

# **TALONRAKENTAMISEN KOSTEUDENHALLINTA**

Matti Vilppo

Opinnäytetyö

Syyskuu 2012

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tampere University of Applied Sciences

Tampereen ammattikorkeakoulu, ylempi AMK -tutkinto

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tekijä	Matti Vilppo
Opinnäytetyön nimi	Talonrakentamisen kosteudenhallinta
Sivumäärä	55 sivua + 5 liitesivua
Työn valmistumisaika	Syyskuu 2012
Työn ohjaajat	Yliopettaja, TKL Olli Saarinen Laboratorioinsinööri Jarno Oravasaari

## TIIVISTELMÄ

Talonrakentaminen on taitolaji, jota harjoitetaan tavallisesti ulkoilmassa kaikenlaisissa säissä. Keliolosuhteet haittaavat rakentamista ja uhkaavat suunnitelmien mukaisen hyvän lopputuloksen saavuttamista. Nopeutetut aikataulut lisäävät epäonnistumisen riskiä. Olosuhteet eivät aina anna parhaita edellytyksiä oikeaoppiselle rakentamiselle, ja rakentaja onkin usein vaativien olosuhteiden, kiristyvien vaatimusten ja suurien odotusten ristipaineessa. Sääolosuhteet vaihtelevat jatkuvasti ja ääriolosuhteet vaihtelevat entistä tiheämmin. Rakentamisen aikainen rakenteiden kastuminen ja kosteusvauriot aiheuttavat aikatauluongelmia. Kosteusvaurioiden korjaaminen on kallista, asumisterveys vaarantuu ja rakentajien maine kärsii.

Rakentaminen on mahdollista sääsuojien alla siedettävissä olosuhteissa. Tällöin onnistumisen mahdollisuudet kasvavat, mutta työn sujavuus kärsii ja suojaus nostaa kustannuksia. Rakennuttajat eivät itse vaadi tarpeeksi laatua. Jos laatua vaaditaan, se kirjoitetaan hankeasiakirjoihin. Kosteudenhallinnan kustannukset siirtyvät tuotteen hintaan, mutta tällöin olisi saavutettavissa myös parempi laatu. Tässäkin tapahtumaketjussa heikoin lenkki vaikuttaa olennaisesti lopputulokseen. Kaikki rakentamisprosessiin osallistuvat tulee kouluttaa tehtäviinsä. Silloin käytössä on yhteinen kieli ja menettelytavat. Jokaisella on mahdollisuus hoitaa tehtävänsä hyvin niin projektinjohdossa, suunnittelussa, toteutuksessa kuin valvonnassakin. Kaikkien osapuolten tulee puhaltaa yhteen hiileen, sitoutua tehtäviinsä, pyrkiä kehittämään ammattitaitoaan jatkuvasti yhteisen hyvän ja kestäväen lopputuloksen saavuttamiseksi. Näin menetellen rakentajien uskottavuus ja maine on mahdollista palauttaa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kehittää talonrakentamisen kosteudenhallintaa ja etsiä keinoja sekä menetelmiä joilla suunnittelun ja rakentamisen aikaisen kosteuden aiheuttamien riskien toteutumista voitaisiin välttää tai kokonaan estää. Teemahaastattelulla selvitettiin koulu-, asunto- ja sairaalarakennusten vastaavien työnjohtajien, rakennuttajan, valvojan ja pääsuunnittelijan käsityksiä työmaan kosteudenhallinnasta.

---

Asiasanat: rakenteen kastuminen, rakennekosteus, kuivattaminen, sääsuojaus

Tampere University of Applied Sciences, Masters degree

Construction Engineering

Author	Matti Vilppo
Thesis title	Moisture control in building construction
Number of pages	55 pages + 5 appendices
Completion time	September 2012
Thesis supervisors	Senior Lecturer , Lic.Sc. (Tech.) Olli Saarinen Laboratory engineer Jarno Oravasaari

## ABSTRACT

Building construction is a form of art, which is often carried out in the open air at the mercy of the weather. Troublesome weather conditions hamper the construction work and threaten the achievement of a good outcome. Accelerated schedules increase the risk of failure. The conditions do not always give the best prerequisites for the correct way of building. The constructor is regularly subjected to demanding conditions, stringent requirements and high expectations. Weather conditions aggravate continuously and extreme conditions are expected to vary at an accelerating pace in the future. The saturation and moisture damages of the structures during the construction process are liable to cause scheduling difficulties. The repair work of moisture damages is costly; they also cause health hazards and decrease the constructor's reputation.

The construction work can be carried out under weather shelters and thus more tolerable conditions. The application of weather shelters will increase the chances of success. The fluency of the work will suffer and the shielding will increase the expenses quite considerably. The constructors themselves do not require sufficient quality. If quality is required it is written down in project documents. The costs caused by moisture management will be passed on to the product price with better quality achieved in the process. In this chain of events it is again the weakest link that will be the most significant factor in the final result. All the people and factors involved in the construction process are to be trained for their tasks. As a result there is a common language and procedures available for everyone. Each person will have an opportunity to perform their tasks well whether in project management, planning, execution or building surveillance. All parties should work together, commit to their duties and strive to develop their professional skills for the common good as well as to achieve sustainable results. These measures will provide a possibility for the restoration of the builders' credibility and reputation.

The purpose of this thesis is to develop the moisture management of building construction, and to find means and methods with which the realization of moisture-related risks could be avoided or entirely prevented during planning and building phases. Theme interviews at various construction sites were utilized to examine the supervisor's, constructor's, overseer's and chief designer's opinions regarding the worksite moisture control.

---

Keywords: structure wetting, structural moisture, dehydrating, weather protection

## SISÄLLYS

MÄÄRITELMÄT JA TERMIT	6
1. JOHDANTO	9
1.1 Tutkimuksen taustaa.	9
1.2 Tutkimuksen tarkoitus.	10
1.3 Tutkimusmenetelmät.	10
1.4 Tutkimuksen rajaust.	11
1.5 Tutkimuksen filosofiaa.	11
2. KOSTEUSRISKIT	12
2.1 Kosteusriskit suunnittelussa.	12
2.2 Kosteusriskit rakentamisessa.	12
2.3 Rakentamisen laatu ja eettiset arvot.	14
2.4 Lainsäädäntöä.	16
3. SÄÄOLOSUHTEIDEN JA KOSTEUDEN VAIKUTUS RAKENTAMISEEN	19
3.1 Rakentamisen aloitusajankohta.	19
3.2 Kosteuslähteet.	19
3.3 Rakennuksen kuivattaminen.	21
3.4 Materiaalikosteus.	21
3.5 Kuivattaminen eri vuodenaikoina.	26
3.6 Kuivattamisen laiminlyönnin riskit.	28
3.7 Homeen kasvun riski eri olosuhteissa.	28
3.8 Ontelolaatan Deltapalkin kuivumisongelma.	32
3.9 Kuivatuksen suunnittelu.	33
4.0 SÄÄSUOJAUS	35
4.1 Sääsuoijat ja menetelmät.	35
5. TERVEEN TALON TOTEUTUKSEN KRITERIT	38
5.1 Tavoitteet rakenne ja käyttö.	38
5.2 Kriteereiden ja ohjeiden käyttö.	38
6. KOSTEUDENHALLINTA JA HOMEVAURIOIDEN ESTÄMINEN	41
6.1 Ohjeen tarkoitus ja sisältö.	41

	5
6.2 Todelliset olosuhteet talvirakentamisessa.	43
7. HAASTATTELUTUTKIMUS	46
7.1 Haastattelututkimuksen menettelytavat.	46
7.2 Haastattelujen suorittaminen.	46
7.3 Haastattelun tulokset.	46
Haastateltavien vastaukset.	48
7.5 Haastattelun johtopäätökset.	50
8. POHDINTA	52
LÄHTEET	54
LIITTEET	56
Liite1. Kosteudenhallinnan haastattelulomake	56
Liite 2. Luonnosvaiheen suunnitelmien tarkastuslista (1-3).	57
Liite 3. Eräitä kosteuden, homeen ja lahon mittaus- ja määritysmenetelmiä.	60

## MÄÄRITELMÄT JA TERMIT

Absoluuttinen kosteus

Ilman tietyssä tilanteessa sisältämä vesimäärä ( $\text{g}/\text{m}^3$ ).

Absorptio

Kosteuden kulkeutumista aineeseen.

Emissio

Ilmiö, jossa materiaalista vapautuu kemiallisia yhdisteitä.

Homevasta-aine

Homeiden aiheuttaman vasta-aineen muodostuminen ihmisessä. Tavallisimmin määritellään IgE -luokan vasta-aineita, jotka ovat altistumisen mittareita ja osoittavat vain sen, että henkilö on ollut tekemisissä homeen kanssa.

Hygroσκοoppisuus

Tarkoittaa huokoisen aineen kykyä sitoa itseensä kosteutta ilmasta ja luovuttaa kosteutta ilmaan.

Indikaattorilaji

Kosteusvaurioindikaattori tai -indikaattorilaji. Nämä ovat mikrobeja, joita ei pitäisi esiintyä sellaisten rakennusten sisäilmassa, jossa ei ole kosteusongelmaa. Indikaattorilajin esiintyminen sisäilma-, pinta- tai materiaalinäytteessä viittaa aina mahdolliseen kosteusvaurioon, ellei sen esiintymiseen voida osoittaa muuta syytä.

Kapillaarinen virtaus

Huokosalipaineen paikallisten erojen aiheuttamaa nesteen siirtymistä huokoisessa aineessa.

Kondensoituminen

Vesihöyryn tiivistymistä vedeksi.

Kontaminoituminen

Materiaalin pilaantuminen.

Kosteus

Kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa.

### Kosteuskapasiteetti

Aineen kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta.

### Kosteusriskien identifiointi

Kosteusriskien todentaminen.

### Rakennuskosteus

Rakennusvaiheen aikana tai sitä ennen rakenteisiin tai rakennusaineisiin joutunut rakennuksen käytönaikaisen tasapainokosteuden ylittävä kosteus, jonka tulee poistua.

### Ryömintätila

Rakennuksen alapohjan, sokkelin ja perusmaan rajoittama tarkoituksellisesti jätetty ilmatila.

### Salaojituserkos

Maaperän kuivattamiseksi pintamaan alle tehty vettä johtava rakenne tai karkearakeinen maa-ainekerros, jota pitkin vesi voi siirtyä kuivatettavalta alueelta valumalla tai pumppaamalla.

### Tuuletettu ryömintätilainen alapohja

Ryömintätilaisen alapohjan tuulettavuus ilmanpaine- ja tuulenpaine -erojen avulla. Haitallinen kosteus kuljetetaan ilmanvirtojen mukana pois alapohjatilasta.

### Tuuletustila

Rakenteessa oleva yhtenäinen ilmatila, jonka kautta rakennetta tuulettava ilmavirtaus kulkee ja jonka korkeus tai paksuus ilmavirran suuntaa vastaan kohtisuorassa suunnassa on yli 200 mm.

### Tuuletusväli

Rakenteessa oleva yhtenäinen ilmaväli, jonka kautta rakennetta tuulettava ilmavirtaus kulkee ja jonka korkeus tai paksuus ilmavirran suuntaa vastaan kohtisuorassa suunnassa on enintään 200 mm.

### Vesihöyryn diffuusio

Kaasuseoksen (esim. ilma) vakio kokonaispaineessa tapahtuva vesihöyrymolekyylien liike, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksen höyrypitoisuus- tai höyryn osapaine-eroja.

### Vesihöyryn konvektio

Kaasuseoksen (esim. ilma) sisältämän vesihöyryn siirtyminen kaasuseoksen mukana sen liikkeessa kokonaispaine -eron vaikutuksesta.

### Vesihöyrynvastus

Ilmoittaa tasapaksun ainekerroksen tai tällaisista muodostuvan tasapaksun kerroksellisen rakenteen pinnoilla eri puolilla vallitsevien vesihöyrypitoisuuksien tai vesihöyryn osapaineiden eron ja ainekerroksen tai rakenteen läpi jatkuvuustilassa pinta-alayksikköä kohti diffusoituvan vesihöyryvirran suhteen.



## 1. JOHDANTO

### 1.1 Tutkimuksen taustaa

Suomen rakentaminen ja rakennustuotanto elää murroksessa. Ilmaston lämpeneminen, säätilojen jatkuva, nopea vaihtelu, eli ääriolosuhteiden yleistyminen vaikeuttaa rakentamista ja rakennustyön kosteudenhallintaa. Rakentaminen tapahtuu pääosin sään armoilla ulkoilmassa ilman suojausta. Rakenteet kasvavat usein jo ennen rakennuksen vesikattovaihetta. Hankalien säiden lisäksi kehittymättömät menetelmät ja nopeat rakentamisaikataulut lisäävät kosteusongelmien muodostumisriskiä. Käytettävät rakennustarvikkeet saattavat kasvaa huonosti suojattuina joko kuljetettaessa, varastoitaessa, asennettaessa tai asentamisen jälkeen. Rakennustarvikkeiden kosteudensietokyvyissä on suuria eroja. Rakenteiden kuivumiselle ei aina jää riittävästi aikaa. Talonrakentamisen kosteudenhallinnan toteutuksessa on selkeitä puutteita ja vielä runsaasti kehitettävää.

Rakenteiden läpi kulkeutuvan lämmön määrä vähenee ja sen kuivattava vaikutus pienenee. Rakennekerrosten lisääntyessä ja lämpöeristekerrosten vahvetessa saattaa kosteustekniseen käyttäytymiseen muodostua uusia riskejä. Paksujen rakenteiden ja rakennekerrosten kosteusteknistä käyttäytymistä ei ole vielä riittävästi tutkittu. Puutteellisen tutkimuksen vuoksi rakennusten asumisterveys saattaa vaarantua. Rakennusratkaisut, joissa ulkoseinäelementit toimitetaan työmaalle eristepintaisina ilman pintaverhousmuodostavat kosteusriskin, kuten myös ulkona suojaamattomana toteutetut muuratut ulkoseinäeristeet. Aliurakoinnin urakkarajojen epämääräisyydet voivat osaltaan aiheuttaa puutteita suojaamiseen ja aiheuttavat myös kosteusriskejä.

Talonrakennustuotannon tehokkuusajattelu saattaa myös vaarantaa terveellisen rakentamisen toteuttamista. Sijoitetun pääoman kohtuuttomat tuotto-odotukset ajavat usein epärealistisiin, nopeutettuihin aikatauluihin. Nopeutetut aikataulut johtavat usein huolimattomuuteen sekä piittaamattomuuteen ja rakentamisen laatu väistämättä kärsii. Rakentajien ammattilypeys karisee jatkuvien epäonnistumisien myötä. Kosteudenhallinnan epäonnistuminen aiheuttaa suuria kansantaloudellisia menetyksiä ja uhkia asumisterveydelle. Rakennuksissa asuvien kärsivällisyyttä ja sietokykyä koetellaan myös asuminenaikaisilla korjaustöillä. Meneillään olevat oikeustapaukset osoittavat selkeitä puutteita terveellisen rakentamisen menetelmissä ja kosteudenhallinnan toteutuksessa. Myös uudet rakennukset ja niiden asumisterveys on usein asetettu kyseenalaiseksi.

## 1.2 Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kehittää talonrakentamisen kosteudenhallintaa ja etsiä keinoja sekä menetelmiä, jotta suunnittelun ja rakentamisen aiheuttamia kosteusriskejä voitaisiin välttää.

Teemahaastattelulla selvitettiin koulu-, asunto- ja sairaalarakennusten vastaavien työjohtajien, rakennuttajan, valvojan ja pääsuunnittelijan käsityksiä työmaan kosteudenhallinnasta. ( Katso haastattelukysymysrunko, Liite nro 1. )

Kuvassa 1 on esitetty periaate muovilla suojatusta betoniseinäelementistä rakennustyömaan varastoalueella. Seinäelementit on suojattava hyvin sateelta ja likaantumiselta jo kuljetuksen aikana. Suojauksen tulisi estää elementin kastuminen myös asennuksen jälkeen. Suojamuovit poistetaan usein asennuksen yhteydessä.



Kuva 1. Seinäelementti (VTT:n rakennus- ja yhdyskuntatekniikka)

## 1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus perustuu alan kirjallisuuden tutkimiseen ja teemahaastatteluun sekä tutkijan omaan kokemukseen. Teemahaastattelussa haastatellaan kokenutta asunto-, koulu- ja

sairaalarakennuksen vastaavaa työnjohtajaa, valvojaa, rakennuttajaa ja pääsuunnittelijaa. Tutkijan viiden vuosikymmenen kokemus rakentamisesta, toteutuksen suunnittelusta ja rakentamisen ongelmista antaa realistisen näkökulman tarkastella talonrakentamisen kosteudenhallintaa ja etsiä keinoja ongelmien ratkaisemiseksi.

#### **1.4 Tutkimuksen rajaus**

Tutkimustyö rajataan rakennustyömaan kosteudenhallintaan, sekä valvojan, rakennuttajan ja pääsuunnittelijan mahdollisuuksiin vaikuttaa siihen. Tutkimuksessa otetaan kantaa rakennustyön ajoitukseen, suojausmenetelmiin ja aloitusajankohdan vaikutukseen rakennustyön kustannuksiin sekä rakennuksen kuivatuksen aikatauluun ja kuivatusmenetelmiin. Tutkimuksessa käsitellään myös rakennuttajan ja suunnittelijan valintojen sekä liian kireiden aikataulujen vaikutusta toteutuksen lopputulokseen.

#### **1.5 Tutkimuksen filosofia**

Tiedon yhteisöllisyyteen liittyvän ihanteen mukaisesti tieteellisissä teksteissä odotetaan kirjoittajan rakentavan ajatteluaan ja esitystään aikaisempien teorioiden varaan tai niiden vasta-ajatteluksi ja suhteuttavan omia tuloksiaan ja havaintojaan aikaisempien tutkimusten tuloksiin. Toisiin teksteihin viittaaminen ja oman tekstin rakentaminen dialogiseen muotoon niiden kanssa on yksi tieteellisen tekstin ominaispiirteitä (Kinnunen ja Löytty, 2002, s.19).

