

Opas suunnittelijalle, rakentajalle
ja rakennuksen käyttäjälle



Rakentamisen kuivaketju



Tämän oppaan tarkoitus on auttaa suunnittelijoita, rakentajia ja rakennusten käyttäjiä kuivaketjun osapuolina turvallisten ja terveellisten tilojen rakentamisessa ja ylläpidossa.

2016

Sisällys

Johdanto.....	3
1. Rakentamisen kuivaketju	4
2. Kosteuden lähteet	5
Sade ja maaperän kosteus	6
Suhteellinen kosteus ja ilman sisältämä vesimäärä	6
Rakenteellinen kosteus	7
Rakennuksen käytöstä sisäilmaan johtuva kosteus.....	8
3. Rakennuksen kosteustekninen suunnittelu	9
Perustukset.....	11
Katto ja ulkoverhous	11
Tuulensuojakerros.....	13
Lämmöneristyskerros	13
Ilman- ja höyrynsulun sisäpuolinen lämmöneristyskerros	15
Sisäverhous- ja pintarakenteet	15
Lämmöneristeen valinta.....	16
4. Kuljetus ja varastointi	18
Työmaajärjestelyt.....	19
5. Rakentaminen.....	20
Rakenteiden suojaus rakennustyön edetessä	21
Rakennusaikaisen kosteuden poisto	23
Asennustyön laatu ja valvonta	27
6. Rakennuksen käyttö	28
Käyttöönotto.....	29
Ylläpito.....	29
Rakennevauriot ja laitevuodot.....	30
7. Kosteuden haitalliset vaikutukset	31
Herkkyyys homehtumiselle.....	32
Homehtumisen estäminen	34
8. Viitteet	35

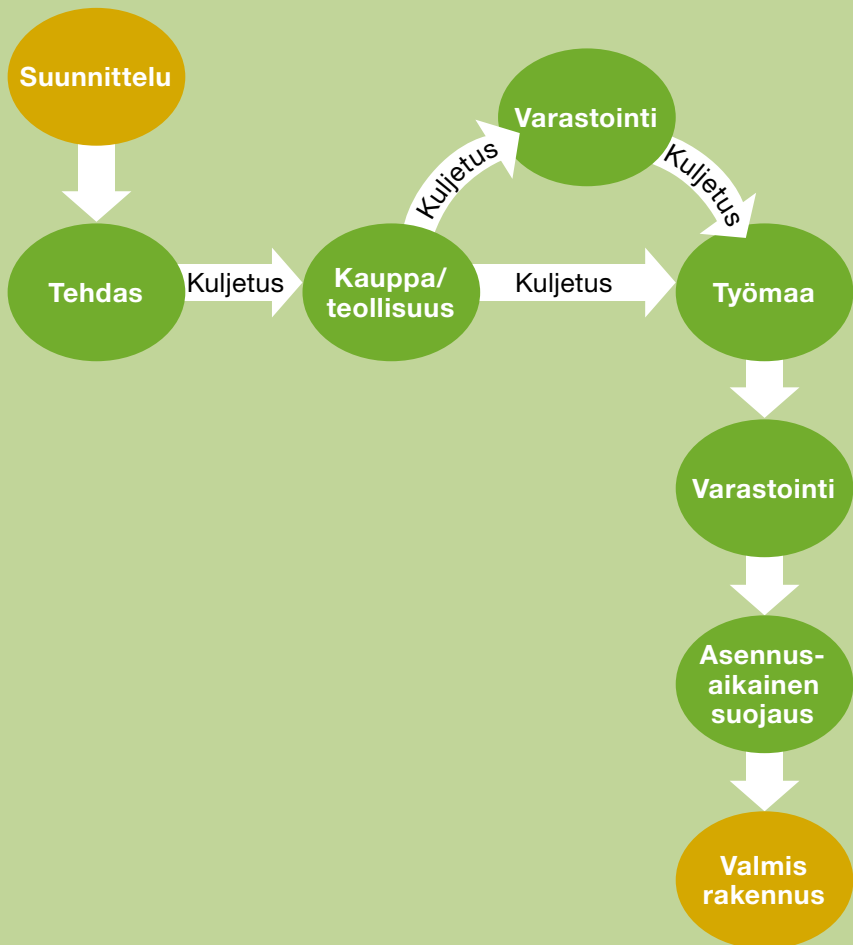
Johdanto

Tämä opas on tarkoitettu yhtä hyvin kaikille rakentamisprosessiin osallistuville kuten suunnittelijoille ja toteuttajille kuin rakennuksen käytöstä vastaavillekin. Kaikkien rakentamisen ketjuun osallistuvien on hyvä tiedostaa kosteuden haitalliset vaikutukset ja kuivaketjun ylläpitämisen tärkeys.

Oppaassa tarkastellaan rakentamisen kosteudenhallintaa lämmöneristämisen näkökulmasta prosessina, joka alkaa rakennuksen suunnittelusta ja päättyy toteutuksen kautta valmiin rakennuksen käyttöön.

1

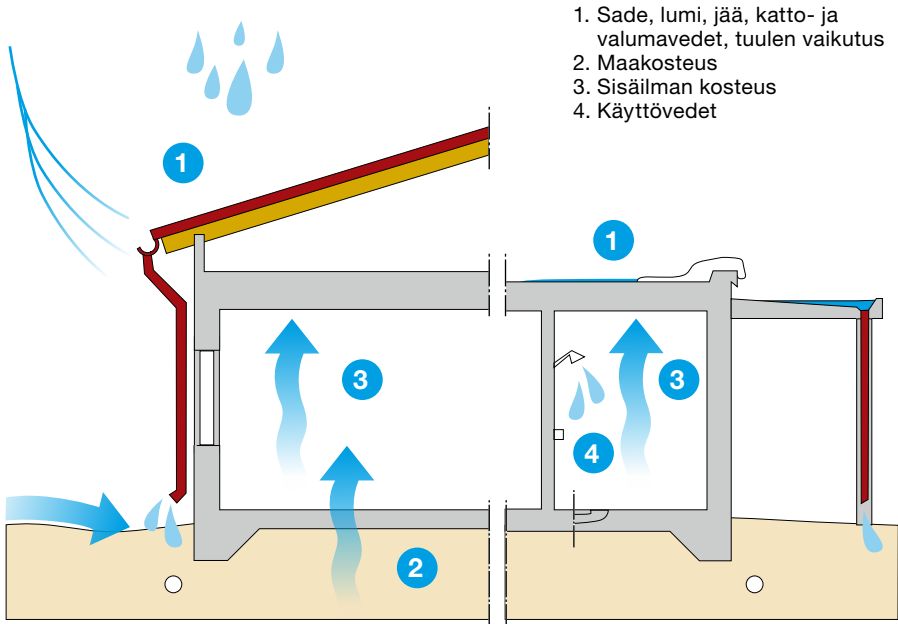
Rakentamisen kuivaketju



2

Kosteuden lähteet





Yleisiä rakennuksen kosteuden lähteitä

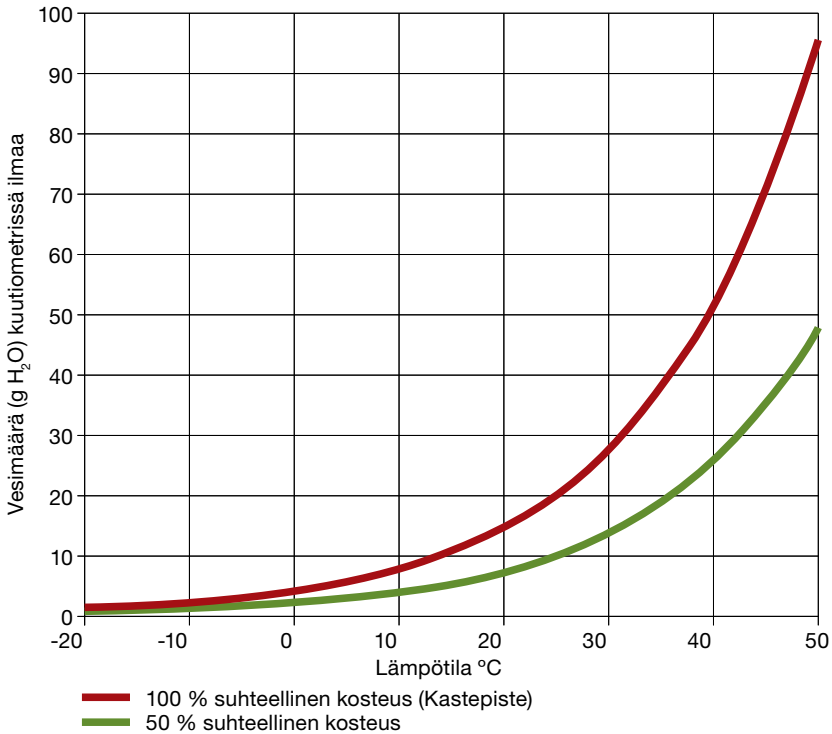
Sade ja maaperän kosteus

Ulkoisia kosteuden lähteitä ovat vesi- ja lumisade, tuuli veden ja lumen kuljettajana rakenteisiin, pintavesi, maaperän kosteus, pohjavesi sekä ulkoilman kosteus.

