossa oleva vesi aiheuttaisi rakennuksen käyttövaiheessa eri asteisia kattopinnoitteiden värivirheitä tai tasoitteiden irtoamisia. Käyttövaiheessa tapahtuvat ontelovesistä johtuvat vahingon korjauskustannukset koituvat tyypillisesti pääurakoitsijan maksettavaksi. Kustannukset saattavat nousta korkeiksi, mikäli tilojen käyttäjälle joudutaan hankkimaan väistötilat korjauksen ajaksi. Ontelovesien poistaminen työmaalla:

Vaihtoehto 1: Porataan jokaiseen onteloon reiät ontelon molempiin päihin. Reiän koko <13mm. Työn voidaan suorittaa omana työnä tai myydä aliurakoitsijalle.

Vaihtoehto 2: Porataan jokaiseen onteloon reiät ontelon molempiin päihin. Reiän koko 22mm. Työn voidaan suorittaa omana työnä tai myydä aliurakoitsijalle. Asennetaan onteloihin imu-puhalluskuivaus, jota tehostetaan rakennuskuivaimella. Seurataan onteloiden kuivumista kosteusmittauksilla.

7.2.2 Kosteusmittaus ja kuivatus suunnitelma

Rakenteiden kuivumista seurataan kosteusmittauksilla. Kosteusmittaukset suoritetaan porareikämittauksella RT 14-10984 mukaisesti. Jokaisesta mittauksesta tehdään mittauspöytäkirja, joka arkistoidaan pääurakoitsijan toimesta. Mittauksen suorittaa riittävän mittauskokemuksen omaava henkilö, jolla on osoittaa referenssejä vastaavista mittauksista. Ennen mittauksia mittaja toimittaa jäljennökset mittalaitteiden kalibrointitodistuksista pääurakoitsijalle. Mittaukset aloitetaan, kun vesikatto on vedenpitävä. Mittauksia jatketaan, kunnes vaaditut kosteuden raja-arvot on saavutettu. Raja-arvot määräytyvät lattiamateriaalien valmistajien määrittelemien pinnoituskosteuksien mukaisesti.

Mittauspisteet valitaan kosteusriskiarvion perusteella. Mittaukset suoritetaan ainakin:

- Väestönsuojan lattia. Mittaus suoritetaan 1-3 eri mittapistestä.
- Vesieristettävien tilojen lattia. Rakennus on jaettu lohkoihin 1, 2 ja 3. Mittaukset suoritetaan jokaisella loholla erikseen. Lohkojen sisällä mittauksia suoritetaan 1-2 riippuen eristettävien tilojen sijoittumisesta lohkolle.
- Liikuntasalin lattia. Mittaus suoritetaan 1-2 eri mittapistestä.
- Satunnaisotannalla tiloista, joihin asennetaan tiivis lattiamateriaali, kuten muovimatto tai vastaava. Mittauksia suoritetaan 1-3 lohkoa kohden.
- Välipohjan ontelolaatasto. Mittauksia suoritetaan 1-4 lohkoa kohden.
- Mikäli rakennusaikana tapahtuu vesivahinko, suoritetaan lisäksi kosteusmittaukset kastuneelta alueelta.

Rakenteiden kuivaus pyritään lähtökohtaisesti toteuttamaan rakenteita lämmittämällä sekä tilojen tehokkaalla tuuletuksella. Rakenteiden tehokas luonnollinen kuivuminen mahdollistetaan:

- Poistamalla betoni pinnoille noussut sementtiliima heti kun mahdollista.
- Huolehtimalla ympärivuorokautisesta tuuleuksesta sekä kylmänä vuodenaikana rakenteiden lämpenemisestä kauttaaltaan.
- Poistamalla kuivuvien rakentein päällä olevat epäpuhtaudet.
- Mahdollistetaan tehokas ilmankierto rakennuksessa.
 - Ei varastoida materiaaleja vasten kuivuvaa rakennetta

Koneellista kuivausta pyritään lähtökohtaisesti käyttämään vain tilapäisesti, mikäli rakenne ei kuivu suunnitellun aikataulun mukaisesti. Koneellista kuivausta käytetään:

- Rakenne ei kuivu tarpeeksi nopeasti. Erityisesti keväällä ja syksyllä toteutettavien betonivalu- tai tasoitetöiden aiheuttaman ylimääräisen kosteuden poistamisessa voidaan joutua käyttämään koneellista kuivausta. Kuivaustarve arvioidaan aina tapauskohtaisesti perustuen kosteusmittauksiin.
- Vesivahingon yhteydessä. Mikäli työmaalla tapahtuu kuivausta vaativa vesivahinko, minimoidaan siitä aiheutuva aikatauluviivästys nopeuttamalla kuivumista koneellisen kuivauksen avulla.