Tieteen teko ja siitä kirjoittaminen ovat monella tavalla tasapainottelua vanhan ja uuden, vieraan ja oman, varman ja epävarman, markkinahenkisyyden ja vaatimattomuuden, yhteisöllisen äänen ja oman tutkijanäänän, perinteen ja uuden luomisen sekä kriittisyyden ja tahdikkuuden välillä. Jos tieteellisen tekstin synnytyskivut ovat suuret, kyse on siitä, että ajattelemisen, ymmärtämisen ja kokonaisuuksien hahmottaminen on raskasta. (Kinnunen ja Löytty, 2002, s.26)

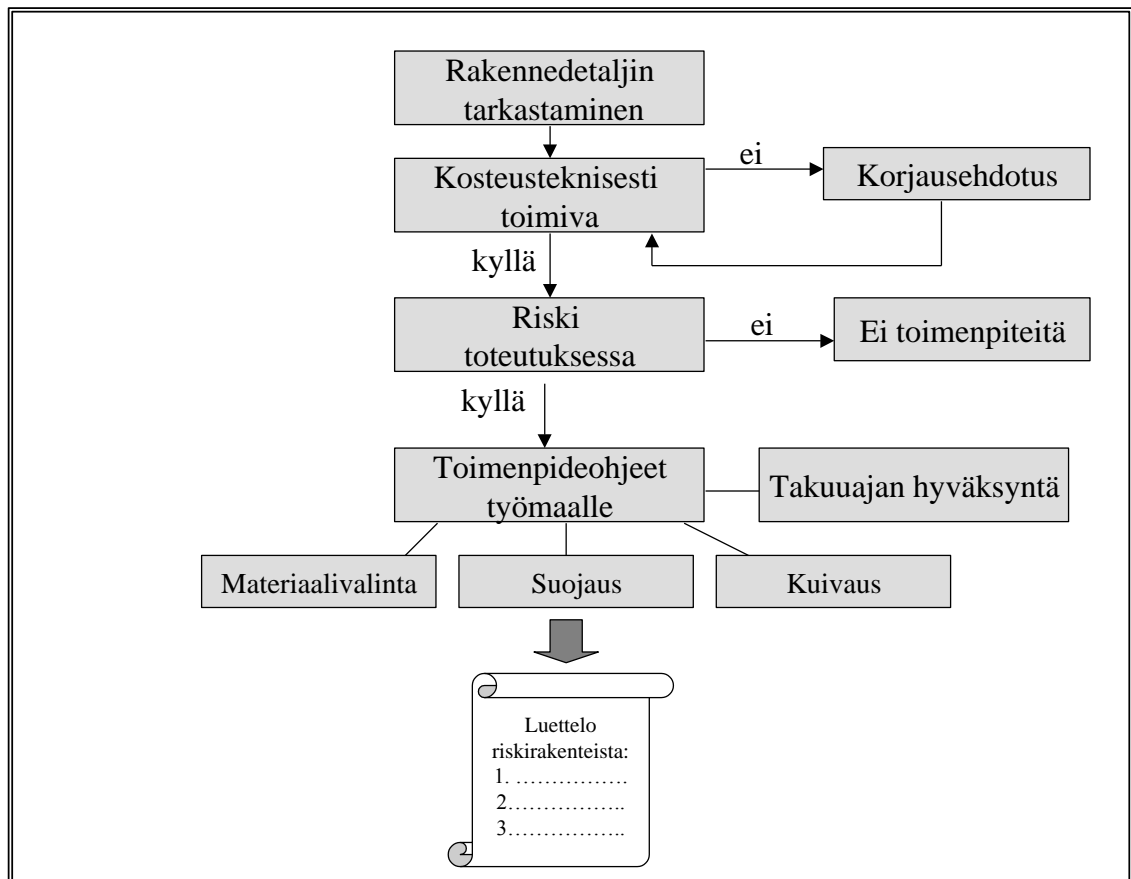
Tutkijan pyrkimyksenä on käsitellä aihealuetta riippumattomasti ja puolueettomasti. Oma henkilökohtainen kokemus aihealueesta auttaa ymmärtämään rakentamisessa väistämättä eteen tulevia haasteita ja ongelmia, mutta ei vaikuta tutkimustuloksiin.

## 2. KOSTEUSRISKIT

### 2.1 Kosteusriskit suunnittelussa

Rakentamisen kosteusteknisten riskien muodostuminen alkaa jo rakennuksen hanke- ja luonnosvaiheessa valittaessa rakenteita, materiaaleja ja rakentamismenetelmiä. Hankkeen projektinjohto tekee tärkeimmät valinnat ja päätökset kulloisenkin rakennuskohteen toteuttamistavasta, menetelmistä ja rakenneratkaisuista. Suunnittelun vaikutusta rakentamisen aikaiseen kosteudenhallintaan ei ole riittävästi oivallettu. Rakentamisen aloitusajankohta pitäisi miettiä tarkasti. Vuoden kuivat ajanjaksot tulisi hyödyntää ja saada rakennuksen vesikatto valmiiksi ennen syysateita.

Kuvassa 2 selvitetään sitä, miten rakennedetaljit tarkastetaan suunnitteluvaiheessa.



Kuva 2. Rakennustyömaan kosteusriskit selvitetään tarkastamalla kohteen rakennedetaljit. (RIL250 - 2011, s.98)

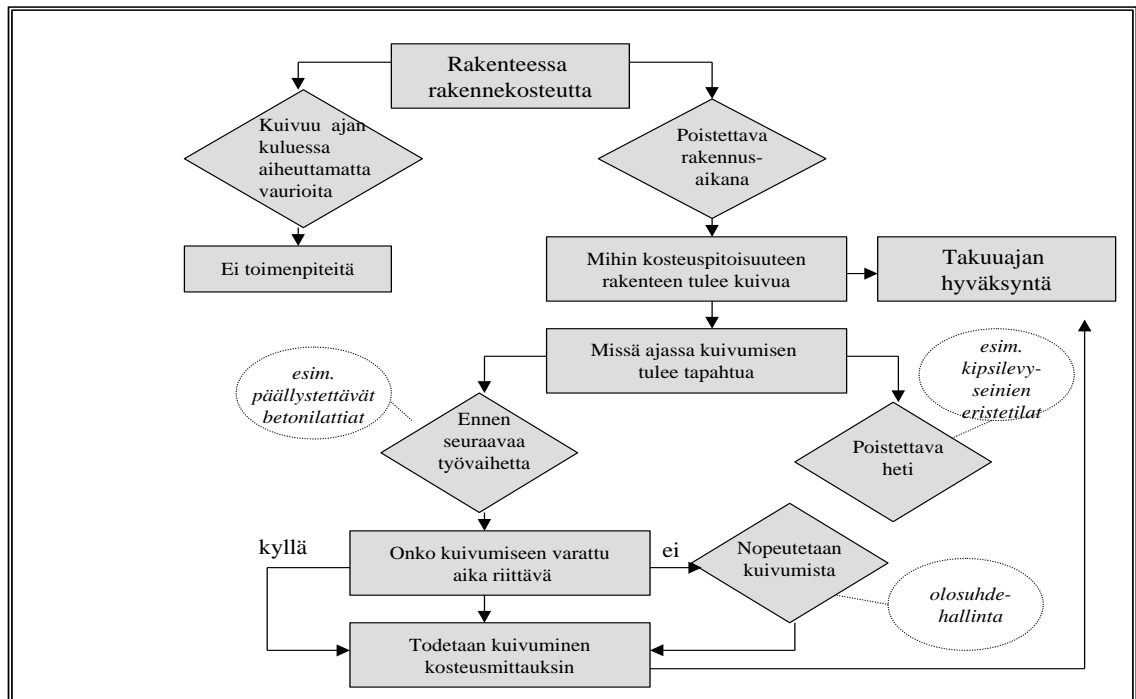
### 2.2 Kosteusriskit rakentamisessa

Rakennustyöt ajoittuvat usein etenkin runkovaiheen aikana märkään tai lumiseen vuodenaikaan. Varsinkin elementtirungon rakenteet ovat vaikeasti suojattavia. Rakenteet

kastuvat toistuvasti ja saattavat vaurioitua sekä altistua mikrobikasvustolle. Uuden rakennuksen kosteusvaurioiden korjaus on kallista, rakentajan maine kärsii ja asukkaiden sekä myös rakentajien terveys vaarantuu.

Rakennustyömaan suojaukseen tulisi kehittää toimivia menetelmiä. Elementtien, materiaalien ja rakenteiden suojaaminen ei pelkästään riitä vaan tarvitaan esimerkiksi koko työmaan peittäviä suojausjärjestelmiä. Sadekausten ja sademäärien lisääntyessä töitä tulisi voida tehdä suojatuissa kuivissa olosuhteissa. Laajamittaisempi suojaaminen aiheuttaa huomattavia kustannuksia.

Kuvassa 3 selvitetään sitä, miten rakennusvaiheen aikainen kastuminen ja sen aiheuttamat toimenpiteet vaikuttavat rakennusprosessiin.



Kuva 3. Rakennekosteuden, kuivatustarpeen ja kuivumisaajan arviointi.

(RIL 250 - 2011, s.100)

”Rakennustyömaan olosuhdehallinnalla ja kuivumisaika-arvioinnilla on tavoitteena estää kosteusvaurioiden synty ja varmistaa, että rakenteet kuivuvat tavoitekosteustilaansa. Hyvällä kosteudenhallinnalla voidaan pienentää huomattavasti rakennuskustannusten lisäksi elinkaarikustannuksia. Johtopäätösten teko yksin kosteusmittaustulosten, kuivumisaika-arvion tai olosuhdeseurannan perusteella voi johtaa virheelliseen johtopäätökseen. Päätöksentekoon tarvitaan näiden kolmen osa-alueen tuloksia ja ammattilainen tulosten tulkintaan”. (RIL 250 - 2011, s.101)

Kuvassa 4 esitetään, miten kerrostalotyömaan sääsuojaus voidaan toteuttaa ristikkopilarien ja -palkkien varaan rakennetulla suojahupulla. Rakennelma on jäykistetty harusvaijereilla. Rakennelmaa voidaan siirtää alle rakennettuja kiskoja pitkin pituussuunnassa. Suojarakennelmaa voidaan myös nostaa ja laskea sähköisen nostojärjestelmän avulla.



Kuva 4. Sääsuojausratkaisu. (VTT:n rakennus- ja yhdyskuntatekniikka)

### 2.3 Rakentamisen laatu ja eettiset arvot

”Rakentamisen laatu, ammattikunnan eettiset arvot ja moraalit on viime aikoina asetettu oikeutetusti kriittisen arvostelun kohteeksi. Virheitä on kiistattomasti tapahtunut. Saman kriittisen arvostelun kohteeksi on syytä ottaa myös rakentamisesta vastaavat lainlaatijat ja päättäjät”. (M. Vilppo, 2011, s.38)

Rakennuttajat, rakentajat, suunnittelijat ja rakennushankkeeseen ryhtyvät eivät ole vielä riittävästi havahtuneet kosteudenhallinnan ongelmiin ja suojaustoimenpiteiden kehittämiseen. Rakennuskohteen suojaamisen aiheuttamia kustannuksia voitaisiin verrata kosteusvauriokorjauksien kustannuksiin. Korjaustöiden kustannukset ovat usein moninkertaiset suojaustöiden aiheuttamiin verrattuna, mistä ei kuitenkaan ole tarkkaa tutkimus-

tietoa olemassa. Menetelmiä verrattaessa voidaan hahmottaa ja ennakoida kustannuksia, parantaa rakentamisen laatua ja välttää epäonnistumisen riskejä.

Rakentamisen huonoksi haukuttuun laatuun tulee puuttua. Tutkijat varoittavat uhkavista, joihin hosuen ja piittaamattomasti tehty työ johtaa. Rakentajien maine kärsii liian usean epäonnistuneen työn seurauksena. Ammattikunnan ja arvostuksen palauttamiseen on vain yksi tie. Rakentamisen laatua on parannettava. Rakentamisen moraali, eettiset arvot ja ammattikunnan ammattitilpeys on palautettava. Siinä on työnsarkaa kaikille rakentamiseen liittyville osapuolille ja tahoille aivan riittävästi.

Rakennuslainsäädännön mukaan rakentamisesta vastaa rakennushankkeeseen ryhtyvä. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee hankkia toteutettavaan rakennusprojektiin osaavat henkilöt. Toimijoiden vaatimukset sekä vastuut määräytyvät maanrakennuslain ja asetusten mukaisesti.

Rakentamisen laatuun vaikuttaa oleellisesti työnjohto ja työn valvonta. Työntekijöiden perehdyttäminen, kouluttaminen ja ohjaaminen ovat lopputuloksen ja työn laadun kannalta tärkeää. Liiallinen kiire, huonot olosuhteet ja riittämätön valvonta voivat johtaa enneaikaisiin korjauksiin ja asumisterveyden vaarantumiseen.

Kuvasta 5 selviää, miten puuttuvan valvonnan ja huolimattoman työn tulokset saattavat yllättää rakennuksen omistajan tai käyttäjän rakennuksen räystäällä esiintyvillä viitteillä. Jääpuikot kertovat ilma- ja lämpövuodosta yläpohjarakenteessa.



Kuva 5. Lämpövuoto havaittu uudessa rakennuksessa takuuajana.

Kuvasta 6 selviää sääsuojauksen parantava vaikutus rakennustyön kosteudenhallinnan onnistumiseen. Kosteusteknisesti hyöty on kiistaton, mutta suojauksen käyttö ei ole täysin ongelmaton. Sääsuojaus vaikeuttaa materiaalien nostoa ja siirtoa. Lisäksi on otettava huomioon paloturvallisuusmääräykset. Sääsuojan materiaalien tulee täyttää mm. syttymisherkkyysluokaltaan määräykset. Kuvassa on esitetty laskelma sääsuojan kustannuksista.

24

## Hyödyt ja kustannukset

### Kustannukset

Katto-osuus: asennus + purku 12 eur/m<sup>2</sup>,  
vuokra 0,16 eur/m<sup>2</sup>/vrk


Telineet: asennus + purku 9 eur/m<sup>2</sup>,  
vuokra 0,08 eur/m<sup>2</sup>/vrk





Lisäksi tulee nosturi- ja kuljetuskustannukset.

**Esimerkiksi rivitalon suojaus**  
15 x 33 m, 500 m<sup>2</sup>, h=10 m

**Kustannukset noin**  
16 000 € + 5 000 €/kk

2 – 3 % myytävän rivitaloneliön hintaan lisää  
- lumityöt, roudan sulatus, häiriöt, ventat  
+ työn tuottavuus + parempi laatu ja turvallisuus



Kuva 6. Sääsuoja vesikattotyössä. (VTT:n rakennus- ja yhdyskuntatekniikka)

## 2.4 Lainsäädäntöä

Kosteudenhallinta suunnittelussa.

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille tai naapureille hygienia- tai terveystarve riskiä kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinnoille. Rakennuksen näiden ominaisuuksien tulee normaalilla kunnossapidolla säilyä koko taloudellisesti kohtuullisen käyttöiän ajan. (RakMK C2,1.2 )



## **1§ Lain yleinen tavoite**

Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä. Tavoitteena on myös turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun, suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa. (RakMK A1, 2)

## **12§ Rakentamisen ohjauksen tavoitteet**

Rakentamisen ohjauksen tavoitteena on edistää

- 1) hyvän ja käyttäjien tarpeita palvelevan, terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sekä sosiaalisesti toimivan ja esteettisesti tasapainoisen elinympäristön aikaansaamista;
- 2) rakentamista, joka perustuu elinkaariominaisuuksiltaan kestäviin ja taloudellisiin, sosiaalisesti ja ekologisesti toimiviin sekä kulttuuriarvoja luoviin ja säilyttäviin ratkaisuihin;
- 3) rakennetun ympäristön ja rakennuskannan suunnitelmallista ja jatkuvaa hoitoa ja kunnossapitoa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 12§)

## **117 § Rakentamiselle asetettavat vaatimukset**

Rakennuksen tulee soveltua rakennettuun ympäristöön ja maisemaan sekä täyttää kauneuden ja sopuhtaisuuden vaatimukset. Rakennuksen tulee sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla täyttää rakenteiden lujuuden ja vakauden, paloturvallisuuden, hygienian, terveyden ja ympäristön, käyttöturvallisuuden, meluntorjunnan sekä energiatalouden ja lämmöneristyksen perusvaatimukset (olennaiset tekniset vaatimukset).

Rakennuksen tulee olla tarkoitustaan vastaava, korjattavissa, huollettavissa ja muunneltavissa sekä, sen mukaan kuin rakennuksen käyttö edellyttää, soveltua myös sellaisten henkilöiden käyttöön, joiden kyky liikkua tai toimia on rajoittunut.

Korjaus- ja muutostyössä tulee ottaa huomioon rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet sekä rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön. Muutosten vuoksi rakennuksen käyttäjien turvallisuus ei saa vaarantua eivätkä heidän terveydelliset olonsa heikentyä. Rakentamisessa tulee lisäksi muutoinkin noudattaa hyvää rakennustapaa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 117 §)

### **120 § Maankäyttö- ja rakennuslaki**

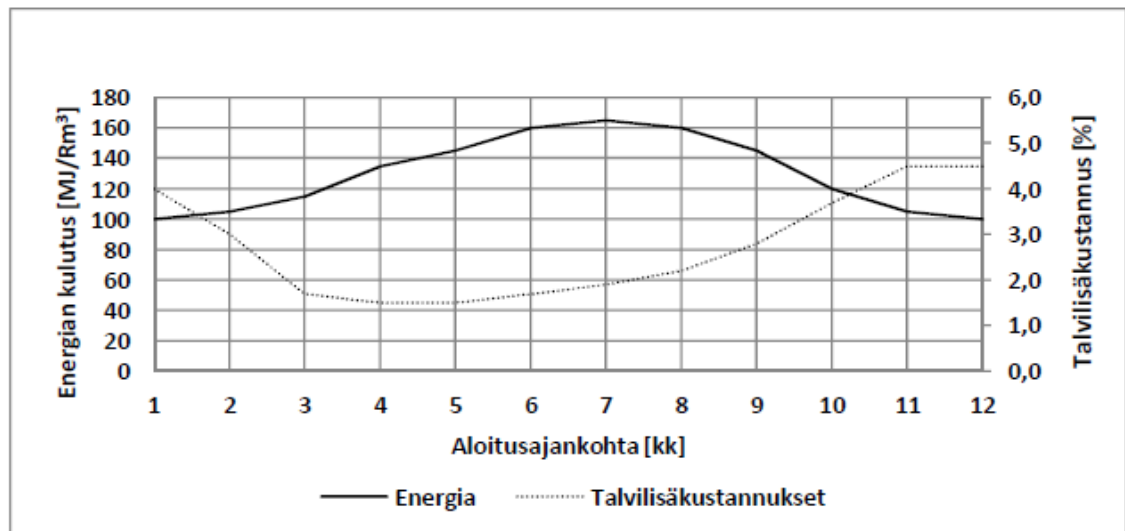
Rakentamista koskeva suunnitelma on laadittava siten, että se täyttää tämän lain ja sen nojalla annettujen säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset. Rakennuksen suunnittelussa tulee olla suunnittelun kokonaisuudesta ja sen laadusta vastaava pätevä henkilö, joka huolehtii siitä, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden, joka täyttää sille asetetut vaatimukset (pääsuunnittelija). Kustakin erityissuunnitelmasta vastaava henkilö huolehtii siitä, että suunnitelma täyttää sille asetetut vaatimukset. Jos erityissuunnitelman on laatinut useampi suunnittelija, näistä yhden tulee olla nimetty tämän erikoisalan kokonaisuudesta vastaavaksi suunnittelijaksi. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 120§)

### 3. SÄÄOLOSUHTEIDEN JA KOSTEUDEN VAIKUTUS RAKENTAMISEEN

#### 3.1 Rakentamisen aloitusajankohta

Rakentamisen aloitusajankohta vaikuttaa voimakkaasti rakennuskustannuksiin. 8 - 10 kuukautta kestävä työmaan taloudellisin aloitusajankohta on helmi -maaliskuu. Rakentamisaikaisen kosteudenhallinnan kannalta edullisin aloitusaika on sama.