Suhteellinen kosteus ja ilman sisältämä vesimäärä

Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän se pystyy sitomaan kosteutta ja vastaavasti mitä kylmempää ilma on, sitä kuivempaa se yleensä on. Kesällä vesipitoisuus on suurimmillaan, mutta suhteellinen kosteus on pienempi kuin talvella. Suhteellinen kosteus vaihtelee eniten loppu-kevällä ja kesällä.

Lämmin ulkoilma voi olla niin kostea, ettei siihen enää sitoudu lisää kosteutta. Tällöin rakenteet eivät kuivu pelkän tuuletuksen avulla. Talvella pakkasilman sisältämä vesimäärä on pieni, vaikka sen suhteellinen kosteus on suuri.



Ilman sisältämä vesimäärä 100 % ja 50 % suhteellisessa kosteudessa eri lämpötiloissa

Rakenteellinen kosteus

Kosteusrasitusta voi myös aiheutua rakennusajalta rakenteisiin jääneestä kosteudesta esimerkiksi betonivaluissa, kevytbetonissa ja tasoitteissa. Taulukossa on esitetty rakenteista poistuvan kosteuden määriä [6].

Rakennusaikana sitoutuneen kosteuden määrä, joka pitää poistaa	
Rakennustuote	Poistuva kosteus, litraa/m ³ kun RH = 50 %
Betoni	80 - 85
Kevytbetoni	80 - 180
Kalkkisementtilaasti	250
Puu	20

Rakennuksen käytöstä sisäilmaan johtuva kosteus

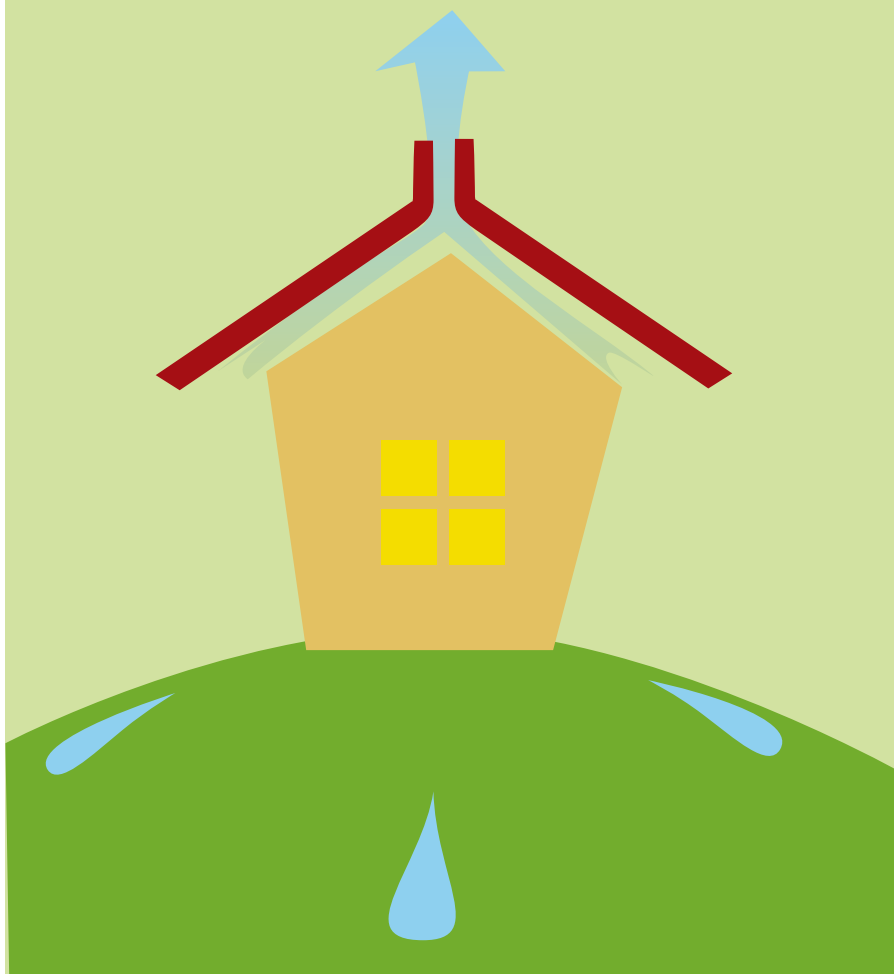
Sisäisiä kosteuden lähteitä voivat olla rakennuksen käytöstä sisäilmaan johtuva kosteus kuten ruoanlaitto, märkä siivous, talotekniset laitteet, pesukoneet, ilmankostuttajat sekä ilmanvaihdon painesuhteiden vaihtelu.

Taulukossa on esitetty kosteuden tuottomääriä asuinrakennuksissa [6].

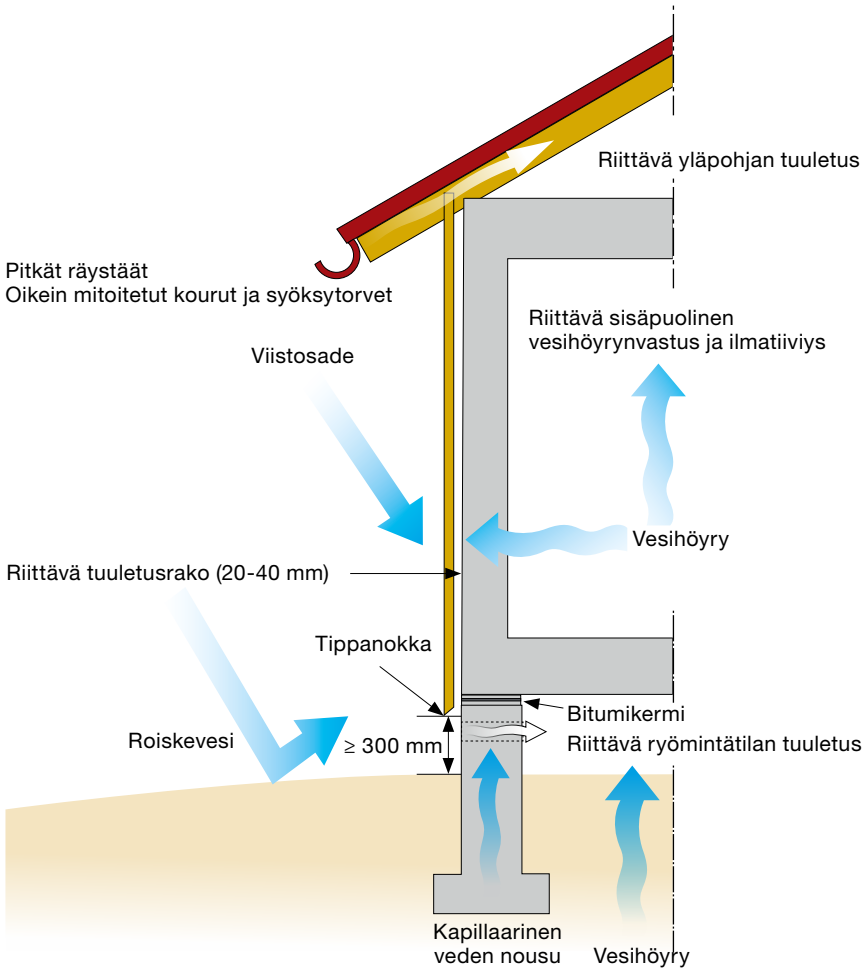
Kosteuden tuotto asuinrakennuksissa	
Kosteuslähde	Tuotto litraa/tunti
Ihminen	0,04 – 0,30
Suihku	2,60
Ruoanlaitto	0,60 – 1,50
Lingotun pyykin kuivaus	0,01 – 0,05 kuivaa pyykkikiloa kohti

3

Rakennuksen kosteustekninen suunnittelu



Suurin osa rakenteiden kosteusvaurioista syntyy sade- ja käyttövesien tai maaperän kosteuden aiheuttamina. Näissä tapauksissa rakenteiden kostuminen voidaan estää vain kahdella tavalla: suojataan rakenne kosteudelta esimerkiksi tiiviillä kosteussululla tai poistetaan kosteuslähde rakenteesta tai sen läheltä.



