



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Aapo Pietarinen

Home- ja mikrobivaurioiden ehkäisy alapohjarakenteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työjohtokoulutus

Mestarityö

31.3.2020

Tekijä Otsikko	Aapo Pietarinen Home- ja mikrobivaurioiden ehkäisy alapohjarakenteissa.
Sivumäärä Aika	31 sivua 31.3.2020
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Ammatillinen pääaine	Talonrakennus
Ohjaajat	Ohjaajaopettaja, Lehtori Markus Immonen Toimitusjohtaja Tapani Pöllönen, Pöllönen Oy
<p>Tämä työ on toteutettu Pöllönen Oy:n toiminnan kehittämiseksi. Pöllönen Oy on sipoolainen rakennusalan yritys, joka toimii pääkaupunkiseudulla uudis- ja korjausrakentamisen saralla. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää toimenpiteitä home- ja mikrobivaurioiden ehkäisemiseksi työmaille. Uudet materiaalityratkaisut ja talopakettien suuri suosio ovat tuoneet esille toistuvia ongelmia asioissa, jotka liittyvät home- ja mikrobivaurioiden ehkäisyyn alapohjarakenteissa.</p> <p>Teoriaosuudessa tuodaan esille näkökulmia koskien mikrobien kehittymistä. Kosteudenhallinnan lisäksi on oleellista ymmärtää myös orgaanisen materiaalin vaikutukset mahdollisiin home- ja kosteusvaurioihin sekä eri rakennekerrosten puuttumisen vaikutuksia home- ja kosteusvaurion kehittymiseen.</p> <p>Tuloksina esitetyillä toimenpiteillä vaikutetaan mikrobien syntymiseen ehkäisemällä tai keskeyttämällä niiden elinmahdollisuudet rakenteellisesti tai olosuhteiden hallinnalla.</p> <p>Työn lopussa eritellään myös ehkäisevien toimenpiteiden aiheuttamia kustannuksia.</p>	
Avainsanat	Home, mikrobit, alapohja, kosteudenhallinta

Author Title Number of Pages Date	Aapo Pietarinen Preventing fungal and mildew growth in base floor structures 31 pages 31st of March 2020
Degree	Bachelor of Construction management
Degree Programme	Construction Site Manager
Professional Major	Building Construction
Instructors	Markus Immonen, Lecturer Tapani Pöllönen, CEO, Pöllönen Ltd.
<p>This Bachelor`s thesis was produced to develop the operations of Pöllönen Ltd, which is a company of constructing and renovating houses and apartments. The company is operating in the area of Southern Finland.</p> <p>The aim of this thesis was to establish better means for preventing growth of microorganisms and mildew on building sites</p> <p>The increasing use of new materials and the growing demand for modular houses have highlighted the importance of preventing mildew and fungal growth on the base floor. The theoretical part of this thesis is focuses on the growth of micro-organisms and the common flaws in structures which might increase possibilities for such growth.</p> <p>The results are presented mainly as structural or circumstantial means in addition to those generally used today on sites.</p> <p>The costs of structural and mechanical materials are presented at the end of this thesis.</p>	
Keywords	Mildew, Micro-organism, Foundations, Base floor, Moisture

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Rajaukset	1
2	Mitä ovat mikrobit?	2
3	Homeet ja mikrobit rakennetun ympäristön ulkopuolella	2
3.1	Mikrobien siirtyminen ulkoilmasta rakenteeseen	3
3.2	Mikrobien siirtyminen konvektion avulla.	3
3.3	Kosteuden siirtyminen rakenteeseen diffuusion avulla	4
3.4	Kosteuden siirtyminen kapillaarisesti	4
3.5	Ajan vaikutus homemikrobien kehittymiseen	4
3.6	Lämpö ja kosteus	4
4	Kosteusvaurioindikaattorit	5
4.1	Baarnin indikaattorilista	5
4.2	Endotoksiinit	6
4.3	Sienten aineenvaihduntatuotteet eli mykotoksiinit	6
4.4	Sädesienet	7
5	Mikrobivaurioiden havaitseminen	7
6	Suunnittelussa huomioitavia toimenpiteitä	8
6.1	Rakennusmateriaalien yhteensopivuuden varmistaminen	9
6.2	Kosteusvaurion merkitys rakennusmateriaalin emissioihin	9
6.3	Betonirakenteista haihtuvan liiallisen kosteuden seuraukset	10
6.4	Rakenteiden kosteudenkestävyys ja luokittelu	10
7	Mikrobivaurioiden kehittyminen alapohjarakenteissa	11
7.1	Alapohjien yleisimmät kosteuslähteet	12
8	Ilmanvaihto ja rakenteiden tiiveys	13

8.1	Savupiippuilmio	13
8.2	Ilmanvaihdon vaikutukset painesuhteeseen	14
8.2.1	Tuulen vaikutukset painesuhteeseen	14
9	Tulokset	14
9.1	Maaperän kosteuden nousun ehkäisy	14
9.2	Maanvastaisen laattarakenteen pinnoitus	15
9.3	Kosteutta heikommin kestävät lattiapinnoitteet	16
9.4	Alan toimijoiden kouluttaminen kosteudenhallintatyön edistämiseksi	16
9.5	Kosteudenhallinta osana aikataulua hankesuunnittelussa	17
9.6	Kosteudenhallinnan suunnittelu kohdekohtaisesti	17
9.7	Tyypillisen kosteusvaurion profilointi julkisessa rakennuksessa	19
9.8	Uusien tuotannollisten ratkaisujen suunnittelu	20
9.9	Lattialämmityspiirin asennus ilman raudoiteverkkoa	21
9.10	Ryömintätilallisen alapohjan home- ja mikrobivaurioiden ehkäisy	22
9.11	Tuulettuvan alapohjan koneellinen kuivattaminen	23
9.12	Ryömintätilan kuivatustekniikka	24
10	Alapohjan home- ja mikrobiehkäisytoimenpiteiden kustannukset	25
11	Yhteenveto	26
	Lähteet	28

Lyhenteet

RH(%)	Suhteellinen kosteus, eng. Relative Humidity
M1	Rakennusmateriaalien päästöluokitus

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä perehdytään home- ja mikrobivaurioiden syntymisen prosessiin ja prosessin ehkäisemiseen. Home- ja mikrobivauriot aiheuttavat merkittäviä ongelmia rakennusten käyttäjille kiinteistöjen käyttöänsä pidentyessä. Talojen rakenteelliset kosteus- ja mikrobivaurioiden riskit ovat kasvaneet muun muassa muuttuvien sääolojen aiheuttaman viilennystarpeen vuoksi ja rakennusten energiansäästövaatimusten tiukentumisessa.

Useissa uudemmissakin julkisissa rakennuksissa sisäilmaongelmat ovat arkipäiväisiä ja aiheuttavat aistein tunnistettavia ongelmia käyttäjilleen rakenteellisten päästöjen kautta. Rakennusten suunnittelussa ja rakentamisessa käytetään uusia materiaaleja, joiden käytöstä ei ole pitkää kokemusta eikä varmuutta yhteensopivuudesta muiden, orgaanisten materiaalien kanssa. Puurakentamisen lisääntyessä on tärkeää tutkia eri materiaalien yhteen soveltumista ja myös mahdollisten mikrobivaurion syntyminen ehkäisykeinoja, joita ei vielä käytetä rakennustyömailla yleisesti.

Opinnäytetyön tavoite on selvittää tapoja pyrkiä ehkäisemään home- ja mikrobivaurioiden esiintymistä perustusrakenteissa tai perustusten rakenteisiin liittyvissä kokonaisuuksissa.

1.1 Rajaukset

Opinnäytetyö rajataan maanvastaisiin ja ryömintätilallisiin alapohjiin, jotka ovat betonirakenteisia. Opinnäytetyössä selvitetään keinoja ja rakenteellisia ratkaisuja home- ja mikrobivaurioiden ehkäisemiseen puuttamalla homehtumisen mahdollistaviin tekijöihin. Tällaisia ovat muun muassa työvirheet, kosteus eri olomuodoissaan, ja orgaaniset aineet rakennekerrosten välissä tai alla.

2 Mitä ovat mikrobit?

Mikrobit ovat sieniä tai bakteereja, jotka kuuluvat luontaisesti planeetallemme. Mikrobeilla on luonnossa tärkeä tehtävä muodostaa elämää ja kasvua, kuten erilaisia sieniä ja kasveja. Rakenteissa eläessään ne aiheuttavat kuitenkin ihmisille erilaisia terveysongelmiä. Mikrobeilla on tärkeä rooli luonnon hajottamisprosesseissa ja kasvien kasvamisessa. Ulkoilmassa mikrobien tehtävänä on hajottaa kuollutta orgaanista materiaalia takaisin mullaksi tai ravintoaineiksi takaisin luonnon käyttöön. [1; 9 s.1.]

