

# EMÄKSISEN KOSTEUDEN VAIKUTUS SISÄILMAN LAATUUN

**Rakentamisen aikataulut ovat erittäin kiireisiä sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Vaikka kosteudenhallinta on osa aikataulutusta, tämä ei pelkästään riitä, koska uusimpien tutkimusten valossa merkittävä syy betonirakenteesta aiheutuville sisäilmaongelmille on alkalinen hydrolyysi.**

TEKSTI: JANNE LIIMATAINEN, GUNNAR LAURÉN JA MAX LAURÉN, SAINT-GOBAIN RAKENNUSTUOTTEET OY / WEBER

KUVAT: Weber

**S**isäilmaongelman aiheuttavassa riskirakenteessa betonista peräisin oleva alkalinen kosteus pääsee kosketukseen mattoliiman ja PVC-maton kanssa. Näiden alkalisessa hydrolyysissä muodostuu haitallisia sekundäärisiä emissioita, kuten 1-butanolia ja 2-etyyli-1-heksanolia.

Alkalinen hydrolyysi ja sekundääristen emissioiden muodostuminen on estettävissä eristämällä betoni päällystemateriaaleista Weberin matala-alkalisella tasoitekerroksella. Jo 5 mm paksun tasoitekerroksen on todettu suojaavan alkaliselta hydrolyysiltä.

## Rakentamistapa ja aikataulut

Rakentamisen aikataulut ovat tunnetusti kireitä ja betonirakenteiden kuivuminen on tyypillisesti projektin kriittisellä polulla. Kosteuden pintamateriaaleille aiheuttamat vauriot ovat tunnettuja ja niiden ehkäisemiseksi on kehitetty alan yhteistyönä uusia menetelmiä. Vuonna 2008 rakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia (RYL) täydentämään laaditut Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet (BePO) määrittelevät betonin suhteellisen kosteuden mittaustavat sekä eri pintamateriaaleille sovellettavat raja-arvot. Näillä ohjeilla pyritään välttämään päällysteiden mekaanisten vaurioiden lisäksi rakennuksen käyttäjille aiheuttavia terveysriskejä kuten haitallisia emissioita.

Rakennustuotteiden emissioiden hallintaan soveltuvasta rakennustuotteiden päästöluokituksista ja Betonirakenteiden päällystämisen ohjeista huolimatta emissioriski on edelleen olemassa. Betoni, muovimatot ja mattoliimat ovat nykyisin M1-luokiteltuja. Olemassa olevasta kosteudenhallintaohjeistuksesta ja yksittäisten rakennusmateriaalien päästöluokituksista ongelmia ja riskirakenteita on edelleen olemassa /1/. Mieleen tulee kysymys, ovatko riskirakenteet vältettävissä ja onko tällaisia rakenteita varaa tehdä?

Rakennustuotteiden emissiot voidaan jakaa tuotteen ominaispäästöihin eli primääriemissioihin ja käytön aikaisiin rakenteen sekundääriemissioihin. Primääriemissiota kuvaavan Suomalaisen rakennusmateriaalien päästöluokituksen mukaisesti haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispäästöjen (TVOC) täytyy olla alle 200 µg/m<sup>2</sup>h M1-luokitelluilla tuotteilla 28 vuorokauden iässä.

Sekundääriemissiot ovat paremminkin rakenteelle kuin tuotteelle ominaisia päästöjä, koska niiden syntymekanismi liittyy rakennetta ympäröivien olosuhteiden lisäksi materiaalien yhteensopivuuteen. Esimerkki yhdistelmä rakenteesta, jossa väärä materiaalivalinta voi aiheuttaa edellä mainitun sekundääriemissio-ongelman, on suoraan betonin päälle liimattu PVC-muovimatto. Tässä yhteydessä keskitytäänkin lattiarakenteiden emissioihin, mutta vastaava ilmiö on mahdollinen myös muissa rakenteissa.

BePO-ohjeistusta noudattamalla voidaan välttää yksinomaan kosteuden aiheuttamat vauriot lattiapäällysteille, mutta ohjeistus ei huomioi emäksisen kosteuden vaikutuksia orgaanisia kemikaaleja sisältäviin päällysteisiin.

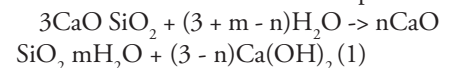
## Ongelmarakenteen tekijät

### Betoni ja emäksinen kosteus

Betonin käyttö rakennusmateriaalina perustuu mm. sen valettavuuteen, mekaanisiin ominaisuuksiin kovettuneena ja kehittyneeseen logistiikkaan. Betoni valmistetaan kiviaineksesta, Portlandsementistä ja vedestä. Portlandsementti ja vesi muodostavat pastan, joka kovettuessaan liimaa kiviaineksen mekaanisesti kestäväksi materiaaliksi.