7.3 Työmaalle sovellettu pölynhallinta

7.3.1 Pölyttävien työvaiheiden toteutus

Toteutettavan rakennuskohteen pölyävimmät työvaiheet ovat betonipintojen hionta ja piikkaustyöt sekä tasoitetoihin liittyvät hiontatyöt. Näiden lisäksi sisätyövaiheessa tapahtuva materiaalien sahaus aiheuttaa merkittävästi pölyä.

Betonin hionta- ja piikkaustyöt

Betonin hionta- ja piikkaustyön tarkoituksena on poistaa betonin pintaan kovettumisreaktion vaikutuksesta nouseva sementtiliima sekä valutöistä aiheutuvat merkittävät epätasaisuudet. Sementtiliima heikentää rakenteen kuivumista sekä huonontaa rakenteen tartuntakykyä. Sementtiliima poistetaan kaikilta pinnoitettavilta pinnoilta. Hiota- ja piikkaustyöt ajoittuvat hankkeen alkupäähän, ennen varsinaisen sisätyövaiheen alkamista. Seinien ja kattojen hiontatyö suoritetaan käsikäyttöisellä timanttihiomakoneella. Lattioiden hionta voidaan suorittaa lattiahiomakoneella, mutta ahtaissa tiloissa käsikäyttöinen timanttihiomakone on monesti tehokkaampi. Nurkat ja suuremmat epätasaisuudet piikataan piikkauskoneella.

Pölynhallinta ja työntoteutus:

- Työnsuorituksen vaiheet käydään läpi aloituspalaverissa. Palaveriin osallistuvat työvaiheen työnjohto ja työntekijä. Työntekijälle annetaan tarvittaessa opastusta työvaiheessa käytettävien työkonoiden turvallisesta käytöstä ja opastetaan työmaan käytännön asioissa kuten jätehuollossa.
- Käydään läpi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet. Hiontatyössä on suositeltavaa käyttää P3-luokan suodattimella varustettua koko- tai puolinaamaria. Muu suojavarustus työmaan yleisen käytännön mukaisesti.
- Alipaineistajien ja imurien päivittäinen huolto on tärkeä osa koneiden toimivuutta, joten huoltotoimenpiteet on syytä käydä läpi työntekijän kanssa.
- Työalue osastoidaan erilliseksi tilaksi muista tiloista. Osastoimisessa käytetään rakennusmuovia sekä teleskooppitukia. Osastoitavan alueen koko riippuu työmaalla käytettävissä olevista alipaineistajista. Suositeltava

ilmanvaihtuvuusluku on noin viisi eli osastoidun alueen sisäilman tulisi vaihtua viisi kertaa tunnissa.

- Työssä käytetään jatkuvaa kohdepoistoa. Kohdepoistossa käytetään HEPA-suodattimilla varustettua rakennusimuria. Imurissa tulee olla puoliautomaattinen tai automaattinen suodattimien puhdistusmekanismi. Suositeltavana imutehon alarajana voidaan pitää $250\text{m}^3/\text{h}$.
- Hionta- ja piikkaustyön loputtua työtilan lattiat ja muut vaakapinnat imuroidaan. Ennen osastoinnin purkamista tilan pölyisyys tarkistetaan silmämääräisesti työnjohdon toimesta. Osastointi puretaan ja kalusto siirretään seuraavaan työtilaan.

Tasoitetöihin liittyvät hiontatyöt

Tasoitetoissa pyritään oikaisemaan rakenteessa olevia epätasaisuuksia. Tasoitetyöt viimeistellään hiomalla pinta lopulliseen tasoonsa. Hionta aiheuttaa runsaasti hienojakoista pölyä, joka kulkeutuu helposti ilmateitse tai kenkien pohjassa työtilan ulkopuolelle. Hiontatöiden sijaitessa keskeisellä paikalla työmaata, hiontapölylle altistuvat hiojan lisäksi kaikki työalueen läheisyydessä työskentelevät. Hionta suoritetaan tyyppillisesti hiomatuen ja siihen liitettävän jatkovarren avulla. Työvaiheessa ei normaalioloissa käytetä hiomatukeen liitettävää kohdepoistoa.

