

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

RAKENNUSHANKKEEN KOSTEUDENHALLINTA

TEKIJÄ Tomi Partanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Tomi Partanen	
Työn nimi Rakennushankkeen kosteudenhallinta	
Päiväys 24.4.2023	Sivumäärä/Liitteet 46
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) SSA Rakennus oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön aiheena oli rakennushankkeen kosteudenhallinta. Työssä käsiteltiin kosteudenhallintaa yleisesti rakennustyömaalla. Työn pääpaino kohdistui kosteudenhallintasuunnitelmaan, sen vaiheisiin sekä toteutukseen liittyviin koneisiin ja laitteisiin. Tavoitteena oli tehdä rakennushankkeen kosteudenhallinnasta työ, joka kertoo yleisesti kosteudenhallinnasta työmaalla ja antaa sen vaiheista lukijalle yleiskuvan aiheesta.</p> <p>Työssä kerrottiin rakentamiseen liittyvästä kosteudesta, esiteltiin kosteudenhallintaan liittyviä laitteita ja otteita asiakirjoista, joita on käytetty kerrostalotyömaalla. Työssä käytettävä aineisto kerättiin käytännön olosuhteista rakennustyömaalta sekä internetistä. Toimiessani kosteudenhallinnasta vastaavana henkilönä SSA Rakennus Oy:n asuinkerrostalokohteessa, laadin työmaakäyttöön mm. työssä esitetyn kosteushallintaraportti pohjan.</p> <p>Opinnäytetyöstä tuli selkeä kokonaisuus, joka selittää kosteudenhallinnan toimintamallin rakennushankkeessa. Työ on tehty käytännönläheiseksi ja sisältää runsaasti kuvia ja esimerkkejä. Jokainen rakennushanke on yksilöllinen ja myös rakennuksen kosteudenhallinta muuttuu kohteen myötä, vaikkakin peruspohja menettelyissä on sama. Työ on tarkoitettu kaikille rakennuksen kosteudenhallinnasta kiinnostuneille ja antaa tiiviin tietopaketin aiheesta.</p>	
Avainsanat Rakennushankkeen kosteudenhallinta, kosteudenhallintasuunnitelma, kosteudenhallintaselvitys	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author(s) Tomi Partanen	
Title of Thesis Moisture Control of a Building Site	
Date April 24, 2023	Pages/Appendices 46
Client Organisation /Partners SSA Rakennus oy	
<p>Abstract</p> <p>The topic of the thesis was the moisture management of construction projects. The goal was to make a general plan for the moisture management on construction sites and give the reader an overview of the topic. The main focus of the work was on the moisture management plan, its stages and the machines and equipment related to the implementation.</p> <p>The work discussed moisture related to construction, introduced the equipment related to moisture management as well as took extracts from documents that have been used on an apartment building site. The material used in the work was collected from a real construction site and from the internet. Also the moisture management template for construction site use prepared by the author was presented in the work.</p> <p>As a result was a clear entity that explains the operating model of moisture management in a construction project. The work is very practical and contains plenty of pictures and examples. Each construction project is individual and the building's moisture management also changes depending on the site. However, the basic procedures are the same. The work is intended for everyone interested in building humidity management and provides a concise information package on the subject.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Moisture control of the construction project, humidity control plan, humidity control report</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	7
2	RAKENNUSTYÖMAAN KOSTEUSLÄHTEET.....	8
2.1	Terminologiaa	8
2.2	Sadevesi.....	9
2.3	lumi, jää ja sulamisvesi	9
2.4	Rakennuspaikka ja maaperän kosteus.....	9
2.5	Ulko- ja sisäilmakosteus	10
2.6	Rakentamiseen liittyvät kosteuslähteet.....	10
2.7	Kosteuden siirtyminen.....	11
3	KOSTEUDENHALLINTA ENNEN RAKENTAMISTA	14
3.1	Rakennushankkeen kosteudenhallinta yleisesti.....	14
3.2	Kosteudenhallintaselvitys.....	15
4	KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA	16
4.1	Kosteudenhallintasuunnitelma yleisesti.....	16
4.2	Yleistiedot ja laatutavoitteet.....	16
4.3	Kosteusriskit	17
4.4	Kuivumisajat	22
4.5	Olosuhdehallinta ja kuivumisolosuhteet.....	27
4.6	Rakenteiden kuivatus.....	28
4.7	Eriyisohjeet	34
4.8	Valvonta ja mittaus	38
4.9	Rakenteiden kosteudenmittaus	41
5	POHDINTA	45
	LÄHTEET.....	46

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. (www.sisailmayhdistys.fi , kosteuslähteet)	10
Kuva 2. Kapillaarisen veden siirtymisen aiheuttama pinnoitteen irtoaminen alustasta /E. Kauriinvaaha, TKK talonrakennustekniikka lab./(www.sisailmayhdistys.fi terveelliset tilat) Kuva 3. Materiaalien diffuusiovastuslukuja (www.tiivistalo.fi).....	11
Taulukko 1. Materiaalien diffuusiovastuslukuja (www.tiivistalo.fi)	12
Taulukko 2. Materiaalinen sd-arvoja, diffuusiovastus (www.tiivistalo.fi)	12
Kuva 3. Kosteuskonvektio talvella, (www.tiivistalo.fi).....	13
Kuva 4. (www.kosteudenhallinta.fi , vaiheet)	14
Kuva 5. A-insinööri.fi	14
Kuva 6. (Riskilista, www.kuivaketju10.fi).....	15
Kuva 7. Kosteusriskien kartoittaminen (RIL 250-2011, 98)	17
Taulukko 3. Normaalimenettely, (www.kosteudenhallinta.fi)	19
Taulukko 4. Esimerkki työmaan kosteudenhallintasuunnitelman Riskiluettelosta, (SSA oy 2022).....	21
Taulukko 5. Esimerkki työmaan kosteudenhallintasuunnitelman riskinen kartoituksesta ja niitä koskevista toimenpiteistä, (SSA oy 2022).....	21
Kuva 8. Urakoitsija voi aloittaa aikataululaatimisen ajoitusmallilla, joka on suuntaa- antava. Malli havainnollistaa mm. kuivumisaikoja, (www.Ajoitusmalli.mittaviiva.fi).....	22
Kuva 9. (www.Kosteudenhallinta.fi , kuivatus)	23
Kuva 10. Maksullisen kuivumis- arvio ohjelmiston hinnoittelu, (www.betoniyhdistys.fi)	23
Kuva 11. Kuva maksullisen kuivumis- arvio ohjelmiston manuaalista, (www.betoniyhdistys.fi).....	24
Kuva 12. Excel pohjainen ilmaisohjelma, (www.paloniitty.fi)	24
Taulukko 6. Kuivumisaikakaavio. (Merikallio, 2002, 4.1).....	25
Taulukko 7. Esimerkki työmaan kosteudenhallintasuunnitelman Rakenteiden kuivumisaika-arviot/päällystämisen, (SSA oy 2022.)	26
Kuva 13. Eri materiaalien varastointiolosuhteet voivat poiketa toisistaan suuresti, (Ratu S-1232)	27
Kuva 14. Edullinen lämpötila/kosteusmittari, (www.puuilo.fi , lämpömittarit).....	28
Kuva 15. Dataloggerit, (www.aimtec.fi)	28
Kuva 16. Vesikiertoisella lattialämmityksellä voidaan lämmittää rakennetta betonoinnin jälkeen, mikäli rakennus on kytketty kaukolämpöverkkoon. Lattialämmitysputkien valokuvaus auttaa porareikämittaaja arvioimaan porauspaikan, jolloin vältetään vesiputkeen poraukselta, (työmaakuva T. Partanen, SSA rakennus oy)	29
Taulukko 8. Ilmankosteus, (www.tekeville.fi)	30
Kuva 17. Konvektiokuivaus toimii parhaiten talvikuukausina. (Kuivauksen suunnittelu ja toteutus. www.kosteudenhallinta.fi).....	31
Kuva 18. Vesikiertoisella lämpöpuhaltimella saadaan lämmitettyä suuria aloja kustannus tehokkaasti, (www.ramirent.fi)	31
Kuva 19. Diesel lämmitin, www.hylte.fi	32