Kemiallisesti betoninvalmistuksen keskeisin ilmiö onkin betonin kovettuminen Portlandsementin hydrataatioreaktioiden

(yhtälö 1) seurauksena. Sivutuotteena hydrataatioreaktioissa muodostuva kalsiumhydroksidi tekee betonista erittäin emäksisen (pH~13) materiaalin. Lattia-betonien kuivumista pyritään yleisesti nopeuttamaan lisäämällä Portlandsementin määrää. Betonin kuivumisnopeuteen tällä onkin suotuista vaikutus, mutta samalla betonista tulee entistäkin emäksisempää.



Betonissa on olosuhteista riippuen vaihteleva määrä kosteutta ns. huokosvettä, joka sisältää liuennutta kalsiumhydroksidia. Tämä betonin emäksinen kosteus reagoi orgaanisten yhdisteiden kanssa verrattain helposti muodostaen koko joukon orgaanisia hajoamistuotteita (kuva 1). Emäksisen kosteuden ja orgaanisen yhdisteen reaktiota kutsutaan alkaliseksi hydrolyysiksi tai saippuoitumiseksi.



Kuva 1. Sekundääristen emissioiden synty betonin ja päällysteen rajapinnassa /2/

Orgaanisia yhdisteitä löytyy mm. muovimatoista pehmentiminä sekä näiden kiinnittämiseen käytettävistä mattoliimoista. Alkalisen hydrolyysin seurauksena orgaaniset materiaalit voivat paitsi menettää ominaisuutensa rakennusmateriaalina myös hajota sisäilman sekundäärisiksi emissioiksi.

### Alkalinen hydrolyysi

Tunnetuimpia reaktioita ovat mattoliiman butyyliakrylaattikopolymeerien ja muovimattojen ftalaattien hajoaminen.

Emäksisessä ympäristössä hydroksidi-ionit katalysoivat esterisidoksen katkeamista (yhtälö 2), jolloin reaktiotuotteina muodostuu karboksyylihappoja sekä alkoholeja. Haihtuvat reaktiotuotteet vapautuvat sisäilmaan päällystemateriaalin läpi.

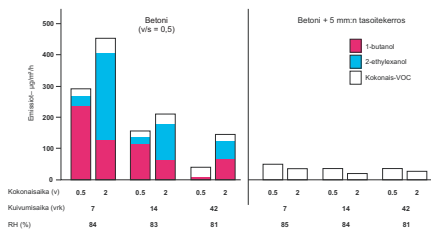
$R-COO-R' + H_2O \rightarrow R-COOH + R'-OH$  pH = 13 (2)

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kirjo on moninainen, mutta tyypillisinä merkkiaineina sisäilmasta analysoidaan 1-butanoli ja 2-etyyli-1-heksanoli. Näiden yhdisteiden läsnäoloa pidetään merkinä lattiapäällysteessä etenevästä alkalisesta hydrolyysistä. Tyypillisesti merkkiaineiden mitattavat pitoisuudet eivät selitä käyttäjän kokemia oireita, vaan toimivat indikaattorina hajoamisreaktioista /2/.

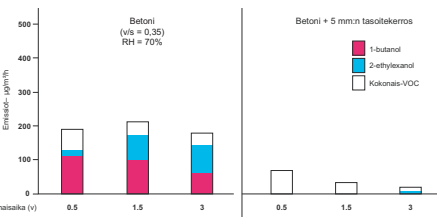
## Emissiot ja niiden välttäminen

### Hajoamisreaktioiden merkkiaineet

Käytännössä alkalinen hydrolyysi etenee kuivuneen betonin päälle liimatussa PVC-lattiassa siten, että ensi vaiheessa mattoliima saippuoutuu. Tästä merkkiaineena vapautuu ilmaan 1-butanolia (kuva 2). Hajoamisreaktioiden alkuvaiheessa 1-butanoliemissio onkin vallitseva, mutta hajoamisreaktioiden edetessä PVC-mattoon tilanne muuttuu. PVC-maton ftalaattipohjainen pehmitin hajoaa, jolloin 2-etyyli-1-heksanolin emissiot kasvavat. Alkalisesta hydrolyysistä edetessä 1-butanolin emissiot heikkenevät ja 2-etyyli-1-heksanoli alkaa dominoida päästöjä.



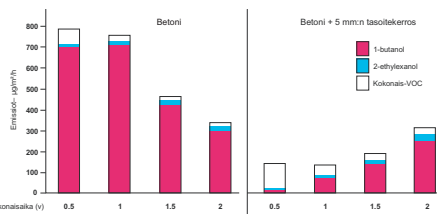
mioida jo suunnitteluvaiheessa ja edelleen todentaa ennen päällystystöitä. Kosteuden hallinta ei kuitenkaan yksin riitä, vaan materiaalien yhteensopivuus on varmistettava. Kuvassa 3 lattiapäällyste on asennettu nopeasti kuivuvan betonin päälle, jossa hyvin lyhyen ajan. Puoli vuotta lattian päällystämisen suhteellinen kosteus oli 70 %, mutta siitä huolimatta havaitaan alkalisesta hydrolyysin käynnistyminen. Kuten edellä todettiin, nopeasti kuivuvien betonien emäksisyys on korkeampi johtuen suuremmasta sementtimäärästä.