Kuvasta 7 selviää rakennustyön aloitusajankohdan vaikutus energiankulutukseen ja talvilisäkustannusten kertymiseen. Rakennustyömaan kesto on tässä tutkimuksessa ollut 8 – 10 kuukautta. Tutkimus on tehty jo 1980 -luvulla.



Kuva 7. Asuinkerrostalon aloitusajankohdan vaikutus talvilisäkustannuksiin ja energiankulutukseen on ilmeinen. (Kokki & Mäkelä 1980)

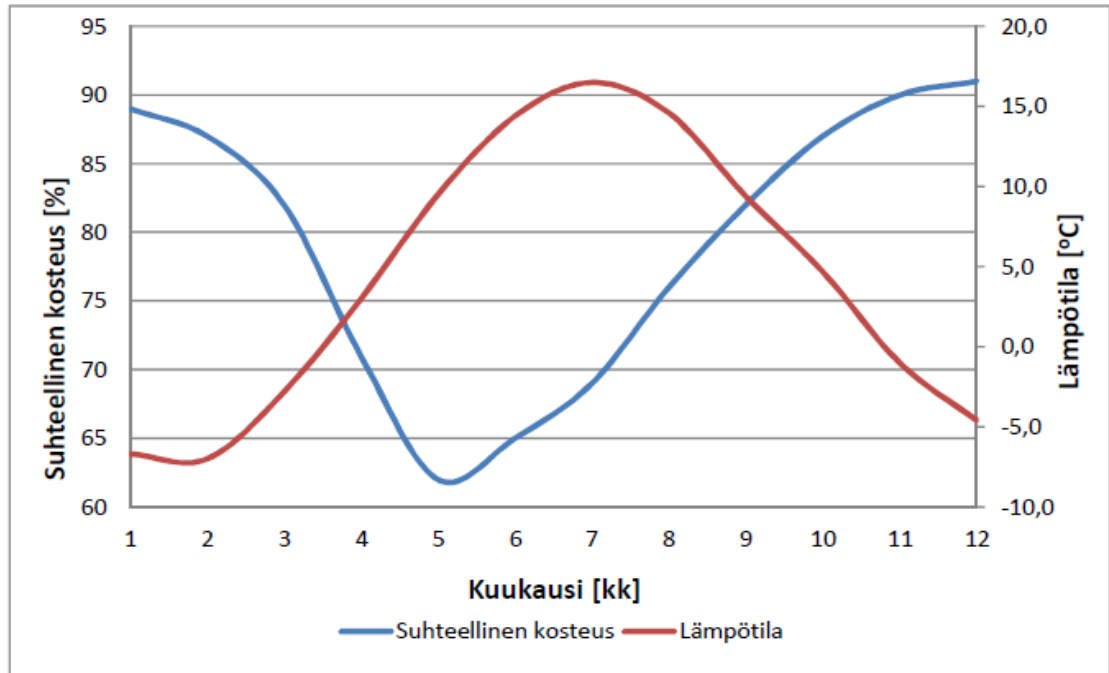
#### 3.2 Kosteuslähteet

Ulkoiset kosteuslähteet:

- sade, tuulen kuljettama vesi ja lumi
- lumi, jää (sulamisvesi)
- pintavesi (valumavesi), hulevesi
- maaperän kosteus (maahuokosten suhteellinen kosteus)
- pohjavesi (tai ns. orsivesi)
- ulkoilman kosteus

(RIL 250 - 2011, s.63)

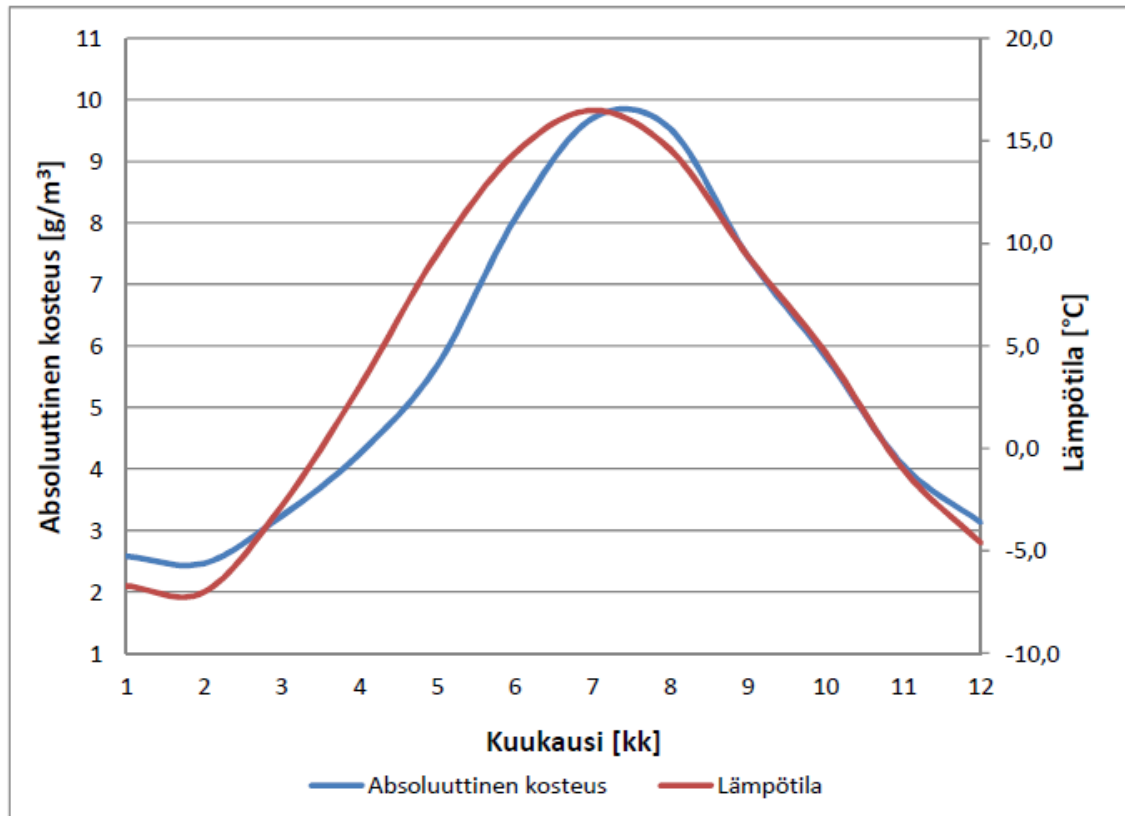
Kuvassa 8 on esitys suhteellisen kosteuden ja lämpötilan kuukausikeskiarvoista.



Kuva 8. Suhteellinen kosteus ja lämpötila. (O-P. Toivari, 2011, s.15)

Arvot ovat kuukausikeskiarvoja Tampereelta vuosilta 1971 - 2000. Kuukausien keskilämpötila vaihtelee -7 ja +17 °C:een. Suhteellinen kosteus vaihtelee 62 ja 91%:n.

Kuvassa 9 on esitys absoluuttisen kosteuden ja lämpötilan kuukausikeskiarvoista.



Kuva 9. Absoluuttinen kosteus ja lämpötila. (O-P. Toivari, 2011, s.16)

Arvot ovat kuukausikeskiarvoja Tampereelta vuosina 1971 - 2000. Arvot on laskettu kuukaussittaisen keskiarvolämpötilojen ja suhteellisten kosteuksien avulla. Laskentatapa aiheuttaa tuloksiin virhettä. Arvot ovat suuntaa antavia.

### 3.3 Rakennuksen kuivattaminen

Rakennuksen kuivattaminen tuulettamalla on energiatehokasta ja taloudellista toimintaa. Edellytyksenä on, etteivät rakenteet ole läpikastuneet ja vuodenaika on kuivattamiselle otollinen. Jos rakenteet ovat kastuneet suojaamattoman rakentamisen vuoksi, tuulettamisella ja lämmittämisellä ei saavuteta riittävän nopeasti vaadittavia tuloksia. Jos vuodenaika on kostea tai rakentamisrytmi on nopea, kuivattaminen on hoidettava tehostetuilla menetelmillä.

Jos rakenteet jäävät liian kosteaksi, saattavat pintatasoitteet, mattojen liimat, maalit ja tapetit pilaantua kosteuden vaikutuksesta. Tällöin niistä voi irrota huoneilmaan erilaisia epäpuhtauksia kuten ammoniakkeja, aldehydejä ja rikkiyhdisteitä. Nämä taas voivat aiheuttaa hajuhaittoja sisäilmaan ja vaarantaa asukkaiden asumisterveyden.

### 3.4 Materiaalikosteus

Vesi sitoutuu materiaaliin kahdella tavalla:

- fysikaalisesti (saadaan pois kuumentamalla materiaali esim. +105 °C:n lämpötilaan).
- kemiallisesti (poistaminen voi olla mahdollista esim. kuumentamalla erittäin korkeilla lämpötiloilla).

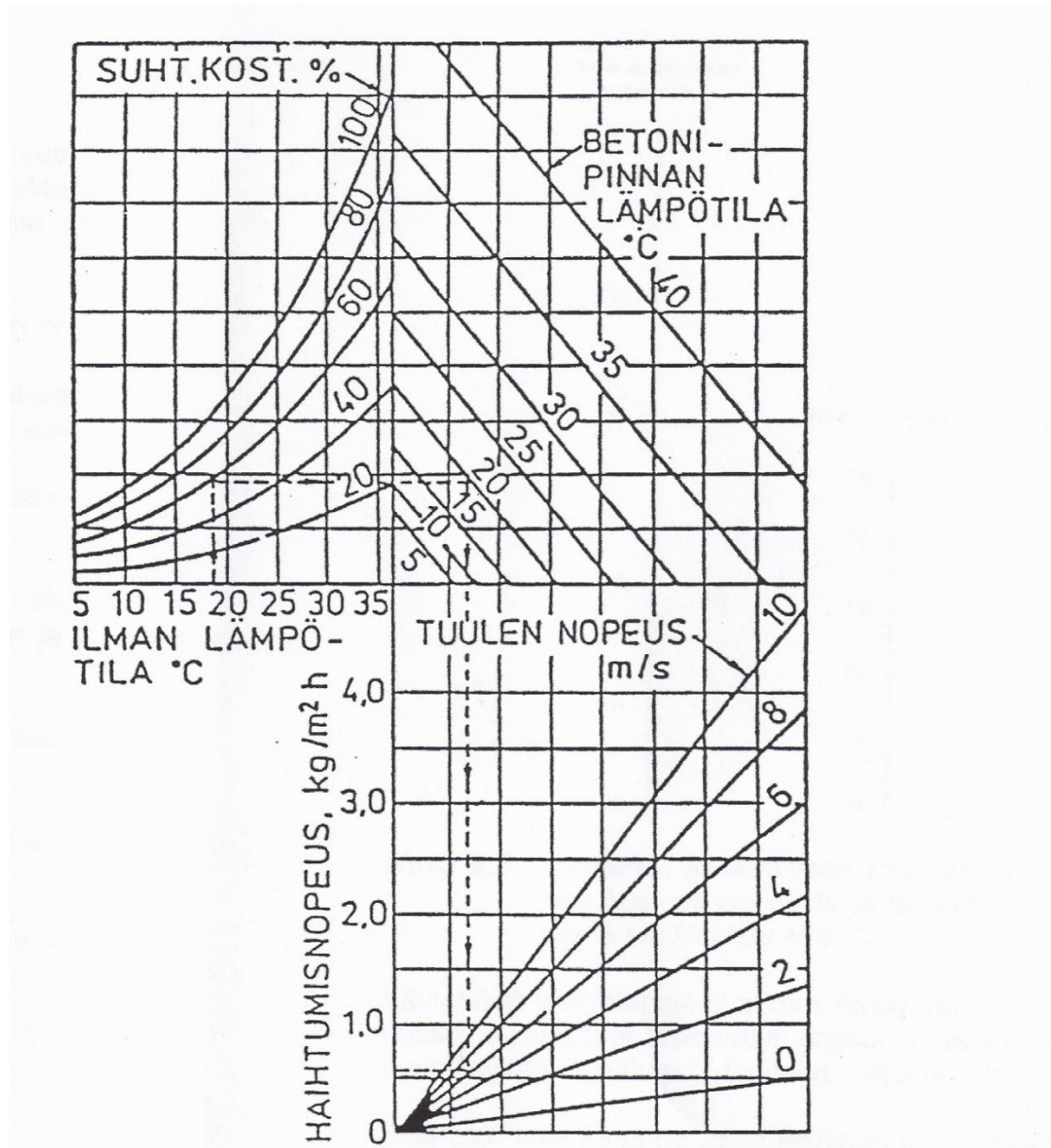
Vastaavasti kun ilmoitetaan ilman sisältämän kosteuden määrä, on useita tapoja ilmoittaa materiaalissa olevan kosteuden määrä:

- absoluuttinen kosteuspitoisuus  $w$  painona tilavuudesta ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )
- materiaalin huokosilman suhteellinen kosteus  $rh$  (%)
- vesipitoisuutena  $u$  kuivapainosta (paino %)
- painoprosentteina kokonaispainosta
- tilavuusprosentteina.

( RIL 250 - 2011, s.61)

Kuvassa 10 on selvitetty kosteuden, lämpötilan ja tuulen nopeuden vaikutuksesta veden haihtumisnopeuteen betonissa. Betonin kovettumisolojen vaikutukset ovat olleet tiedos-

sa jo ainakin sata vuotta. The Portland Cement Associationin vuonna 1963 julkaisema kaavio esittää havainnollisesti kuivattamisen periaatteen tuulettamalla.

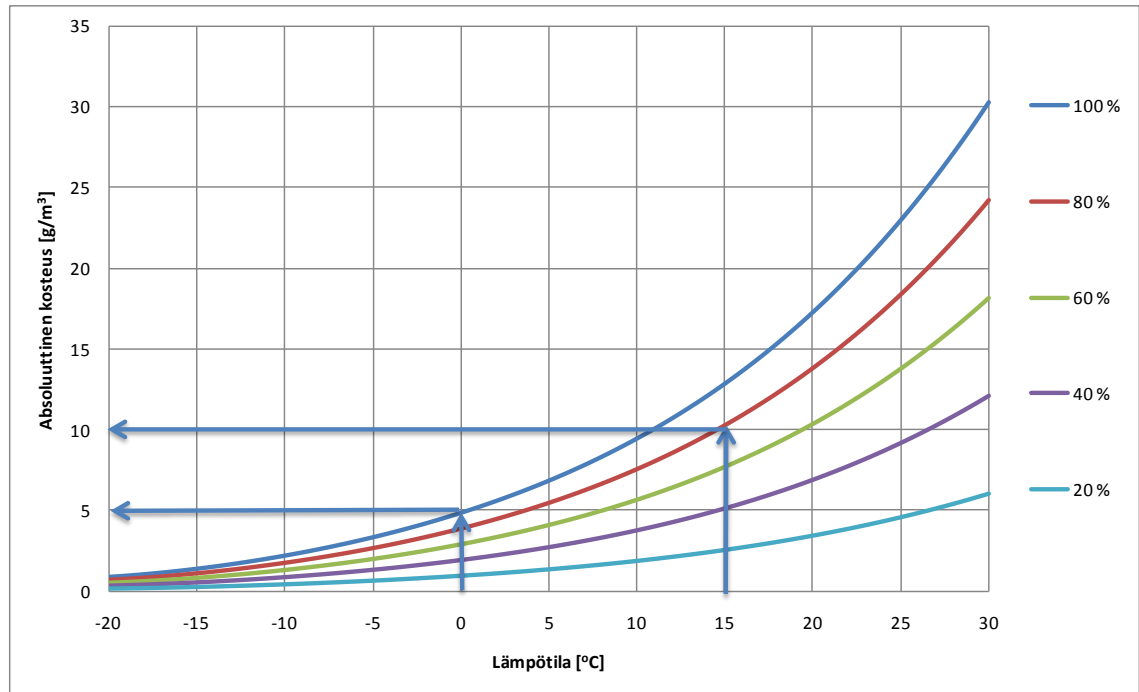


Kuva 10. Kosteuden, lämpötilan ja tuulen nopeuden vaikutus veden haihtumisnopeuteen betonissa. (Heikkinen, 1993)

Yllä olevasta nomogrammista selviää, miten betonirakenteen kosteuden kuivattaminen on voimakkaasti riippuvainen huoneilman lämpötilasta, suhteellisesta kosteudesta, betonipinnan lämpötilasta ja ilman virtausnopeudesta. Huoneilman suhteellinen kosteus on kuivatuksen alussa korkea. Huoneilmaa on lämmitettävä, jotta ilma pystyy sitomaan itseensä mahdollisimman paljon kosteutta. Huoneilma lämmittää myös betonirakenteet. Massiivisten betonirakenteiden lämpiäminen on hidasta ja se pidentää kuivatusaikaa. Lattialämmitykset tulisi myös ottaa mahdollisuuksien mukaan varovaisesti käyttöön. Kastuneiden betonirakenteiden lämmittämiseen voidaan käyttää säteilylämmitystä ra-

kenteiden kuivatuksen nopeuttamiseen. Kostunut huoneilma voidaan poistaa ulkoilmaan lämmönvaihtimen ja/tai kosteudenpoistimen avulla.

Kuvassa 11 esitetään periaate tuulettamisen kuivattavasta vaikutuksesta. Kylmä ulkoilma sitoo itseensä vähän kosteutta ja lämmin sisäilma sitoo itseensä runsaasti kosteutta. Sisä- ja ulkoilmaa vaihtamalla kosteutta pystytään siirtämään sisätiloista ulkoilmaan.



Kuva 11. Absoluuttisen kosteuden ja lämpötilan välinen suhde erilaisilla suhteellisen kosteuden arvoilla. Moliärin diagrammi. (VTT:n rakennus- ja yhdyskuntatekniikka)

Moliärin diagrammista nähdään että:

- jos ulkoilman lämpötila on alle 0 °C, on ilmakehässä korkeintaan 5 grammaa vesihöyryä
- jos työmaan sisällä on lämmintä 15 °C ja Rh 80 %, on ilmakehässä vesihöyryä 10 grammaa
- jos 10 000 m<sup>3</sup> työmaalla vaihdetaan ilma kerran tunnissa, poistuu sisältä 50 litraa vettä.