Rakennuksen vaipan rakenteellinen suojaus kosteudelta

Koska rakenteiden suojaaminen kosteudelta koko rakennuksen elinkaaren ajan on vaikeaa, hyvän rakenteen ominaisuuksiin kuuluu myös nopea kuivuminen, jota voidaan edesauttaa rakenteiden suunnittelulla ja materiaalien valinnalla.

Perustukset

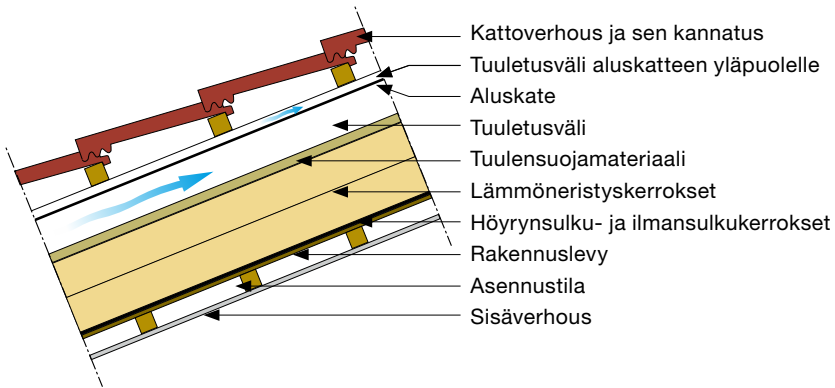


Perustuksen ja alapohjan pitämiseksi kuivana pohjaveden kapillaarinen nousu tulee katkaista salaojituskerroksen avulla. Rakennuspohjan alueelle kertyvät pohja- ja vajovedet johdetaan salaojien avulla pois rakennuksen alueelta ympäröivään sadevesien viemäri-verkostoon tai maastoon.

Rakennuksen alapohja tulee sijoittaa riittävän paljon maanpinnan yläpuolelle, joko tuuletettuna tai maanvaraisena. Maanpinnan kallistuksen tulee olla vähintään 1:20 rakennuksesta poispäin. Kattovesien johdattamisesta rakennuksesta poispäin tulee varmistua. Ryömintätila tulee tuulettaa riittävästi, ettei alapohjan alapintaan kehity hometta. Julkisivu-verhousta ei saa ulottaa 300 mm lähemmäksi maanpintaa.

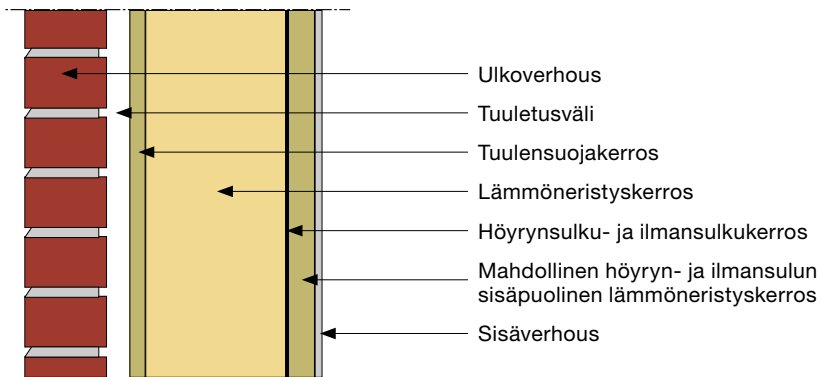
Katto ja ulkoverhous

Katon ja ulkoverhouksen tehtävä on ulkonäköseikkojen lisäksi toimia rakenteen sääsuojana. Ulkoverhous ei aina ole vesitiivis kuten esimerkiksi kuvassa sivulla 12 esitetty tiiliverhous, joka päästää kosteutta ja vettä lävitseen, mutta estää suoranaisen sateen pääsyn seinärakenteen sisälle. Aluskatteellisissa katoissa, joissa vesikate ei muodosta vesitiivistä pintaa kuten esimerkiksi tiilikatossa, aluskate on myös katon vedeneriste. Aluskatteen tulee viedä mahdollinen vesi esteettömästi räystäälle.



Puurunkorakenteisen yläpohjan rakenteelliset osat

Kattokaltevuus tulee suunnitella Kattoliiton ohjeen mukaisesti [7] ja räystäiden tulee olla riittävät, vähintään 400 mm. Muussa tapauksessa julkisivun kosteustekninen suunnittelu vaatii erikoistarkastelun. Ikkunoiden vesipeltien kaltevuuden tulee olla 30 – 45 ° jotta niihin osuva sadevesi ei roisku ikkunaan ja ikkunanpuitteisiin [6].



Puurunkorakenteisen, tiiliverhotun ulkoseinän rakenteelliset osat

Tuulensuojakerros

Tuuletusraon sisäpintaan tulee puolestaan tuulensuoja, jonka tehtävänä on estää tuulen aiheuttama ilmapuoto lämmöneristyskerroksessa.

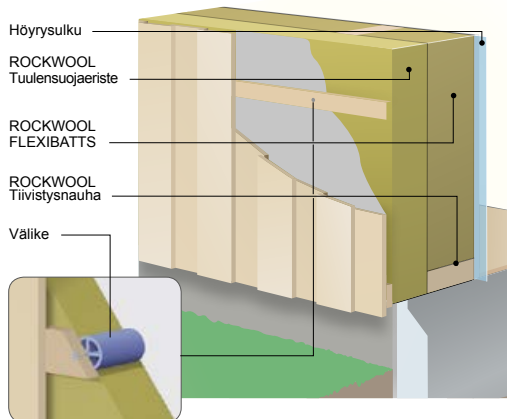


Toimiakseen kosteusteknisesti oikein, tuulensuojakerroksen tulee olla hyvin lämpöä eristävä.

Tuulensuojan ulkopuolelle jätetään aina riittävä tuuletusväli ja uloimaksi kerrokseksi tulee rakenteita suojaava vesikate tai ulkoverhous. Puurakenteissa riittäväksi tuuletusväliksi katsotaan ≥ 20 mm rako, kun taas tiiliverhoilussa julkisivussa raon leveyden tulee olla ≥ 30 mm tai ≥ 40 mm, mikäli rakennus on altis viistosateelle [6].

Lämmöneristyskerros

Hyvien eristysominaisuuksien lisäksi lämmöneristeen moitteeton toiminta edellyttää eristeiden huolellista asennusta ilman eristystä heikentäviä rakoja. Lämmöneristys asennetaan tiiviisti kaikkia pintoja vastaan.



Energiatohokkuusmääräykset ovat kiristyneet ja kiristyvät edelleen kun siirrytään passiivi- tai lähes nollaenergiatasoon. On esitetty näkemyksiä, että lämmöneristekerroksen paksuuden kasvaessa rakenteiden kosteusriskit lisääntyvät. Syy kosteusongelmiin löytyy kuitenkin rakenteiden suunnitelmien vastaisesta toteutuksesta tai vesivahingosta. Kosteusongelmien syynä ei ole hyvin lämpöä eristävä rakenne [2].