Kuva 20. Sähkökäyttöinen lämpöpuhallin, www.macekauppa.fi	32
Kuva 21. Suljettu järjestelmä toimii kesäkuukausina, (Kuivauksen suunnittelu ja toteutus. www.kosteudenhallinta.fi).....	33
Kuva 22. Siirrettävä ilmankuivain vesisäiliöllä, (www.vuokraamo247.fi)	33
Kuva 23. Märkätilan vedeneristystyö, (www.omataloyhtiö.fi/artikkeli/3150/kiilto_vedeneristys.htm)	34
Kuva 24. Parvekkeen vedeneristys bitumilla, (www.rakentaja.fi/tv/e766parvekkeen_vedeneristys.aspx)	35
Kuva 25. (www.kosteudenhallinta.fi/pihakannet_ja_terassit)	36
Kuva 26. Vesi-imureilla voidaan poistaa vettä koko rakentamisvaiheen ajan. (www.selg.fi/tuote/vesi-imuri)	37
Taulukko 9. Rakennustyömailla on kosteudenhallintaan liittyvien tarkastuksen lisäksi lukuisia muita tarkastuksia. (Malli tarkkuustasosta, A-Ins.).....	40
Taulukko 10. Esimerkki kosteusmittausliikkeen tekemästä koostetaulukosta. Mittaukset on tehty poramittauksella. Mittaushetkellä vielä kosteiden rakenteiden kuivatusta tehostetaan, kunnes rakenteet ovat kuivia. Päälysteasennuksia ei aloiteta, ennen kuin uudelleenmittauksissa rakenteet todetaan kuiviksi. (SSA oy 2022.)	41
Taulukko 11. Esimerkki kosteudenhallintaraportista. Työmaan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö tekee koonnit työmaan valvojalle, joka toimii kosteudenhallintakoordinaattorina. (Tomi Partanen, SSA oy 2022.).....	41
Taulukko 12. Esimerkki kosteudenhallintaraportista. Valvojalle toimitettavasta koosteesta voidaan seurata työmaan tilannetta kosteudenhallinnan näkökulmasta. (Tomi Partanen, SSA Rakennus oy 2022) ..	42
Taulukko 13. Esimerkki kosteudenhallintaraportista. Kosteudenhallintaraportin sisältö muuttuu työmaan edetessä ja seuraa sen hetkisiä kosteuskriittisiä tilanteita. (Tomi Partanen, SSA Rakennus oy 2022.)	42
Kuva 28. Pintakosteusmittarien mittaustuloksiin voivat vaikuttaa esim. raudoitusteräukset, jolloin mittaustulos on harhaanjohtava. (Pintakosteusmittari www.staypro.fi)	43
Kuva 29. Pintakosteusmittarit voivat olla ulkoisesti hyvin erilaisia, (Pintakosteusmittari www.staypro.fi).....	43
Kuva 30. Porareikämittari ja antureita. (www.vaisala.com)	44
Kuva 31. Porareikämittaustulosten perusteella voidaan betonille antaa hyväksyttävä päällystyslupa. (Betonin kosteuden mittaaminen porareikämittauksella, www.Vertia.fi)	44

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on olla informatiivinen katsaus rakennushankkeen kosteudenhallinnasta ja sen vaiheista yleisellä tasolla. Aihe valittiin, koska olin toiminut kosteudenhallinnasta vastaavana henkilönä rakennusliikkeen puolelta. Olen käynyt kosteudenhallintakoordinaattorin opinnot Metropolian ammattikorkeakoulussa 2021, opintojen laajuus oli 10 opintopistettä. Koulutuksen jälkeen aiheesta piti tehdä seminaarityö, josta aineistoa kerättiin työmaalta. Seminaarin jälkeen on mahdollista hakea koordinaattorin FISE pätevyys erillisellä tentillä.

Rakennushankkeen kosteudenhallinta on tärkeä osa tervettä rakentamiskulttuuria, jonka painoarvoa rakennushankkeessa ei voi väheksyä. Ensimmäisenä käsitellään kosteuden peruskäsitteitä, mitkä ovat rakennusta rasittavat kosteuslähteet. Toisena käsitellään rakennushankkeen kosteudenhallintaa ja kosteudenhallintasuunnitelmaa yleisesti. Kolmantena käsitellään kosteudenhallintasuunnitelmaa sen sisältöä sekä koneita ja laitteita tähän liittyen.

2 RAKENNUSTYÖMAAN KOSTEUSLÄHTEET

2.1 Terminologiaa

RH%	Suhteellinen kosteus. Mittaa ilmassa olevan vesihöyryn pitoisuutta. Termiä käytetään rakenteiden kosteudenmittaamisessa, työmaan ilman kosteuden mittaamisessa sekä päällysteiden asennusten ohjearvolukuina koskien alustan kosteutta.
Konvektio	Lämmön kulkeutumista kaasussa tai nesteessä lämmön tai paine erojen aiheuttamien virtausten mukana. Aiheutuu lämpötila eroista eri rakenneosien välillä.
Diffuusio	Ilmiö, jossa molekyylit pyrkivät siirtymään vahvemmassa pitoisuudesta laimeampaan tasoittaen mahdolliset pitoisuuserot ajan kanssa.
Logger	Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittalaite, jolla seurataan tilan olosuhteita.
Kosteudenhallinta koordinaattori	Rakennushankkeen kosteudenhallinnasta vastaava henkilö, joka ohjaa ja valvoo kosteudenhallinnan toteutusta rakennushankkeen eri vaiheissa. Yleensä tilaajan puolelta valvoja tai erikseen tehtävään nimetty henkilö.
Kosteudenhallista vastaava henkilö	Rakennusliikkeen puolelta tilaajan hyväksymä henkilö, joka yhdessä työmaamestarin, vastaavan työnjohtajan ja koordinaattorin kanssa hoitaa hankkeen kosteudenhallintaa.
Kapillaarisuus	Aineen kyky imeä ja siirtää kosteutta itseensä ollessaan kosketuksissa veteen.
Riskilista	Yleisimmistä riskeistä koottu riskilista, jonka avulla pyritään vähentämään rakennukseen kohdistuvia kosteudesta aiheutuvia vahinkoja. Riskilista on osa kosteudenhallintasuunnitelmaa.
Kuivaketju10	Toimintamalli, jolla pyritään välttämään kosteusvauriot koko rakennushankkeen aikana.
Ilmansulku	Rakenne, joka estää haitallisen ilmavirran kulkemisen rakenteen läpi. Pienentää konvektiolla siirtyvää kosteutta.
Höyrynsulku	Rakenne, joka estää vesihöyryn kulkemisen rakenteiden läpi. Pienentää Diffuusion ja konvektion aiheuttamaa rakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta.

2.2 Sadevesi

Sateiden määrä vaihtelee huomattavasti riippuen vuodenajoista. Sateisimpia kuukausia ovat kesä, heinä ja elokuu. Tällöin myös ilman lämpötila ja ilman kosteus ovat korkeimmillaan. Heinäkuussa Suomessa sataa keskimäärin 75 mm ja huhtikuussa vähäsateisimpana aikana 31 mm. Keväällä ja syksyllä esiintyy tyypillisesti enemmän kuin kesällä, mutta kesäsäteet ovat runsaampia ja kuurottaisia. (Ilmatieteenlaitos [www-sivut](#) 2023)

Tuuli vaikuttaa yhdessä sateen kanssa olennaisesti veden kulkuun. Rannikoilla, vesistöjen lähistöllä ja korkeilla paikoilla, voi voimakas tuuli yhdessä sateen kanssa aiheuttaa veden siirtymistä jopa ylöspäin. Myrskyssä tuulenpaine voi helposti työntää viistosateen esim. ulkoseinän muurauksen saumoista tuuletusrakoon. Tällöin vapaa vesi voi virrata tuulensuojaa vasten ja aiheuttaa näin suurta kosteusrasitusta rakenteelle.