3 Homeet ja mikrobit rakennetun ympäristön ulkopuolella

Home tai mikrobivaurion kehittämisessä on mukana useita tekijöitä, jotka vaikuttavat kasvuston muodostumiseen. Mikro-organismeja eli mikrobeja löytyy ympäröivästä maailmastamme joka puolelta, ja ne ovat osa maapallomme luontoa kaikkialla. Osa mikrobeista tulee suoraan luonnon omista prosesseista kuten hajoamisesta ja kasveista, ollen tärkeä osa ekosysteemiä. Mikrobien aineenvaihduntatuotteet ovat kuitenkin haitallisia ihmisille päästessään sisäilmastoon.

Vaikka mikrobeja on rakennetun ympäristön ulkopuolella, niitä ei saisi päästä talojen, rakennusten tai kiinteistöjen rakenteisiin. Eikä erityisesti tekemisiin orgaanisesti ravinteikkaan rakennusosan kanssa. Rakennusosan ei tulisi olla suorassa kosketuksessa orgaaniseen aineeseen, josta voi olla mahdollista tarttua mikrobeja, likaa tai muita eliöitä otolliseen olosuhdeympäristöön ja kehittyä täten mikrobikasvustoksi. [1, s.1.]

Mikrobien kulkeutuminen rakenteisiin voi mahdollistua useiden eri mekanismien kautta, kuten ympäristön ja ilman yhteisvaikutuksesta. Sienille ja homeille tavanomaisia ulkopuolisia reittejä ovat ovi- ja ikkuna-aukot, ja kulkeutumalla sisään vaatteiden kautta.

Mikrobien kannalta suotuisaan kehitykseen rakenteissa vaikuttavat ilma, vesi, lämpö, aika ja eliöt, sekä kasvualustan ominaisuudet. Puutavaroiden homehtuminen jaotellaan pinnan karkeuden mukaan välillä hyvin herkkä - herkkä.

Mikrobivaurion kehittymiseen puupohjaisissa materiaaleissa vaikuttaa oleellisesti käytetty puulajike. Rakentamisessa tulisi suosia kuusen käyttöä, koska se homehtuu selvästi vaikeammin kuin esimerkiksi mänty. [18, s.56.]

Mikäli kosteudenhallinta laiminlyödään rakennuskohteessa, voivat mikrobit kulkeutua jo puulajikkeessa rakennuksen puolelle ennen näkyvän itiöemän ilmentymistä pinnalle.

3.1 Mikrobien siirtyminen ulkoilmasta rakenteeseen

Keskeinen väylä mikrobien kulkeutumiselle rakenteisiin ovat ulkoilma, tuuletusaukot ja ilmavuodot rakenteissa. Ulkoilmassa on paljon luonnosta peräisin olevia bakteereita, jotka pidemmän ajan kuluessa voivat aiheuttaa homeen ja lahottajasienen sukuisia kasvustoja rakenteissa, vaikuttaessaan oikeissa kosteus- sekä lämpöolosuhteissa. Tätä rakennuksissa olevaa luontoperäistä mikrobikuormitusta kutsutaan biodiversiteetiksi [2, s.2.]

3.2 Mikrobien siirtyminen konvektion avulla.

Konvektiivinen virtaus siirtää lämpöä ja kosteutta läpi rakenteiden ilmavuotokohdista, ja tarjoaa näin suotuisat olosuhteet mikrobeille ja mahdollisille muille eliöille päästä rakenteen sisään kasvamaan. Konvektiivisen vuodon mukanaan kuljettama kosteus ja ilma mahdollistavat homehtumisen yhdessä sopivan lämpötilan ja ajan kanssa. Rakenteen sisäpuolen ja ulkopuolen paine-ero kasvattaa riskin toteutumisen mahdollisuutta konvektiolla reikien ja epäjatkuvuuskohtien kautta [3.]

3.3 Kosteuden siirtyminen rakenteeseen diffuusion avulla

Diffuusiossa kosteuden liikkuminen tapahtuu vesihöyryn muodossa, rakenteen lävitse. Kosteus liikkuu höyryn muodossa pienemmän osapaineen suuntaan, eli lämpimästä ilmamassasta kylmempään. [3.] Rakenteiden höyryn- ja ilmansulkukalvojen tulee olla diffuusiosuojattuja ja tiiviitä, jotta kosteuden liikkuminen vesihöyrynä sisätiloista rakenteisiin ei ole mahdollista kalvopinnan lävitse.

3.4 Kosteuden siirtyminen kapillaarisesti

Kosteuden siirtyessä rakenteeseen kapillaarisesti, vesi siirtyy pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen takia. Kapillaarista kosteusliikettä voi tapahtua kaikkiin suuntiin. Kapillaarinen kosteus nousee, kunnes maan vetovoima, ja veden kapillaarinen nousuvoima ovat tasapainossa. Tilanne kuitenkin vaihtelee paljon eri materiaaleissa. Materiaalin huokoisuus sekä rakennuksessa vallitsevat olosuhteet ovat vaikuttavia tekijöitä ilmiölle. [4.]

3.5 Ajan vaikutus homemikrobien kehittymiseen

Olosuhteiden ollessa suotuisat, mikrobikasvuston kehittyminen riippuu myös ajankohdasta, sekä vaikutusajan pituudesta. Oleellista on vuodenaika, kuten kesä ja vuodenaikaan liittyvät tekijät kuten ilmankosteus, ulkolämpötila sekä vaikutusaika. Home- ja mikrobiherkkyyteen vaikuttaa myös ajan mittaan materiaalin pinnalle muodostuva orgaaninen lika, joka edistää olosuhteita biodiversiteetin kehittämälle mikrobi- tai sienikasvustolle. [2, s.2.]

3.6 Lämpö ja kosteus

Lämpö on oleellinen tekijä mikrobikasvuston käynnistymiselle. Suotuisa lämpötila homeen kehittymiselle on 0 - + 55°C, ja vastaavasti lahottajasienelle suotuisat kehitymisolot ovat +5 - + 50°C lämpötilassa. Tilassa vallitsevan suhteellisen kosteuden ollessa RH

75 - 95% ja lämpötilassa on 0 - + 55°C ovat edellytykset homeen kasvulle optimaaliset. [2, s.2.]

Erona homeen ja lahottajasienten kehittymiselle on lahottajasienen vaatima korkeampi kosteustaso. Lahon kehittymiseksi suhteellisen ilmankosteuden on oltava tasolla RH 90 - 95%.

Ilman lämpötilaan liittyy läheisesti myös kosteuspitoisuus, eli absoluuttinen kosteus, joka kertoo ilman sisältämän vesihöyryn määrän. Ilma voi siis sisältää lämpimänä oleellisesti suuremman määrän vesihöyryä kuin kylmänä. Tämä edistää homekasvustojen ja lahottajasienten kasvamista erityisesti kesällä, koska kosteusolosuhteet ovat helpommin suotuisat kasvustoille korkeamman ilmankosteuden vaikutuksesta. [3.]

4 Kosteusvaurioindikaattorit

Materiaalin liiallinen kosteusaltistus mahdollistaa mikrobien kasvamisen sopivan kosteuden ja lämpötilan vallitessa rakennuksen ilmastossa tai materiaalissa itsessään, ja näin ollen mikrobien sivutuotteiden pääsy mahdollistuu sisäilmaan edellä mainittujen rakenteellisten ilmavuotojen kautta tai kasvamalla materiaaleja pitkin ajan kuluessa. Näiden mikrobien mykotoksiinit voivat näin päästä rakennuksen sisäilmastoon tai rakenteiden pinnoille, aiheuttamaan haitallisia yhdisteitä, jotka ilmenevät ihmisillä usein ylähengitysteiden oireina tai hajuina. [5.]

4.1 Baarnin indikaattorilista

Baarnin indikaattorilistan perusteella voidaan luokitella erilaisia kosteusvaurioiden mikrobi-indikaattoreita, joiden esiintyminen kosteusvaurionäytteissä mikrobeina viittaa myös aistittavaan terveyshaittaan. Indikaattorien löytyminen voi kuitenkin olla peräisin myös polttopuista, eläimistä tai vastaavista lähteistä ja nämä tulee luotettavasti erottaa tutkimuksessa toisistaan. [5.]

Mikrobien listaus on laadittu laboratorioiden kokemuserusteisesti ja auttaa tunnistamaan rakennuksen mikrobit laboratoriossa. Indikaattorilistan mukaisten mikrobien löytyminen rakennuksesta viittaa myös terveyshaitan olemassaoloon tilassa, mistä näyte on otettu.

4.2 Endotoksiinit

Endotoksiinit ovat bakteerien rakenneosia, jotka leviävät yleisesti roiskeiden tai pölyn mukana. Endotoksiinien vaikutus ihmisten terveyteen tulee yleisimmin hengitysteiden kautta, ja ne aiheuttavat keuhkoihin heikentyvää toimintakykyä tai orgaanisen pölyn aiheuttamaa kuumeilua. Altistumista endotoksiineille mitataan omalla mittayksiköllään EU/m³ raja-arvon asettuessa tasolle 90EU/m³ [6.]