Edellä esitettyä periaatetta voidaan tehokkaasti toteuttaa sellaisina vuodenaikoina, joissa sisä- ja ulkoilman lämpötilaero on suuri. Menetelmä edellyttää rakenteiden ja sisäilman lämmittämistä mieluummin lopullisilla lämmityslaitteilla. Jos se ei ole mahdollista, tulee lämpöä tuottaa väliaikaisilla lämmittimillä.

Kuvassa 12 on esimerkki tehokkaasta rakennusaikaisesta rakennuslämmittimestä. Lämmityskalusto valitaan yleensä kuivatustarpeen ja -olosuhteiden perusteella.



Kuva 12. Rakennusaikainen lämmitysöljyllä toimiva tehokas lämmitin. (Hämeen rakennuskone Oy, 2012)

Kuvassa 13 on valikoima pienemmistä sähkökäyttöisistä lämmityspuhaltimista.



Kuva 13. Lämmitysteholtaan erilaisia sähköllä toimivia lämmityspuhaltimia. (Elkomat sarja, Ramirent Oy)

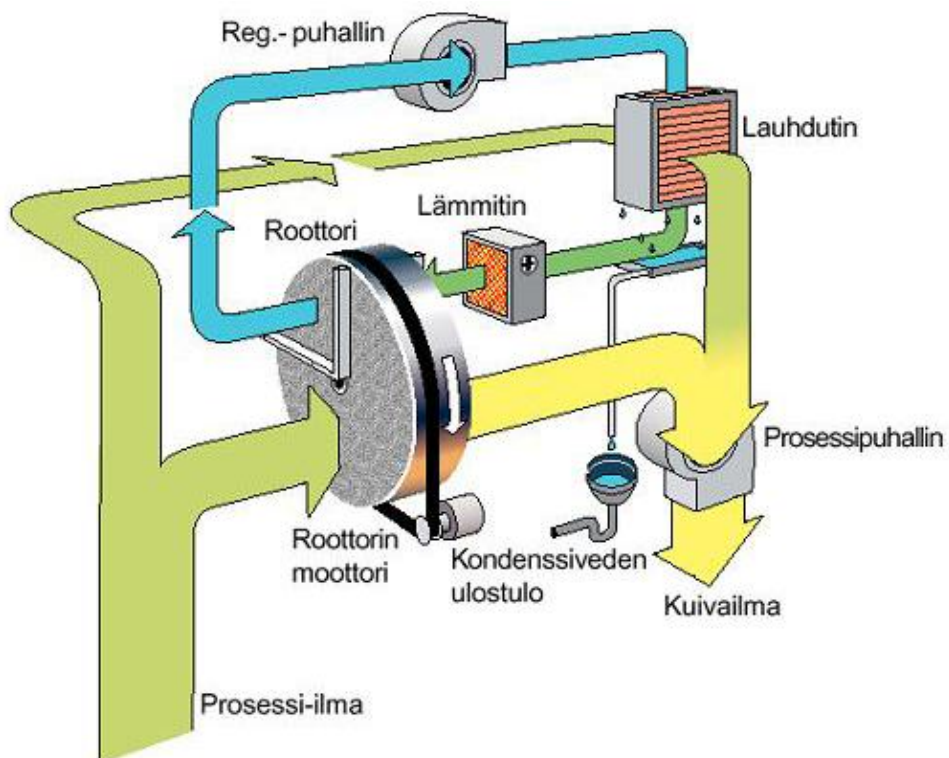
Kuvasta 14 selviää miten nestekaasulämmitys nostaa lämmitettävän tilan kosteuspitoisuutta. Kosteuspitoisuuden nousu lisää rakennuksen kuivatustarvetta.





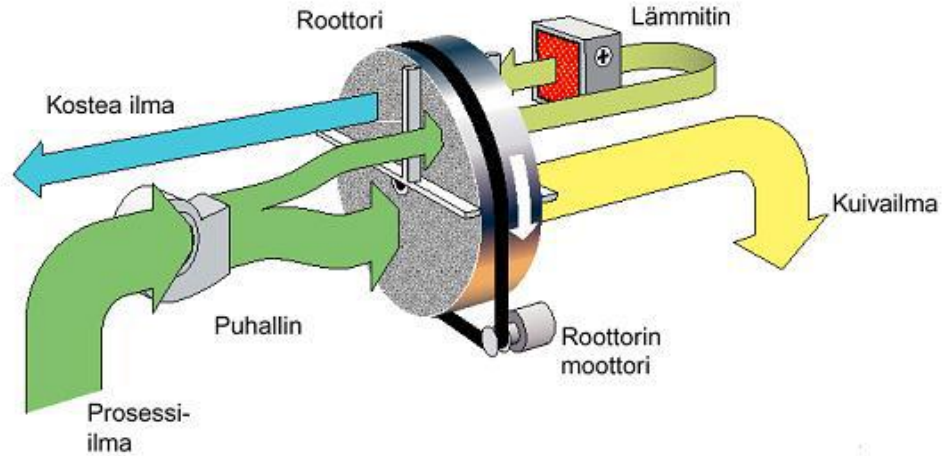
Kuva 14. Nestekaasulämmitys tuottaa tehokkaasti lämpöä mutta samalla myös kosteutta. (VTT:n rakennus- ja yhdyskuntatekniikka)

Kuvassa 15 esitetään koneellisen kosteudenkuivaimen toimintaperiaate. Kosteaa ilmaa kondensoituu lauhduttimessa ja tiivistynyt vesi johdetaan esimerkiksi viemäriin. Prosessi-ilma lämpiää kennossa ja se puhalletaan kuivattavaan tilaan.



Kuva 15. Erään kondenssikuivaimen toimintaperiaate. (www. kryotherm.fi)

Kuvassa 16 esitetään koneellisen kosteudenkuivaimen periaate. Roottorin kennoa lämmitetään ja prosessi-ilma tiivistyy kennon pinnoille. Kennon pyöriessä ulospuhallettu ilma poistaa tiivistyneen kosteuden ulkoilmaan.



Kuva 16. Erään absorptiokuivaimen toimintaperiaate (www.kryotherm.fi )

### 3.5 Kuivattaminen eri vuodenaikoina

Talvella rakenteet saadaan parhaiten kuivatettua lämmittämällä sisäilmaa. Riittävä lämpö ajaa kosteutta pois rakenteista ja pitää sisäilman riittävän kuivana vastaan ottamaan rakenteista poistuvaa kosteutta. Osastoittain kuivattava tila tulee tehdä ilmatiiviksi, ettei lämmin ilma pääse kulkeutumaan lämmittämättömiin tiloihin, sillä kosteus voi tiivistyä uudestaan rakennuksen kylmiin pintoihin.

Loppusyksyllä ja keväällä rakenteiden kuivumista voidaan tehostaa nostamalla lämpötilaa ja tehostamalla ilmanvaihtoa. Kesällä ja alkusyksystä ulkoilman kosteussisältö voi olla niin suuri, että kosteuden poistuminen sisäilmasta edellyttää ilmankuivaajien käyttöä. Ilmankuivaajien käyttö edellyttää, että kuivatettava tila on tehty huolellisesti ilmatiiviksi, ettei kerätä ulkoilman kosteutta vaan rakenteista vapautuvaa kosteutta. Ilmankuivaajat pitävät tarvittaessa ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden riittävän alhaisena, jotta ilma pystyy ottamaan vastaan rakenteista haihtuvaa kosteutta. (RIL 250–2011, s.105)

Kuva 17 selvittää ilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja tiivistymislämpötilan riippuvuutta toisistaan.

Ilman lämpötila	Ilman suhteellinen kosteus										Vesihöyryn osapaine kyllästystilassa kN/m <sup>2</sup>
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
+50	8,30	16,60	24,89	33,19	41,49	49,79	58,08	66,38	74,68	82,98	12,46
	+8	+19	+26	+32	+36	+40	+43	+45	+48	+50	
+45	6,54	13,09	19,63	26,18	32,72	39,26	45,81	52,35	58,90	65,44	9,56
	+4	+15	+22	+27	+32	+36	+38	+41	+43	+45	
+40	5,11	10,23	15,34	20,46	25,57	30,68	35,80	40,91	46,03	51,14	7,36
	+1	+11	+18	+23	+27	+30	+33	+36	+39	+40	
+35	3,96	7,92	11,88	15,84	19,80	23,76	27,72	31,68	35,64	39,60	5,61
	-2	+8	+14	+18	+22	+25	+28	+31	+33	+35	
+30	3,04	6,07	9,11	12,14	15,18	18,22	21,25	24,29	27,32	30,36	4,23
	-6	+3	+10	+14	+18	+21	+24	+26	+28	+30	
+25	2,30	4,61	6,91	9,22	11,52	13,82	16,13	18,43	20,74	23,04	3,16
	-8	0	+5	+10	+13	+16	+19	+21	+23	+25	
+20	1,73	3,46	5,19	6,92	8,65	10,37	12,10	13,83	15,56	17,29	2,33
	-12	-4	+1	+5	+9	+12	+14	+16	+18	+20	
+15	1,28	2,56	3,85	5,13	6,41	7,69	8,97	10,26	11,54	12,82	1,70
	-16	-7	-3	+1	+4	+7	+9	+11	+13	+15	
+10	0,91	1,82	2,72	3,62	4,52	5,42	6,32	7,22	8,12	9,02	1,22
	-19	-11	-7	-3	0	+1	+4	+6	+8	+10	
+5	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	4,08	4,76	5,44	6,12	6,80	0,870
	-23	-15	-11	-7	-5	-2	0	+2	+3	+5	
0	0,48	0,97	1,45	1,94	2,42	2,90	3,39	3,87	4,36	4,84	0,609
	-6	-19	-14	-11	-8	-6	-4	-3	-2	0	
-5	0,34	0,68	1,02	1,36	1,70	2,05	2,39	2,73	3,07	3,41	0,400
	-29	-22	-18	-15	-13	-11	-8	-7	-6	-5	
-10	0,23	0,47	0,70	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11	2,34	0,259
	-34	-26	-22	-19	-17	-15	-13	-11	-11	-10	
-15	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,97	1,13	1,29	1,45	1,61	0,164
	-37	-30	-26	-23	-21	-19	-17	-16	-15	-15	
-20	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,53	0,62	0,70	0,79	0,88	0,102
	-42	-35	-32	-29	-27	-25	-24	-22	-21	-20	

Kuva 17. Ilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja tiivistymislämpötila. (Siikanen, 2008, s.145)

Kuvasta nähdään, että ensimmäisellä pystyrivillä ovat huoneen lämpötilat  $-20 - +50$  °C. Seuraavilla pystyriveillä ovat vesihöyryn osapaineen kyllästystila-arvot ilman suhteellisen kosteuden ollessa 10 – 100 %. Jos huoneen lämpötila on esimerkiksi  $+20$  °C ja ilman suhteellinen kosteus 40 %, huoneen ilma sisältää  $6,92$  g/m<sup>3</sup> vesihöyryä, joka tiivistyy vedeksi sellaisessa rakenteen kohdassa, jonka lämpötila on  $+5$  °C tai pienempi.

### 3.6 Kuivattamisen laiminlyönnin riskit

Jos kuivattaminen laiminlyödään tai se epäonnistuu, rakenteisiin jää ylimääräistä kosteutta. Vaikka pintakerrokset olisivatkin jo kuivuneet ennen pinnoitustöitä, ei voida olla varmoja rakenteiden kosteusteknisestä toimivuudesta. Rakenteiden sisäosien korkeampi kosteuspitoisuus voi myöhemmin kulkeutua tiiviiden pinnoitteiden alle vaurioittaen esimerkiksi muovimaton liimakerrosta. Näin käy helposti maanvastaisten betonilattioiden kohdalla. Kosteusvaurioissa rakenteet voivat kontaminoitua (pilaantua) otollisissa olosuhteissa jo muutamassa viikossa.

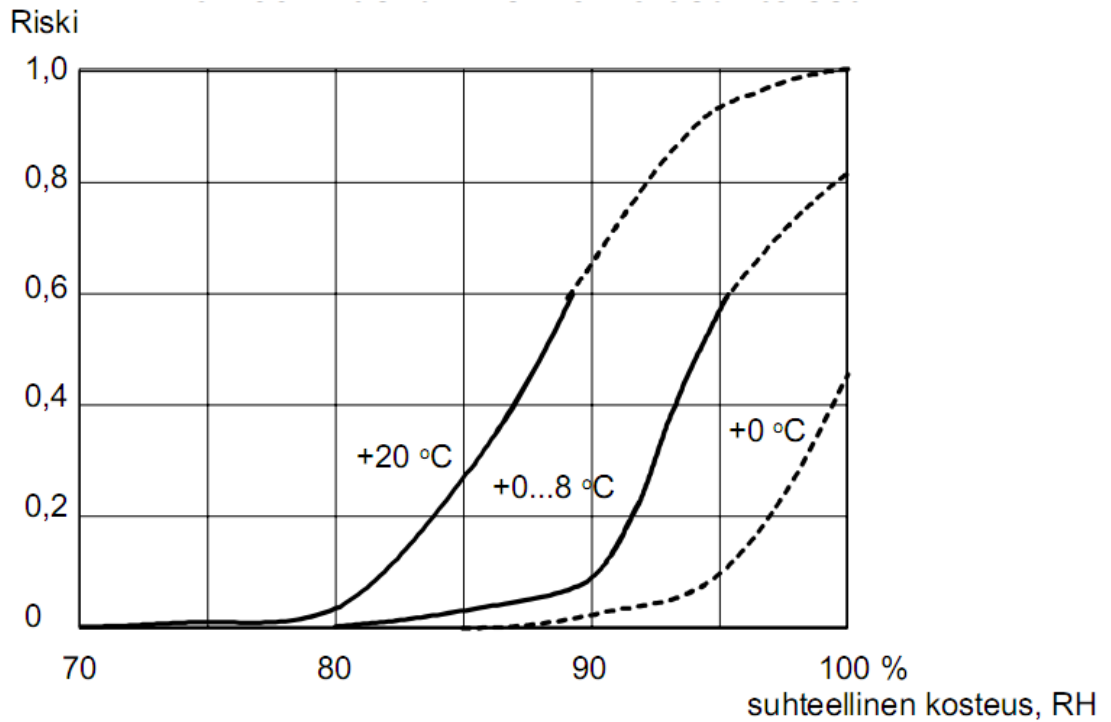
”Pitkäaikainen kosteusrasitus, joka ylittää materiaalin tai rakenteen kosteudensietokyvyn, johtaa rakenteiden home- ja lahovaurioihin. Sen sijaan lyhytaikainen ja tilapäinen (muutamassa vuorokaudessa kuivuva) kosteusrasitus ei yleensä aiheuta haittaa. Koska materiaaleissa yleensä aina on mikrobeja, rakennuksen pitäminen kuivana on paras tapa estää rakennuksen homehtuminen”. (Sisäilmayhdistys, 2008)

Rakentamisvaiheessa tapahtunut kosteusvaurio aiheuttaa aina uusia uhkia ja riskejä.

### 3.7 Homeen kasvun riski eri olosuhteissa

Rakennusmateriaaleissa homeen kasvun alkamisriski riippuu materiaalin kosteuspitoisuudesta, suhteellisesta kosteudesta RH ja lämpötilasta kuvan 18 mukaisesti. Yleisenä raja-arvona pidetään usein RH 75 %, jota alhaisemmassa kosteudessa ei home kasva. Usein raja-arvona pidetään RH 85 %, jota korkeammassa suhteellisessa kosteudessa useampi homelaji alkaa kasvaa. Lämpötila-alueella 5...35 °C on vielä sopiva monille homelajeille. Tämän takia kosteus on kriittinen tekijä homeen kasvun kannalta. Mitä matalampi lämpötila on, sitä korkeampi suhteellinen kosteus tarvitaan, että homeen kasvu alkaa. Kun suhteellinen kosteus on alle kriittisen suhteellisen kosteuden, homeen kasvu pienenee dramaattisesti. (M. Vilppo, 2011, s.34)

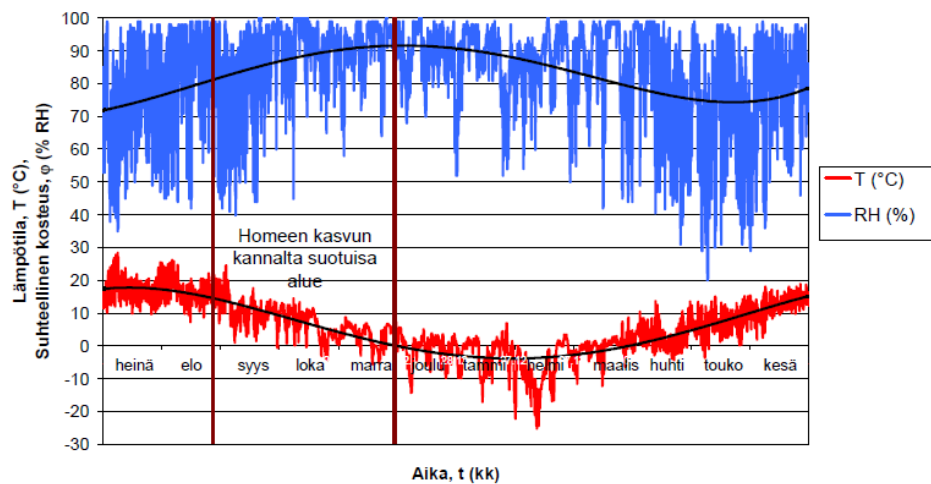
Seuraavan sivulla kuvassa 18 on esitetty homeen kasvun riski eri olosuhteissa. Homeen kasvu on voimakkaasti sidoksissa lämpötilaan ja suhteelliseen kosteuteen.



Kuva 18. Homeen kasvun riski eri olosuhteissa. (Leivo ja Rantala 2002, s.13)

Kuvan 19 kuvaajasta voidaan havaita, että syys-, loka- ja marraskuu ovat otollisimpia ajankohtia homekasvuston muodostumiselle. Lämpötila ja suhteellinen kosteus ovat tällöin homeen kasvun kannalta otolliset.

### ESIMERKKI ULKOILMAN OLOSUHTEISTA JA HOMEEN KASVUN KANNALTA SUOTUISASTA AJANJAKSOSTA



Kuva 19. Tutkimustuloksia homeen kasvun otollisista olosuhteista. (Frame- tutkimus, 2011)

Kuva 20 selvittää eri materiaalien homeutumisherkkyyttä. Materiaalit on luokiteltu ominaisuuksiensa mukaisesti homeutumisherkkyytsluokkiin HHL 1 – HHL 4.