Hiontatyön lisäksi tasoitteen valmistuksessa sisäilmaan vapautuu runsaasti tasoitepölyä. Kuiva tasoite pöllähtää voimakkaasti ilmaan, huolimatta kuinka matalalta se sekoituspaljuun kaadetaan. Suurimman altistumisen tasoitteen valmistuksessa vapautuvalle pölylle saakin tasoitteen sekoittaja. Osa vapautuvasta pölystä leijuu sisätiloissa vallitsevien ilmavirtojen mukana eri puolille työaluetta, mutta muiden työntekijöiden altistuminen on vähäistä.

Pölynhallinta ja työntoteutus:

- Tasoitetöiden pölynhallinta voidaan suorittaa vastaavilla menetelmillä kuin betonin hionta- ja piikkaustyön pölynhallinta, täydennettynä alapuolella olevilla osilla:
- Hiontuessa tai jatkovarressa on oltava imuriliitäntä, joka mahdollistaa työntekijöiden aikaisen kohdepoiston.

- Tasoitteen valmistus suoritetaan työtilassa olevan alipainepuhaltimen välittömässä läheisyydessä tai työvaihetta varten hankitaan erillinen kohdepoisto kuten CAMU-kohdepoistolaite, joka on esitetty kuvassa 27.



Kuva 28 CAMU-kohdepoistolaite (Consair oy [www.sivut. 2018](http://www.sivut.2018))

Materiaalien sahaus ja leikkaus

Työmaalla sahattavat tai leikattavat pölyä tuottavat rakennusmateriaalit:

- sahatavara, vanerit
- kipsilevy
- sementtilevyt
- harkot ja tiilet

Perustus- ja runkovaiheen aikainen pölyttävä sahaus ja leikkaus suoritetaan ulkotiiloissa olevassa sahauskatoksessa. Tässä vaiheessa pääasialliset sahattavat materiaalit ovat sahatavara ja vanerit.

- Työmaalle hankittava rakennussirkkeli ja/tai katkaisusirkkeli asetetaan työmaalle rakennettavaan sahauskatokseen.
- Sirkkeli(t) liitetään katokseen asennettavaa purunpoistomuriin. Imuri kytketään toimimaan automaattisesti sirkkelin käynnistyessä, jolloin varmistutaan pölynpoiston jatkuvasta toiminnasta.
- Työmaalle nimetään vastuullinen henkilö huolehtimaan sahauskatoksen yleisestä siisteydestä, puruimurin säiliön tyhjentämisestä sekä koneiden yleiskunnosta

Sisätyövaiheessa paljon pölyä tuottavat materiaalien sahaukset ja katkaisemiset pyritään tekemään sahauskatoksessa. Sisätiloihin asetettava sahaus- ja katkaisukalusto:

- varustetaan automaattisella pölynpoistolla. Pölynpoistossa käytettävä rakennusimurin tulee olla suodatusluokkaa H.
- Työmaalle merkitään tietyt sahaus- ja katkaisupisteet, jotka osastoidaan kevyin muoviseinin. Osastoitu alue alipaineistetaan
- Sahaus- ja katkaisupisteelle hankitaan riittävä määrä jäteastioita. Jäteastiat tyhjennetään aina työpäivän loputtua, jonka lisäksi lattiapinnoilla olevat pölyt imuroidaan.

Toimivan jätehuollon edellytyksenä on riittävä määrä jätelavoja. Työmaalla tulee pyrkiä tuottamaan mahdollisimman vähän jätettä. Erityishuomiota tulee kiinnittää sekajätteen määrään, sillä sen hävittäminen on muihin jätelajeihin nähden kallista. Työmaa-aikaista kierrättämistä pystytään tehostamaan:

- Painottamalla jätehuollon ja erityisesti kierrätyksen merkitystä osana rakennusprojektia.
- Hankkimalla eri jätelaaduille yksilöidyt jätelavat.
- Huolehtimalla jätelavojen tyhjentämisestä.
- Asettamalla infotaulu jätelavojen läheisyyteen mitä mihinkin astiaan voi laittaa. Tarvittaessa käännettävä muille kielille.
- Nimeämällä jätelavat selkeästi. Tarvittaessa käännettävä muille kielille.
- Hankkimalla työpisteiden läheisyyteen useita eri jätelaaduille tarkoitettuja pienempiä jäteastioita.