**Kuva 3. Nopeasti kuivuvan betonin vaikutus sekundäärisiin emissioihin /1/**

Yhdistettäessä nopeasti kuivuva betoni ja Weberin matala-alkalinen lattiatasoite, voidaan lattiarakenne tehdä nopeasti. Alkaliin pysäyttäminen matala-alkalisella tasoitekerroksella ehkäisee alkalisesta hydrolyysistä mahdollista rakenteen turvallisen kuivumisen. Suojaava tasoitekerros ei hidasta betonin kuivumista, mutta eristää tehokkaasti alkalisesta kosteuden pintamateriaaleista, kun betonin suhteellinen kosteus on korkeintaan 90%. Turvallisin ja helpoin tapa on ehkäistä ongelmat jo rakennusvaiheessa.

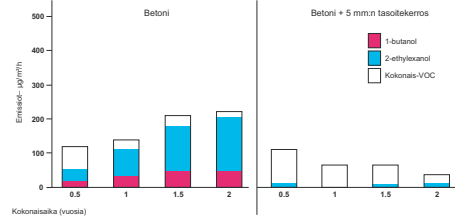
Määrässä betonissa emäksinen vesi liikkuu kapillaarisesti ja emäksisyyden voidaan olettaa siirtyvän myös suojaavan tasoitekerroksen läpi edellyttäen, että kosteuspitoisuus on kyllin korkea jatkuvien vesikerrosten muodostumiselle. Näin on osoitettu olevan suhteellisen kosteuden ollessa noin 95 % (kuva 4). Tarkkaa raja-arvoa kosteuden liikkeelle kapillaarisesti tai höyrymuodossa on vaikea antaa, mutta BePO-ohjeiden mukaiset kosteusrajat ovat joka tapauksessa asianmukaisia.



**Kuva 4. Jatkuva vesikerros betonin ja päällysteen välillä (Betonin RH = 96%) /1/**

Määrässäkin rakenteessa tasoitekerros näyttäisi hidastavan alkalisesta hydrolyysistä käynnistymistä, mutta pitkäaikaista suojavaikutusta ei tällöin saada aikaiseksi. Sen sijaan betonin suhteellisen kosteuden ollessa noin 90 % ei jatkuvaa vesikerrosta

näyttäisi muodostuvan betonin ja päällysteen välille (kuva 5).



**Kuva 5. Betonin RH = 91%, kosteuden liikkeet höyrymuodossa /1/**

### Ongelmarakenteen korjaus

Kun alkalisesta hydrolyysistä kertovat edellä mainitut merkkiaineet on kohdekohtaisissa tutkimuksissa havaittu ja vauriomekanismi näin todennettu, voidaan edetä korjausvaiheeseen. Weberin kehittämien matala-alkalisten tasoitteiden suojaava vaikutus on sovellettavissa myös vaurioituneen rakenteen korjauksessa.

Työterveyslaitos on ohjeistanut työympäristön ongelmakohteiden korjaavat toimenpiteet /3/. Ohjeiden pääkohdat ovat betonin kosteudenhallinta, syntyneiden päästöjen poistaminen rakenteista ja asianmukainen uudelleenpinnoitus sisältäen suojaavan matala-alkalisen tasoitekerroksen asentamisen betonin ja lattiapäällysteen väliin.

### Päätelmät

Nykyiset betonirakenteiden kosteusrajaat eivät estä alkalisesta hydrolyysistä esiintymistä ja sen aiheuttamia sisäilma-ongelmia rakenteissa, joissa muovimatto liimataan suoraan betonin päälle. Ongelma on parhaiten ennaltaehkäistävässä jo rakentamiskäytävissä jo rakentamiskäytävissä Weberin matala-alkalisella tasoitekerroksella (esim. weber.vetonit 110 FINE Plaano Plus, 120 RENO Saneeraus Plaano tai 3100 Hieno-tasoite) betonin ja päällysteen välissä.

Rakennustuotteiden päästöluokituksessa tulisi ottaa huomioon tuotteiden yhteensopivuus rakenteissa. Nykyistä M1-luokituksen perustavaa emissioiden hallintaan pitää kehittää edelleen huomioimaan myös rakenteen sekundääriset emissiot. Taustana tällaisessa kehitystyössä voisi hyödyntää esimerkiksi Ruotsin vakiorakenteen testausmallia /4/. ■

### Lähdeluettelo

Alexandersson J. Secondary emission from alkali attack on adhesives and PVC floorings, Lund University, Division of Building Materials, 2004

Sjöberg A. Secondary emissions from concrete floors with bonded flooring materials. Effects of alkaline hydrolysis and stored decomposition products. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of Technology, Department of Building Materials, 2001. (Publication P-01:2)

Työterveyslaitoksen julkaisu: Sisäilman 2-etyyli-1-heksanoli [http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma\\_ja\\_sisaymparisto/terveydelliset\\_tekijat/sisailman\\_2eh/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/terveydelliset_tekijat/sisailman_2eh/sivut/default.aspx), 23.6.2011

Golvbrannen julkaisu: Measuring the emission characteristics of composite floor structures, 2nd edition, 2004