4.3 Sienten aineenvaihduntatuotteet eli mykotoksiinit

Sieniperäisiä, ihmiselle haitallisia mikrobien aineenvaihduntatuotteita kutsutaan mykotoksiineiksi. mykotoksiinien aiheuttamat oireet ovat usein iho- ja hengitysoireiden kaltaisia oireita. mykotoksiineja ja niiden vaikutuksia ihmiselle on tutkittu erityisesti pilaantuneissa elintarvikkeissa.

Mykotoksiineja tuottava homesieni tuottaa usein useampaa kuin vain yhtä myrkkyä kasvaessaan. Jos rakennuksessa on myrkyllinen homesienilajike, löytyy rakennuksesta myös kyseisen lajikkeen toksiineja. Mykotoksiinit voivat olla stabiilissa tilassa viikkojen ajan, ja alkaa kasvamaan, kun olosuhteet kasvulle ovat suotuisimmat. Mitä korkeampi vesiaktiivisuus sitä voimakkaammin mikrobi tuottaa mykotoksiineja.

Mykotoksiinit eli homemyrkyt voivat pahimmillaan olla ihmiselle erittäin myrkyllisiä, niin ravinnossa kuin ihmisen altistuessa niille. Myrkyllisin, usein ravinnon kautta ihmiselle päätyvä mykotoksiini on aflatoksiini, jonka on todettu kliinisissä kokeissa aiheuttavan

mm. syöpää ihmisille ja näin ollen se on vahva karsinogeeni, eli syöpävaarallinen aine. [6.]

Mykotoksiineille on mahdollista altistua sisätiloissa hengittämällä vaurioituneiden rakennusosien pölyä, tai vaihtoehtoisesti ilmaan päässeiden homeitiöiden toksisia yhdisteitä. Huoneen lämmössä mykotoksiinit ovat kiinteässä muodossa, mutta liukenevat hyvin veteen ja orgaanisiin liuottimiin. [20, s.65.]

4.4 Sädesienet

Sädesienet ei nimestään huolimatta ole sieniä, vaan maaperästä lähtöisin oleva bakteereja. Sädesienet tuottavat rihmastoja, kuten useat muutkin mikrobit. Sädesieniä esiintyy luonnossa, ja sädesienet kasvavat kosteissa olosuhteissa. Kellarin kosteusvaurioiden yhteydessä usein tavattu maakellarimainen haju voi viestiä sädesienen kasvamisesta rakenteessa.

Sisäilmaongelmia sädesieni muodostaa, mikäli se pääsee kasvamaan rakenteessa ja levittämään rihmastoaan itiöidensä avulla. Pieniä määriä sädesientä voi sen luonnonmukaisuuden takia esiintyä jopa terveissä rakennuksissa. Ongelmia voi ilmetä, mikäli sädesienen aineenvaihduntatuotteita, eli toksiineja pääsee kasvamaan ja levittämään sisätilaan ja sitä kautta ilmastoon. [8.]

5 Mikrobivaurioiden havaitseminen

Epäiltäessä homevaurion olemassaoloa rakennuksessa, voidaan tilannetta tutkia ensin aistinvaraisesti ja mahdollisesti materiaaleista tai sisäilmastosta mikrobinäyttein. Mikäli mikrobien vaurioittama kohta on todennettavissa luotettavasti, voidaan pala rakennusosaa viedä viljeltäväksi laboratorioon, jossa saadaan luotettava tulos mikrobien itiömäärästä. Suoraviljelyssä käytössä on +/- asteikko, joka on eritelty välillä ”niukasti mikrobeja – erittäin runsaasti mikrobeja”. [11, s.10.] Bakteerien ja sienten tunnistamiseen

viljelymenetelmällä käytetään keinotekoisia elatusalustoja, joissa elinkykyiset mikrobit saadaan elämään ja kasvamaan. [11, s.10.]

Homeita voidaan tunnistaa mikroskoopissa nähtävien rakenteiden perusteella. Havaintojen perustana voidaan pitää rihmaston ulkonäöllisiä seikkoja kuten itiöiden värit, muodot ja pintarakenteet. [19, s.41.]

6 Suunnittelussa huomioitavia toimenpiteitä

Arkkitehdin rakennussuunnittelun tehtävä on suunnitella suuremmat kehykset rakennukselle. Tällaisia ovat rakennuksen päämassat, maapinnat, materiaalit ja niiden pitkäaikaisempi kestävyys sekä rakennettavan kohteen detaljit. [14, s.50.]

Arkkitehdille tai rakennussuunnittelijalle tärkeitä ja huomioitavia seikkoja ovat kattokaltevuuden ja räystäiden riittävyyden tarkastelu, materiaalivalintojen tarkastelu kosteusteknisesti toimivaksi rakenteeksi. Suunnittelussa on tärkeitä käyttää toimiviksi koettuja materiaaleja. Uusien materiaalien käytössä tulee varmistaa rakenteen toimivuuden fyysiset perusteet rakennesuunnittelijan kanssa yhteistyössä. [16, s.52.]

Rakennusfysikaalisessa suunnittelussa on varmistuttava, että rakenteisiin pääsevä kosteus ei aiheuta missään vaiheessa merkittävää haittaa tai riskiä rakenteen kestävyydelle tai toimivuudelle. On huomioitava, että kostunut rakenne on kykenevä kuivumaan satunnaisista kosteusrasituksista, eli kuivuminen on mahdollistettu joko hengittäviä materiaaleja käyttäen tai kosteutta kestäviä materiaaleja suosien. Suunnittelussa on huomioitava elinkaaren jaksoista ainakin rakentamisvaihe, kuivumisvaihe, ja rakennuksen normaali käyttövaihe. [16, s.52.]

Rakennushankkeen kokonaisvastuun kannalta juuri pääsuunnittelijan pätevyys on tärkeä, koska pääsuunnittelija on velvollinen huolehtimaan rakennushankkeen suunnittelun yhteensopivuudesta ja laadusta.

6.1 Rakennusmateriaalien yhteensopivuuden varmistaminen

Rakenteissa olevien materiaalien kosteuskäyttäytymisen tunteminen rakennetta suunniteltaessa on erityisen tärkeää. Erilaisten rakennusmateriaalien yhdistelmien aiheuttamat kemialliset reaktiot voivat olla ratkaisevan tärkeitä kosteus- ja homevaurioin kehittymisessä tai vaihtoehtoisesti haitallisten yhdisteiden vapautumisessa sisäilmastoon. Näillä reaktioilla on vaikutusta sisäilmaston kemiaan ja ne voivat myös vahvistaa mikrobikantaa, joka rakenteen sisällä tai pinnassa elää. [22, s.55.]

Kemiallisia reaktioita on mahdollista tutkia rakennusmateriaalien emissiotutkimuksin. Kosteusvaurio muuttaa rakennustuotteiden emissiokäyttäytymistä, koska vesi toimiesaan luonnollisena liuottimena hajottaa useita kiinnitysaineita. Kosteus voi myös altistaa mikrobien rikastumisen samoissa materiaaleissa, tai niiden pinnoilla. Materiaalin sietokyvyn ylittävä, tai toistuva kosteusaltistus on suurin riskitekijä kosteusvaurion muodostumisessa. [23, s.57.]

6.2 Kosteusvaurion merkitys rakennusmateriaalin emissioihin

Rakenteeseen päässyt kosteus kiihdyttää haihtuessaan rakennusosan päästömääriä sisäilmastoon, eli emissiot lisääntyvät. Lisääntynyt kosteusrasitus myös mahdollistaa mikrobien rikastumisen materiaalin sisällä tai pinnalla. Kun mikrobit rikastuvat, ne pääsevät helpommin kasvamaan ja tuottavat omia haitallisia yhdisteitä ilmaan. Nämä toksinit ja emissiot voivat ilmetä erilaisina hajuina ja allergeeneinä, jotka aiheuttavat oireita rakennuksessa asuville tai vieraileville ihmisille. Materiaalien emissiot ovat kuitenkin riippuvaisia useista tekijöistä, kuten ympäröivän ilman lämpötilasta ja ilmankosteudesta

Onkin erityisen tärkeää lisätä tietoa rakennekosteuden vaikutuksia materiaaleihin, koska tämä luo perustan pinnoitettavuudelle. [23, s.57.]