**RAKENNUSMATERIAALIEN JAKAUTUMINEN ERI HOMEUTUMISHERKKYYSLUOKKIIN (VTT-TTY homeriskimalli)**

Homeutumisherkkyytsluokka	Rakennusmateriaalit
Hyvin herkkä HHL 1	karkeasahattu ja mitallistettu puutavara (mänty ja kuusi), höylätty mänty
Herkkä HHL 2	höylätty kuusi, paperipohjaiset tuotteet ja kalvot, puupohjaiset levyt, kipsilevy
Kohtalaisen kestävä HHL 3	mineraalivillat, muovipohjaiset materiaalit, kevytbetoni, kevytsorabetoni, karbonatisoitunut vanha betoni, sementtipohjaiset tuotteet, tiilet
Kestävä HHL 4	lasi ja metallit, alkalinen uusi betoni, tehokkaita homesuoja-aineita sisältävät materiaalit

Kuva 20. Eri materiaalit ovat erilaisia homeutumisherkkyyden suhteen. (VTT-TTY Homeriskimalli)

Joidenkin yllä olevasta taulukosta esitettyjen materiaalien, kuten esimerkiksi erilaisten muovipohjaisten materiaalien ja tiilien kuulumista esitettyyn homeutumisherkkyytsluokkaan ei ole varmistettu kokeiden avulla.

- Homeindeksi (homeutumisherkkyytsluokka) ei kuvaa homeutumisen terveystriskiä. Esimerkiksi kivipohjaisissa materiaaleissa tai kipsilevyssä elävien homeiden aineenvaihduntatuotteet voivat olla huomattavasti toksisempia kuin puumateriaaleissa elävien homeiden, vaikka niiden homeindeksi onlisikin selvästi alhaisemmalla tasolla.
- Vastaavasti myös homesuoja-aineita sisältävissä materiaaleissa saattaa elää joitakin homelajeja ja niiden aineenvaihduntatuotteet voivat olla toksisempia, kuin käsittelemättömien materiaalien pinnalla elävien homeiden.
- Mineraalivilloissa ja muissa avohuokoisissa materiaaleissa homeen kasvu ei rajoitu pelkästään materiaalin pintaan, vaan sitä voi esiintyä myös materiaalin sisällä. Tällaisen materiaalin homeutuessa homeen kokonaismäärä voi olla huomattavasti suurempi kuin materiaalissa, jossa homeutumista tapahtuu vain pinnalla.

(Frame- tutkimus, 2011)

Mikrobilajiston muuttuminen eli sukkessio:

”Mikrobisuknessiolla tarkoitetaan mikrobiston muuttumista ympäristöolosuhteiden mukaan. Kosteusvaurion alkuvaiheessa kasvavat mikrobit, joilla on paras sopeutumiskyky vallitseviin olosuhteisiin. Nämä mikrobit tuottavat mm. lämpöä ja kosteutta ja muuttavat ravinnetilannetta, mikä johtaa mikrobiston muuttumiseen uusien olosuhteiden mukaiseksi. Kuivuvan ja kostuvan materiaalin mikrobistot ovat erilaisia. Näin ollen sukkessiollla on suuri vaikutus siihen, mitä mikrobeja rakennuksesta eri aikoina ja eri paikoissa kasvaa. ”Rakennuskosteus tai satunnainen kertaluonteinen kastuminen voi aiheuttaa tilanteen, jossa homeen kasvun välttäminen on vaikeaa. Kasvu lakkaa, kun kosteus poistuu, jolloin home taantuu ja jää rakenteeseen. Rakenteen tulee kuivua rakennuskosteudesta ja muusta kertaluontoisesta kastumisesta niin nopeasti, ettei lahoaminen tai vaarallisempien homesienten kasvu pääse alkamaan. Homekasvu ei myöskään saa aiheuttaa hajuhaittaa sisäilmaan”. ([www.sisäilmayhdistys.fi](http://www.sisäilmayhdistys.fi))

Kosteusvaurioiden korjaamisissa tehdään helposti uusia virheitä ja ongelmat saattavat lisääntyä. Siksi on perusteltua panostaa varsinaisen rakentamistapahtuman suunnitteluun, toteutukseen ja työn valvontaan.

Esimerkki koulurakennusten kosteusvauriokorjauksista:

Opetushallituksen selvityksen mukaan samoja koulurakennuksia on korjattu jopa kolmeen kertaan ilman että käyttäjien ja oppilaiden sairastuvuus olisi vähentynyt.

Useimmissa tapauksissa terveysturvallisilla ei ole keinoja kartoittaa sisäympäristöjen altisteita ja täten ennustaa terveysturvaa tai -riskejä ongelmarakennuksissa. Nykyisin vaurioita korjataan lähinnä poistamalla kosteutta. Se ei poista rakennukseen syntyneitä mikrobikasvustoa ja mikrobien aineenvaihduntatuotteita, eivätkä terveysturvait välttämättä poistu, vaan ne jäävät odottamaan uuden kasvun otollisia olosuhteita.

Jos homeongelma on rajallinen ja se korjataan asianmukaisesti suojattuna, vaihtamalla kaikki vaurioitunut materiaali uuteen ja puhdistamalla/uusimalla irtaimisto, korjaus voi auttaa. Tutkimustietoa siitä, mikä on oikea ja riittävä korjaus, on vähän. Monet tutkimukset todistavat, että materiaalin kuivaaminen ei auta. Mikrobikasvuston valtaama materiaali ei puhdistu kuivattamalla, sillä mikrobikasvustot pystyvät elämään kuivuneessakin materiaalissa ja joidenkin mikrobien myrkyntuotanto jopa lisääntyy kuivattaessa. Kasvustot myös leviävät kostuneen alueen ulkopuolelle, joten materiaali on vaihdettava laajalti vaurioituneen alueen ulkopuoleltakin.

Muunkaan tyyppistä kasvustojen jättämistä rakenteisiin, kuten kotelointia, tai ilmanvaihdon ylipaineistamista ei suositella. Desinfioinnilla on mahdolliset haittapuolensa: desinfiointiaineet saattavat tappaa vähemmän haitallisen mikrobikannan ja jättää jäljelle vaarallisimmat mikrobit, jotka hyötyvät kilpailijoiden tuhoutumisesta. Esimerkiksi tutkimuksessa erilaisten kipsilevyalustojen vaikutuksesta mikrobien kasvuun ja niiden myrkyllisyyteen huomattiin, että biosidi (torjunta-aine) vähensi kipsilevyllä kasvavan *Stachybotrys*-määrää, mutta jäljelle jääneet *Stachybotrys*-mikrobit alkoivat tuottaa erityisen myrkyllisiä toksiineja. Lisäksi jotkut kosteusvauriomikrobit ja bakteerit pystyvät käyttämään eri desinfiointi- ja homeenestoaineita ravintonaan. "Kemikaalien käyttö ei ole korjaamista." (Sisäilmayhdistys, 2011)

### 3.8 Ontelolaatan Deltapalkin kuivumisongelma

Ontelolaattakentän Deltapalkin juotosvalun kuivuminen on osoittautunut eräissä kohteissa ongelmalliseksi. Diffuusiotiivis metallipalkki ei läpäise kosteutta. Juotosvalun kuivuminen kevennysaukoista on hidasta. Työmaaolosuhteissa kuivuminen alkaa yleensä vasta, kun lämpö on rakennuksessa kytketty toimintaan. Nopean rakennusrytmin vuoksi kuivumisongelma havaitaan usein vasta, kun takuu-aika on kulumassa umpeen. Ongelma voimistuu talvirakentamisen yhteydessä. Rakenteesta poistuva kosteus irrottaa tiiviin pintakerroksen, kuten muovimaton alustastaan. Tiedossa on takuukorjaustöitä. Ongelmaa voidaan vähentää tai se voidaan poistaa kokonaan käyttämällä juotokseen nopeasti kuivuvaa erikoisbetonia, tai varustamalla Deltapalkit lämmityskaapeleilla.

Kuvista 21 ja 22 selviää kotelomaisen Deltapalkin rakenne. Yläpinta on diffuusiotiivistä terästä. Kuivuminen on mahdollista vain valaukon ja kevennysreikien kautta.



Kuvat 21. ja 22. Deltapalkkien juotosvalua (Teräspeikko Oy, [www.peikko.com](http://www.peikko.com))





Kuva 23. Deltapalkin juotosvalu ja tärytys tärysauvalla.  
(Teräspeikko Oy, [www.peikko.com](http://www.peikko.com))

### 3.9 Kuivatuksen suunnittelu

#### **Rakennuksen kuivatuksen suunnittelu- ja toteutusperiaatteita ovat:**

- ennen kuivatuksen aloittamista estetään lisäkosteuden pääsy kuivatettavaan tilaan
- poistetaan kuivatettavassa tilassa oleva irtovesi ja lumi mekaanisesti (imuroimalla, harjaamalla, lastaamalla, kolaamalla jne.)
- osastoidaan kuivatettava tila niin, ettei poistettava kosteus pääse siirtymään viereisiin, mahdollisesti kylmempiin, tiloihin ja tiivistymään kylmiin pintoihin
- varmistetaan, ettei tilassa ole kylmiä pintoja, joihin kosteus voi tiivistyä
- pyritään saamaan kohteen lopullinen lämmitysjärjestelmä toimintakuntoon mahdollisimman varhaisessa vaiheessa
- mikäli kohteen oma lämmitysjärjestelmä ei ole käytettävissä tai sen lämmitysteho ei ole riittävä, käytetään lisälämmityslaitteita (esim. lämpöpuhaltimia ja lisälämmitysjärjestelmiä)
- varmistetaan ennakkoon lisälämmityslaitteiden saatavuus ja toimivuus kohteessa
- sovitaan LVIS- urakoitsijoiden kanssa mahdollisista kuivatuksen vaatimista erityistoimenpiteistä

- varmistetaan kosteuden hallittu poistuminen riittävällä ilmanvaihdolla
- mikäli kosteuden poistaminen edellyttää ilmankuivaajien (kosteudenkerääjien) käyttöä, varmistetaan kuivatettavan tilan tiiviys (ettei kerätä ulkoilman kosteutta)
- huomioidaan ulkoiset olosuhteet (vuodenajan vaikutus)
- suunnitellaan kriittisten rakenteiden työaikainen kuivatus ajoissa (esim. väestösuojan kattorakenteen asennustilan työaikainen tuuletus)
- seurataan kuivatuksen tehokkuutta sisäilman lämpötila- ja kosteusmittauksin sekä rakennekosteusmittauksin. (RIL 250 – 2011, s.105)

## 4.0 SÄÄSUOJAUS

### 4.1 Säasuojat ja menetelmät

Säasuojien käyttö ei ole yleistynyt vaikka kokeilut ovat olleet rohkaisevia. Rakennusala on kovin konservatiivinen ja uudet menetelmät eivät tule käyttöön kovin nopeasti. Ylimääräiset kustannukset ja ennakkoluulot suojausmenetelmän toimivuudesta hidastavat menetelmän käyttöönottoa. Vanhat asenteet istuvat lujassa. Vanhat menetelmät koetaan riittäviksi ja vieroksutaan uusia. Kosteudenhallinnan onnistuminen edellyttää uusia menetelmiä kuivemman ja terveellisemmän rakennuskannan aikaansaamiseksi.

Säasuojaus on yleistynyt parhaiten korjausrakentamisen sektorilla. Julkisivu- ja vesikatkorjaukset ovat olleet ensimmäisiä käyttökohteita. Näitä töitä ei selväjärkinen edes aloita ilman luotettavaa suojausta. Riskit kastumiselle ovat liian suuret. Toisin on uudisrakentamisen piirissä. Usein talvi on jo tulossa ja rohkea rakentaja ryhtyy toteutukseen luottaen osaamiseensa ja osin onneensa. Rakennuttajat eivät vaadi riittävästi kuivia menetelmiä rakentamiseen, koska ne lisäävät kustannuksia ja mahdollisesti pidentävät rakennusaikaa. Ehkä rakennuttajatkin nukkuvat ruusun unta. Epäonnistuneen kohteen kustannukset saattavat kaatua rakentajan, rakennuttajan tai asukkaan syyliin. Pahimmassa tapauksessa asukkaat sairastuvat. Menetettyä terveyttä ei korvaa mikään. Ehkä olisi jo syytä herätä ja ryhtyä määrätietoiseen toimintaan koko rakennussektorin maineen parantamiseksi. On aika ryhtyä tositoimiin.

Työmaan kosteudenhallinnan tulee olla luonnollinen osa työmaan työsuunnittelua ja laadunhallintaa, kun tavoitteena on hyvä ja vaatimustenmukainen rakennus. Työmaan kosteudenhallinnan tavoitteet ovat erityisesti:

- estää materiaalien ja tuotteiden haitallinen kastuminen
- varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen ilman aikatauluviivytyksiä
- vähentää kuivatustarvetta

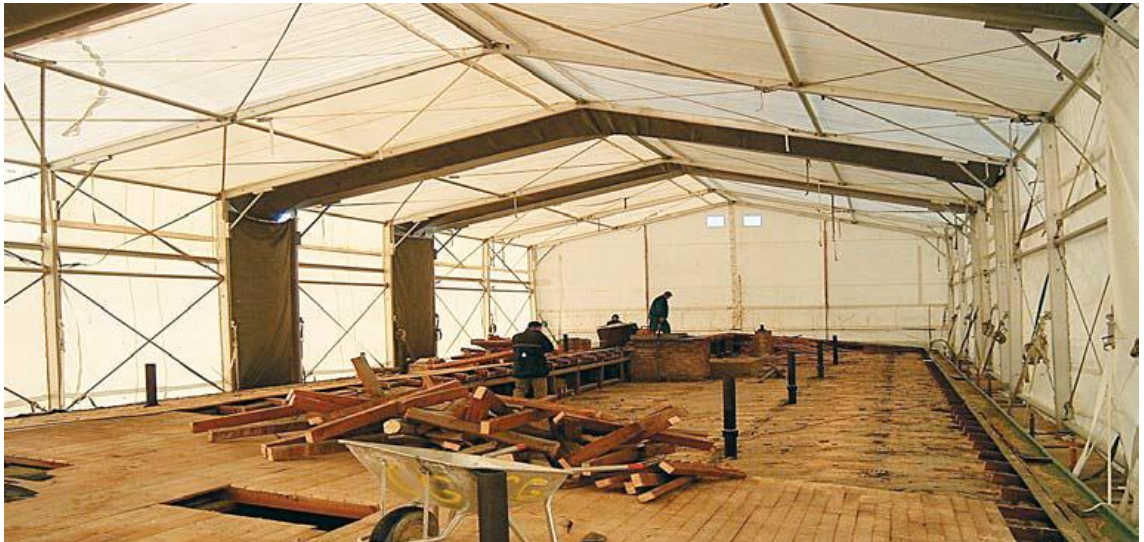
Rakenteet ja materiaalit tulee suojata sateelta mahdollisuuksien mukaan, sillä kastuminen lisää merkittävästi sekä kuivatustarvetta, että materiaalihukkaa. Kastuneen materiaalin tai rakennusosan käyttö voi myös myöhemmin aiheuttaa terveystaitan rakennuksen käyttäjälle. (RIL 250 – 2011, s.102)

Kuvassa 19 on kerrostalotyömaalle alumiinisista rakennustelineistä ja ristikkorakenteisesta kattorakenteesta pystytetty sääsuoja. Rakennuksen ympärillä on telinetasot. Ulkoseiniä ei ole suojattu.



Kuva 19. Alumiini telineiden varaan rakennettu vesikaton suojaava rakennelma. (P. Tolvanen. 2011, s.22)

Kuvasta 20 selviää pääperiaate kehärakenteisesta sääsuojasta.



Kuva 20. Sääsuoja (Lainapeite Oy, [www.lainapeite.fi](http://www.lainapeite.fi))

Kuvan 21 sääsuojalohkoa siirretään nosturilla paikoilleen.



Kuva 21. Suuret sääsuoja elementit vaativat nosturin käyttöä ( Lainapeite Oy )

Kuvasta 22 selviää, että sääsuojan alla työskentely saattaa myös lisätä työturvallisuusriskejä. Materiaalien nostot ja siirrot hankaloituvat ja myös hidastavat työsuorituksia.



Kuva 22. Nosto on mahdollinen liukuvan lohkon aukosta, mutta työturvallisuus vaarantuu. (Telinekataja Oy, [www.telinekataja.fi](http://www.telinekataja.fi))

## 5. TERVEEN TALON TOTEUTUKSEN KRITEERIT

### 5.1 Tavoitteet rakenne ja käyttö

Terveen talon toteutuksen kriteerit ovat olleet olemassa jo vuodesta 2004 alkaen. Silloin valittu laajapohjainen työryhmä toteutti rakennusten terveellisyden varmistamiseksi kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle sekä toimitilarakentamiselle. Käytännön puutteena on nähtävä se, että terveen talon toteutuksen kriteerit eivät ole viranomaissäännös, vaan ohje, jonka avulla rakennuttaja voi varmistaa terveen talon toteutuksen.

Rakennuttajan on huolehdittava siitä, että terve talo asiat viedään suunnittelun ja rakentamisen asiakirjoihin, erityisesti urakkaohjelmaan ja urakkarajaliitteeseen. Osa kriteereistä ja ohjeista soveltuu vietäväksi teknisiin asiakirjoihin, kuten työselostuksiin, ja osa rakennustyön tarkastusasiakirjaan. Kriteerit ja ohjeet on esitetty rakentamisprosessin mukaisesti toimenpiteinä ja tarkastuslistoina sekä myös tekniikan aloittain, jolloin ne ovat helposti käytettävissä rakentamisprosessin erivaiheissa ja erityisalojen suunnitelmissa.

Kriteereiden ja ohjeiden toteutumista tulee myös seurata ja varmentaa työmaalla valvojen tai erikseen palkattujen asiantuntijoiden toimesta.

Kriteereiden soveltamisessa on kaksi eri tasoa, joista kevyemmässä terve talo asiat viedään suunnittelu- ja urakka-asiakirjoihin. Täysipainoisessa vaihtoehdossa kriteereiden toteutumista myös seurataan ja varmennetaan työmaalla valvojen tai erikseen palkattujen asiantuntijoiden toimesta. Työn onnistumisen kannalta on tärkeätä, että kriteereiden toteutumisesta vastuussa olevat ymmärtävät terve talo asioiden merkityksen lopputuloksen kannalta, mikä olennaisesti helpottaa kriteereiden perustelua ja noudattamista käytännössä. (Terve talo -teknologiaohjelma, 2003, s.5)

Rakennettaessa terveen talon kriteerien mukaisesti viranomaisten asettama vaatimustaso tulee selvästi ylitetyksi.