Rakentamismääräysten vertailuarvoja paremman lämmöneristykseen on pelätty heikentävän oleellisesti vaipparakenteiden kosteusteknistä toimivuutta. Rakenteellinen energiatohokkuus - oppaan [11] kirjoittamisen yhteydessä analysoitiin 27 esimerkkirakenteen kosteusteknistä toimivuutta VTT-TTY homeindeksimallin avulla. Tarkasteltujen rakenteiden lämmöneristystasot olivat ulkoseinissä 0,12...0,14 W/m²K, yläpohjissa 0,07 W/m²K ja alapohjissa 0,10 W/m²K. Tarkastelut eivät tuoneet esille sellaista ongelmakohtaa, joka ei ratkeaisi rakenteiden asianmukaisella suunnittelulla ja huolellisella toteutuksella. Kosteudenhallinnan käytäntöjen sekä siihen liittyvän osaamisen kehittäminen suunnittelussa ja toteutuksessa on kuitenkin välttämätöntä lämmöneristystasoista riippumatta.

Ilman/höyrynsulun tehtävänä on estää sisäilmasta ilmapuodon eli konvektion aiheuttama kosteuden siirtyminen rakenteeseen ja höyrynsulun tehtävänä on estää sisäilmasta diffuusiolla rakenteeseen siirtyvä kosteus.

Ilmansulun luotettava toiminta edellyttää, että siinä ei ole reikiä tai rakoja. Rakenteiden liittymä- ja kulmakohdat ovat tässä suhteessa kriittisiä paikkoja. Läpivientien ja saumojen kohdat tulee myös teipata huolellisesti. Ilmapuodon avulla rakenteisiin voi siirtyä paljon enemmän kosteutta kuin diffuusion avulla, jos rakennuksessa on ylipaine ja rakenteissa on reikiä. Tästä syystä rakennukseen pyritään aina saamaan pieni alipaine kaikissa tilanteissa.

Ilmanvuotoluku määritetään puolivalmiista ja valmiista rakennuksesta ennen luovutusta.



Höyrynsulkumuovin asentaminen nurkkakohtaan

Passiivitalossa vaadittu ilmanvuotoluku $q_{50} < 0,6$ l/h aikaansaadaan vain erittäin huolellisella asennustyöllä. Mahdolliset vuotokohdat ja kylmäsilat voidaan havaita lämpökamerakuvauksella.

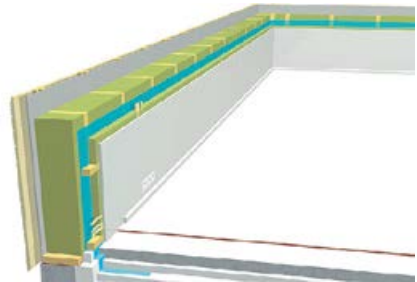
Höyrynsulun vesihöyrynvastuksen tulee olla vähintään viisinkertainen tuulensuojakerroksen vastukseen verrattuna. Ulkopinnassa olevan tuulensuojalevyn vesihöyrynvastuksen tulee vastaavasti olla mahdollisimman pieni. Liian höyrytiivit tuulensuojalevyt ja valesokkelit aiheuttavat rakenteeseen kosteusvaurioriskin, koska rakenteeseen päässyt ylimääräinen kosteus ei pääse kuivumaan. Höyrynsuluiksi kelpaavat muovikalvo, alumiinipaperi ja jotkut muovitetut paperit.



Ilmanvuotoluvun mittausta oveen asennetun laitteiston avulla

Ilman- ja höyrynsulun sisäpuolinen lämmöneristyskerros

Yhdistetty ilman- ja höyrynsulku voidaan asettaa myös 50 mm syvyydelle sisäpinnasta, jos rakenteen lämmöneristyksestä enemmän kuin kolme neljäsosaa sijaitsee höyrynsulun ulkopuolella. Tällöin höyrynsulkua ei tarvitse rikkoa sähköasennuksien takia. Höyrynsulun sisäpuolisten lämmöneristeiden asennus tehdään vasta lattiavalun jälkeen.



Sisäverhous- ja pintarakenteet

Verhous- ja pintarakenteet toimivat lähinnä rakennekerrosten suojana ja kulutuskerroksena. Sisäverhoukseen käytettävät maalit ja tapetit lisää-

vät jonkin verran rakenteen sisäpinnan vesihöyrynvastusta, mutta nämä eivät korvaa erillisen höyrynsulkukerroksen tarvetta.

Lämmöneristeen valinta

Lämmöneristeet voidaan jakaa kosteustekniseltä toiminnaltaan kolmeen ryhmään: mineraalipohjaisiin eristeisiin kuten lasivilla ja kivivilla, kosteutta sitoviin hygroskooppisiin kuitueristeisiin kuten puukuitueriste ja puru sekä muovipohjaisiin eristeisiin, joita ovat esimerkiksi polyuretaani ja polystyreeni.

Lämmöneristeisiin kerääntynyt ylimääräinen kosteus heikentää lämmöneristävyyttä eikä muutenkaan ole hyväksi minkään rakenteen tai lämmöneristeen toiminnalle. Tästä syystä kosteuden pääseminen rakenteisiin tulee estää mahdollisimman tehokkaasti ja toisaalta varmistaa, että rakenteeseen mahdollisesti kertynyt kosteus pääsee sieltä myös kuivumaan. Rakenteessa olevan kosteuden kuivumisen kannalta on tärkeitä hyvä tuulettuminen sekä materiaalien hyvä kosteudenläpäisevyys. Kosteuden kuivumisnopeuden kannalta on eduksi se, että rakenteet sitovat mahdollisimman vähän kosteutta.

Mielikuva rakenteesta, joka pystyy sitomaan kosteutta ja luovuttamaan sitä takaisin sisäilmaan, on väärä eikä rakenteen toimintaa voi sen varaan missään olosuhteissa suunnitella. Vesihöyry kulkeutuu suuremmasta vesihöyrynsä osapaine-erosta pienempään. Sisäilmassa on käytännössä aina (lukuun ottamatta jäähdytetyt tilat ja tietyt hetkelliset kesäolosuhteet) enemmän kosteutta kuin ulkoilmassa eli kosteus kulkeutuu sisäilmasta ulkoilmaan päin. Kosteus voi sitoutua rakenteen sisään riippuen rakenteen kosteuskapasiteetista. Mitä suurempi kosteuskapasiteetti eli hygroskooppisuus rakenteella on, sen enemmän se voi varastoida kosteutta. Varsinkin kesällä ja syksyllä rakenteisiin voi kertyä paljon kosteutta ulkoilman kosteuden ollessa korkea. Kun ulkoilman lämpötila laskee, tämä rakenteisiin kerääntynyt kosteus pyrkii ulkoilmaa kohden pois rakenteesta ja saattaa tiivistyä rakenteen ulko-osiin kuten tuulensuojan sisäpintaan. Eristeen kosteuskapasiteetti ei riitä estämään kosteuden tiivistymistä rakenteeseen, jos kosteusvuoto on suuri tai se jatkuu pitkään.

Tampereen teknillisen yliopiston tekemissä tutkimuksissa [5] todettiin, että puukuitueristeen kosteuden sitomiskapasiteetti siirtää kondensoitumisen alkamista, mutta ei kykene kaikissa tapauksissa estämään

sitä. Koska Suomessa koeolosuhteita vastaavan pakkaskauden pituus vaihtelee tyypillisesti 2 - 5 kuukauden välillä, läpäisevissä seinissä kondenssiriski on ilmeinen. Se lisää rakenteiden homehtumisriskiä syksyllä ja keväällä.

Kosteutta sitovan lämmöneristeen käyttö ei korvaa rakenteen sisäpinnan riittävää höyrynsulkua. Höyrynsuluttomat rakenteet, joissa on kosteutta sitova eriste, eivät voi kostuttaa sisäilmaa talvella, koska eristeessä oleva ylimääräinen kosteus pyrkii siirtymään voimakkaammin rakenteen ulkopintaan päin suuremman potentiaalieron vaikutuksesta. Liiallinen kosteus lämmöneristeessä voi myös vaurioittaa puurakenteista runkoa.