2.3 Lumi, jää ja sulamisvesi

Talvisaikaan lumi ja jää voivat kertyä rakenteisiin esim. ontelolaattojen onteloihin. Vaikka ontelolaattojen reiät olisi tulpattu voi tuiskulumi päästä onteloiden sisään pienistäkin reistä. Kun rakennuksen runko nousee ja lämpöä saadaan rakennukseen alkaa ontelolaatoissa oleva lumi ja jää sulaa. Ontelolaattoihin tulisikin porata alhaalta päin reikiä, jolloin vesi saadaan poistettu onteloista. Sulaneesta lumesta ja jäädästä voi kertyä onteloihin jopa satoja litroja vettä.

2.4 Rakennuspaikka ja maaperän kosteus

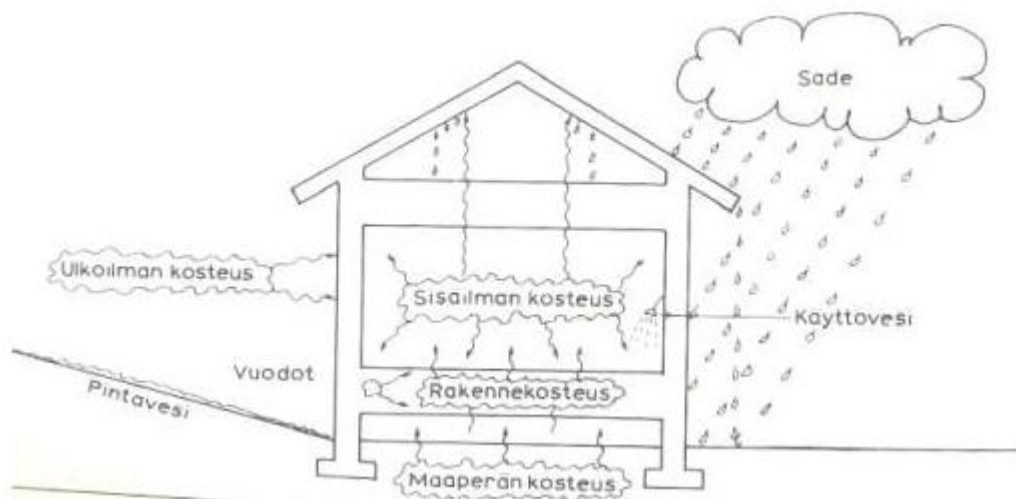
Maaperän kosteus on rakennuksia rasittavista tekijöistä pitkäkestoisin. Kun rakennuksen sijoitusta tontille suunnitellaan, on maaperän aiheuttamat kosteusrasitukset sekä rakennuspaikan kosteusolot otettava huomioon. Tärkeitä asioida huomioida ovat pohjaveden korkeus, orsivesi, salaojitusjärjestelmät pohjatöissä käytettävät maalajit. Maaperän kosteus tulee aina huomioida maanvastaisia rakenteita suunniteltaessa. Eri maalajeilla on omat kapillaariset ominaisuutensa, jotka pitää tiedostaa kosteuden siirtymisen ehkäisemiseksi. Ongelmallisia tilanteita aiheuttavat tapaukset esimerkiksi rinne-eratkaisut, joissa lattiapinta on alempana kuin ulkopuolinen maanpinta. (RIL 250-2020, 99, [www.sisäilmayhdistys.fi](#), kosteuslähteet)

2.5 Ulko- ja sisäilmakosteus

Ulkoilman suhteellinen kosteus vaihtelee vuodenaikojen ja ilman lämpötilan mukaa. Lämmin ilma sitoo enemmän vesihöyryä kuin kylmä ilma. Rakentamisessa tätä voidaan hyödyntää rakenteiden kuivaamisessa. Talvella rakennustyömaata voidaan lämmittää päivä ja yöaikaan, jolloin esim. lattiavaluissa oleva kosteus siirtyy lämpimään ilmaan. Aamulla rakennus tuuletetaan, jolloin kuiva kylmä ilma virtaa sisälle ja poistaa kostean ilman. Tuuletuksen jälkeen lämpötila nousee ja lämmin ilma pystyy taas sitomaan lisää vesihöyryä itseensä ja tuuletuskierto jatkuu. Sisäilman suhteellinen kosteus vaihtelee ulkoilman kosteuden mukaan ja seuraa pääosin ulkoilman suhteellisen kosteuden vaihteluita. (RIL-250-2020, 102-103)

2.6 Rakentamiseen liittyvät kosteuslähteet

Rakennekosteudella tarkoitetaan vesimäärää, joka rakenteista pitää poistua rakenteen kosteustasapainon saavuttamiseksi ympäristönsä kanssa. Rakennekosteusmäärät vaihtelevat materiaalin valmistusprosessista ja varastoinnista riippuen. Osaan materiaaleista jää valmistusprosessissa paljon kosteutta esimerkiksi betoni ja kevytbetoni. Poltettu tiili taas sisältää vähän kosteutta valmistuksen jälkeen, mutta puutteellisessa varastoinnissa veden kanssa kosketuksissa sen sisältämä vesimäärä voi olla todella suuri. Rakennekosteus aiheuttaa rakenne vaurioita, jos se ei pääse hallitusti pois rakenteista. Esimerkiksi liian märkänä päällystetty lattiavalu voi vaurioittaa päällystettä, kosteuden poistussa betonista. (www.sisäilmayhdistys.fi, kosteuslähteet) Kuvassa (kuva 1.) rakentamiseen liittyvät kosteuslähteet.



Kuva 1. Rakentamiseen liittyvät kosteuslähteet. (www.sisäilmayhdistys.fi, kosteuslähteet)

2.7 Kosteuden siirtyminen

Kosteus voi siirtyä painovoimaisesti, veden kapillaarisena siirtymisenä, vesihöyryn diffuusiolla ja kosteuskonvektiona vesihöyryn ja veden siirtymisellä ilmavirtausten mukana. Kosteuden siirtyminen voi pahimmillaan vaurioittaa rakenteita, mutta toisaalta se on luonnollinen osa rakennuksen mm. rakennuksen vedenpoistoa.

Veden painovoimainen siirtyminen

Veden painovoimaisessa siirtymisessä veden kulkusuunta on alaspäin painovoiman mukaisesti. Kerrostaloissa esimerkkejä veden painovoimaisesta siirtymisestä ovat mm. viemärit, sadevesijärjestelmien kourut ja syöksyputket, sekä kaltevat kattorakenteet. Painovoimaista siirtymää tapahtuu myös mm. salaojaputkissa ja sepelissä. Vaikka sepeli olisi itsessään vettä imevä ovat sepelin kapillaariset voimat heikompia, kuin painovoiman vaikutus. Veden siirtymisellä painovoimaisesti on myös negatiivisia puolia. Ongelmakohtia voivat aiheuttaa esimerkiksi vesikaton läpiviennit, joiden huono tiivistys voi aiheuttaa veden pääsyn rakenteisiin. (www.sisäilmayhdistys.fi, kosteuden siirtyminen)

Veden kapillaarinen siirtyminen

Veden kapillaarisessa siirtymisessä vesi siirtyy materiaalissa pintajännitysvoiman aiheuttaman huokosalipaineen vaikutuksesta materiaalin ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen. Kapillaarisessa siirtymisessä huokosalipaine vaikuttaa kaikkiin suuntiin. Tällöin myös vesi voi siirtyä kapillaarisesti kaikkiin suuntiin. Kun huokosalipaine ja maan vetovoima ovat tasapainossa materiaali on saavuttanut kapillaarisen kosteustasapainon. Esimerkkeinä kapillaariseen veden siirtymiseen on kuivan taulusienen laittaminen pystyyn vesilautaselle. Taulusieni kastuu ylöspäin, kun vesi siirtyy sienessä kapillaarisesti. Toisaalta taas kapillaarisepeli estää veden nousun ylöspäin muodostaen kapillaarikatkon sokkelin ulkopuolella. Eri materiaaleilla on erilaisia kykyjä siirtää kosteutta. Tiilen kapillaarinen vedentunkeutumiskerroin on n. 10 kertaa suurempi kuin betonilla, jonka vesisementtisuhde on 0.3. (www.sisäilmayhdistys.fi, kosteuden siirtyminen) Kuvassa (kuva 2.) kapillaarisen veden siirtymän aiheuttama pinnoitteen irtoaminen alustasta.