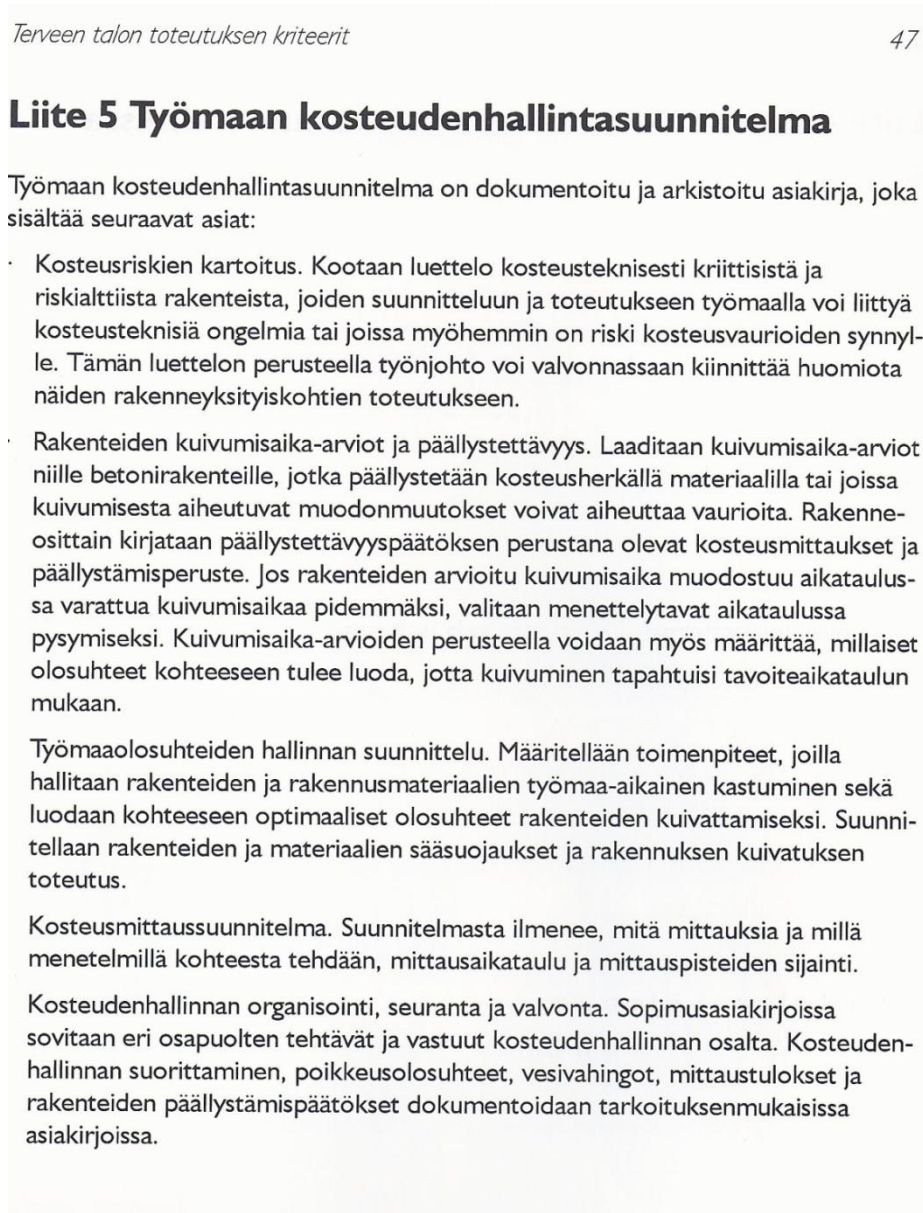
### 5.2 Kriteereiden ja ohjeiden käyttö

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on maankäyttö- ja rakennuslain mukaan huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja

määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Tarkempia määräyksiä ja ohjeita on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa, A1 Rakennustyön valvonta ja A2 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat.

Rakennuksen terveellisyys on siis viime kädessä rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuulla. Terveen talon toteutuksen kriteerit oppaan tarkastuslistat auttavat rakennuttajaa keskeisten tekijöiden varmistamisessa. (Terveen talon toteutuksen kriteerit, 2004, s. 5)

Kuvassa 23 on esitetty terveen talon toteutuksen kriteerit, työmaan kosteudenhallintasuunnitelma.



Kuva 23. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma.

(Terveen talon toteutuksen kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle, 2004, 47.s)

Kuvassa 24 on liite nro 7. Toteutuksen valvonnan periaatteista.

*Terveen talon toteutuksen kriteerit*

55

## Liite 7 Toteutuksen valvonnan periaatteet

Teppo Lehtinen Martti Viljanen, Rakenteiden lämpö ja kosteustekninen suunnittelu  
Dok. no. TTL-mg:D-3. Teknillinen korkeakoulu talonrakennustekniikan laboratorion  
julkaisuja 119.

Lämpö- ja kosteusteknisen suunnittelun tehtävälista

Dok. no: TTL-**D-3**  
1/1

### TOTEUTUKSEN VALVONTA

**Tarkoitus:** Rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisten ratkaisujen valvontaan liittyvät asiat  
**Käyttötilanne:** Tuotantovaihe  
**Käyttäjät:** tilaaja/rakennuttaja, valvoja, urakoitsija

*Tehtävälista toimii työmaatoteutuksen valvonnan suunnittelun ja valvonnan apuvälineenä. Tehtävät toimenpiteet valitaan rakennus-hankkeen vaativuuden ja laajuuden perusteella. Lista täydennetään ao. hankkeeseen soveltuvaksi.*

Allekirjoitus:

Pvm:

No	Tarkistuslista	Ref	✓
1	<b>Yleisiä valvontakysymyksiä</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ tarkastusmenettely, yhteistoimintaperiaate</li> <li>▪ laatusuunnitelman hyväksyntä ennen töiden aloitusta</li> <li>▪ sääsuojauksen ja työmaan kosteuden/olosuhteidenhallintasuunnitelman hyväksyminen ennen töiden aloitusta</li> <li>▪ tarvittava koulutus</li> <li>▪ tarkastuskohteet, työvaiheita edeltävät tarkastukset, maksuerien sitominen tarkastuksiin</li> <li>▪ sääsuojauksen ja materiaalivarastojen hyväksyminen</li> <li>▪ mittauksen ja työn suorituksen dokumentointi/dokumentoija</li> </ul>		
2	<b>Työn toteutuksen seuranta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ välitarkastukset , digi/valokuvaukset</li> <li>▪ rakennuspohjan kuivatus: salaojat, rakennekerrokset, kapillaarikatkot</li> <li>▪ vedeneristyksen: maanvastaiset rakenteet, märkätilat, vesikatot</li> <li>▪ ilman/höyrynsulut: vaipparakenteet liitoskohdat</li> <li>▪ vedenpoistojärjestelmät</li> <li>▪ vettä johtavien pintojen kaltevuudet</li> <li>▪ tuuletusvälien ja -rakojen dimensiot</li> <li>▪ jättemateriaalien poisto rakennosista, kuten ryömintätilasta</li> <li>▪ työmaan siivous, puhtaussuunnitelman seuranta</li> </ul>		
3	<b>Mittaukset</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ lämpö- ja kosteusteknisten mittausten järjestely työmaalla</li> </ul>		
4	<b>Toiminta poikkeamien tapauksissa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ poikkeaman kriittisyyden toteaminen</li> <li>▪ rakenteen/ materiaalien käytön edellytykset</li> </ul>		
5	<b>Vastaanottotarkastus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ edeltävät toimintakokeet</li> <li>▪ valvontamuistiot/tarkastuspöytäkirjat/muut dokumentit</li> <li>▪ materiaalisertifikaatit/takuut</li> <li>▪ havaitut/mitatut poikkeamat ja puutteet, jatkotoimenpidetarpeet</li> </ul>		

Kuva 24. Toteutuksen valvonta. (Terveen talon toteutuksen kriteerit ja ohjeet toimitila-rakentamiselle 2003, 55.s)



## 6. KOSTEUDENHALLINTA JA HOMEVAURIOIDEN ESTÄMINEN

### 6.1 Ohjeen tarkoitus ja sisältö

Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen

- Paras lääke homeongelmaan on niiden estäminen!!
- Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessi nostettava voimakkaammin esille (vrt. rakenteellisen turvallisuuden erityismenettely)
- Panostettava erityisesti:

- rakennushankkeen alkuvaiheeseen(tavoitemäärittelyyn ja riskianalyysiin)
- rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuuseen
- asiantuntevaan rakennuttamiseen
- suunnittelun ja toteutuksen kosteudenhallintaresurssien riittävyteen
- laadunvalvontatoimenpiteisiin
- ylläpito- ja käyttötapojen kehittämiseen  
(RIL -julkaisuhanke, 250 - 2011)

Ohjeen tarkoitus ja tavoitteet:

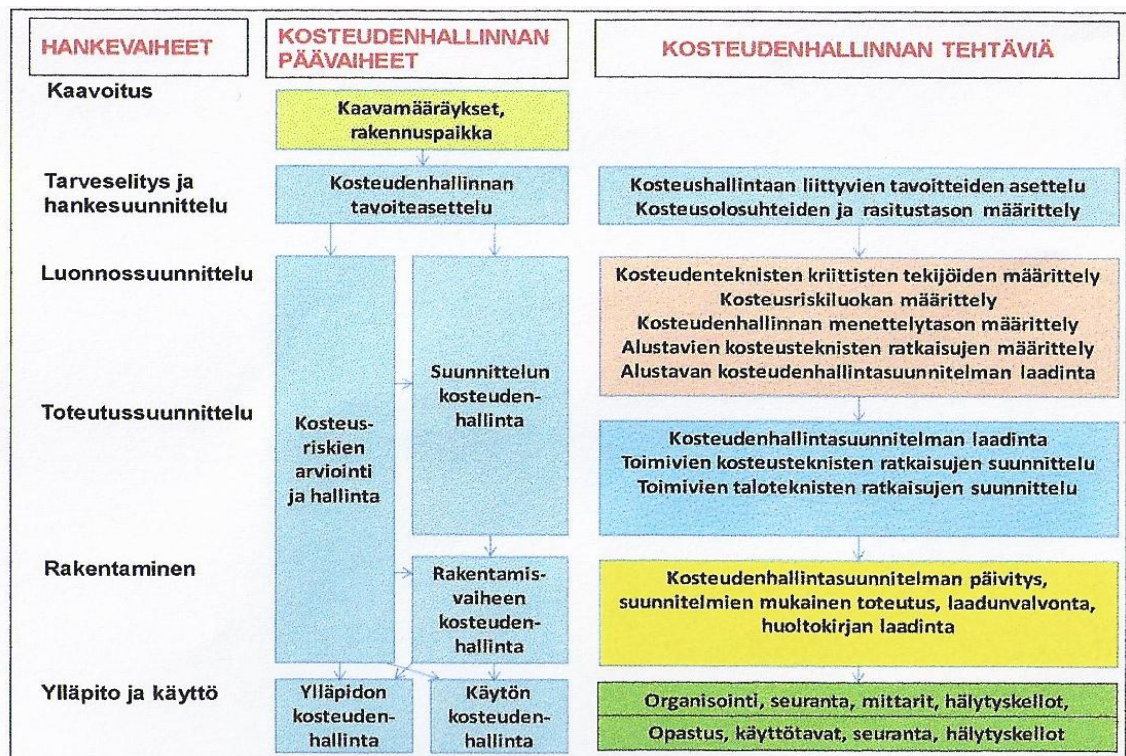
- Esittää systemaattisia menettelytapoja ja ratkaisuja uudisrakennushankkeen kosteudenhallintaan ja sitä kautta homevaurion estämiseen.
- Määrittellä menettelyt kosteusriskien identifiointiin ja hallintaan hallinnollisin ja teknisin toimenpitein
- Antaa kosteudenhallintaan liittyviä ohjeita hankkeen eri vaiheisiin ja osatehtäviin eli:
  - rakennuttamiseen
  - suunnitteluun (ARK/RAK/LVI/S/GEO)
  - rakentamiseen sekä
  - ylläpitoon
  - käyttöön.
  - tarkoitettu pääosin alan ammattilaisille.
  - myös osapuolille, joilla on suuri vastuu rakennuksen toimivuudesta, mutta eivät ole rakennusalan teknisiä ammattilaisia (”päättäjät”, tilaajat, omistajat, käyttäjät, ym.).  
( RIL- julkaisuhanke, 250 - 2011)

Kuva 25 esittää kosteudenhallinnan homevaurioiden estämisen pääkohdat.



Kuva 25. Homevaurioiden estämisen pääkohdat. (RIL- julkaisuhanke, 250 - 2011)

Kuva 26 esittää talonrakennusprojektin kosteudenhallintaprosessin päävaiheet.



Kuva 26. Kosteudenhallinnan päävaiheet. (RIL- julkaisuhanke, 250 - 2011)

## 6.2 Todelliset olosuhteet talvirakentamisessa

Kuva 27 esittää tilannetta talvirakentamisesta seuratulla koulurakennustyömaalla.



Kuva 27. Työmaa on aloitettu elokuussa. Kuva on otettu 9.1.2012.

Kuvassa tehdään koulurakennuksen laajennusosan työmaan rungon nostoa talvisissa olosuhteissa tammikuussa 2012. Laajennusosan kohdalla olleessa vanhassa laboratorio-siivessä tehtiin opetus- ja tutkimustyötä vielä toukokuussa 2011. Kesän aikana vanha matala siipiosa on purettu ja syksyllä elokuussa aloitettu uuden rakentaminen vahan tilalle.

Aloitussajankohta määräytyi oppilaitoksen opetusrytmin vuoksi alkusyksyyn. Aloitusajankohta ei ole vuodenaikoihin nähden paras mahdollinen. Rungon nostamista haittaa syksyisin sateet ja talvella räntä, lumi ja pakkas. Rakennustyö hidastuu edellä mainituista haitoista ja hidasteista johtuen. Rungon betoniosien kosteudensieto on melko hyvä, mutta suojaamattomien, tai heikosti suojattujen lämpöeristekerrosten kosteudensieto on melko heikko. Kuten kuvasta voimme havaita, talvirakentaminen lisää riskejä, vaatii toteuttajalta paljon. Myös hyvän suunnittelun merkitys korostuu.

Kuva 28 esittää talvista rakentamisesta seuratulla kerrostalotyömaalla.



Kuva 28. Työmaa on aloitettu marraskuussa 2011. Kuva on otettu 28.1.2012.

Kuvassa olevan betonielementtirunkoisen asuinkerrostalon perustustyöt on aloitettu loppusyksystä 2011. Talvilisän muodostumiseen vaikuttavat tekijät ovat oheisesta kuvasta hyvin havaittavissa. Aloitusaikajankohta siirtyi myöhemmäksi pohjan maanrakennustöiden viivästymisen vuoksi. Keskitalvella rakentaminen on kuivaa, mutta pakkasen ja lumi haittaavat ja hidastavat rakentamista.

Asuinkerrostalon pohja on toisaalta suhteellisen pieni ja rungon nosto vauhtiin päästäessä on melko nopeaa. Asuinkerrokset ovat yleensä toistensa kopioita. Hyvä suunnittelu ja kokeneet tekijät mahdollistavat nopean rakennusrytmin. Nopeus on valtti talvirakentamisessa.

Kuva 29 esittää talvista rakentamista seuratulla terveystalustyömaalla.



Kuva 29. Kuva on vesikattotyön sääsuojauksesta. Kuva on otettu 1.2.2012.

Kuvan terveystalustyömaa alkoi syksyllä 2011. Työ käsittää vanhan osan saneerausta, vesikaton uusimista ja laajennusosan rakentamista. Vesikattotöissä käytettiin sääsuojauksia. Sääsuojaa siirrettiin vaiheittain uusittavien rakennuksen eri lohkojen vesikattojen suojaksi.

Laajennusosan rakentamistyö alkoi loppusyksyllä 2011. Laajennusosan aloitusta viivästytti perustustöissä laajennuksen kohdalta löydetty sähkön syöttökaapeli. Kun perustustyöt pääsivät alkuun, alkoi pakkaskausi viivästyttämään lisää rakentamista. Vaikeudet on luotu voitettaviksi ja siksi rakentaminen on opettavaista puuhaa. Olosuhteisiin on varauduttava, mutta väistämättä syntyy ylimääräisiä kustannuksia.

## 7. HAASTATTELUTUTKIMUS

### 7.1 Haastattelututkimuksen menettelytavat

Tutkimuksen yhteydessä haastateltiin seitsemää rakennusalan asiantuntijaa. Haastateltavat olivat koulu-, asuinkerrostalo- ja sairaalarakennustyömaiden vastaavia työnjohtajia. Myös kahta rakennuttajan edustajaa, pääsuunnittelijaa ja valvojaa haastateltiin. Haastattelua varten tehtiin haastattelurunko, jossa oli kahdeksan aihealuetta talonrakentamisen kosteudenhallinnasta. Kaikille haastateltaville tehtiin samat kysymykset. Kysymykset lähetettiin haastateltaville päivää tai kahta ennen sovittua haastatteluajankohtaa. Haastateltavat valittiin huolella vaativien kohteiden toteuttajista, kokeneista ja kouliintuneista päivätyökseen rakennusprojektien parissa toimivista alan ammattilaisista.

### 7.2 Haastattelujen suorittaminen

Kaikki haastattelut suoritettiin kahta poikkeusta lukuun ottamatta joko työmaan konttorissa, tai toimisto-olosuhteissa. Kysymykset esitettiin numerojärjestyksessä. Vastaukset pyydettiin lyhyinä ja tiivistettyinä. Vastaukset kirjattiin kysymysrunkoon. Yksi vastaavan työnjohtajan haastattelu jouduttiin muuttamaan puhelinhaastatteluksi aikataulullisten kiireiden vuoksi. Tässä haastattelussa hyödynnettiin vastaavan työnjohtajan työmatka-aikaa. Rakennuttajan edustajien (2 kpl) haastattelu jouduttiin tekemään haastateltavien työkiireiden vuoksi sähköpostilla kirjallisena.

### 7.3 Haastattelun tulokset

Haastattelun tulokset kerättiin kysymysrunkoon lyhyinä tiivistettyinä vastauksina.

Alla kysymysrunko johon on lisätty vastaukset.

Haastateltavien käsitys talonrakentamisen kosteudenhallinnasta		
	Teema	Haastateltavan käsitys
1	Miksi kosteudenhallintaa niin usein epäonnistuu talonrakentamisessa	Kiire, väärä työjärjestys, suunnitelmat ovat puutteellisia. Suunnittelemattomuus yleensä. Väliaikaiset suojaukset pettävät. Valvonta pettää, moraalinen puute. Suunnittelmissa ristiriitoja, välinpitämättömyys. Asian tärkeyttä ei ymmärretä. Kuivumisolosuhteiden väärinarviointi.