Kosteuden pääseminen rakenteeseen tulee minimoida hyvällä suunnittelulla ja huolellisella toteutuksella. Rakenteeseen pääsee sitä enemmän kosteutta, mitä pienempi sen sisäpinnan vesihöyrynvastus on ja mitä suurempi on sisäilman kosteuspitoisuus. Esimerkiksi ilmansulkupaperin vesihöyrynvastus on huomattavasti pienempi kuin höyrynsulkumuovin. Tärkeätä on estää kosteuden pääseminen rakenteeseen ilmapuotojen eli ilmansulkukerroksen epäjatkuvuuskohtien (reiät, epätiivit läpiviennit, puutteelliset liitokset jne.) kautta. Sisäilmassa oleva kosteuspitoisuus pidetään hyvällä tasolla riittävän ilmanvaihdon avulla. Yleensä riittävä ilmanvaihtuvuus ja paras sisäilman laatu saavutetaan koneellisella tulo- poistoilmanvaihdolla.

	Mineraalivilla	Puukuitueriste	Solumuovieriste
Vesihöyryn läpäisevyys	Läpäisee vesihöyryä	Läpäisee vesihöyryä	Ei läpäise vesihöyryä
Kosteuden sitomiskyky	Ei sido kosteutta ilmasta	Sitoo kosteutta ilmasta	Ei sido kosteutta ilmasta

4

Kuljetus ja varastointi



Työmaajärjestelyt

Rakenteet ja tarvikkeet tulee suojata kosteudelta. Suojauksessa on hyvä keskittyä ennen kaikkea arimpien kuten puupohjaisten rakennustarvikkeiden suojaamiseen sateelta.

Jos lämmöneristeitä säilytetään ulkona, ne on suojattava sateelta. Pakkaukset pinotaan tasaiselle alustalle, joka on irti maasta, esimerkiksi lavoille. Pinot peitetään tarvittaessa vedenkestävällä pressulla tai muovilla. Lämmöneristepakkauksia tulee käsitellä varoen. Erityisesti purkamisen aikana on oltava huolellinen, etteivät pakkausten ja eristeiden kulmat ja reunat vahingoitu.



Lämmöneristeiden pakkauksia ja suojaus sateelta työmaalla

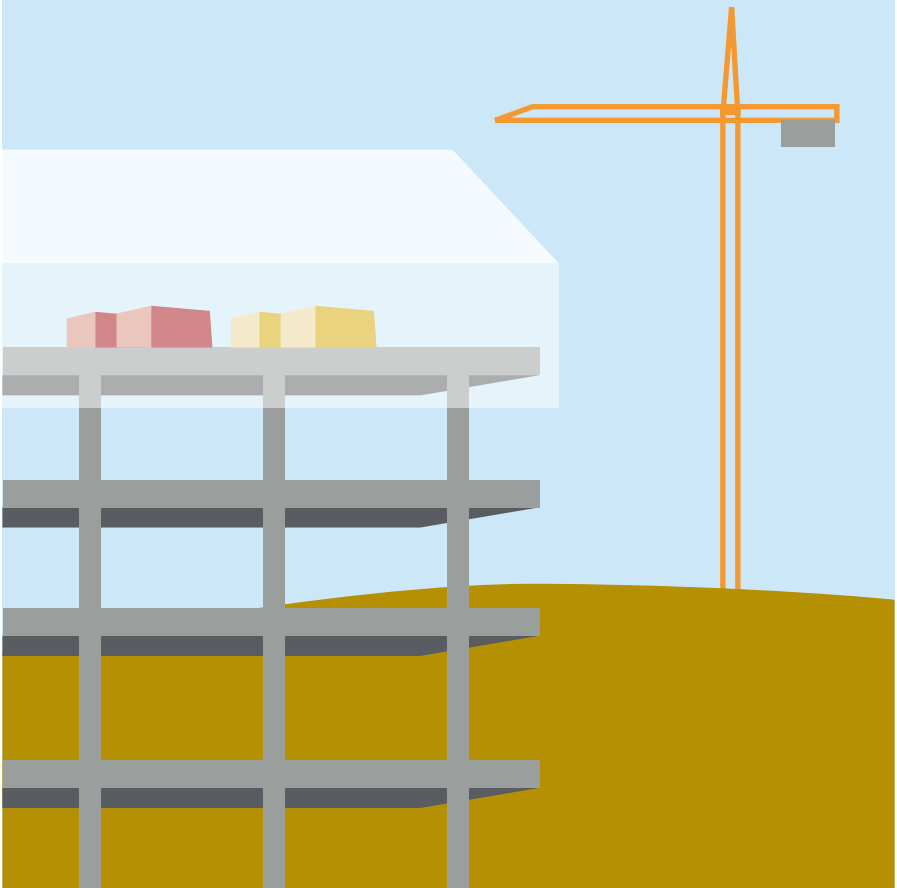
Jos mineraalivilla pääsee kastumaan kaikista varotoimenpiteistä huolimatta, se voidaan kuivattaa ja käyttää normaalisti. Mineraalivilla kuivuu nopeasti eikä kastuminen vaikuta sen ominaisuuksiin pysyvästi.

VTT:ssä on tutkittu lämmöneristeiden merkitystä biologisten vaurioiden syntyyn (Paajanen et al. 1994). Kostuneiden materiaalien osalta todettiin, että mineraalivillat kuivuvat nopeasti, sellukuitua ja puupuraa sisältävät eristeet taas selvästi hitaammin. Sama ilmiö on havaittu myös käytännön kosteusvaurioiden kuivauksessa: ilmaa läpäisevät materiaalit on yleensä helppo kuivata, tiiviimmät eristeet huomattavasti vaikeammin eikä niitä usein pysty kuivaamaan riittävästi, vaan kostuneet materiaalit joudutaan vaihtamaan [1].

Työmaalle tulevien rakennustarvikkeiden kastuminen voidaan estää edellyttämällä toimittajilta kuljetuksenaikaista suojausta, noudattamalla valmistajan antamia ohjeita varastoinnin suhteen sekä suunnittelemalla varastointialueet ajoissa.

5

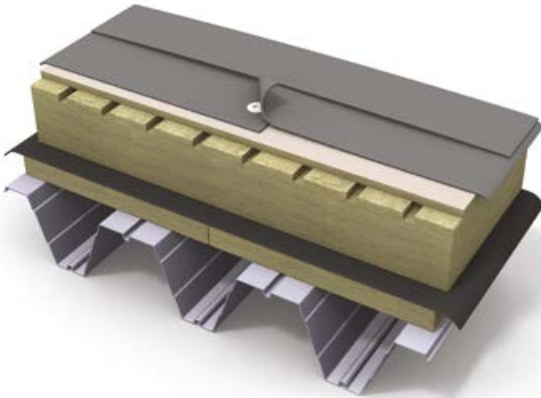
Rakentaminen



Rakenteiden suojaus rakennustyön edetessä

Asennustyö tulee suunnitella huolellisesti ja toteuttaa pienissä osissa, jotta keskeneräiset rakenteet ehditään suojata saman työvuoron aikana. Suojauksessa on otettava huomioon tarvikkeiden vaurioituminen kosteudesta sekä kastumisen välillisesti aiheuttama kosteusvaurio. Tiilet, kevytsoraharkot ja betonituotteet voivat kastuessaan imeä jopa 300 – 400 litraa/m³ vettä vaurioitumatta, mutta kosteus voi muodostua ongelmaksi kun näitä pinnoitetaan tai rakenteet jäätyvät.

Lämmöneristeissä on syytä välttää turhaa rakennusaikaista kosteutta, sillä se voi aiheuttaa rakenteessa kondenssi- tai homeriskin. Tässä mielessä märkänä ruiskutettavien puukuitueristeiden käyttö ei ole kovin suositeltavaa. Joka tapauksessa märkäruiskutettua eristettä tulee kuivata ennen sisäpinnan asentamista ja ruiskutus tulee ajoittaa kevät- tai kesäaikaan [5].