Kuva 2. Kapillaarisen veden siirtymisen aiheuttama pinnoitteen irtoaminen alustasta. (/E. Kauriinvaha, TKK talonrakennustekniikka lab./www.sisäilmayhdistys.fi terveelliset tilat)

Vesihöyryn siirtyminen diffuusiolla

Vesihöyry siirtyy suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään. Diffuusiovirtauksen voimakkuuteen vaikuttaa vesihöyrypitoisuuseron suuruus. Mitä suurempi ero sitä voimakkaampi diffuusiovirtaus on. Useimmiten diffuusion suunta on rakennuksen sisältä ulospäin, koska sisäilmassa on yleisesti enemmän kosteutta kuin ulkoilmassa. Diffuusiovirtaukseen vaikuttaa myös rakenteen vesihöyryläpäisevyys. Vesihöyryläpäisevyys on materiaalikohtaista. Taulukoissa (taulukko 1 ja 2.) on esitetty eri materiaalien diffuusiovastuslukuja. Diffuusiossa, voi rakennuksen sisäpuolelta päästä vesihöyryä enemmän rakenteeseen, kuin rakenteesta voi päästä pois. Kylmänä vuodenaikana rakenteeseen voi tiivistyä haitallinen määrä kosteutta. Diffuusiota pyritään estämään asentamalla rakennuksen kostealle puolelle höyrysulku. (Siikanen 2014, 70, www.sisäilmayhdistys.fi, kosteuden siirtyminen)

Taulukko 1. Materiaalien diffuusiovastusluvusta. (www.tiivistalo.fi)

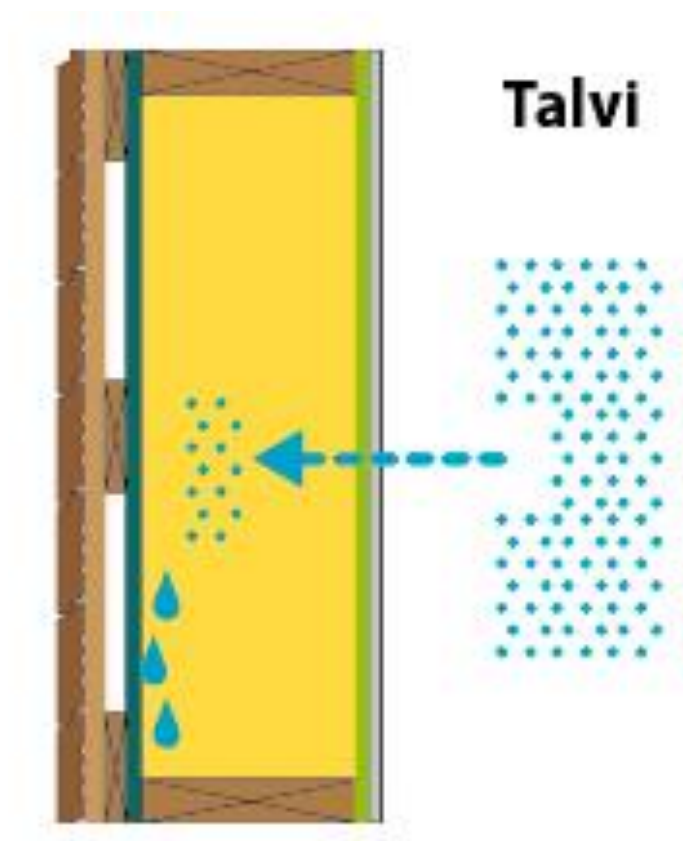
Materiaalien diffuusiovastuslukuja ($\mu\text{H}_2\text{O}$)	
Mineraalivillat	n. 2
Puukuitulevyt	n. 5
Polyuretaani	n. 20
Tuulensuojakankaat	n. 20
PU eristeet	n. 50
Betoni	n. 100
Aluskatekankaat	n. 200
Maalit	n. 500
Vesieristepinnoitteet	n. 1.000
Höyrynsulkupaperit	n. 10.000
Höyrynsulkukankaat	n. 50.000
PE-höyrynsulkukalvot	n. 250.000
PE-kelmut	n. 1.000.000

Taulukko 2. Taulukko materiaalin sd-arvoista ja diffuusiovastuksista. (www.tiivistalo.fi)

Materiaalien diffuusiovastuksia (H_2O)		
Materiaali	Paksuus	sd
Mineraalivillat	200 mm	n. 0,5
Puukuitulevyt	12 mm	n. 0,06
Polyuretaani	10 mm	n. 0,2
Tuulensuojakankaat	0,4 mm	n. 0,01
PU-eristeet	120 mm	n. 6
Betoni	20 mm	n. 2
Aluskatekankaat	0,4 mm	n. 0,08
Maalit	0,15 mm	n. 0,075
Vesieristepinnoitteet	2 mm	n. 2
Höyrynsulkupaperit	0,2 mm	n. 2
Höyrynsulkukankaat	0,2 mm	n. 10
PE-höyrynsulkukalvot	0,2 mm	n. 50
PE-kelmut	0,02 mm	n. 200

Kosteuskonvektio, vesihöyryn ja veden siirtyminen ilmavirtausten mukana

Vesihöyry on näkymätön ilman osakaasu. Vesi on tiivistynyttä vesihöyryä, joka ilman epäpuhtauksien kanssa muodostaa pieniä vesipisaroita. Kylminä ajanjaksoina, kun kosteaa sisäilmaa virtaa rakenteisiin voi ilman sisältämä kosteus alkaa tiivistyä rakenteisiin. Ongelma kohdistuu yleensä yläpohjarakenteisiin, koska rakennuksen yläosa on ylipaineinen. Ylipaineinen kostea ilma pyrkii työntämään ilmaa ulospäin. Ilmanvaihdolla voidaan vaikuttaa konvektioon. Rakennus pitäisi tasapainottaa ilmanvaihdolla siten, ettei liiallista ylipainetta olisi. Konvektion vaikutuksesta voi siirtyä moninkertainen määrä kosteutta verrattuna diffuusioon. Kuvassa (kuva 3.) on esitetty kosteuskonvektiota talvella, puurakenteessa. Konvektiota voidaan vähentää oikein säädetyllä ilmanvaihdolla sekä riittävän tiiviillä ilman ja höyryn suluilla. (Siikanen 2014, 34 -38, www.sisailmayhdistys.fi, kosteuden siirtyminen)



Kuva 3. Kosteuskonvektio talvella. (www.tiivistalo.fi)

3 KOSTEUDENHALLINTA ENNEN RAKENTAMISTA

3.1 Rakennushankkeen kosteudenhallinta yleisesti

Kosteudenhallinta koskee rakennushankkeen koko elinkaarta. Kosteusvaikutuksien huomiointi aloitetaan jo hankesuunnittelussa ja sitä jatketaan rakennuksen käyttöönottoon saakka. Kosteudenhallinta jatkuu myös käytön aikana. Käyttöönoton jälkeiselle ajalle laaditaan huolto- ja ohjekirjat, jotka luovutetaan valmiin rakennuksen omistajille. Tyypillisesti asuinrakennuksessa käyttöönoton jälkeistä huoltoa ja kosteudenhallinnan tarkkailua hoitaa siihen erikseen palkattu huoltoyhtiö. Näihin töihin lukeutuu mm. lumikinostumien poisto ulkoseinäalueilta ja vesikatolta, sadevesijärjestelmien puhdistus ja huolto. Kuvat (kuva 4 ja 5.) esittävät kosteudenhallinnan prosesseja kahdella eri tavalla.



Kuva 4. Kosteudenhallinnan vaiheet. (www.kosteudenhallinta.fi, vaiheet)



Kosteudenhallinta pitää huomioida rakennushankkeen kaikissa vaiheissa.