7.3.2 Pölynhallinnan yleinen toteutus työmaalla

Rakennustyömaalle on asetettu puhtausluokka P1 tilaajan toimesta. Tästä johtuen työmaalla on panostettava pölynhallintaan huomattavasti enemmän kuin normaaleissa P2- puhtausluokan projekteissa.

Rakennusaikainen siivous

Rakennusaikainen siivous aloitetaan välittömästi sisätöiden käynnistyttyä. Siivouksessa käytetään HEPA-suodattimilla varustettua imuria. Suurimmat jätteet kerätään käsin ja lajitellaan jätehuoltosuunnitelman mukaisesti. Työmaan siivous pyritään lähtökohtaisesti toteuttamaan omana työnä, mutta tarvittaessa lisätyövoimaa voidaan hankkia paikalliselta siivousalan yritykseltä. Alihankintana toteutettavan siivouksen kustannuksia on arvioitu alapuolella olevassa taulukossa 10.

| Työmaa-aikainen siivous, kustannuslaskelma | | | | |
|--|-------------|-----------|--------------------|------------------|
| Arvioitu tarve joulukuu 2018 - kesäkuu 2019 | | | | |
| Vaihtoehto 1: Kaksi siivoajaa, 5pv/vk, koko sisätyövaiheen ajan | | | | |
| Siivoajien lukumäärä | €/h(alv 0%) | työaika/h | työaika yhteensä/h | hinta yhteensä/€ |
| 2 | 27 | 8 | 2240 | 60480 |
| Vaihtoehto 2: Kaksi siivoajaa, 2pv/vk, koko sisätyövaiheen ajan | | | | |
| 2 | 27 | 8 | 896 | 24192 |
| Vaihtoehto 3: Yksi siivoaja, 5pv/vk, koko sisätyövaiheen ajan | | | | |
| 1 | 27 | 8 | 1120 | 30240 |

Taulukko 10. Työmaa-aikaisen siivouksen kustannuslaskelma

Kustannuslaskelman mukaisessa siivouksen alihankinnassa ongelmaksi muodostuisi työn riittävyys kahdelle, jatkuvasti työmaalla olevalle siivoajalle. Toisaalta yhdelle siivoajalle töitä olisi liikaa. Vaihtoehtoisesti työmaalla olisi yksi siivoaja ja toinen tarvittaessa töihin tilattava. Tällöin työn määrän vaihteluihin pystyttäisiin varautumaan ja samalla välttyttäisiin maksamasta turhasta.

Siivouksen tuottaminen omana työnä mahdollistaisi resurssien lisäämisen ja vähentämisen joustavasti aina työtilanteen niin vaatiessa. Omana työnä suoritettava työ on kuitenkin aina pois muista avustavista töistä, kuten siirto- ja nostotöistä. Tämän lisäksi siivous helposti jätetään tekemättä, vedoten muihin kiireellisempiin töihin. Lähtökohtaisesti työmaalla työskentelevien oletetaan siivoavan omat jätteensä pois. Käytännössä tämä toteutuu heikosti. Syitä tähän ovat muun muassa:

- Valvonnan puute.
- Työmaalla olevat jäteastiat ovat täynnä, jonka seurauksena jätteitä ei kerätä tai jätteet kerätään, mutta lajitellaan väärin.

- Aliurakoitsijoiden tietämättömyys siivous velvollisuudesta.
- Vähättelevä asenne työmaa-aikaista siivousta kohtaan.

Työnjohdon on heti työmaan alusta alkaen painotettava niin omille kuin aliurakoitsijoiden työntekijöille siivouksen ja jätehuollon merkitystä osana laadukasta lopputulosta. Aliurakkasopimukseen kirjataan aliurakoitsijan velvollisuus omien jätteidensä lajitteluun pääurakoitsijan toimittamiin jäteastioihin sakon uhalla.