6.3 Betonirakenteista haihtuvan liiallisen kosteuden seuraukset

Betonirakenteesta haihtuva liiallinen kosteus tuo emäksistä kosteutta pinnoitteeseen ja aiheuttaa nykyisissä polymeeripitoisissa tasoitteissa reaktion, jota kutsutaan emäksiseksi hydrolyysiksi. Emäksinen hydrolyysi on prosessi, joka kehittää estereistä alkoholeja ja happoja. Emäksinen hydrolyysi voi tuottaa bakteerien kanssa muun muassa ammoniakkia tai fenoksietanolia. Mikäli tilassa esiintyy ammoniakkin hajua, on asiaan reagoitava. Ammoniakki on yleinen epäpuhtauden lähde, ja edistää täten homeen kasvua rakenteella, ja voi aiheuttaa muutoksia rakennustuotteiden alkuperäisiin väreihin. Esimerkiksi tasoitteista kosteuden myötävaikutuksella irtautuva ammoniakki ei kuitenkaan aina selkeästi haise. Tämän vuoksi ammoniakkia tulisi mitata sisäilmasta, mikäli epäillään ammoniakkia erittyvän emäksisen hydrolyysin seurauksena. [23, s.57.] Täten on varmistuttava, että pinnoitettava betonipinta ei saa kosteutta mistään ulkoisesta kosteuslähteestä, eikä ole liian kostea kyseiselle pinnoitteelle.

Vanhemmat tasoitteet, joita rakennuksissa on käytetty ovat olleet orgaanisempia kuin nykyaikaiset muovipolymeeriliimaiset tasoitteet. Näissä tasoitteissa käytettiin valkuaispitoisia yhdisteitä, jotka ovat voineet olla kaseiinia tai gelatiinia. Tämä tarkoittaa elinperäisiä valkuaisia, eli orgaanista tasoitetta. Tasoitteet olivat suunniteltu kuiviin sisätiloihin. Kastuessaan tasoitteet muodostavat potentiaalisen epäpuhtauslähteen sisäilmalle ja rikkaan, hyvän pohjan kehittyvälle homekasvustolle.

Emäksinen kosteus ja orgaaniset, valkuaispitoiset tasoitteet reagoidessaan aiheuttavat kirpeän ja hedelmällisen hajun sisäilmastoon. Haju on ihmiselle herkästi aistittavissa. Mikäli vaurioituneita tasoitteita löytyy hajun, tai värimuutosten esiin tuomana, täytyy nämä tasoitteet poistaa huolellisesti pinnoilta ennen korjauksia.

6.4 Rakenteiden kosteudenkestävyys ja luokittelu

Talonrakentamisessa käytetyt materiaalit jaotellaan homehtumisherkkyiden mukaisesti alla olevan taulukon mukaisesti.

Taulukko 1. Eri materiaalien homehtumisherkkydet.

Hyvin herkkä	Käsittelemätön, ravinteikas tai karkeasyinen puu.
Herkkä	Höylätty puu, paperipintaiset tuotteet ja kalvot. Puiset levyt.
Kohtalaisen kestävä	Sementtipohjaiset materiaalit, muovimateriaalit, mineraalivillat.
Kestävä	Lasi- ja metallimateriaalit, tehokkaita suoja-aineita sisältävät tuotteet.

[17, s.156.]

7 Mikrobivaurioiden kehittyminen alapohjarakenteissa

Rakenteilla olevan rakennuksen altistumista sade- tai valumavesille on rakentamisen runkovaiheessa mahdotonta ehkäistä täysin ilman sääsuojaa. Mikäli sääsuojaa ei olla jostakin syystä rakentamassa, on tärkeää, että rakentamisessa edetään vesikattovaiheeseen nopeasti ja välittömästi höyrynsulun ummistamisen jälkeen on syytä alkaa poistamaan rakennusaikana kertynyttä kosteutta rakenteista käyttäen rakennuskuivaimia ja lämmittimiä.

Rakennusaikana kertyvä kosteus haihtuu rakenteista pidemmällä aikavälillä ja voi olla pitkään homeenkasvun sallivalla tasolla. Tuulettuvien- ja maanvastaisten alapohjien yleisimmät home- ja kosteusongelmat johtuvat usein liiallisesta kosteudesta ja orgaanisista aineista, jotka jäävät alapohjaan.

7.1 Alapohjien yleisimmät kosteuslähteet

Kosteutta voi olla tarjolla myös jatkuvasti matalan korkeusaseman vuoksi, maataskuista nousevan kosteuden vuoksi tai kosteuden nousua katkaisevan kapillaarisen kerroksen puutteellisuuden takia.

Ryömintätilan maapohjan ollessa rakennusta ympäröivää maanpintaa alempana, valumavesi tai sadevesi voi siirtyä painovoimaisesti rakennuspohjaan ja voi imeytyä kapillaarisesti sokkeleihin, perustuksiin tai toimia kosteuslähteenä helpottaen homekasvua mikrobeille. Mikrobeita riittää tuulettuvassa alapohjassa runsaasti koska ilma vaihtuu suoraan ulkoa ja kosteuttakin on tarjolla runsaasti ilmankosteuden vaihtelun takia erityisesti kesällä ilmamassan ollessa lämmintä ja kosteaa usein. Maanvastaisissa alapohjissa kosteus on korkealla tasolla maaperästä nousevan kosteuden diffuusion vuoksi.

Hyvin eristettyjen tuulettuvien alapohjien ongelmaksi kesällä voikin muodostua lämpimän ja kostean ilman toimiminen kosteuslähteenä. Mikäli lämpötila tuulettuvassa alapohjarakenteessa on viileämpi kuin ulkoilmassa, muodostuu tuuletusilma kosteuslähteeksi ja ilmankosteus voi kondensoitua uudelleen kylmemmille pinnoille talon alapohjassa.

Tuulettuvassa alapohjassa olevat mikrobit alkavat näin ollen kasvaa ja muodostaa kasvustoa aineenvaihduntatuotteineen. Kun kasvusto muodostuu, ja mikrobikasvustolle otolliset olosuhteet palaavat saattaa kasvu jatkaa elinvoimaisena.

Yleinen syy tuulettuvien alapohjien ongelmille on tuuletuksen katveisuus. Mikäli pohjarakenteissa on palkistoja, tuentoja tulisijoille tai rakenteellisia esteitä tuuletuksen virtaukselle talon lävitse, aiheuttavat katveet ja kulmat riskin kosteuden kerääntymiselle, ja erityisesti liian kerääntymiselle rakenteiden pinnoille. Lika antaa homeelle mahdollisuuden

kasvaa, mikäli muut olosuhteet ovat suotuisat. Kuten puutavarassa, homeen kasvu helpottuu, mikäli pinnassa on epätasaisuuksia ja likaa sekä ilmassa tai materiaalissa riittävä kosteus.

Koska tuulettuva alapohjarakenne on tavanomaisesti mikrobipitoinen jatkuvien ilmavirtojen, orgaanisen materiaalin ja lämpötilavaihteluiden vuoksi, on alapohjan oltava tiivis liitoksiltaan suhteessa rakennuksen sisäilmastoon. Pienetkin reiät alipaineiseen asumistilaan aiheuttavat vaaran konvektiiviselle vuodolle ja mahdollistavat muun muassa radonkaasujen pääsyn sisätiloihin vapaammin.

8 Ilmanvaihto ja rakenteiden tiiveys

Painesuhteiden vaikutus alapohjaan on tärkeää huomioida, kun pyritään ehkäisemään mikrobien kulkeutumista sisäilmastoon. Alapohjissa on huomattavasti korkeammat pitoisuudet mikrobeita kuin sisätiloissa johtuen suhteellisen kosteuden korkeasta tasosta ja mahdollisesta orgaanisesta aineksesta mitä alapohjaan on voinut jäädä tai kulkeutua. Rakennuksen fyysiset mittasuhteet aiheuttavat erilaisia vaikutteita painesuhteisiin. Mikäli korvausilman saanti ei ole järjestetty hallitusti on vaarana, että korvausilma tulee rakenteiden epäjatkuvuuskohdista tai työvirheistä läpi asuintiloihin alapohjasta. Tällöin on mahdollista, että alapohjasta tuleva ilmamassa, joka sisältää paljon suuremman määrän mikrobipitoista ilmaa heikentää rajusti sisätilojen ilmamassan terveellisyyttä. [28, s.86.]

8.1 Savupiippuilmio

Lämpötilaero ulkoilman ja sisäilman välillä aiheuttaa niin sanotun savupiippuilmion. Tämä tarkoittaa, että rakennuksen yläosista tulee ylipaineisia verrattuna alempiin osiin. Talon korkeuden kasvaessa ilmiö voimistuu myös sisätilojen lämpötilaeron vaikutuksesta. Savupiippu ilmiö voi edistää myös mikrobipitoisemman ilman kulkeutumista alapohjasta saakka, mikäli alapohjan liitokset eivät ole riittävän tiiviitä. Savupiippuilmiossa lämpimän ja tiheän ilman kohotessa ylöspäin aiheutuu ylipainetta rakennuksen ylemmille osille, ja alaosiin syntyy viileämmälle ilmalle ”vetoa” korvausilman muodossa.

Mahdolliset läpivientien reiät ja työvirheet ovat täten suoria reittejä kostealle ja mikrobipitoiselle ilmalle. Rakennuksen korkeus pahentaa ilmiötä. [27, s.85.]