Kuva 5. Kosteudenhallinnan vaiheet. (www.A-insinörit.fi)

3.2 Kosteudenhallintaselvitys

Kosteudenhallintasuunnitelmasta kerrotaan ympäristöministeriön asetuksissa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Rakennushankkeen kosteudenhallinta, 12 §. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatiminen ja sisältö.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen sekä kosteudenhallinnan henkilöresurssit. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä myös tieto hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä, (www.ym.fi/-/uusi-asetus-edellyttaa-rakennushankkeelta-kosteudenhallintaselvitysta)

Kosteudenhallintaselvityksen tekeminen aloitetaan hankesuunnitteluvaiheessa ja täydennyksiä tehdään suunnitteluvaiheen aikana. Kosteudenhallintaselvitys on liitettävä rakennuslupahakemukseen ja se vaaditaan kaikissa luvanvaraisissa hankkeissa. Kosteudenhallintaselvityksessä rakennushankkeeseen ryhtyvä kertoo kohteen kosteudenhallinnan tasosta. Vaativissa hankkeissa, kuten uimahallit tulee selvityksen olla laajempi kuin riskitasoltaan alemmassa normaalissa hankkeessa. Kosteudenhallintaselvityksen laajuus riippuu hankkeen olosuhteista, kosteusriskistä, laadusta ja laajuudesta. (www.kosteudenhallinta.fi, kosteudenhallinta)

Kosteudenhallintaselvitys voi olla suppeampi, mikäli kohteessa käytetään tunnettua kosteudenhallintamenettelyä, kuten Kuivaketju 10. Kuivaketju 10 on kokonaisvaltainen toimintamalli, joka pyrkii estämään kosteusvaurioiden synnyn kaikissa rakennusprosessin vaiheissa. Järjestelmää ylläpitää Rakentamisen Laatu RALA ry ja palvelu on maksullinen. Kuivaketju 10 on monipuolinen ja kattava järjestelmä koko hankkeen ajaksi, (www.Kuivakeju10.fi) Kuvassa (kuva 6.) kuivaketjun riskilista. Jotkin rakennusliikkeet pitävät kuitenkin järjestelmän käyttöä työläänä. Lisäksi toimintamallin käyttö on maksullista. Näistä syistä rakennusliikkeet voivat tehdä itselleen toimintamallista kevennetyn version, joka kuitenkin seuraa kuivaketju10 mallia.

Kuivaketju10-riskilista:

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

Laajempi sisältö kortissa: Kuivaketju10-riskilista.

Kuva 6. (Riskilista, www.kuivaketju10.fi, tilaaminen)

4 KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA

4.1 Kosteudenhallintasuunnitelma yleisesti

Kosteudenhallintasuunnitelmalla pyritään pienentämään kosteusvaurioriskejä. Kosteudenhallintasuunnitelma tulee laatia jokaiselle uudisrakennustyömaalle. Suunnitelma tehdään yksilöidysti kullekin työmaalle. Kosteudenhallinnan toteutumista seurataan työmaakokouksissa. Tyypillisesti kosteudenhallintasuunnitelman tekee vastaava työnjohtaja tai esim. rakennusliikkeen toimistoinsinööri. Kosteudenhallintasuunnitelmaa voidaan käyttää rakennusaikana tarkastusasiakirjana, josta voidaan todeta, että eri työvaiheita koskevat kosteudenhallintaan liittyvät toimenpiteet on tehty. Yleensä työmaan valvoja toimii hankkeen kosteudenhallintakoordinaattorina ja tarkastaa rakennusliikkeen tekemän kosteudenhallinta suunnitelman. Lisäksi varmistetaan urakoitsijan kosteudenhallintaosaaminen. Kosteudenhallintasuunnitelmassa voi olla esimerkiksi viisi eri osiota.

4.2 Yleistiedot ja laatutavoitteet

Yleistiedoissa kerrotaan hankkeen perustiedot ja kohteen erityispiirteet. Kosteudenhallintaselvitys toimii lähtötietona työmaan kosteudenhallintasuunnitelmalle. Lisäksi yleistiedoissa esitetään vastuuhenkilöt ja ketkä vastaavat hankkeen kosteudenhallintatoimenpiteistä. Laatutavoitteissa kerrotaan sekä rakennuttajan, että urakoitsijan laatutavoitteet kohteen osalta. (www.kosteudenhallinta.fi)

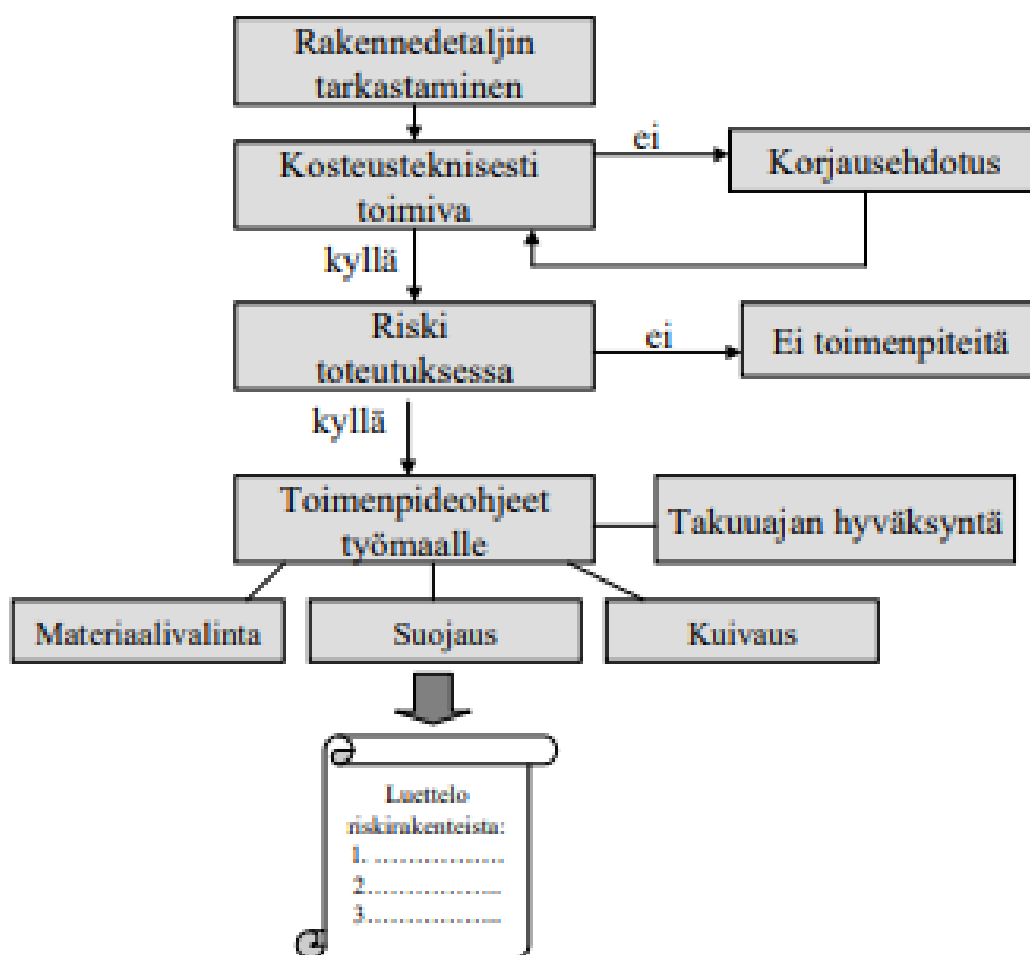
Rakennuttajan laatutavoitteita voivat olla esimerkiksi:

Elinkaarilaadun kriteerit

- Turvallisuus ja terveellisyys
Kosteudenhallinnalla turvataan rakennuksen terveellisyys ilman sisäilma ongelmia.
- Ekologisuus, energiatehokkuus
Tiiviillä rakentamisella taataan energiatehokkuus ja vältetään kosteuden diffuusion ja konvektion aiheuttamat kosteusvauriot.
- Esteettisyys
Kosteusrasituksille alttiit paikat päällystetään oikeilla materiaaleilla, julkisivuissa kiinnitetään huomiota veden ohjaukseen siten, etteivät ulkoverhousmateriaalit vaurioidu.
- Elinkaaritaloudellisuus, -lisäarvo
Rakennuksen huolto- ja kunnossapito suunnitellaan mahdollisimman selkeäksi ja helpoksi toteuttaa, jolloin kosteuden aiheuttamia vaurioita ei pääse syntymään.