Loppusiivous P1-tasoon

Työmaan loppusiivous aloitetaan yleisaikataulun osoittaman ajankohtana tai mahdollisuuksien mukaan viimeisten pölyävien työvaiheiden valmistuttua. Loppusiivouksen rytmittämiseksi sekä kireän aikataulun vuoksi siivous pyritään aloittamaan jo rakennustöiden aikana. Tällöin siivottava alue eristetään muusta työalueesta sekä ylipaineistetaan suhteessa likaisiin tiloihin. Loppusiivous on kaksiosainen. Loppusiivouksen toteutus:

Valmistelevat työt ja suunnittelu

- Siivottava alue on tyhjennetty rakennusjätteestä sekä pintamateriaalin suojaukset on poistettu.
- Alue on eristetty ja ylipaineistettu ennen siivoajien tuloa työmaalle. Rajattava alue suunnitellaan niin, että rajatulla alueella pystytään siivouksen 1.vaiheen valmistuttua aloittamaan taloteknisten järjestelmien toimintakokeet. Suojauksia siirretään aina töiden edetessä. Suojauksia siirrettäessä on huomioitava paine-eron säilyminen puhtaan ja likaisen tilan välillä.
- P1-siivouksen aloittamisesta on tiedotettu kaikille työmaalla toimiville.
- P1-siivouksesta laitetaan selkeät ja huomiota herättävät tiedotteet eristetyn alueen sisäänkäyntien ulkopuolelle. Tarvittaessa tiedotteet käännetään muille kielille.

Työn toteutus

- Työnsuorituksen vaiheet käydään läpi aloituspalaverissa. Palaveriin osallistuvat työvaiheen työnjohto ja työntekijä. Tarvittaessa työntekijälle annetaan opastusta työvaiheessa käytettävien työkonoiden ja kemikaalien turvallisesta käytöstä sekä opastetaan työmaan käytännön asioissa, kuten jätehuollossa.

- 1. vaiheessa (eli toimintakoe valmis) siivotaan kaikki pinnat pölyttömiksi, myös piiloon jäävät rakennusosat. Kosteutta kestävät pinnat pyyhitään nihkeällä liinalla. Siivouksessa käytetään pienikokoista HEPA-suodattimilla varustettua imuria sekä eri mallisia suulakkeita. 1. vaiheen jälkeen talotekniikan toimintakokeet voidaan aloittaa. Siivoustyön valmistuttua urakoitsija luovuttaa työn pääurakoitsijalle. Luovutuksen yhteydessä suoritetaan silmämääräinen laaduntarkistus.
- 2. vaiheessa tilat siivotaan vastaavasti kuin 1. vaiheessa. Tilojen tulee tämän vaiheen jälkeen olla siinä kunnossa, että ne voidaan käyttäjän toimesta ottaa välittömästi käyttöön.
- Puhtaustason arviointi suoritetaan yhdessä tilaajan tai tilaajan edustajan kanssa. Arvioinnin yhteydessä suoritetaan sopimuksissa vaaditut laadunvalvontakokeet.

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kosteuden- ja pölynhallinnan keinoja, välineitä sekä laadunvarmistusmenetelmiä, joiden tuloksena valmistui toimintatapaohjeistus pölyävien työvaiheiden sekä kosteudelle kriittisten työvaiheiden toteuttamiseen Hartela Länsi-Suomi Oy:lle.

Rakennustyömailla on parhaillaan menossa asennemuutos kosteuden- ja pölynhallintaa kohtaan. Pölynhallinnassa käytettävä laitteisto sekä eri menetelmät ovat mahdollistaneet niiden joustavan käytön ilman varsinaisen työn hankaloitumista. Kosteudenhallinnan osalta ymmärretään rakenteiden kuivumiseen tarvittavat olosuhteet, kuivumisajat sekä koneellisen kuivauksen mahdollisuudet osana toimivaa rakennushanketta. Aikaisempi ”sentti ja viikko” ajattelu on unohdettu ja tilalle on saatu todellisiin kuivumisaikoihin ja olosuhteisiin perustuvat laskentaohjelmat. Kehitystä hidastavat erityisesti taloudelliset seikat. Puhtaat työskentelyolosuhteet sekä rakennuskuivaimet aiheuttavat kuluja, joita ei perustason rakennushankkeessa ole huomioitu. Panostus on rahallisesti suuri, mutta sen merkitys rakennusliikkeen imagolle voi olla sitä arvokkaampi.

Opinnäytetyön jatkotutkimuksessa tulisikin selvittää kosteuden- ja pölynhallinnan taloudellinen vaikutus normaalitasoisessa rakennusurakoinnissa sekä sen merkitystä rakennusliikkeen imagoon.