8.2 Ilmanvaihdon vaikutukset painesuhteeseen

Ilmanvaihdolla pyritään tasaamaan painevaihteluita rakennuksessa. Ilmanvaihto säädetään tavallisesti hieman alipaineisiksi. Poisto- ja tuloilmanvaihdolla rakennuksen ilmanalipaine on tavallisesti 0 - 3 Pa ja koneellinen poistoilmanvaihto 5 – 15 Pa alipaineinen. [35, s.85.]

8.2.1 Tuulen vaikutukset painesuhteeseen

Tuulella on suuri rooli painesuhteiden heilahteluissa hetkellisesti. Tuulen aiheuttamat vaikutukset rakennukselle riippuvat tuulen voimakkuudesta, suunnasta ja pyörteisyydestä. [34.]

9 Tulokset

9.1 Maaperän kosteuden nousun ehkäisy

Rakennuksen maanvastaisen alapohjan sijoittaminen riittävän korkeaan korkeusasmaan maapohjaan nähden on tärkeää, jotta maaperän kosteusriskit saadaan minimoitua ja liittyvät rakenteet toteutettua kosteusteknisesti riittävälle etäisyydelle maanpinnasta. Vesihöyryn nousua ehkäisemään on myös suositeltavaa lisätä erillinen solumuovikerros katkaisemaan kapillaarista ja diffuusioperäistä kosteuden nousua maaperästä. Tällainen ratkaisu voi olla tiivis routamatto, sijoitettuna maanvastaisen lattian eristetason alapuolelle, saumat limitettynä ja teipattuna huolellisesti yhteen hyvin tarttuvalla höyrynsulkuteipillä. [15.]

Uusissa tutkimuksissa on todennettu, että alapohjan alapuolisen maaperän lämpötila seuraa tiedettyä herkemmin sisäilman lämpötilaa, nostaen lämpötilan korkeammalle ja lisäten kosteuden siirtymistä diffuusion avulla lämpötilan vaikutuksesta vesihöyryn muodossa kohti sisätiloja. Tutkimuksissa on todettu myös, että RIL 2 mukainen 200 – 300 mm salaojasepeliä ei riitä katkaisemaan kapillaarista kosteuden nousua yksin. [15.]

Ilman erillistä ja kapillaaritiivistä kosteudensiirtymän katkaisevaa kerrosta, suoraan eristeiden päälle valettuna maanvastaisen laatta tarttuu kiinni alapuolisiin eristeisiin ja betoni kuivumisesta kutistuessaan avaa eristeiden saumoja, jolloin kosteuden nousu suoraan betonilaattaan on mahdollinen maaperästä saakka. Näin myös paine-erosta, reiästä tai muun kaltaisesta konvektiosta johtuvat kylmäsiilat saavat kulkureitin alapohjasta sisätilojen suuntaan, ja kosteuden tiivistymisvauriot ovat mahdollisia rakenteissa. Maaperässä vallitsevat lämpö- ja kosteusolot ovat tavanomaisesti hyvin otolliset home- ja mikrobikasvuston edistymiselle ja suhteellisen kosteuden on lähtökohtaisesti oletettava olevan maaperässä 90 - 100% RH. [15.]

Toteuttaessa rakennusta maanvastaiselle pohjalle on otettava huomioon laatan painumisen mahdollisuus. Mikäli maanvastainen laatta lähtee painumaan huonosti tiivistettyjen täyttöjen vuoksi, painuu lattia eri aikaisesti kuin painumattomalle alustalle rakennettu sokkeli tai antura. Erityisesti märkätilojen rakentamisessa tulee huolehtia, ettei rakennesaumoja ylitetä. Eriaikainen eläminen voi repiä rikki rakenteiden alla olevan märkätilaeristeen vahvikenauhoineen. Vahinkoa voi olla pintapuolisesti mahdotonta paikantaa ennen vaurioiden syntyä ja kosteusvaurion syntyminen on mahdollinen usealla tavalla. [25, s.80.]

9.2 Maanvastaisen laattarakenteen pinnoitus

Maanvastaisen lattialaatan pinnoittamiseen on hyvä suosia hyvin vesihöyryä läpäiseviä materiaaleja, jotka mahdollistavat laatan kuivumisen rakennusvaiheen jälkeenkin. Laattaan mahdollisesti pääsevä kosteus on kyettävä saada siirtymään lämpimien sisätilojen puolelle, ja ilmanvaihdon kautta poistettavaksi. Tällöin rakenteen kyky kuivua säilyy

hyvänä. Suositeltavia materiaaleja ovat keraamiset laatat. Keraamisen laatan vesihöyrynläpäisevyyteen vaikuttaa erityisesti pintakäsittely, jolloin laatan pintaan muodostuu huokoinen, tiivis tai lasitettu pinta. [24, s.44.]

Laattojen vesihöyrynläpäisevyys vaihtelee runsaasti eri laattatyypin välillä, ja tärkeä osa vesihöyrynläpäisevyydessä on myös saumojen leveydellä, laattasaumojen jaon tiheydellä sekä alueen pinta-alalla.

9.3 Kosteutta heikommin kestävät lattiapinnoitteet

Mikäli maanvastainen laatta halutaan pinnoittaa puupohjaisella materiaalilla, jonka kosteudenkestävyys on heikompa tasoa kuin keraamisilla lattialaatoilla, on hyvä tapa varmistaa lattian alustan tuulettuminen tuulettuvalla alusmateriaalilla, joka mahdollistaa niin kutsutun mikropumppausliikkeen tai vastaavan ilmanliikkeen, jonka avulla ilman liikkuminen lattiapinnoitteen alta on mahdollistettu.

Mikropumppausliikkeen mahdollistavat materiaalit vaimentavat tavanomaisesti myös askelääntä. Mikropumppauksen mahdollistaa alusmateriaali, joka kävelyn vaikutuksesta aiheuttaa tuulettavaa liikettä tiiviiden pintojen välissä. Tällöin maanvaraisen laatan kosteus ei jää kahden tiiviin pinnan väliin vaan kostean ilman liikkuminen on mahdollista, eikä mahdollinen vesihöyry pääse suoraan tekemisiin orgaanisen pintamateriaalin kanssa. Tällainen orgaaninen materiaali voi olla parketti- tai lautalattia.

9.4 Alan toimijoiden kouluttaminen kosteudenhallintatyön edistämiseksi

Home- ja mikrobivaurioiden ehkäisemiseksi on keskeistä kouluttaa erityisesti työmaan toimihenkilöille keinoja käytännön kosteudenhallintaan ja vaurioiden ehkäisemiseen. Peab Oy on haastanut rakennusalan suuret toimijat mukaan kosteudenhallintakortin kehittämiseen ja parempien kosteudenhallintarutiinien kehittämiseen koko alalle. Kosteudenhallintakortin yhtenä tärkeimmistä ajatuksista on kosteudenhallinnan rutinoituminen rakennusosalalle. Huolellisuudella on suuri rooli kosteudenhallinnan onnistumisessa koska kostuminen on suurin syy kasvuston kehittymiselle. [11, s.10.]

Kosteudenhallintaa kouluttaessa tulisi myös painottaa, mitä tehdään kosteusvaurion tapahtuessa. Kemiallisista reaktioista aiheutuvat muutokset rakenteissa voivat jäädä emissio-ongelmaksi tiedostamatta, mikäli materiaalia ei poisteta ja korvata uudella materiaallilla. Kosteusvaurion aiheuttamat emissiot voivat jäädä erittymään sisäilmastoon, vaikka materiaali kuivuisikin nopeasti vahingon tapahtumisen jälkeen ja vaikuttaisi olevan hyväkuntoinen. M1- testatut tuotteet testataan tuotteiden ilmaan haihduttamia yhdisteitä kuten formaldehydejä, karsinogeenejä tai hajuja. Testaus suoritetaan kuivana, joten kastuessaan M1- luokan tuotteet eivät välttämättä toimi kuten luokitus antaa ymmärtää vaan kosteuden avulla tuotteesta voi liueta suurempia määriä emissioita. Rakentamisen kemian opintoja tulee sisällyttää kosteudenhallinnan tietouden tueksi. [38.]

9.5 Kosteudenhallinta osana aikataulua hankesuunnittelussa

Rakennushanketta suunnitellessa on syytä huomioida ilmaston vaikutukset rakentamiseen. Rungon rakentamisen olisi syytä tapahtua mahdollisimman kuivaan aikaan. Mikäli rakentamisen aloittaminen ei ole mahdollista kuivaan aikaan, on syytä varautua ylimääraisiin taloudellisiin kustannuksiin rakennuksen kuivana pitämiseksi rakennusaikana. Adsorptio-, kondenssikuivaimet ja lämmittimet ovat tärkeä osa kosteudenhallintaa epäotollisissa rakentamisoloissa. [13.]