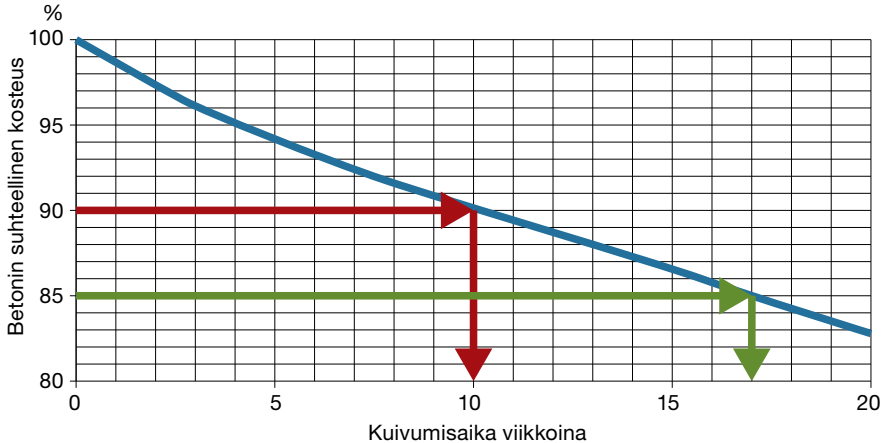
Työmaan kosteudenhallinnan merkitys korostuu loivien kattojen rakentamisessa. Uritetulla mineraalivillarakenteella (YP3) on suhteellisen hyvä kuivumiskapasiteetti kattotöiden aikaista vähäistä kostumista vastaan. Uritus kuivattaa paikallisesti kostuneen lämmöneristyksen. [11]



Keskeneräisen rakenteen sadesuojaus telttakatoksella asennustyön aikana työmaalla on tärkeää varsinkin niissä tapauksissa, joissa käytetään kosteudelle herkkiä materiaaleja kuten puuta. Suojaamisen tarve lisääntyy myös silloin, kun betonirakenteen yhteydessä käytetään kuivumista hidastavia umpisoluisia muovieristeitä.

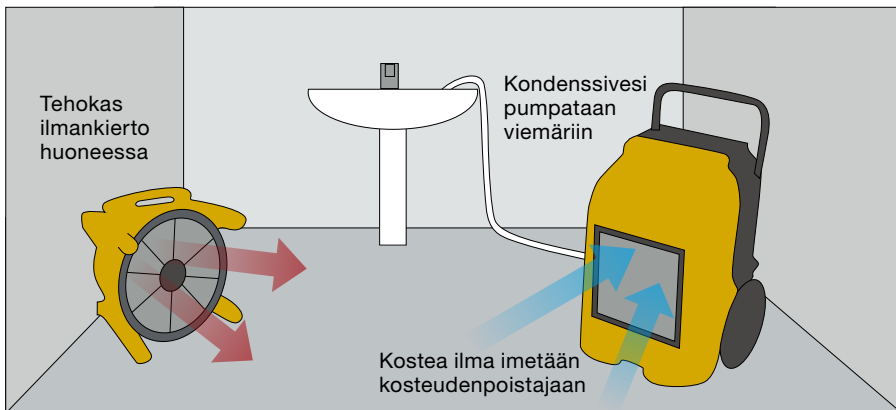
Rakennusaikaisen kosteuden poisto

Rakennuksen valmistumisvaiheessa rakenteissa oleva rakennekosteus tulee kuivattaa tuulettamalla ja tarvittaessa lämmittämällä ja varaamalla kuivumiseen riittävä aika. Poistumiseen pyrkivä kosteus voi olla määrältään hyvinkin suuri ja sen on poistuttava rakenteesta ennen esimerkiksi betonilattian pinnoitusta.



Maanvaraisen betonilaatan peruskuivumiskäyrä [10]

Suurimmat sallitut kosteuspitoisuudet ovat päällystemateriaalikohtaisia ja tarvittava kuivumisaika voi olosuhteista riippuen olla useita kuukausia.



Rakennekosteuden kuivatus betonirakenteesta lämmittämällä

Tiiliverhottujen betoniseinien kuivumisajoissa on suuria eroja käytetystä eristemateriaalista riippuen. Kun tarkastellaan kuivumisrajaa 90 %:n kohdalla, ero eri eristemateriaalien välillä on 4,5 – 6 kuukautta, mutta se kasvaa 85 %:n kuivumisajan kohdalla 8 – 15 kuukauteen [12].

Tiiliverhotun betonirakenteisen seinän kuivumisajat (vrk)		
Rakenne	RH ≤ 90 %	RH ≤ 85 %
Mineraalivilla / 0,2 x d	90	166
Polyuretaani / 0,4 x d	233	412
Polyuretaani, alumiini-pintainen / 0,4 x d	279	613

Tarkkailuajankohdat (0,2 x d / 0,4 x d) suhteellinen kosteus, lämpötila, kosteus = 95 % RH ja $\mu_{\text{betoni}} = 130$

FRAME-hankkeeseen liittyvän, Tampereen teknisen yliopiston tekemän tutkimuksen mukaan betonisandwich-seinärakenteen sisäkuoren kuivuminen on hitainta vesihöyrytiivillä PU- ja XPS-eristeillä, joilla kuivuminen esimerkiksi pinnoituskosteuteen 85 % RH kestää noin 7 kuukautta pidempään kuin mineraalivillaeristeisellä rakenteella. PU- ja XPS-eristeillä kokonaiskuivumisaika 85 % RH pinnoituskosteuteen on noin 19, EPS-eristeellä noin 16 ja mineraalivillaeristeellä noin 12 kuukautta. Suhteellinen kosteus on laskettu 0,4d syvyydeltä sisäpuolisen betonikuoren (paksuus d 150 mm) sisäpinnasta. Mineraalivillaeristettä käytettäessä sisäkuori kuivuu molempiin suuntiin. Tällöin huokosilman suhteellista kosteutta voitaisiin tarkastella myös 0,2d syvyydellä sisäpinnasta. Tässä syvyydessä rakenne saavuttaa 85 % RH pinnoituskosteuden noin 5,5 kuukaudessa eli todellisuudessa ero mineraalivillan ja solumuovieristeiden välillä on vielä suurempi. Laskennassa betonikuorien alkukosteudeksi on oletettu 95 % RH:ta vastaava suhteellinen kosteus, joka vastaa betonissa kosteusmäärää 118 kg/m³. Tulevaisuuden ilmastoissa kuivumisajat pitenevät solumuovilla eristetyillä rakenteilla 40–60 % ja mineraalivillaeristeisillä rakenteilla 20–40 % [13].

Päällystemateriaalien valmistajat antavat yleensä tuotteilleen sallittavien alustan enimmäiskosteuden raja-arvon. Taulukossa on esitetty eräiden lattiapäällysteille sallittavia betonisen alustan enimmäiskosteuksia. Pinnoitustöihin ei pidä ryhtyä ennen kuin betonin suhteellinen kosteus on todettu mittauksin riittävän kuivaksi. Mittaukset tulisi suorittaa kohdissa, joissa suhteellisen kosteuden arvioidaan olevan suurin.

Päällystystyön edellytyksenä oleva betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvo, keskimääräinen kosteus betonirakenteessa [8]

Betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvo käyttölämpötilassa 20...22 °C, RH %	Päällyste / materiaali-ominaisuuksia	Huomautuksia
80 - 85 % Betonin pintaosien (2-3 cm) oltava alle 75 %	Mosaiikkiparketti ¹⁾	Puulajikohtainen / esim. pyökki 80 %, tammi 85 %)
85 % ²⁾ Betonin pintaosien (2-3 cm) oltava päällystyshetkellä alle 75 %	Alustaan kiinnittämättömät puulattiat ja kelluvat parketit (päällysteen ja betonin välissä vesihöyryä läpäisevä materiaali, joka irrottaa betonin ja päällysteen toisistaan)	
85 % ³⁾ Betonin pintaosien (2-3 cm) oltava päällystyshetkellä alle 75 %	Vesiliukoisella liimalla kiinnitettävät ja kelluvat päällystämateriaalit kuten: <ul style="list-style-type: none"> • Erilaiset muovimatot • Linoleummatto • Korkkimatot • Kumimatot • Tekstiilimatot, joissa tiivis alusmateriaali 	Määräävä tekijä liiman kosteudenkestokyky
90 %	<ul style="list-style-type: none"> • Alustaan kiinnittämättömät muovi- ja linoleummatot • Päällysteet, joissa kiinnitykseen on käytetty vähintään 90 %:n kosteuspitoisuuden kestävää liimaa • Klinkkerilaatat • Polyuretaanimuovimassat • Täyssynteettiset tekstiilimatot 	Liiman valmistajan ohjeet
85 - 97 %	Epoksi-, akryyli ja polyesterimuovimassat	Tuotteen valmistajan antamat raja-arvot. Betonin pinnan oltava päällystysvaiheessa kuiva ja riittävän lämmin.
90 %	Kermieristykset	Materiaalivalmistajan ohjeet
90%	Märkätilojen vedeneristeet	Materiaalivalmistajan ohjeet