4.3 Kosteusriskit

Kosteudenhallintasuunnitelman laatimisessa ensimmäisenä tarkastellaan rakennuksen erityispiirteet, rakennus- ja rakennesuunnitelmat. Tarkastelussa pohditaan, onko rakenteissa kosteuskriittisiä tuotteita, materiaaleja tai rakenteita ja selvitetään työmaatoteutuksessa mahdollisesti ilmeneviä kosteusteknisiä ongelmia. Rakennesuunnitelmien tarkastus on myös tärkeää. Tarkastuksessa voidaan todeta, pääseekö rakenteisiin tarpeettomasti kosteutta sekä se, miten ylimääräinen kosteus poistetaan rakenteista. Mikäli tarkastuksessa havaitaan huomattavia puutteita materiaalien tai rakenteiden osalta voidaan niistä esittää korvaavaa ratkaisua suunnittelijalle. Ylimääräisen kosteuden poisto tai sen ehkäisy voidaan toteuttaa esimerkiksi kuivaamalla tai rakenteita suojaamalla. Kuvassa (kuva 7.) on esitetty korjausriskien kartoittamisprosessia.



Kuva 7. Kosteusriskien kartoittaminen. (RIL 250-2011, 98)

Kosteusriskiluokan määrittäminen

Hankkeet voidaan jakaa kolmeen kosteusriskiluokkaan:

1. Kosteusriskiluokka R1

Tavanomaiset asuin-, liike-, ja toimistorakennukset.

Kosteudenhallinnassa on käytössä normaalimenettely, jossa käsitellään toimenpiteitä liittyen rakennuttamiseen ja projektinhallintaan, suunnitteluun, toteutukseen ja valvontaan sekä rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon.

2. Kosteusriskiluokka R2

Normaalia vaativammat asuin-, liike-, ja toimistorakennukset sekä koulut ja päiväkodit. Kosteudenhallinnassa käytetään normaalimenettelyä sekä tarvittaessa valitaan tehostettuja menettelytapoja.

3. Kosteusriskiluokka R3

Rakennukset, joilla on suuri kosteusrasitus tai jotka ovat muuten kosteudenhallinnan kannalta erityisen vaativia. Tällaisia rakennuksia ovat mm. uimahallit, kostutetut tilat sekä pakkasvarastot.

R3 luokan rakennuksissa käytetään kosteudenhallinnassa tehostettua menettelyä. (www.kosteudenhallinta.fi, kosteusriskiluokat)

Taulukossa (taulukko 3.) esitetään normaaliin menettelyyn kuuluvat toimenpiteet. Taulukoissa (4 ja 5.) on esimerkkejä normaalimenettelyn riskeistä, kosteusriskien kartoituksista ja toimenpiteistä, joita työmaalla toteutetaan. Jokaisen rakennushankkeen kohdalla laaditaan oma kosteudenhallintasuunnitelma, jossa hankkeen riskikohdat arvioidaan kulloisenkin työmaan mukaan.

Taulukko 3. Kosteudenhallinnan normaalimenettely. (www.kosteudenhallinta.fi, kosteudenhallinnan menettelyt ja toimenpiteet)

Kosteudenhallinnan normaaliin menettelyyn kuuluvat seuraavat toimenpiteet. Lähde: RIL 250-2011

Rakennuttaminen ja projektinhallinta	<ul style="list-style-type: none"> • rakennuttajan laatuun ja kosteudenhallintaan liittyvät vaatimukset ja tavoitteet on selkeästi määritelty ja dokumentoitu • laaditaan kosteusriskiarvio • rakennuksen ja rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kannalta tärkeät kohdat (kriittiset laatutekijät) on riskiarviossa tunnistettu • rakennesuunnittelija osallistuu kriittisten työvaiheiden aloituspalaveriin.
Suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> • suunnittelijoiden pätevyys ja hanke-/tehtäväkohtainen kelpoisuus kosteudenhallinta-asioissa on kunnossa • kosteudenhallintasuunnitelman laadinta alkaa suunnitteluvaiheessa ja täydentyy hankkeen aikana • vastaava rakennesuunnittelija varmistaa eri osapuolten laatimien rakennesuunnitelmien yhteensopivuuden myös rakennusfysikaalisen ominaisuuksien osalta • rakennus-, rakenne- ja talotekniset suunnitelmat ovat tehtävän luonteeseen nähden riittävän kattavat • rakennesuunnitelmien osalta noudatetaan suunnittelutasoa RF1 (perustaso) ja tarvittavassa laajuudessa RF2 (tarkennettu suunnittelu) hankkeen vaativuudesta riippuen (RF1 taso määritelty lopussa) • suunnittelijoilla on oma sisäinen laadunvarmistus- ja asiakirjojen tarkastusmenettely (tarvittaessa käytetään ulkopuolista tarkastusta) • hankkeen alussa on mm. rakennusvalvonnan ja tilaajan kanssa sovittu suunnitelmien tarkastusmenettelystä ja rakennusvalvontaan toimitettavan rakennesuunnittelun asiakirjojen laajuudesta.
Toteutus ja valvonta	<ul style="list-style-type: none"> • urakoitsijoilla ja tuotevalmistajilla on omat sisäiset laadunvarmistusmenettelyt • toteuttajien pätevyys on kunnossa • työmaajohto täydentää kosteudenhallintasuunnitelmaa työnaikaisten toimenpiteiden osalta (suojaus, rakenteiden kuivumisen hallinta) ja toimii sen mukaisesti • viranomaistarkastukset ja RakMK A 1 :ssä mainitut muut normaalit laadunvarmistustoimenpiteet suoritetaan asianmukaisesti • laaditaan käyttöä ja huoltoa koskevat ohjeet.
Ylläpito ja käyttö	<ul style="list-style-type: none"> • suoritetaan huolto-ohjeiden mukaiset tarkastukset, huoltotoimenpiteet ja korjaukset

KOSTEUDENHALLINNAN TEHOSTETTU MENETTELY (RIL250-2011)

Kosteudenhallinnan tehostetussa menettelyssä tehdään normaalien toimenpiteiden lisäksi

- Toimijoiden pätevyys varmistetaan (AA pätevyys)
 - Tekniset ratkaisut suunnitellaan ja toteutetaan huolella
 - Suunnitelmat tarkastetaan ulkopuolisella taholla
 - Työmaatoteutuksessa käytetään ulkopuolista laadunvarmistusta
 - Valmisosien valmistuksen laadunvarmistus varmistetaan
 - Työmaan kosteudenhallintaa tehostetaan
 - Käytönaikaista seurantaa ja huoltoa tehostetaan (tarkistusväli, kunnostusväli)
 - Tiedonkulkua tehostetaan
- (www.kosteudenhallinta.fi, kosteudenhallinnan menettelyt ja toimenpiteet)

HANKEKOHTAINEN RISKIEN MÄÄRITTELY

Kosteudenhallintasuunnitelmaan tyyppillisesti rakennusosittain kootut riskit.

PERUSTUKSET JA ALAPOHJAT

- Tuulettuvan alapohjan kosteusriskikohdat
- Salaojien kosteusriskikohdat
- Kellarin seinien kosteusriskikohdat

VÄLIPOHJAT

- Ontelolaattavälipohjat kosteusriskikohdat
- VSS-päällisten kosteusriskikohdat

YLÄPOHJAT JA VESIKATTO

- Tuulettuvan yläpohjan kosteusriskikohdat
- Huonosti tuulettuvan yläpohjan kosteusriskikohdat
- Tuulettumattoman rakenteen kosteusriskikohtia
- Käännetyn katon kosteusriskikohtia
- Kattoikkunoiden ja lasikattojen kosteusriskikohtia

ULKOSEINÄT

- Tiiliverhotun puurankaseinän kosteusriskikohdat
- Eristerapatun seinän kosteusriskikohdat
- Sisäpuolelta eristetyn massiivirakenteen kosteusriskikohdat
- Ikkunoiden kosteusriskikohdat

MÄRKÄTILAT

- Märkätilojen kosteusriskikohdat

(www.kosteudenhallinta.fi, rakenteiden yleisimpiä kosteusriskikohtia)

Taulukko 4. Esimerkki taulukko työmaan kosteudenhallintasuunnitelman Riskiluettelosta, (SSA oy 2022.)