Rakennuksen aikataulusuunnittelussa on huomioitava kosteudenhallinnan vaatima aika ja resurssit sekä taloudellinen rasite mikä hankkeelle kohdistuu rakentamisesta esimerkiksi sateisena syksynä rakentaessa. [13.]

9.6 Kosteudenhallinnan suunnittelu kohdekohtaisesti

Kohteen toteutustapaan liittyvät riskirakenteet ja materiaalit tulee selvittää jo aikaisin suunnitteluvaiheessa. Tärkeitä asioita ovat materiaaliominaisuudet kuten homeherkkyys, kuivuminen ja kosteudenhallinnan kannalta kriittisten kohteiden tarkastelu riskirakenteina. Kosteusteknisesti on oleellista, että rakennus voi kuivua nopeasti tilapäisestä ylimääräisestä kosteusrasituksesta, eikä rasitus saa toistua useasti. [14, s.52.]

Kohteen pääsuunnittelijan tulee varmistua siitä, että jokaisen suunnittelijan oman vastualueen kosteusriskin mahdollisuudet on huomioitu ja mahdollisiin rakenneriskeihin reagoitu, ennen kohteen aloittamista. Tunnettuja riskiratkaisuja tulee välttää. Näin varmistetaan kosteudenhallinnan laatua ja toteutustavan suunnitteluriskit huomioidaan ennen aloitusta.

Suunnittelijoista tulee olla mukana erityisesti perustussuunnittelijat, arkkitehdit, LVIS-suunnittelijat sekä mahdolliset erityisasiantuntijat kosteudenhallinnan ratkaisuihin liittyen. [14, s.52.]

Kaikissa tilanteissa lähtökohtana tulee olla ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta, joka ohjaa toimintaa rakennusallalla. Asetus asettaa selkeästi vaatimukset suunnittelun osapuolille ja kosteusteknisille järjestelmille.

3 § Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden olennaiset tekniset vaatimukset Pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti huolehdittava rakennuksen suunnittelusta siten, että rakennus käyttötarkoituksensa mukaisesti täyttää sen kosteustekniselle toimivuudelle asetetut olennaiset tekniset vaatimukset. Suunnittelijan on rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa selvitettävä rakennuksen rakennusaikainen rakentamistapa ja rakenteen kosteustekninen toimivuus. Rakennuksen, rakenteiden ja rakennusosien on oltava sisäiset ja ulkoiset kosteusrasitukset huomioon ottaen kosteusteknisesti toimiva niiden suunnittelun teknisen käyttöajan ajan. Rakennuksen liian suuri kosteuspitoisuus tai kosteuden kertyminen rakennuksen osiin tai sisäpinnoille ei saa vaurioittaa rakennusta eikä aiheuttaa rakennuksessa oleskeleville terveyshaittaa. [32.]

Rakennuksen ilmanvaihto on oleellisessa osassa ylimääräisen ilmankosteuden poistamisessa. Ilmanvaihdon olisi siis toimittava kosteusautomaation avulla, aina kun kosteus nousee homekasvun mahdollistavalle tasolle sisätiloissa. Erityisesti kosteat tilat voidaan varustaa anturein, jotka aistivat tilan kosteutta ja vievät tiedon ilmanvaihtokoneelle, jotta ilmanvaihtoa voidaan tehostaa automaattisesti. Home- ja mikrobivaurioiden kehittyminen hidastuu selvästi, mikäli sisätilat ovat kuivia ja kosteus selkeästi alle homeiden kasvun mahdollistavan tason.

Suunnittelijoiden vastuun korostuessa asetuksessa, on pääsuunnittelijalla vastuu suunnittelun kokonaislaadusta. Eritoten pääsuunnittelijan tulee perehtyä rakennettavan kohteen kosteustekniikkaan koko elinkaaren ajalle koska suuri osa home- ja

mikrobivaurioista johtuu yhä suunnittelun ja rakentamisen virheistä. Rakentamisen virheet vähenevät myös paremman laatutason vaatimusten myötä.

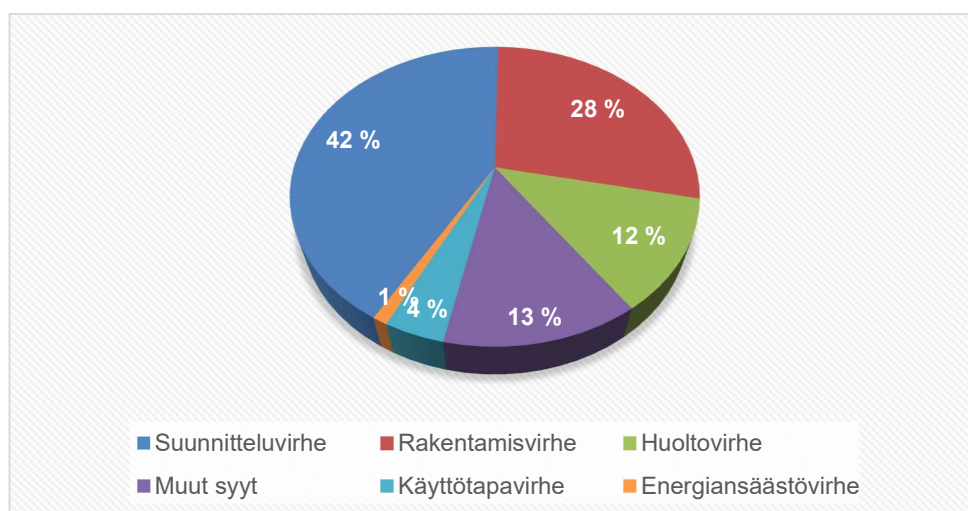
120 a §

Rakentamisen suunnittelussa on oltava suunnittelun kokonaisuudesta ja laadusta vastaava pääsuunnittelija. Pääsuunnittelijan on rakennushankkeen ajan huolehdittava, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden siten, että rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset täyttyvät. Pääsuunnittelijan on huolehdittava myös siitä, että rakennushankkeeseen ryhtyvä saa tiedon huolehtimisvelvollisuutensa kanalta merkityksellisistä suunnittelua koskevista seikoista. [37.]

9.7 Tyypillisen kosteusvaurion profilointi julkisessa rakennuksessa

- 42% Suunnitteluvirhe
- 28% Rakentamisvirheet
- 12% Huoltovirheet
- 13% Muut syyt
- 4% Käyttötapavirhe
- 1% Energiansäästövirheet

[33, s.65.]



Kuva 1. Kosteus- ja homevaurioiden syyt julkisissa rakennuksissa. (Kuntaliitto, 2005.)

Kuntaliitto on jo vuonna 2005 tutkinut toteutuneiden kosteus- ja homevauriokohteiden juurisyitä. Kuntaliiton tutkimuksessa mukana olleista korjauskohteista 42% johtui suunnitteluvirheestä, 28% rakennusvirheistä, 12% huoltovirheistä, 4% aiheutui virheellisestä käytötavasta, sekä 1% energiansäästövirheistä. [33, s.65.]

Yleisimmin kosteus- ja homevauriot ovat syntyneet pitkän vaikutusajan kuluessa ja erityisesti alapohja, tai perustusrakenteisiin, Tärkeinä taustatekijöinä toimivat kuitenkin myös ilmanvaihdon ongelmat ja vesikatolta peräisin oleva kosteus. [33, s.65.]

Pitkällä aikavälillä syntyvät kosteus- ja homevauriot ovat monisyinen ongelma, joissa on mukana tavanomaisesti useita laiminlyöntejä rakennuksen elinkaaren aikana. Kiinteistöhuoltohenkilökuntaa on koulutettava toimimaan aina laitteiston tai rakennusosan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Riittävän koulutuksen avulla varmistetaan huoltohenkilökunnan ymmärrys ja osaamisen taso laitteiden käyttöön ja huoltoon. Lisäkoulutus mahdollistaa myös aikaisemman reagoinnin kosteusteknisiin tai laiteongelmiin. [33, s.65.]

9.8 Uusien tuotannollisten ratkaisujen suunnittelu

Talopakettiratkaisujen yleistyessä pyritään tuotannollisista syistä suunnittelemaan ratkaisuja, joissa käytännön työ yksinkertaistuu ja nopeutuu. Näitä ratkaisuja tulisi kuitenkin puolueettomasti käytännössä todentaa ennen niiden laajempaa käyttöä suunnitelmissa ja rakenteissa.

Kantavissa alapohjarakenteissa on esimerkiksi siirrytty ohuempiin tasoitelattioihin, joiden rakentamisen yhteydessä jätetään raudoitteet pois, ja paksuutta on ohennettu 50mm paksuuteen. Tieteellistä näyttöä rakenteen uusien rakenneratkaisujen toimivuudesta on ainakin julkisuudessa vähän ja tarvittaisiinkin puolueettoman toimijan julkisia tutkimuksia rakenneratkaisujen toimivuuden todentamiseksi.