1. Sisäilman kosteuspitoisuus voi vaihdella ääritilanteissa 10...80 % tammi-kuusta syyskuuhun. Kosteuden vaihtelu synnyttää puussa kosteusliikkeitä, jotka edellyttävät hyvää tartuntalujuutta alustan ja parketin välille. Siksi mosaiikkiparketti pitäisi ensisijaisesti liimata suoraan lujaan betonipintaan kiinni. Tasoitteita käytettäessä kerroksen on oltava vähintään 2-3 mm paksu ja primerointi suoritettava erityisen huolellisesti valmistajan ohjeita noudattaen. Tasoitteen on annettava kuivua vähintään 3-4 päivää ennen parketin liimaustyön aloittamista, ellei tasoitteen valmistaja anna erikseen tästä poikkeavia ohjeita.
2. Kosteuspitoisuuslukema määritetään BY 45:n kohdan 4.4.3.1 mukaan betonin sisäosista syvyydestä joka on 20 tai 40 % laatan paksuudesta, yleensä tavanomaisissa rakenteissa 5-6 cm:n syvyydestä. Kun raja-arvo saavutetaan, betonin pintaosat ovat huomattavasti raja-arvoa kuivemmat. Mikäli päällystemateriaali läpäisee vesihöyryä nopeammin kuin alusbetoni sitä luovuttaa, kosteuspitoisuus materiaalin alla ei päällystämisen jälkeen oleellisesti nouse. Tämän vuoksi on oleellista varmistua myös betonin pintaosien riittävästä kuivumisesta. Tiiviiden muovikalvojen käyttö päällysteiden alla ei ole suositeltavaa, koska ne estävät rakenteiden kuivumisen ja voivat aiheuttaa rakenteiden pinnassa mikrobikasvun riskin.
3. Erilaisten muovimattojen vesihöyrynläpäisevyyksissä on merkittäviä eroja, joten erityisen tiiviille muovimatoille (kovat muovimatot) raja-arvo on kriittisempi kuin paremmin vesihöyryä läpäiseville matoille (pehmeät muovimatot).

Tuoreen havupuun kosteuspitoisuus on noin 30 painoprosenttia. Kuivaamalla voidaan puun kosteuspitoisuutta pienentää haluttuun arvoon, joka riippuu puun käyttökohteesta.

Suosittelvat puun kosteuspitoisuudet eri käyttökohteissa painoprosentteina [9]	
Käyttökohde	Kosteuspitoisuus, paino-%
Runko	< 24
Ulkoverhous	< 18
Sisäverhous	< 16
Lattia	< 10

Puun kosteuspitoisuus ei ole absoluuttinen arvo, vaan se vaihtelee ilman suhteellisen kosteuden vaihtelun mukaan. On tärkeää varmistaa, että puutavaran kosteuspitoisuus ei pääse nousemaan kuljetusten ja työmaalla varastointien aikana eikä rakentamisvaiheessa. Puutavaraa varastoitaessa työmaalla on tärkeää, että se suojataan riittävästi sadevesiltä ja että se varastoidaan kuivalle ja tukevalle alustalle irti maasta sekä huolehditaan riittävästä tuuletuksesta.

Asennustyön laatu ja valvonta

Vastaavan mestarin tulee laatia suunnitelma kosteusmittauksia varten. Suunnitelmassa määritellään mittausten aikataulu, tarvittavien mittauspisteiden sijainti sekä nimetään mittaaja jolla on riittävä kokemus.

Laatua valvotaan sekä rakennustyön aikana että lopussa kosteudenhallintasuunnitelmaa noudattaen tekemällä katselmuksia, tarkastuksia ja mittauksia, joiden myötä rakennuttaja voi hyväksyä eri työvaiheet hankkeen edetessä.

Kuva: Sauli Paloniitty, Paloniitty Oy



6

Rakennuksen käyttö



Käyttöönotto

Käyttöönotossa rakennus luovutetaan käyttäjille ja ylläpitäjille ja heidät opastetaan käyttämään ja huoltamaan rakennusta ja sen järjestelmiä oikein. Ilmatiivyyden mittauksia voidaan tehdä myös vuositarkastuksessa ja käytön aikaisissa määräaikaistarkastuksissa. Ilmanvaihdon säätöjen tarkistusmittauksia jatketaan myös käytön aikana huoltokirjassa tarkemmin määritellyin välein.

Ylläpito

Kosteudenhallinnan kannalta painotetaan ylläpitoon ja huoltoon liittyviä toimenpiteitä kuten salaojien, vesikaton, julkisivujen ja lvi- järjestelmän toimivuutta sekä oikeiden siivoustopojen käyttöä.



Huoltokirja eli rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje on väline kiinteistön elinkaaren hallintaan.

Urakoitsijat ja suunnittelijat laativat huoltokirjan, joka on tärkeä työkalu rakennuksen käyttöönotossa ja opastuksessa. Huoltokirjaan määritetään rakennusosien ja teknisten järjestelmien hoito- ja huoltajaksot ja niihin liittyvät toimenpiteet. Huoltokirjaa käytetään ohjenuorana ja syntyvä tieto tallennetaan huoltokirjaan.

Huoltokirja sisältää sekä yleisiä että asuntokohtaisia ohjeita. Kosteudenhallinnan kannalta oleellisia ovat ohjeet märkätilojen, vesikalusteiden, pesukoneiden ja ilmankostutuksen käytöstä. Koneellisen ilmankostutuksen käyttö tulisi rajata sydäntalven pakkaskauteen, jolloin sisäilman suhteellinen kosteus laskee 25 %:n alle. Kostutusta käytettäessä sisäilman suhteellinen kosteus ei saa nousta yli 45 – 50 %:iin. Samoin käyttäjä perehdytetään ilmanvaihtolaitteiden käyttöön tavoitteena ilmanvaihdon tarpeenmukainen säätö sekä korvausilman hallitun saannin turvaaminen.

Rakennevauriot ja laitevuodot

Vuodot kosteuden- ja vedeneristyksissä voivat pysyä pitkään havaitsemattomina ja vauriokohdista voi kulkeutua suuria kosteusmääriä rakenteisiin. Vaurioiden paikallistamista vaikeuttaa se, että vesi voi kulkeutua rakenteen vauriokohdasta eteenpäin ja aiheuttaa homevaurion kaukana vedeneristyksen vauriokohdasta.



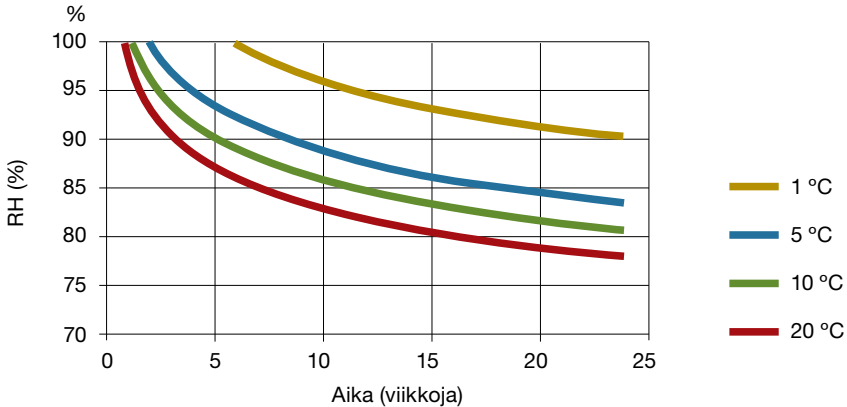
Putkistojen ja laitteiden vesivuodot voivat samoin aiheuttaa suuria kosteuspitoisuuksia rakenteisiin ja vauriot voivat pysyä piilossa pikiä aikoja. Putkistot ja laitteet tulee suunnitella ja sijoittaa siten, että vuodot havaitaan nopeasti. Vuotojen havaitsemista voidaan nopeuttaa sijoittamalla kosteusantureita sopiviin kohtiin esimerkiksi pesukoneen alle.