1. Riskit		
Nro.	Huomioitavat kosteudenhallintaan liittyvät riskit	Päivämäärä ja kuittaus
1.	Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita <ul style="list-style-type: none"> - Maanpinta pitää kallistaa rakennuksesta pois päin. - Rakennuksessa tulee olla toimiva salaojitusjärjestelmä. - Pinta- ja sadevedet pitää ohjata pois rakennuksen viereltä myös poikkeustilanteissa. 	
2.	Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle <ul style="list-style-type: none"> - Runkovaiheessa elementtien sääsuojaukseen kiinnitettävä huomiota. - Julkisivupinnan taakse päässyt vesi pitää johtaa hallitusti pois seinärakenteesta. 	
3.	Rakennuksen yläpuolelta tuleva sadevesi kastelee runkoa <ul style="list-style-type: none"> - Sisävalmistusvaiheen työt alulle vasta vesikaton ollessa vesitiivis. - Ennen pinnoitusta ja rakenteiden ummistusta kosteusmittaukset. 	
4.	Kylpyhuone kololaattojen toteutus <ul style="list-style-type: none"> - Valitaan nopeasti kuivuva betonilaatu. - Betonivalujen ja suhteellisen kosteuden seuranta suoritetaan työmaalla - Pinnat hiotaan auki mahdollisimman nopeasti valun jälkeen 	
5.	Kuivien tilojen laatat eivät kuivu ajoissa pinnoituskelpoisiksi <ul style="list-style-type: none"> - Valitaan nopeasti kuivuva betonilaatu - Varmistetaan laatan kosteustaso mittauksilla ja mahdollinen kuivatus ajoissa. 	
6.	Vesivahingot valmiilla pinnoilla <ul style="list-style-type: none"> - Työmaalla vesi-imuri. Vesivahingon sattuessa aloitetaan kuivatustyöt mahdollisimman pian. Tarvittaessa avataan rakenteet ja kuivatetaan. Isoimmissa vahingoissa (pääsyt vettä rakenteisiin) tehdään kuivatussuunnitelma ja mitataan kosteudet ennen pinnoituksia. Pinnoitukset aloitetaan kun niihin saatu valvojan lupa. Laaditaan loppuraportti. 	

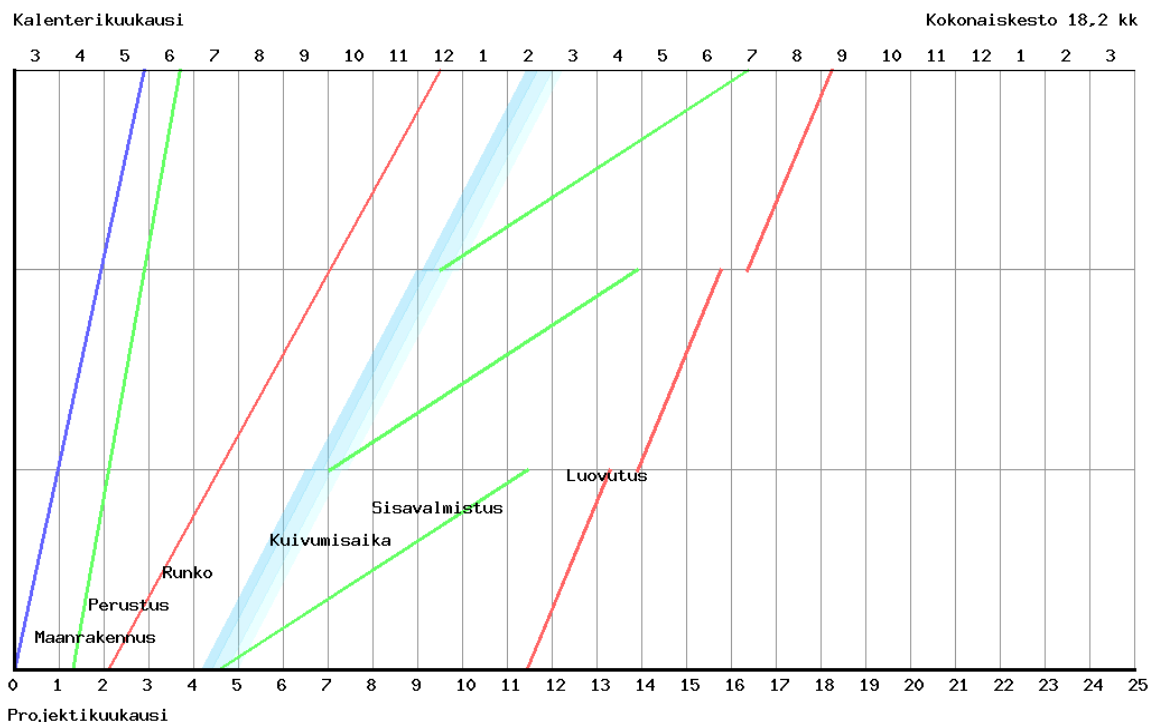
Taulukko 5. Esimerkki taulukko työmaan kosteudenhallintasuunnitelman riskinen kartoituksesta ja niitä koskevista toimenpiteistä. (SSA oy 2022.)

1. KOSTEUSRISKIEN KARTOITUS		
Nro	Työmaalla huomioitavat vaatimukset sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet	Päivämäärä ja kuittaus
1.1 Salaojat	<p>Huolehditaan, että salaojaputkien asennus on suunnitelmien mukainen. Laaditaan tarkekuvat.</p> <p>Salaojituskerros tehdään maa-aineksesta, joka läpäisee vettä ja jossa veden kapillaarinen nousu on vähäistä. Anturan läheisyydessä sekä maanvaraisen laatan alle tulee kapillaarisen vedennousun katkaisevaa maa-ainesta, esim. sepeli 6-30 mm.</p> <p>Salaojaputkea ympäröivän salaojituskerroksen tulee olla putken alla ja sivuilla vähintään 0,1 m ja päällä vähintään 0,2 m.</p> <p>Tarkastuskaivot puhdistetaan ennen rakennustöiden loppukatselmusta. Salaojaputkien toiminta tarkistetaan ja putkistot tarvittaessa puhdistetaan juoksuammalla niiden läpi vettä niin kauan, että vesi tulee ulos kirkkaana.</p>	
1.2 Perustus- rakenteet ja maanpaines einät	<p>Maata vasten olevien seinien ulkopintaan tulee patolevy ja sisäkuoren ulkopinta on bitumilla. Vedeneristystyössä kiinnitetään erityistä huomiota saumakohtien tiiviyteen ja koko eristeen eheyteen.</p>	
1.3 VSS Alapohja	<p>Maanvaraisen laatan alla tulee olla vähintään 300mm kapillaarikatkoepeli (6-30mm).</p> <p>Laatan alla tulee lisäksi olla kauttaaltaan lämmöneriste. Laatta irrotetaan seinärakenteesta solumuovikaistaleella.</p> <p>Rakennekosteuden on poistuttava riittävästi ennen lattian päällystämistä. Tämä varmistetaan poramittauksin tai vastaavin menetelmin.</p>	

4.4 Kuivumisajat

Kuivumisaika-arviot ovat tärkeitä mm. työmaan yleisaikataulun, tarkentavien aikataulujen, tilausten työmaan kokonaiskeston hahmottamisen kannalta. Arvioissa voidaan tarkastella rakenteiden kuivumista, asuinkerrostaloissa tämä koskee yleensä betonin kuivumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Elementtirakentamisessa yksi tahdistava työvaihe on yleensä pinalattioiden betonointi. Betonin kuivumiseen on olemassa suuntaa-antavia ohjeita ja arvioita, joita voidaan käyttää rakentamisaikataulujen laatimiseen. Tärkeimpänä hankkeen yleisaikataulu, jonka perusteella voidaan arvioida työmaan kesto, eri työvaiheiden aloitus ja päättymisajankohdat, niihin liittyvät tilaukset ja hankinnat sekä alurakoitsijoiden varaaminen työsuoritteisiin. Kuivumisaika-arviota tehtäessä yhteistyö LVIS-urakoitsijan kanssa on tärkeää, jotta voidaan hyödyntää rakennuksen lämmitystä, putkistoa ja sähköä kosteudenhallintatoimenpiteissä. (RIL 2011, 99-100).