2	Onko osapuolten tietämys kosteudenhallinnan merkityksestä riittävää	Ei ole, koska väärin on tehty. Ei ole, aina tulee uusia ongelmia. Ei aina, koulutusta lisää. Tiiveyden merkitystä ei ymmärretä. Ammattirakentajilla ehkä tiedossa, työntekijät eivät ehkä tiedä tarpeeksi. Tietämys on riittävää.
3	Onko osapuolten yhteistyötä riittävästi	On riittävästi. Ei varmaankaan, kun ei asioista puhuta. Ei ole. Hyvä valvoja on korvaamaton. Joka hankkeella on kiire, suunnitelmien yhteensovittamisessa puutteita. Osapuolten yhteistyötä on yleensä riittävästi. Ongelmana pitkät alihankintaketjut.
4	Puhuvatko osapuolet ”samaa kieltä”	Eivät puhu. Yhteistyön kautta yhteinen kieli. En osaa sanoa. Ehkä eivät aina. Ammattirakentajat kyllä.
5	Miten aikataulut vaikuttavat kosteudenhallinnan onnistumiseen	Aikataulut kireitä. Aloitussajat hankalina vuodenaikoina. Vaikuttavat negatiivisesti, aikataulut liian kireitä. Betonin kuivuminen on tahdistava työvaihe (esim. maanvaraiset lattiat). Onnistuu jos on riittävästi aikaa. Kiire häiritsee. Kiire johtuu rakennuttajan tarpeesta.
6	Mitkä ovat suurimmat syyt epäonnistumisiin	Väärin laadittu aikataulu, väärä työjärjestys. Kiire, tietämättömyys, välinpitämättömyys, moraalinen puute. Sääsuojien puuttuminen. Tiukat aikataulut. Suunnittelija ei aina käytä kosteudenkestäviä materiaaleja. Valvonnan puute. Aliurakointiketjut ja niiden hallinta.
7	Pitäisikö kosteudenhallinnan suunnitteluun ja valvontaan käyttää ulkopuolista asiantuntijaa	Kyllä, puolueettomuus tärkeää, läpinäkyvyys paranee. Mittaustulokset puolueettomia. Ei välttämättä, hankkeen sisällä joku paneutuu asiaan. Ei normaalikohteissa, ehkä vaativissa kohteissa. Pitäisi, käytämme jo valvontaan, kosteusmittauksiin ja raportointiin. Osaaminen organisaation sisältä.
8	Mitkä muut menetelmät ja keinot voisivat johtaa parempaan ja terveellisempään lopputulokseen	Hyvä suunnittelu, turha kiire pois, ohjeistus, uudet menetelmät. Suojahupun ja valmisosien käyttö, esim. vesikat-toelementit. Riittävä rakentamisaika, rakentamisrytmi vuodenaikojä hyödyntäen. Tiedottaminen, kouluttaminen. Käytetään hyväksi todettuja menetelmiä. Valmisosarakentamisen lisääminen.

## Haastateltavien vastaukset

### 1. Miksi kosteudenhallinta niin usein epäonnistuu talonrakentamisessa?

Epäonnistumiseen johtuvina syinä pidettiin suunnitelmien puutteellisuuksia, kiirettä ja suunnittelemattomuutta yleensä. Liian kireät aikataulut aiheuttavat muutoksia työjärjestykseen. Maanvaraisten lattioiden kuivatusaika ei ole aina riittävästi. Suunnitelmissa on ristiriitoja. Kosteudenhallinnan merkitystä ei aina ymmärretä. Valvonnan pettämistä ja työmoraalin löyhtymistä pidettiin osasyyllisenä epäonnistumisiin. Töiden teettäminen alihankintana, pitkät monimutkaiset urakointiketjut haittaavat toteutusta. Myös kuivumisolosuhteiden väärinarviointi ja niiden yllättävät muutokset aiheuttavat päänvaivaa. Rakennusprosessia piti yksi haastateltava yleisenä jatkuvana häiriötilana. Ilmaisuu on hyvin kuvaava kiireisestä rakentamisrytmistä, nopeasta sääolosuhteiden vaihtelusta, yllättävistä tilanteista. Kirjallisuudessa puhutaan hallitusta tai hallitsemattomasta kaaoksesta.

### 2. Onko osapuolten tietämys kosteudenhallinnan merkityksestä riittävää?

Tietämystä kosteudenhallinnan merkityksestä pidettiin toisaalta riittävänä, mutta toisaalta riittämättömänä. Osa asioista hallitaan, mutta uusia ongelmakohtia tulee esiin jatkuvasti. Esimerkiksi ontelolaattaholvin deltapalkkien juotosbetonin kuivuminen on havaittu ongelmalliseksi. Juotosbetoni ei pääse kuivumaan diffuusiotiiviin teräspalkin sisällä riittävän nopeasti. Jos pinnoitteeksi on valittu muovimatto, kosteus poistuu betonirakenteesta ajan myötä tiivistyksen asennetun muovimaton alle. Muovimatot pussiintuvat ja aiheuttavat ongelmia ja ylimääräisiä korjauskustannuksia. Yksi haastateltava näki maanvaraisten lattioiden kuivatuksen ongelmalliseksi. Nopeissa aikatauluissa kuivatusaika ei aina riitä. Yksi haastateltava oli sitä mieltä, että vaipan tiiveyden merkitystä ei aina ymmärretä. Lisäkoulutusta pidettiin tärkeänä. Muutaman haastateltavan mielestä ammattirakentajilla on riittävä tietämys, mutta työntekijöiden tiedoissa on puutteita. Myös pintarakenteiden toimittajien toisinaan antamat ristiriitaiset tiedot hämmentävät.

### 3. Onko osapuolten yhteistyötä riittävästi?

Kaksi haastateltavaa piti yhteistyötä riittävänä. Yleensä oltiin sitä mieltä, ettei yhteistyötä tehdä riittävästi. Asioista ei puhuta tarpeeksi. Valvojat eivät aina ota kantaa työsuori-



tuksiin, eivätkä aina anna ohjeita edes kysyttäessä. Puhumatonta valvojaa pidettiin turhana. Toisaalta sanottiin, että hyvä valvoja on projektille korvaamaton apu. Kiireen ja aikapulan sanottiin haittaavan yhteistyötä. Todettiin lähes joka hankkeen olevan kiireellinen. Ajanpuute johtaa usein siihen, ettei suunnitelmia ehditä riittävästi yhteen sovittaa ja se osaltaan poikii lisää ongelmia työmaalle. Suunnittelutyötä siirtyy työmaalle, jossa pitäisi keskittyä rakentamiseen. Myös pitkien alihankintaketjujen sanottiin olevan ongelmallisia.

#### 4. Puhuvatko osapuolet ”samaa kieltä”?

Muutama haastateltava oli sitä mieltä että osapuolet eivät aina puhu samaa kieltä. Yhteistyötä lisäämällä yhteinen kieli löytyy. Yksi ei halunnut sanoa puoleen tai toiseen. Yleensä oltiin sitä mieltä, että ammattirakentajat puhuvat samaa kieltä ja ymmärtävät toisiaan.

#### 5. Miten aikataulut vaikuttavat kosteudenhallinnan onnistumiseen?

Aikataulujen kireyden vaikutusta pidettiin yleisesti suurimpana syynä kosteudenhallinnan epäonnistumiseen. Talvirakentamista pidettiin haasteellisena. Esimerkiksi ontelolaattojen vesireiät ovat liian pieniä ja tukkeutuvat helposti. Työmaalla joudutaan reiät avaamaan uudelleen ja jotkut suurentavat reikiä reilusti ongelman poistamiseksi. Ontelolaatan S-piste on koettu ongelmalliseksi. Ontelon juotosvalu tukkii veden kulun ja vettä saattaa jäädä onteloon. Jos ongelmaa ei huomata, se aiheuttaa harmia myöhemmin. Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta projektissa 2003 on S-pisteen kehittämiseen paneuduttu ja onteloa ei avata, joten menetelmää käytettäessä edellä mainittua ongelmaa ei synny lainkaan. Myös todettiin, että valmiiksi kireät aikataulut eivät ota riittävästi huomioon häiriöitä ja kuivumisolosuhteissa tapahtuvia muutoksia.

Vahvojen maanvaraisten lattioiden ja massiivisten betonirakenteiden todettiin olevan ongelmallisia. Niiden sanottiin toimivan tahdistavina työvaiheina. Jatkuva kiire työmaille on arkipäivää. Kiireen katsottiin yleensä johtuvan rakennuttajan tarpeista.

#### 6. Mitkä ovat suurimmat syyt epäonnistumisiin?

Suurimpina syinä kosteudenhallinnan epäonnistumisiin pidettiin kiirettä, tiukkoja aikatauluja, tietämättömyyttä ja kustannustehokkuusajattelua organisaation sisällä. Toisaalta haluttiin sääsuojien käytön lisäämistä toisaalta koko rakentamisprosessin läpinäkyvyy-

den parantamista. Moraalin ja valvonnan puute on selkeästi nähtävissä. Kireät aikataulut, aliurakointiketjut ja niiden hallinta nähtiin ongelmallisiksi.

7. Pitäisikö kosteudenhallinnan suunnitteluun ja valvontaan käyttää ulkopuolista asiantuntijaa?

Yksi haastateltava oli sitä mieltä, että kosteudenhallinnan asiantuntija voisi olla oman organisaation sisältä asiaan vihkiytynyt toimija. Ulkopuolisen asiantuntijan pelätään olevan kantaa ottamaton ja näin ollen hyödytön. Eräät haastateltavat pitivät ulkopuolisen asiantuntijan käyttöä hyvänä. Puolueettoman asiantuntijan käyttö antaa ehkä uskottavuutta ja läpinäkyvyyttä. Yksi haastatelluista ilmoitti organisaationsa käyttävän jo ulkopuolista asiantuntijaa kosteusmittauksiin ja raportointiin. Etuna on, että rakennuttaja saa samat puolueettomat dokumentit työmaan kanssa. Toisaalta normaalityömaalla ei koettu ulkopuolisen asiantuntijan tarvetta, mutta erikoiskohteisiin sitä kaivattiin. Yhden haastateltavan mielestä kohteessa pitäisi aina laatia erillinen kosteudenhallintasuunnitelma. Sanottiin, että on ok, jos suunnitelman laatii pääurakoitsija, mutta rakennuttajalla tulisi olla riittävä ammattitaito arvioida suunnitelman toteutuskelpoisuutta.

8. Mitkä muut menetelmät ja keinot voisivat johtaa parempaan ja terveellisempään lopputulokseen?

Yleensä todettiin, että kiirettä pitäisi vähentää, että työt ehdittäisiin tehdä kerralla kunnolla. Hyvää suunnittelua kaivattiin esimerkiksi eristepintaisten elementtien suojaamisessa niin, että suojaus toimisi myös asennuksen jälkeen. Myös liitosten suunnittelun ja elementtien kuljetuksen aikaisen suojaamisen pitäisi olla laadukkaampaa, jotta työmaalle ei aiheutettaisi tarpeettomasti lisätöitä. Sääsuojauksen yleistymistä ja rakennuttajan ymmärryksen parantumista viedä vaatimukset toteutusasiakirjoihin kaivattiin yleisesti. Toisaalta nähtiin selviönä, että valmisosarakentamista pitäisi lisätä esimerkiksi käyttämällä vesikattoelementtejä ns. avoimen ajan lyhentämiseksi.

### **7.5 Haastattelun johtopäätökset**

Rakennustyömailla on ainainen kiire. Rakentamisen aikataulut ovat usein kireitä. Rakentamisen kuvailtiin olevan periaatteessa jatkuva häiriötila. Tilanteet ja olosuhteet muuttuvat nopeasti. Suunnitelmat ovat usein puutteellisia. Kiireen sanottiin johtuvan pääasiassa rakennuttajan tarpeita. Toisaalta rakennuttajat eivät vaadi riittävästi laatua.

Tärkeämmältä tuntuu saada kohteet valmiiksi nopeasti. Riskejä otetaan jopa tietoisesti. Kohteet rakennetaan sään armoilla tuulella ja tuiskuissa ilman luotettavaa suojausta luottaen osin onneen. Valvonnan puute, piittaamattomuus, moraalinen rapistuminen ja muiden samaan suuntaan vaikuttavien tekijöiden yhteisvaikutus tekee hyvän lopputuloksen saavuttamisen liian usein kovin vaikeaksi.

Yhtä ainoaa ja oikeaa rakentamis- ja suojausmenetelmää on vaikeaa edes kuvitella. Kohteet ovat toteutuksiltaan, laajuudeltaan ja muodoiltaan usein kovin erilaisia. Asunto-, toimitila-, koulu- ja sairaalarakentaminen poikkeavat laajuudeltaan, laadultaan, rakennetyypeiltään ja puhtausluokaltaan toisistaan suuresti. Kuitenkin lopputuloksen halutaan aina olevan laadukas, nopeasti ja hyvin toteutettu sekä terveellinen käyttää. Vaatimukset ovat kovat ja projektien toteuttajilta vaaditaan tietoa, taitoa, paineensietokykyä ja paljon, paljon muuta.

Kun rakennuttajat haluavat laatua, heidän pitää vaatia sitä. Rakennuttaja on avainasemassa koko rakennusprojektissa. Pitää valita ammattitaitoinen projektin johto ja pätevät suunnittelijat. Projektin valvojaan pitää panostaa. On tärkeää, että valvoja toimii aktiivisesti projektin jäsenenä vaikuttaen rakentavasti hyvän suunnitelmien mukaisen lopputuloksen saavuttamisen puolesta. Pelkkä paikalla olo ja työmaakokouksiin osallistuminen ei riitä. Ammattitaitoinen ja aktiivinen valvoja on kullannarvoinen koko projektin kannalta.

Tutkimuksessa selvisi, että kosteudenhallinnan onnistumiseksi on kehitettävä menetelmiä ja toimintatapoja. Sääsuojat ovat askel oikeaan suuntaan. Hyvä suunnittelu on toteutuksen onnistumisen kulmakivi. Vaativimmat kohteet tulisi rakentaa valmisosista ja mahdollisuuksien mukaan tilaelementeistä. Kustannukset saattavat nousta mutta luvassa on parempaa laatua. Rakennuttaja on tässä avainasemassa ja paljon vartijana.

## 8. POHDINTA

Rakentamisen aloitusajankohta olisi suunniteltava kokonaisuuden kannalta edullisimpaan vuodenaikaan. Runkorakenteet tulisi saada nopeasti pystyyn. Vesikatto pitäisi saada nopeasti vedenpitäväksi, aukot umpeen ja rakenteet kuiviksi. Jotta nämä reunaehdot toteutuisivat, perustustyöt täytyisi aloittaa helmi- maaliskuussa, jos sääolot suinkin sallivat. Rakennusprojektin kesto tässä rytmissä on noin 8 - 10 kuukautta. Huhtikuu ja toukokuu ovat tilastollisesti vähäsateisimpia ja kuivimpia kuukausia maassamme. Tämä ”rakentajan etsikkoaika” pitäisi hyödyntää täysimääräisenä. Rakentamisen luonnonmukainen rytmi säästää kustannuksia ja mahdollistaa kosteudenhallinnan paremman onnistumisen.

Rakennuksen rungon pystytys olisi järkevää nostaa nopeutetusti vaikkapa kahdessa vuorossa. Ulkoseinien ja vesikaton rakentamisen pitäisi ehdottomasti valmistua ennen heinäkuussa alkavaa rakentajien perinteistä lomakuukautta. Ikkuna- ja oviaukot tulisi sulkea ja saada rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä toimintakuntoon. Näin saataisiin työntekijöiden kesäloma-aika rakennuksen kuivatusajaksi. Tässä rakennusrytmissä ei välttämättä tarvita sääsuojauksia. Noudattamalla luontaisten otollisten olosuhteiden rytmiä onnistumisen edellytykset paranevat selkeästi ja talvilisäkustannukset minimoituvat.

Jos rakentamisen aloitusajankohta on joku muu kuin lopputalvi, olemme melko varmasti olosuhteissa, jossa tarvitsemme tavanomaista suojausta järempiä menetelmiä, kuten koko rakennuksen peittäviä sääsuojausjärjestelmiä. Sääsuojauksen alla rakentaminen on kosteusteknisesti turvallisempaa, mutta tuotantoteknisesti ulkoilmaan verrattuna hitaampaa ja siten kalliimpaa. Lisäksi sääsuojaus aiheuttaa melko suuria kustannuksia. Myös työturvallisuus saattaa vaarantua nostettaessa rakennusosia ja siirrettäessä sääsuojia. Huomattavasti lisääntyvät kustannukset tulee voida siirtää lopputuotteen hintaan.

Rakennustarvikkeiden kuivana pidosta tulee huolehtia tarmokkaasti. Suunnitelmat ja aikataulut tulee laatia siten, että rakentamiselle on varattu riittävästi aikaa. Työt on suunniteltava ja toteutettava siten, että tavoitteiden mukainen lopputulos on saavutettavissa. Tällöin rakenteet toimivat suunnitellusti, yhteistyö on sujuvaa ja asukkaiden asuimisterveyttä ei vaaranneta.

Rakennusrintamalla kilpailu on kovaa. Kustannuksia pitäisi pystyä karsimaan ja samalla parantaa rakentamisen laatua. Yhtälö on kovin vaikea. Ongelmien korjaamiseksi tulisi vaatia parempia ja turvallisempia suunnitelmia sekä aikaansaada kehittyneempiä rakentamisen menetelmiä. Harkittavaksi tulee rakentamisen siirtäminen enenevässä määrin sisätiloihin ja valmisosarakentamisen suosimiseen. Valmisosarakentamisen lisääntyessä rakennuskohteessa tehtäväksi jäävät ehkä vain perustamistyöt, valmisosien kokoonpanotyöt ja talotekniikan liittämistyöt. Näin varsinainen työ rakennuskohteessa jäisi lyhyeksi ja vuodenajan merkitys pieneneisi radikaalisti. Kosteudenhallinnan onnistuminen olisi paremmin hallittavissa.

Puu- ja teräselementtisovellukset ovat jo arkipäivää. Muoviin pakattuja konttimaisia käyttövalmiita rakennusosia toimitetaan ja asennetaan paikoilleen yhä useammin. Vaativimmissa kohteissa toimitetaan esimerkiksi valmiita leikkaussaltilaelementtejä joiden puhtausluokkavaatimukset ovat korkeat. Jäämme odottamaan, pystyykö betoniteollisuus vastaamaan haasteeseen ja tarjoamaan kilpailevia menetelmiä asuntorakentamisen kehittämiseksi. Tamperelainen Ausa Oy valmisti tehdasolosuhteissa sisäosiltaan valmiita kokonaisias betonitilaelementtejä jo 1970 luvun alussa. Lohkoja latomalla kerrostalo

saatiin kasaan 1-2 viikossa. Menetelmä oli selkeästi aikaansa edellä. Tänä päivänä vastaavalle kehitykselle olisi ehkä tilausta ja kysyntää.

Rakentamisen huonoksi haukuttuun laatuun tulee puuttua. Tutkijat varoittavat uhkakuvista, joihin hosuen ja piittaamattomasti tehty työ johtaa. Kireät aikataulut ja valvonnan puutteet johtavat laiminlyönteihin, joilla on vakavat seuraukset. Rakentajien maine kärsii liian usein epäonnistuneen työn seurauksena. Muita tahoja ei ole vielä kovin syyllistetty.

Tutkijat patistavat rakentajia ”laatuhyppyihin”. On epärealistista olettaa, että monimutkaiset asiat korjataan hetkessä, esimerkiksi ”laatuhyppyillä”. Malti on tässäkin asiassa valttia. Asioista on keskusteltava avoimesti kaikkia osapuolia kuunnellen ja ketään ryhmää syyllistämättä. Riitely ja syyttely on unohdettava ja kaikki voimavarat suunnattava rakentavaan keskusteluun, vuorovaikutukseen ja menetelmien kehittämiseen.