7

Kosteuden haitalliset vaikutukset



Jos rakennustarvikkeisiin ja rakenteisiin pääsee liiallista kosteutta, voi niihin muodostua sopivissa lämpötiloissa ajan myötä suotuisa kasvualusta mikrobeille. Tällöin puhutaan kosteus-, mikrobi-, home-, tai lahavioista ongelmien luonteesta, laajuudesta ja vakavuudesta riippuen.

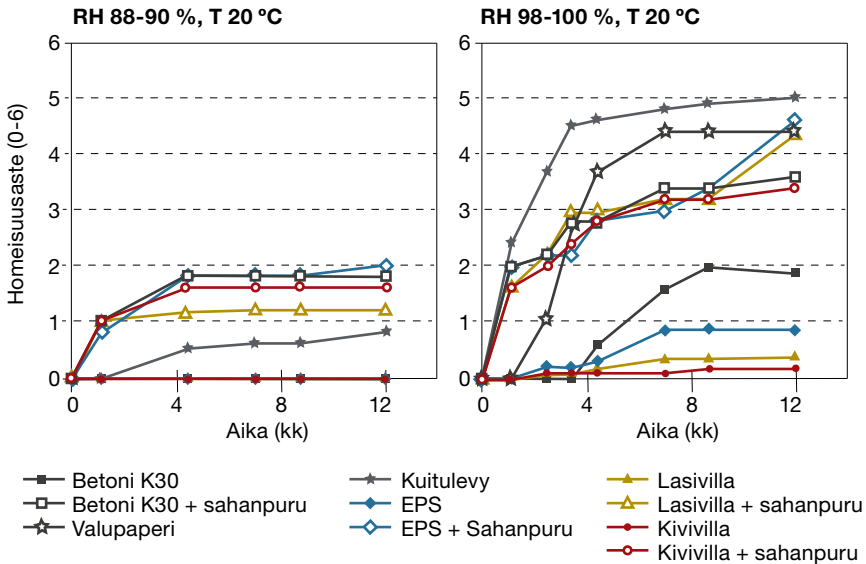


Homeen kasvun alkamiseen johtavat kriittiset kosteus- ja lämpöolot sekä niiden vaikutusaika pitkään vakiona olevissa oloissa männyn pintapuussa, joka homeen kasvun kannalta herkin materiaali. [1]

Herkyys homehtumiselle

Hyvin herkkiä homeen kasvulle ovat puupohjaiset materiaalit, herkkiä paperi- ja puupuupohjaiset tuotteet, kohtalaisen kestäviä useimmat kivi- pohjaiset tuotteet ja vastustuskykyisiä tuotteet, joihin on lisätty homeen kasvua estäviä aineita. Minimikosteus mikrobiongelmiin kehittymiselle on RH 75 – 80 % ja vielä alle 90 % ilman suhteellisessa kosteudessaakin homeen kasvu on huomattavan hidasta, lämpötilasta ja vaikutusajasta riippuen.

VTT on kehittänyt homemallin, joka kuvaa eri materiaalien homehtumisherkkyyttä. Malli perustuu pitkään tasaisena pysyviin olosuhteisiin. Käytännön olosuhteissa, joissa lämpötila ja kosteus vaihtelevat, home-sientien kasvu on huomattavasti hitaampaa ja syntynyt kasvusto vähäisempää kuin korkeampaa kosteutta vastaavissa vakio-oloissa. Mahdollinen kasvu riippuu tällöin kosteiden ja kuivien jaksojen pituudesta, kosteustasosta ja lämpötilasta.



Erialaisten rakennustarvikkeiden homehtuminen RH 88 - 90 ja 98 - 100 %:n kosteusoloissa ajan suhteen, T = 20 °C laboratorio-oloissa [1]

Homeen kasvua kuvataan homeindeksin avulla:

Home-indeksi	Luokitusperusteet
0	Ei kasvua, puhdas pinta
1	Mikroskoopilla havaittava kasvu, paikoin alkavaa kasvua, vähäinen määrä rihmastoa
2	Mikroskoopilla havaittava kasvu, useita rihmastopesäkkeitä muodostunut
3	Silmin havaittava kasvu, rihmaston peitto alle 10 % pinta-alasta (alkavaa itiöiden muodostusta) Tai Mikroskoopilla havaittava kasvu, rihmaston peitto alle 50 % pinta-alasta
4	Silmin havaittava kasvu, rihmaston peitto noin 10–50 % pinta-alasta Tai Mikroskoopilla havaittava kasvu, rihmaston peitto yli 50 % pinta-alasta
5	Silmin havaittava, paikoin runsas kasvu tai rihmaston peitto yli 50 % pinta-alasta
6	Erittäin runsas kasvu, rihmaston peitto yli 80 % pinta-alasta.

Kuvasta nähdään, että puhdas mineraalivilla ei homehdu ääriolosuhteisakaan, homeindeksi jää lähelle nollaa.

Tulokset on mallinnettu eri materiaalityypeille niin, että on voitu arvioida erilaisten rakennustarvikkeiden herkkyyys homeen kasvulle. Rakennustarvikkeiden vastustuskyky homeita vastaan voidaan jaotella seuraavan taulukon mukaisesti.

Rakennustarvikkeiden jako kestävyys- ja herkkyyssuokkiin homeen kasvun riskin suhteen [4]	
Rakennustarvike	Homeutumisherkkyyys
Käsittelemätön puu	Hyvin herkkä
Höylätty puu, paperipintaiset tarvikkeet, puupohjaiset levyt	Herkkä
Mineraaliviljat , sementti- ja muovipohjaiset tuotteet	Kohtalaisen kestävä
Lasi, metalli	Kestävä

Homeutumisen estäminen

Homeutuminen voidaan estää ylläpitämällä rakentamisen kuivaketju aukottomana rakentamisprosessin kaikissa vaiheissa: suunnitteluun oikeaoppiset rakenneratkaisut, kuljetus ja varastointi; pidetään työmaa kuivana ja noudatetaan valmistumisen jälkeen rakennuksen käyttöohjeita.

Asenne ratkaisee

Suunnittele kuivaketjun toteuttaminen!

Käytä periaatteena
”kerralla oikein”!

Valvo kuivaketjun toteutusta
sen jokaisessa vaiheessa!

8. Viitteet

- [1] *Lämmöneristeiden merkitys kosteus ja homeongelmien kannalta*
Hannu Viitanen, VTT
- [2] *Energiatehokkaat rakenteet ja kosteustekninen turvallisuus*
Tuomo Ojanen, VTT
- [3] *Selvitys kuivumisesta*
A-Insinöörit (Isover)
- [4] *Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen*
RIL 250-2011
- [5] *Puurunkoisten ulkoseinärakenteisen kosteustekninen toiminta*
Juha Vinha, TTY
- [6] *Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet*
RIL 107-2012
- [7] *Kattoliiton ohje*
- [8] *Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet*
Suomen Betonibetonitieto, 2007
- [9] *Fukthandbok*
Svensk Byggtjänst, 2009
- [10] *Betonirakenteiden kuivumisen arviointiohjeisto*
Tarja Merikallio
- [11] *Rakenteellinen energiatehokkuus*
RTT, 2015
- [12] *Tiiliverhottujen betoniseinien kuivuminen*
A- Insinöörit Suunnittelu Oy, 2012
- [13] *Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa*
Tutkimusraportti 159
Tampereen teknillinen yliopisto, 2013



Suomen lämmöneristevalmistajien yhdistys Finnisol ry

Finnisol on Suomen johtavien lämmöneristevalmistajien toimialajärjestö, joka ottaa kantaa toimialan yhteisiin kysymyksiin ja ajaa jäsenten ja muiden intressiryhmien etuja. Olemme vaikuttajataho ja edustamme jäseniämme yhteyksissä poliittisiin päättäjiin, viranomaisiin ja muihin organisaatioihin ja yrityksiin.

www.finnisol.fi