Kuva 2. Lattialämmitysputkiston kiinnikkeet lävistävät alapohjan radon- ja höyrynsulkulimityksen useista kohdista ympäri talon. Kuva Aapo Pietarinen.

9.9 Lattialämmityspiirin asennus ilman raudoiteverkkoa

Lattialämmityspiirin kiinnikkeiden lävistäessä höyrynsulkukalvon mahdollistuu reitti kosteudelle suoraan laatan ylä- ja alapintaan valun ja muovikiinnikkeen väliin jäävään materiaalisaumaan. Ratkaisu voi tuoda myös maaperän hajuja ja alapohjille tyypillisiä korkeita mikrobipitoisuuksia sisäilmaan. On tärkeää, että rakenteiden välisten liitosten tiiveys säilytetään myös limityksen osuuksilla hyvänä.

Ratkaisun perusteluna on talotoimittajan edustaja esittänyt kustannusten pienentämisen, koska raudoituksen tekeminen nähdään ylimääräisenä työnä, eikä rakenteen suunnittelussa oteta kantaa lattialämmityspotkien kiinnittämiseen detaljitasolla. Kuitenkin selvää on, että putkille tulee olla tukeva kiinnitys erityisesti valun ajaksi. Suunnittelussa tulee huomioida rakenteiden tiiveyttä heikentävät läpiviennit erityisesti.



Kuva 3. Suuren kotimaisen talotoimittajan ohjeistettu ratkaisu lattialämmityksen asennuksesta maanvastaisen laatan valuvalmisteluissa. Kuva Aapo Pietarinen.

9.10 Ryömintätalallisen alapohjan home- ja mikrobivaurioiden ehkäisy

Tuulettuvan alapohjan ryömintätilan maapohja on suositeltavaa peittää umpisoluisella eristeellä kauttaaltaan. Tarkoitukseen sopivalla routamatolla tai suulakepuristetulla polystyreenieristeellä. Tällöin maapohja pysyy viileämpänä ja ehkäisee kosteuden siirtymistä alapohjan ilmastoon diffuusiolla. Myös kapillaarinen kosteuden nousu katkeaa erilliseen

tiiviseen materiaaliin ja hakeutuu paremmin salaojien suuntaan varmistaen ryömintätilan pysymisen kuivana. [31.]

9.11 Tuulettuvan alapohjan koneellinen kuivattaminen

Mikäli tuulettuvan alapohjan kosteudentuotto on homeenkasvun mahdollistavalla tasolla pitkäkestoisesti ja toistuvasti eri vuodenaikoina, on alapohjaan syytä toteuttaa alapohjaan ilmankuivatusjärjestelmä tai vähintään tehostaa koneellisesti tuuletusta. Kuivatusjärjestelmä tulee varustaa vähintään hygrostaatilla ja ilmankuivaimella, jotta korkeat kosteuspitoisuudet saadaan matalammiksi kuin ulkopuolella vallitsevan ilman vastaavat arvot.

Hygrostaatin eli kosteuskytkimen tehtävänä on tunnistaa liian korkea kosteuspitoisuus tässä tapauksessa tuulettuvassa alapohjassa, ja antaa sähkövirtaa ilmankuivaimelle tai vaihtoehtoisesti tehostaa ilman liikettä kanavapuhaltimella, kosteuden kohotessa yli säädetyn arvon. Näin ilmankosteus saadaan laskettua alle suositeltavan maksimikosteuden 70%RH, jolloin mikrobit eivät enää kasva aktiivisesti. Hygrostaatilla saavutetaan myös energiansäästöjä, koska kuivain tai tehostettu ilmanvaihto alapohjassa toimii vain kosteuden ollessa liian korkealla tasolla.

Hygrostaatille ja kuivaimelle on käyttöä erityisesti kesällä, jolloin ilmamassan lämpötilan vuoksi on mahdollista, että ulkoilma on alapohjan ulkoinen kosteuslähde ja kosteus lisääntyy ilman liikkeessä ulkopuolelta alapohjan suuntaan.

Tällöin pelkkä tuuletuksen tehostaminen ei välttämättä vaikuta suotuisasti ilmankosteuteen vaan tarvitaan erillinen kuivain, joka kuivattaa ilmaa riittävästi, jotta ilman suhteellinen kosteus saadaan pidettyä aina alle 70%RH. Tällöin homeitiöt eivät kasva tilassa. [24, s.44.]

Mikäli tuulettuvan alapohjan kosteuden kanssa on ongelmia talvella, voidaan tuuletusta tehostaa talviaikaan nopeasti pelkällä kanavapuhaltimen ja lämmittimen yhdistelmällä. Tavanomainen kanavapuhallin pitää ilman jatkuvassa liikkeessä ja lämmittimen ohjauksessa alapohjan lämpötilaa 8-12°C lämpöön, riittää ilmanvaihto kuljettamaan kosteutta

ilmavirran mukaan kohtuullisesti pois alapohjasta. Näin tilan suhteellinen kosteus saadaan laskemaan. Toimenpiteen riittävyttä tulee tarkastella ilman suhteellisen kosteuden laskua seuraamalla. Lämmön ja alapohjan ontelon lievän alipaineen avulla on mahdollista saada alapohjan ilmankosteus laskettua nopeasti turvalliselle, alle 70%RH tasolle. Ratkaisun toimivuus on kuitenkin vahvasti riippuvainen myös ulkoilman lämpötilasta ja kosteudesta.

Mikäli hometta kehittyisi alapohjarakenteeseen, koneellisen tuuletuksen avulla aiheutettava lievä alipaineisuus ehkäisee myös mahdollisten mykotoksiinien eli homebakterioiden pääsyä ylempiin sisätiloihin ja parantaa näin ollen sisäilman laatua talossa, erityisesti mikäli alapohja on rakenteeltaan tiivis.

9.12 Ryömintätilan kuivatustekniikka

Alapohjien kuivatustekniikkana suositellaan käyttämään adsorptiokuivaimia, koska adsorptiokuivaimilla on huomattavasti paremmat ominaisuudet alapohjien- ja ryömintätilojen lämpötila ja kosteusolosuhteissa. Adsorptiokuivain toimii erinomaisesti matalissa lämpötiloissa koska kone ei ole riippuvainen kastepisteen käytöstä vaan kosteus sidotaan kuiva-aineeseen ja poistetaan. Kondenssikuivain eli kylmäkuivain vaatii huomattavasti suuremman lämpötilan toimiakseen tehokkaasti koska se hyödyntää kastepisteen tiivistymistä kuivatuksessa. [30.] On siis tärkeää valita oikea tekniikka erityisesti lämpötilaolojen mukaan kuivatukseen.

10 Alapohjan home- ja mikrobiehkäisytoimenpiteiden kustannukset

Taulukko 2. Maanvastaisen alapohjan home- ja mikrobiehkäisytoimenpiteiden kustannukset

Ilmoitetut hinnat ovat esimerkinomaisia kuluttajahintoja alv 24%

- Routamatto, umpisoluinen 100 m², 4,49 €/m²
- Hengittävä parketin alusmateriaali, 2,30 €/m²
- 5mm harjateräsverkko lattialämmityspiirin asennukseen, 2,84€/m²
- Vallox SE, %RH- kosteusanteri kosteisiin tiloihin, 84,90€ [36.]
-

[29.]

Taulukko 3. Tuulettuvan alapohjan home- ja mikrobivaurioiden ehkäisytoimenpiteiden laite- ja materiaalikustannukset

- Kanavapuhallin Östberg CK 125C, 115,90€
- Adsorptiokuivain Trotec TTR250, 1307,81€
- Hygrostaatti, Trotec BH-30, 19,94€
- Ryömintätilakuivain Corroventa CTR 300TT2, Adsorptiokuivain, ohjausyksiköllä ja asennussarjalla, 2418,00€
- Vallox SE, %RH- kosteusanteri kosteisiin tiloihin, 84,90€ [36.]

11 Yhteenveto

Home- ja mikrobivaurioiden ehkäisyn tulee olla rakennushankkeessa lähtökohtana jo suunnitteluvaiheessa. Hyvän ja tehokkaan kosteudenhallinnan lisäksi home- ja mikrobivaurioiden ehkäisyssä on keskityttävä rakenteiden kuivuuteen, yksiaineisuuteen, puhtauteen ja orgaanisen materiaalin määrän minimointiin betonirakenteisissa alapohjissa. Rakenteellisin keinoin voidaan vaikuttaa rakenneosien kapillaaristen ja diffuusioperäisten kosteusrasituksien suuruuksiin. Tämän raportin tuloksissa esitetyt ehkäisevät toimet on hyvä ottaa käyttöön tulevissa kohteissa. Rakenteisiin päätyvän kosteuden rajoittaminen ja betonirakenteiden rakennusaikaisen kosteuden siirtyminen turvallisesti ilmanvaihdon kautta poistettavaksi on tärkeää. Se on mahdollistettava hyvän höyrynläpäisykyvyn omaavilla pinnoitemateriaaleilla, kuten tiili- tai keraamisilla laatoitusratkaisuilla. Vesi-höyrytiivitä pinnoitusratkaisuja tulee välttää.