LÄHTEET

Consair Oy www-sivut. 2018. viitattu 25.3.2018. www.consair.fi

Hiltin www-sivut. 2018. Viitattu 23.2.2018 <http://hilti.fi>

Huttunen, Petteri. 2012. FRAME: Ulkoseinien sisäinen konvektio. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto

Huttunen, Petteri. 2012. FRAME: Sisäisen konvektion vaikutus yläpohjan lämmöneristävyyteen. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto

Kallio, Jani. 2014. Rakenteiden koneellinen kuivaus. Kuopio: Itä-Suomen Yliopisto

Koski, Hannu. 2013. Ohjeita korjausrakentamisen pölyhallintaan. Helsinki: VTT

Lassila, Ari-Pekka. 2011. Rakentamisen aikainen betonirakenteiden tehokas kuivaaminen. Kandidaatintyö. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Viitattu 25.2.2018.

Manninen, Titta. 2017. Loppusiivouksen laadunvarmistus on tärkeä osa rakennushankkeen pölyn- ja puhtaudenhallintaa. Helsinki: RATEKO

Merikallio, Tarja. 2002. Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy

Merikallio, Tarja. 2004. Rakennustyömaan kosteudenhallinta ja sen suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy

Merikallio, Tarja. 2009 Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. Väitöskirja. Teknillinen korkeakoulu

Merikallio, Tarja. Niemi, Sami. Komonen Juha. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

Niemelä, Tero. 2014. Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy

Niemi, Sami. 2006. Betonirakenteiden päällystettävyyden arviointi kuntoon. Helsinki: Humi Group Oy

Puuinfo www-sivut. 2018. viitattu 4.3.2018. www.puuinfo.fi

Rakennuskone www-sivut. 2018. Viitattu 25.3.2018. www.rakennuskone.fi

RT 07-10946. Sisäilmastoluokitus 2008. 2008. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rauman kaupungin www-sivut. Viitattu 26.4.2018. www.rauma.fi

Sahlsted, Satu. Lindberg, Rita. 2013. Materiaalien suojaus työmaalla. Helsinki: Mit-taviiva

Seppälä, Pekka. 2013. Rakentamisprosessin kosteudenhallinta - rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito. Oulu: Oulun yhdyskunta- ja rakentamispalvelut/ rakennusvalvonta

Seppälä, Pekka. 2013. Rakentamisprosessin kosteudenhallinta- kosteuslaatu luokka energiatodistuksen rinnalle. Oulu: Oulun rakennusvalvonta

Siikanen, Unto. 2014. Rakennusfysiikka – Perusteet ja sovelluksia. Helsinki: Rakennustieto Oy

Siikanen, Unto. 2012. Rakennustenlämpö- ja kosteusfysikaalisia näkökohtia. Rakentajain kalenteri

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista 1214/2016. Liite 1

Suikka, Arto. 2011. Betonirakenteiden ympäristöominaisuuksia. Helsinki: Rakennusteollisuus

Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2011. Kosteushallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry

Teriö, Olli. 2011. Kuivana pito suojaamalla. Helsinki: Rakennusteollisuus

Teriö, Olli, Vinha, Juha & Hämäläinen, Jukka. Kosteuden hallinnan opetusdiasarja. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto

Toivari, Olli-Pekka. 2011. Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellinen tarkastelu. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta, 782/2017 §6 ja §13

Esimerkki työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisällöstä:

1. Yleistiedot

- perustiedot
- vastuuhenkilöt

2. Laatutavoitteet

- rakennuttajan laatutavoitteet
- urakoitsijan laatutavoitteet

3. Kosteusriskit

- suunnittelijan riskianalyysi
- valittu menettelytaso
- kriittiset rakenteet, materiaalit ja työtavat
- toimenpiteet

4. Kuivumisajat

- päällystämiseen liittyvät raja-arvot materiaaleittain
- rakenteiden kuivumisajat
- aikataulusuunnittelu
- toimenpiteet, jos rakenne ei kuivu suunnitellussa ajassa

5. Olosuhdehallinta

- materiaalien ja rakenteiden suojaus ja varastointi
- työnaikaisten vesivuotojen torjunta
- kuivumisolosuhteet (lämpötila, suhteellinen kosteus, tuuletus)

6. Erityisohjeet

- märkätilat
- muut erityistilat

7. Valvonta ja mittaus

- valvonnan organisointi
- kosteusmittaussuunnitelma
- muut mittaukset
- allekirjoitus (kosteudenhallinnasta vastaava, vastaava mestari, rakennuttaja, rakennesuunnittelija)

Liite 1 Kosteudenhallintasuunnitelman esimerkki sisältö (kosteushallinta.fi viitattu 26.2.2018)