On muistettava, että rakennusprojektin laadun ja kriteerit määrää rakennushankkeeseen ryhtyvä. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tahdonilmaisu projektin laadusta tulee siirtää suunnitelmiin ja hankeasiakirjoihin. Tämän tahon tulee hankkia käyttöönsä osaava ja pystyvä henkilökunta. Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä asetukset antavat selkeät määräykset, miten rakentamisprojekti tulee hoitaa.

On vastuutonta ja sinisilmäistä kuvitella, että kosteudenhallinnan epäonnistuminen olisi yksin jonkun yksittäisen osapuolen vastuulla. Julkinen sana ja muut ”asioista yleensä hyvin perillä olevat tahot syyttävät sekä osoittavat sormella” ja etsivät syyllisiä. Arvostelijan osa on aina helppo. Pitäisi etsiä yhteisiä menetelmiä ja toimintatapoja tilanteen korjaamiseksi. Meidän tulee muistaa, että ”samassa veneessä” ovat kaikki prosessiin osallistuvat tahot. ”Yhteisin ponnistuksin päästään maaliin ja vältetään karikot”. Eettisten ja moraalisten arvojen noudattaminen tarkoittaa kaikkien sopimusosapuolten kuuntelemista, huomioon ottamista sekä kunnioittamista ja myös sitä, että on kunnia-asia tehdä työnsä hyvin.

Kosteudenhallinnan ja asumisterveyden onnistumisen kannalta on oleellista, että rakennuttaja luo edellytyksen projektin onnistumiselle. Se tarkoittaa, että rakentaminen suunnitellaan tapahtuvaksi enenevässä määrin poissa sään armoilta. Rakennuttajan tulee vaatia suunnitelmissa esimerkiksi sääsuojauksen käyttöä, tai rakentamista valmisosista. Silloin määräykset viedään rakentamisasiakirjoihin velvoittavina.

Valvontaa ja valvonnan ammattitaitoa tulee parantaa ja niiden merkitystä tulee korostaa. Rakennuttajan tulee järjestää valvontaan riittävät resurssit. Pelkkä paikallaolo ja katseella seuraaminen ei riitä. Valvojan tulee osaltaan toimia rakentavasti rakennusprojektin toteutuksessa, jotta hyvä lopputulos olisi saavutettavissa. Valvojan tulee myös ohjata hyvän rakennustavan toteutumista. Turhia riskejä ei oteta eikä niitä sallita. Näin menetellen lopputuotteen laatu paranee, kateissa oleva ammattikunnan uskottavuus on palautettavissa, sekä asuntojen asumisterveys parannettavissa.

Rakentamisen ongelmakenttä on laaja. Tässä tutkimuksessa pyrittiin etsimään keinoja kuivempien rakentamisolosuhteiden, paremman kosteudenhallinnan ja paremman asumisterveyden saavuttamiseksi. Selvittämättä on vielä ainakin sääolosuhteiden huonontumisesta johtuvat lisääntyvät talonrakentamisen kustannukset. Erilaisten rakentamismenetelmien vertailututkimuksia on tehty kovin vähän. Tutkia pitäisi myös maanvaraisen betonilattioiden turvallisia pinnoitusvaihtoehtoja. Virheistä pitäisi oppia ja pyrkiä lattiapinnoitteiden valinnassa välttämään kosteutta läpäisemättömiä vaihtoehtoja ja suunnata mielenkiinto kosteutta läpäiseviin sekä turvallisempiin valintoihin.

## LÄHTEET

A1, 2006. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus, A1 määräykset ja ohjeet 2006.

A2, 2002. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Rakennusten suunnittelijat ja suunnitelmat A2, määräykset ja ohjeet 2002.

Björkholz, 1997. Lämpö ja kosteus, rakennusfysiikka. Helsinki, Rakennustieto oy.

Frame- tutkimus, [www.rakennusteollisuus.fi/frame](http://www.rakennusteollisuus.fi/frame) ( Luettu 15.3.2012 ja 15.9.2012 )

Hirsjärvi, Remes ja Sarjavaara, 2007. Tutki ja kirjoita, Keuruu, Otavan Kirjapaino Oy.

Kinnunen ja Löytty, 2002. Tieteellinen kirjoittaminen, Tampere, Tammerpaino Oy.

Kokki & Mäkelä 1980, Talvirakentaminen. Lämpösuojaus ja energiankäyttö, Helsinki, Rakentajain kustannus Oy.

Lainapeite Oy, [www.lainapeite.fi](http://www.lainapeite.fi) ( Luettu 15.9.2012 )

Liinamaa, 2011. Strateginen ajattelu rakennusliikkeessä, Helsinki. Rakennustieto Oy.

Leivo ja Rantala, 2002. TTY, Julkaisu 120, Maanvaraisten alapohjien kosteustekninen toimivuus.

Mattila, 2007. Johdettu muutos, Avaimet organisaation hallittuun uudistamiseen. Keuruu, Otavan Kirjapaino Oy.

RakMK C2, 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma, kosteus, Helsinki, Ympäristöministeriö.

RIL 250-2011, Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL -julkaisuhanke 2011, 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Siikanen, 2008. Puurakentaminen, Helsinki, Rakennustieto Oy.

Siikanen, 1996. Rakennusfysiikka, perusteet ja sovellukset. Helsinki, Rakennustieto Oy.

Sisäilmayhdistys. Sisäilmaopas 6, 2003. Terveen talon toteutuksen kriteerit, Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle, Verbi Oy, Espoo.

Sisäilmayhdistys. Sisäilmaopas 7, 2004. Terveen talon toteutuksen kriteerit, Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle, Verbi Oy, Espoo.

Sisäilmayhdistys, [www.sisailmayhdistys.fi](http://www.sisailmayhdistys.fi), ( Luettu 15.3.2012 )

Telinekataja Oy, [www.telinekataja.fi](http://www.telinekataja.fi) ( Luettu 15.9.2012 )

Teriö, 2003. Betonivalmisosarakentamisen kosteuden hallinta, Tampere, Suomen betoni-tieto Oy.

Toivari, Diplomityö, 2011. Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellinen tarkaste-lu

Tolvanen, 2011. Opinnäytetyö, Talvilisät kerrostalon runkorakentamisessa ja sääsuojan mahdollisuudet.

Vilppo, opinnäytetyö, 2011. Tuulettuvien alapohjien ongelmat.

#### Haastattelut:

12.9.2012. Jarno Valkama, vastaava tj. Rakennustoimisto Kynnös Oy

12.9.2012. Anssi Mäkelä, vastaava tj. Lemminkäinen Oyj

14.9.2012. Petri Tikkamäki, vastaava tj. Skanska Oy

17.9.2012. Kari Ylinen, pääsuunnittelija, Insinööritoimisto Ylinen Oy

17.9.2012. Jari Kohtanen, valvoja, Ikaalisten kaupunki

20.9.2012. Mikko Luoto, rakennuttaja, Tampereen ammattikorkeakoulu

20.9.2012. Petri Ojala, rakennuttaja, Tampereen ammattikorkeakoulu

( Luoto ja Ojala vastasivat kyselyyn yhteisellä vastauksella sähköpostitse)

## LIITTEET

### Liite1. Kosteudenhallinnan haastattelulomake

Haastateltavien käsitys talonrakentamisen kosteudenhallinnasta		
	Teema	Haastateltavan käsitys
1	Miksi kosteudenhallinta niin usein epäonnistuu talonrakentamisessa	
2	Onko osapuolten tietämys kosteudenhallinnan merkityksestä riittävää	
3	Onko osapuolten yhteistyötä riittävästi	
4	Puhuvatko osapuolet ”samaa kieltä”	
5	Miten aikataulut vaikuttavat kosteudenhallinnan onnistumiseen	
6	Mitkä ovat suurimmat syyt epäonnistumisiin	
7	Pitäisikö kosteudenhallinnan suunnitteluun ja valvontaan käyttää ulkopuolista asiantuntijaa	
8	Mitkä muut menetelmät ja keinot voisivat johtaa parempaan ja terveellisempään lopputulokseen	



## Liite 2. Luonnosvaiheen suunnitelmien tarkastuslista (1-3).

RIL 250-2011

199

### LIITE 5. LUONNOSVAIHEEN SUUNNITELMIEN TARKASTUSLISTA

Tarkastuslista toimii apuvälineenä suunnitelmien tarkistusmenettelyssä luonnos-suunnittelussa (yleissuunnittelussa) ja myöhemmin soveltuvin osin toteutus-suunnittelussa. Tarkistukset tehdään suunnitteluvaihetta vastaavassa laajuudessa. Suunnittelutilanteessa tehtävät tarkistukset valitaan rakennuspaikan ja rakennusta koskevien tietojen perusteella. Listaa täydennetään tarvittaessa.

		kyllä	ei	huom.
1.	Ovatko suunnitelmat Rakentamismääräysten ja -ohjeiden, hyvää rakentamistapaa ohjaavien alan julkaisuiden (kuten RIL 107) ja tuoteohjeiden mukaisia?			
2.	Onko suunnitelmissa esitetty alue/tilakohtainen rakennusfysikaalinen vaativuusluokittelu ja kosteusriskiluokittelu			
3.	Onko ulko-olosuhteiden merkitys otettu suunnitelmissa riittävästi huomioon? – julkisivun yhteen tai useampaan osaan kohdistuva suuri viistosaderasitus – kattorakenteen vedenpoistoon liittyvät tekijät, lumien sulaminen ja kondenssiriski – sateen ja lumen kulkeutuminen rakenteisiin tuulen mukana.			
4.	Onko rakennuspohjan kosteuden merkitys otettu suunnitelmissa riittävästi huomioon? – korkea pohjaveden pinta – läheisten vesistöjen aiheuttama tulvimisriski – pintavesien ohjaus pois rakennuksen vierestä – rakennuksen korkeusasema suhteessa maastoon, esim. sulamisvesien kannalta – rakennuksen pintavesisuunnitelma ja sen kattavuus.			
5.	Sisäilman kosteusrasituksen aiheuttamat vaikutukset: – onko korkean kosteustuoton tiloissa riittävä ilmanvaihto? – onko korkean lämpötilan (> 26 °C) tiloissa suhteellinen kosteus riittävän alhainen (RH < 60 %)? – mikäli kosteustuotto on korkea (kostutus, avoimia vesipintoja, haihtuvaa vettä, riski sisäpuoliselle ylipaineelle), onko tarvetta kosteutta kestävien rakenteiden ja LVI-ratkaisuiden käytölle?			

6.	<p>Ovatko rakenneosat lämpö- ja kosteusteknisesti toimivia ja onko suunnittelun apuna käytetty tarvittavia toimintapiirroksia ja laskelmia? Esimerkiksi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ovatko kantavat rakenneosat sijoitettu mahdollisuuksien mukaan sisätiloihin niin, että höyryn/ilmansulun katkot sekä kylmäsilat minimoituvat? Korkeilla kosteuskuormilla tämä korostuu myös pintakondenssin kannalta</li> <li>– ovatko räystäät riittävän leveät? Leveiden räystäiden merkitys korostuu matalissa rakennuksissa</li> <li>– onko ulkovaipassa pyritty minimoimaan höyryn/ilmansulun sekä lämmöneristyksen toteutettavuuden kannalta vaikeasti toteutettavat liitokset ja ulokkeet?</li> <li>– onko ryömintätällainen alapohja kosteusteknisesti toimiva?</li> </ul>			
7.	Ovatko suunnitellut rakenneratkaisut testattuja/tunnettuja?			
8.	Onko eri rakennevaihtoehtojen lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta vertailtu?			
9.	Mikä on rakenteiden toleranssien ja muodonmuutosten merkitys?			
10.	<p>Millainen on rakenteiden ja rakenneosien tarkistettavuus/korjattavuus? Mitä huonompi huollettavuus, tarkistettavuus ja vaihdettavuus rakenteella on, sitä pitkäikäisempi ja kosteusvarmempi ratkaisu ja toteutusmalli tulee valita ottaen huomioon rakenteen tavoitekäyttökä.</p>			
11.	Millaiset ovat rakenteiden huoltotarpeet käytön aikana?			
12.	Onko suunnitelmissa esitetty rakenteiden yksityiskohdat, työvaiheiden kuvaukset ja toteutettavuus?			
13.	<p>Ovatko rakennusmateriaalit soveltuvia kohteeseensa?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– julkisivumateriaalit/komponentit</li> <li>– vaatimukset tärkeiden materiaaliominaisuuksien (vesihöyrynläpäisevyys, ilmanläpäisevyys, vedenpitävyys, sateenpitävyys, pakkankestävyys, kosteuskapasiteetti, kuivumiskyky, kapillaarisuus, pitkäaikaiskestävyys vaihtelevissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa, muodonmuutokset) suhteen</li> <li>– materiaalien sertifikaatit</li> <li>– käytettävissä olevat dokumentit</li> <li>– eri materiaalien vertailu</li> </ul>			

14.	Installaatioiden vaikutus? <ul style="list-style-type: none"> <li>- yhteistyötarve ja -alueet talotekniikan kanssa</li> <li>- tarve seurata sisäilman/rakenteiden kosteuksia</li> <li>- ilmanvaihdon ulkoilman ottoaukkojen sijainti ja suojaus mm. viistosadetta/lunta vastaan</li> <li>- installaatioiden vuotomahdollisuudet, liitokset</li> <li>- installaatioiden pintakondenssiriski</li> <li>- talotekniikan sijoitus rakenteisiin (kylmät/lämpimät tilat).</li> </ul>			
15.	Onko rakenneosien lämpö- ja kosteusteknisesti kriittisten tekijöiden arvioimiseksi laadittu toimintapiirroksia?			
16.	Onko tarvetta kosteustekniselle valvontajärjestelmälle? Mittauspisteet, mitä mitataan, anturityypit, kriittisten raja-arvojen määrittäminen valvontaa varten ja toimenpideohje.			
17.	Onko tarvetta lämpö- ja kosteusteknisille laskelmille, mikäli rakenneosien käyttö ja soveltuvuus eroaa tunnetusta esim. materiaalivalintojen, käyttöolosuhteiden, materiaalikombinaatioiden tai liittyvien rakenneosien suhteen?			
18.	Mitkä suunnitteluvaiheeseen sisältymättömät piirustukset ja muut suunnitelmat tulee sisältyä seuraavaan suunnitteluvaiheeseen? (L1→L2, L2→toteutus suunnitelmat)			
19.	Onko tarvetta automaattisille valvontajärjestelmille, esim. pumppaamoiden ja puhaltimien yhteydessä?			

Lähde: Lehtinen, T. ja Viljanen, M. Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen suunnittelu. TKK Talonrakennustekniikan laboratorion julkaisu 119. Espoo 2001. 30 s.

### Liite 3. Eräitä kosteuden, homeen ja lahon mittaus- ja määrittämenetelmiä.

**Taulukko L1.2.** Eräitä kosteuden, homeen ja lahon mittaus- ja määrittämenetelmiä.

Ongelma	Menetelmä ja periaate	Edut	Vaatimukset ja haitat
Kosteus	Puun kosteus, sähkön vastukseen perustuva	Nopea, kalibroituavissa, ulottuvuus hyvä (eristetyt anturit)	Paikallinen, osittain rikkova. Elektrolyytit muuttavat tulosta. Mittaajan ammattitaito
Kosteus	Materiaalin kosteus, kapasitiivinen kosteuden osoitin	Nopea ja helppo, ei rikkova. Laaja-alainen, mittaa pinnalta	Tulos ei ole yleensä tarkka. Tulkinta epävarmaa (mittauskohta), ammattitaito
Kosteus	Punnitus-kuivaus-menetelmä	Tarkka oikein tehtynä	Vaatii näytteen ja huolellisen pakkaamisen. Vaaka ja uuni
Kosteus	Suhteellinen kosteus (RH) ja lämpötila (hygrometri)	Monille materiaaleille sopiva. Voidaan laskea kosteussisältö	Osittain rikkova, vaatii kalibroinnin, mittaajan ammattitaito. Mitta-anturit herkkiä voittumaan
Home (mikrobit)	Ilma-analyysi, Andersen-näytekeräin	Tarkka oikein käytettynä. Antaa mittaustulokset (cfu, pmy/m <sup>3</sup> )	Vaatii näyte-analyysin ja asiantuntemusta. Rajoittuu ilman laatuun
Home (mikrobit)	Ilma-analyysi, maljalle keräys	Helppo käyttää	Tulos vain suuntaa-antava, lajintuntemus antaa lisätietoa
Home (mikrobit)	Pintanäyte teipille tai kasvuvalustalle, viljelyyn	Helppo käyttö, sivelynäytteet nopeasti tutkimuksiin	Suuntaa-antava, viljely tarkempi, vaatii laitteet ja lajintuntemusta
Home (mikrobit)	Materiaalinäyte, viljely	Antaa suhteellisen tarkan tuloksen (cfu, pmy/g)	Vaatii näytteen ja viljelyvälineet ja homelajiston tuntemusta
Home (mikrobit)	Materiaalinäyte, elektronimikroskooppi	Paikallisesti tarkka	Vaatii näytteen sekä toimivan laitteiston. Näyte paikallinen
Home (mikrobit)	Ilma-, sively- materiaalinäytteet, PCR-menetelmät	Nopea, tarkka, tunnistaa kuolleet ja elävät itiöt	Voidaan käyttää korjauksen onnistumisen arviointiin
Home / laho	Materiaalinäyte, valomikroskopianalyysi	Paikallisesti tarkka, home- ja laho sekä vaurioaste selville	Vaatii mikroskooppitekniikan ja lajiston tuntemuksen
Laho	Materiaalinäyte, viljely	Saadaan eristetyksi sienilaji	Homesienet sotkevat analyysia -> tulkintavirheet, laboratoriotyö
Laho	Piikkikoestus, porat, kovuuden mittaus	Nopea, antaa kuvan lujuudesta. Paikallinen avaus	Suuntaa-antava, kosteus vaikuttaa. Näyte paikallinen
Hajut	Sisäilma-analytiikka, VOC ja MVOC analytiikka	Voidaan tunnistaa laaja kirjo yhdisteitä	Vaatii laboratorion ja hyvän asiantuntemuksen, virhelähteet
Hajut	Home/lahokoirat	Koiran vainu tarkka, mutta luotettavuus vaihtelee	Vaatii koiran reaktioiden ja ongelmien asiantuntemuksen
Toksiinit	Ilmanäyte ilmankerääjällä tai pölynäyte materiaalien pinoilta	Pölynäytteen toksiinipitoisuuksien määrittäminen sekä vaikutukset soluviljelmissä	Näytteiden keruu sisäilmasta tehtävä huolellisesti. Analyysi edellyttää erityislaitteita ja osaamista.