Ilmanvaihtolaitteisiin asennettavien kosteusantureiden avulla voidaan automaattisesti tehostaa ilmanvaihtoa, jos alapohjarakenteen kosteustuotto on liian suuri ja ilman suhteellinen kosteus nousee korkeaksi. Maaperästä nousevan kosteuden rajoittaminen tiiviillä ja eristävällä laatan alapuolisella solumuovikerroksella mahdollistaa nopeamman tasapainokosteuden saavuttamisen sisäilman kanssa. Näin kapillaarisen- ja diffuusioperäisen kosteuden nousun määrä laskee laatan alapinnassa, eikä maaperä toimi näin ollen kosteuslähteenä. Diffuusiokosteuden määrä laskee erityisesti routamaton eristävyyden vuoksi, eikä kapillaarinen kosteus voi nousta umpisoluisen eristerakenteen lävitse. Alapohjan kuivatuslaitteisto kuivattaa alapohjaa ja ehkäisee tehokkaasti ilman suhteellisen kosteuden nousua. Kuitenkin toimenpiteenä ensisijaisesti tulee suosia rakenteellisia keinoja niiden energia- ja kustannustehokkuuden vuoksi.

Talopakettien tuotannon kustannusten karsiminen on tuonut esiin epäkohtia alapohjarakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Nämä epäkohdat liittyvät erityisesti orgaanisen materiaalien löydöksiin ja maapohjasta nousevan kosteuden kulkeutumisen alapuolisten epäjatkuvuuskohtien lävitse kohti sisäilmaa. Yhdessä nämä ratkaisut voivat mahdollistaa home- ja mikrobikasvustoille elinolosuhteet rakenteiden sisällä ja jopa siirtymisen sisäilmaan. Läpiviennit on siis tehtävä tiiviiksi, eikä niitä tule lävistää kiinnikkeillä, joiden kautta kosteudella ja haitallisilla mikrobeilla on reitti laatan yläpintaan saakka materiaalisaumoja myöden. Suunnitteluvirheiden edustaessa suurinta yksittäistä syytä

todennetuista korjaustarvetta vaatineista ongelmista, tulee kiinnittää erityistä huomiota suunnittelun huolellisuuteen ja kattavuuteen juuri home- ja mikrobivaurioiden kehittymisen näkökulmasta. Suunnittelun tueksi on saatava puolueettomasti tutkittua, julkista materiaalitietoutta eikä ainoastaan valmistajien omia tuloksia kaupallisten kanavien kautta. Esimerkiksi tuotteiden suoritustasoilmoituksissa ei ilmoiteta kaikkia testattuja materiaaliominaisuuksia, vaikka ne olisivat valmistajan tiedossa.

Lähteet

- 1 PDF-tiedosto, Rakennustietosäätiö RTS, 11/2017, Ohjeet RT 08-11286 Puurakenteiden home- ja lahottajasienet sekä bakteerit s.1
- 2 PDF-tiedosto, Rakennustietosäätiö RTS, 11/2017, Ohjeet RT-08-11286 Puurakenteiden home- ja lahottajasienet sekä bakteerit s.2
- 3 Internet-sivusto, pdf-dokumentti. Kosteudenhallinta.fi. Luettu 26.8.2019.
http://www.kosteudenhallinta.fi/attachments/article/208/Kosteus_peruskasitteet_150928.pdf
- 4 Internet-sivusto, Sisäilmayhdistys Ry. Luettu 26.8.2019.
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>
- 5 Internet-sivusto, Sisäilmayhdistys Ry. Luettu 31.8.2019.
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Katsaus-mikrobeihin>
- 6 Internet-sivusto, Ruokavirasto. Luettu 31.8.2019.
<https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikkeiden-turvallisen-kayton-ohjeet/ruokamyrkytykset/homesienet-ja-homemyrkyt-elimykotoksiinit/>
- 7 Internet-sivusto, Työterveyslaitos. Luettu 31.8.2019.
<https://www.ttl.fi/service-document/endotoksiinien-naytteenotto-ohje/>
- 8 Internet-sivusto, Hengitysliitto. Luettu 3.9.2019.
<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/kosteus-ja-homevauriot/nain-homevauriosyntyy/sadesienet>
- 9 Internet-sivusto, Hengitysliitto. Luettu 5.1.2020.
<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/kosteus-ja-homevauriot/nain-homevauriosyntyy/mikrobit>

- 10 Internet-sivusto, Sisäilmayhdistys Ry. Luettu 3.9.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>
- 11 PDF-dokumentti, Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa IV, Valvira, 8/2016. 4.4 *Mikrobien ohjearvot ja tulosten tulkinta* s.10
- 12 Internet-sivusto, Rakennusteollisuus. Luettu 6.9.2019.

<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Laatu/Kosteus-ja-homevaurioiden-ehkaisy/>
- 13 Internet-sivusto, Kosteudenhallinta.fi, luettu 6.9.2019.

<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/hanke-suunnittelu/rakentamisen-aikataulu>
- 14 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry, 2011 *RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* s.50-52
- 15 Internet-sivusto, Sisäilmayhdistys, luettu 8.9.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Maanvastainen-betonilaatta>
- 16 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry , *RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* s.50-52
- 17 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry , *RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* s.156
- 18 PDF-dokumentti, toimittanut Leivo Virpi, 1998, s.56. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Luettu 8.9.2019, OPAS KOSTEUSONGELMIIN – Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma.
- 19 PDF-dokumentti, toimittanut Leivo Virpi, 1998, s.41. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Luettu 8.9.2019, OPAS KOSTEUSONGELMIIN – Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma.
- 20 Työterveyslaitos, *Kosteus – ja homevauriot – Ratkaisuja työpaikoille, TTL 2014*, s.65

- 21 Työterveyslaitos, *Kosteus- ja homevauriot – Ratkaisuja työpaikoille*, TTL 2014, s.39
- 22 Työterveyslaitos, *Kosteus- ja homevauriot – Ratkaisuja työpaikoille*, TTL 2014, s.55
- 23 Työterveyslaitos, *Kosteus- ja homevauriot – Ratkaisuja työpaikoille*, TTL 2014, s.57
- 24 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry, *RIL 255-2013 Rakennusmateriaalien ja tuotteiden rakennusfysikaaliset ominaisuudet*, RT, 2013 s.44
- 25 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry, *RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* s.80
- 26 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry, *RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen*, s.65
- 27 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry, *RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* s.85
- 28 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry, *RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* s.86
- 29 Internet-sivusto, Taloon.com, Luettu 13.1.2020.
- https://www.taloon.com/terasverkko-b500k-5-150-2-35x5m-24-62-kg-kpl?utm_source=google&utm_term=&utm_campaign=&utm_medium=cpc&utm_content=s|pcrid|280038685419|pkw||pmt|b|pdv|c|&gclid=Cj0KCQjwu6fzBRC6ARIsAJUwa2Q4pbc1vhTUaMvovy0Wjk-EEIN-SeuNZ3SGc3GmxKT7nU7iznZ9qFbAaAq3vEALw_wcB
- 30 Internet-sivusto, Corroventa.fi, luettu 15.2.2020.
- https://www.corroventa.fi/app/uploads//2019/08/A2ES_A4ES_A4ESX-MID_K%C3%A4ytt%C3%B6hje_FI_1811.pdf
- 31 Internet-sivusto, Kosteudenhallinta.fi, luettu 13.1.2020.
- <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/alapohjat/ryoemintatilalliset-eli-tuulettuvat-alapohjat>

- 32 Internet-sivusto, Finlex, ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta, 1.luku, §3. Julkaistu 24.11.2017.
- 33 Rakennusten kosteus- ja homeongelmat, eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012, s.65
- 34 Internet-sivusto, Sisäilmayhdistys Ry, luettu 15.1.2020.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>
- 35 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry, RIL250 - 2011, *Kosteudenhallinta ja homevaurion estäminen* s.84-85
- 36 Internet-sivusto, Talotarvike.com, luettu 31.3.2020.

https://www.talotarvike.com/vallox-kosteusanturi-se-rh-p4983?gclid=Cj0KCQjw1lv0BRDaA-RIsAGTWD1u1Gumd5QuYl4sQHzYtl340Da6ke2p0yXdv8lvOycU-B4oH-HqYIFDkaAhuxEALw_wcB
- 37 Internet-sivusto, Finlex, Maankäyttö- ja rakennuslaki, 17. luku, 120 a § Julkaistu 17.1.2014, luettu 31.3.2020.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- 38 Internet-sivusto, Saint-Gobain Finland 2020, luettu 1.4.2020.

<https://paremmansisailmanpuolesta.fi/rakennusmateriaalien-paastoluokitus/>