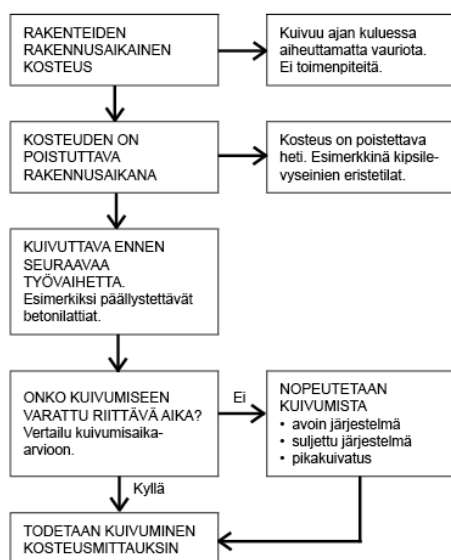
Kosteusherkille materiaaleille betonirakenteiden pitää kuivua päällysteelle asetetun kriittisen kosteusraja-arvon alapuolelle. Kriittisiä raja-arvoja on määritelty materiaalivalmistajien ohjeissa sekä SisäRYL2000 julkaisussa. Useimmiten alustan kosteusraja-arvot ovat tulella välillä 80-90 %. Betonin kuivumisen arviointiin on kehitetty ja kehitetään erilaisia laskureita. Osa laskureista on maksullisia ja osa ilmaisia excel pohjaisia laskureita. (www.kosteudenhallinta.fi, rakenteiden kuivumisaikarvioiden laatiminen) Koska työmaaolosuhteet vaikuttavat merkittävästi betonin kuivumiseen, alustava kuivumisarvio voidaan tehdä riittävällä tarkkuudella ilmaisohjelmaa tai taulukkoa käyttäen. Kuva 8.) ilmainen ajoitusmalli ohjelma, jonka avulla saadaan hankkeesta yleiskuva.



Kuva 8. Urakoitsija voi aloittaa aikataulu laatimisen ajoitusmallilla, joka on suuntaa-antava. Malli havainnollistaa mm. kuivumisaikoja. (www.Ajoitusmalli.mittaviiva.fi)

Rakennushankkeen kuivatus on huomioita kuivumisaikojen ja aikataulujen suunnittelussa.

Betonointien kuivumisaikoja voidaan arvioida maksuttomien tai maksullisten ohjelmien avulla. Betonin kuivumisaika-arvioita voidaan myös tehdä käsin laskentana. Kerrostalotuotantoa tekevillä rakennusliikkeillä on kokemukseen perustuvaa tietoa betonointien kuivumisista, joita voidaan hyödyntää yleisaikataulun laatimiseen. Kuvassa (kuva 9.) on esitetty rakenteen kuivaustarpeen arviointi prosessi. Kuvissa (kuvat 10 ja 11.) esitettävä maksullinen kuivumis- arvio ohjelmisto antaa kuivumisaikoista tarkempaa analyttistä tietoa betonin kuivumisesta. Ohjelmaa voidaan käyttää esimerkiksi normaalista asuinkerrostalotuotannosta poikkeavissa kohteissa. Toteutuksen olosuhteet vaikuttavat kuitenkin todellisiin kuivumisaikoihin niin suuresti, että rakennusliikkeen omaan kokemukseen pohjautuva tieto betonin kuivumisesta yhdessä yksinkertaisten ilmaislaskenta ohjelmien kanssa, mahdollistavat tarkkuudeltaan riittävän aikataulun laatimisen. Kuvassa (kuva 12.) yksinkertaisempi betonin kuivumis- arvio ohjelma. Betonin kuivumista voidaan arvioida myös käsin laskentana, joka voidaan tehdä mm. taulukossa (taulukko 6.) esitetyn kuivumisaikakaavion avulla. Betoni voidaan päällystää vasta, kun se on kuivunut tavoitekosteusarvoon. Betonin kosteus ilmoitetaan RH (%) lukuna. Esimerkiksi siveltävien vedeneristeiden asennus voidaan aloittaa, kun betonin on kosteusarvon RH 80-90 %. Eri materiaalivalmistajien tuotteissa on eroja ja päällystämisen raja-arvot tulee aina tarkistaa tuotekohtaisesti valmistajalta. Taulukossa (taulukko 7.) esitetään työmaan päällystämisen tavoitekosteuksia, ennen päällystämistä.



Kuvassa on esitetty rakenteen kuivaustarpeen arviointiprosessi.

Kuva 9. (www.Kosteudenhallinta.fi, kuivatus.)

Ohjelmiston hinnoittelu:	
1 käyttäjä	868 € / käyttäjä
2...5 käyttäjää	744 € / käyttäjä
6...10 käyttäjää	657 € / käyttäjä
11...15 käyttäjää	632 € / käyttäjä
16...25 käyttäjää	595 € / käyttäjä

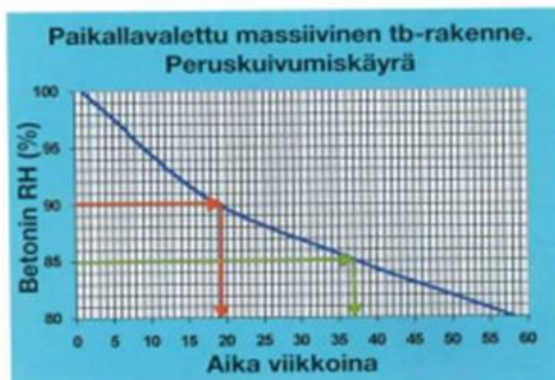
Kuva 10. Maksullisen kuivumis- arvio ohjelmiston hinnoittelu. (www.betoniyhdistys.fi)

Taulukko 6. Kuivumisaikakaavio. (Merikallio, 2002, 4.1)

3.3 Massiivinen teräsbetoni-laatta – välipohja/ väliseinä

Betonirakenteen kuivumisen arviointisyvyydet ovat kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa $0,2 \times$ rakenteen paksuus (d) ja yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa $0,4 \times$ rakenteen paksuus (d).

Laskentakaava:



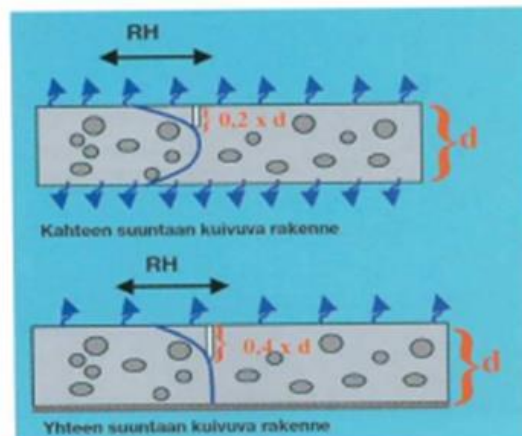
Esimerkki:

200 mm paksu välipohja, betoni K30 ($v/s=0,7$), kastunut yli 2 viikkoa, kuivatuksen alettua olosuhteet $25\text{ °C}/50\text{ \%RH}$. Tavoitekosteus 85 %
 \Rightarrow (perusaika 37 viikkoa) \times (v/s -kerroin 1,0) \times (paksuuskerroin 0,7) \times (kuivumissuuntakerroin 1,0) \times (olosuhdekerroin 0,7) \times (kastumiskerroin 1,5)
 $= 37 \times 1,0 \times 0,7 \times 1,0 \times 0,7 \times 1,5 = 27,2$
 $= 27$ viikkoa.

Esimerkki:

200 mm paksu välipohja, betoni NP30, $v/s=0,5$, kastunut yli 2 viikkoa, kuivatuksen alettua olosuhteet $25\text{ °C}/50\text{ \%RH}$. Tavoitekosteus 85 %
 \Rightarrow (perusaika 37 viikkoa) \times (v/s -kerroin 0,5) \times (paksuuskerroin 0,7) \times (kuivumissuuntakerroin 1,0) \times (olosuhdekerroin 0,7) \times (kastumiskerroin 1,2) \times
 $= 37 \times 0,5 \times 0,7 \times 1,0 \times 0,7 \times 1,2 \times 0,8$
 $= 10,9 = 11$ viikkoa.

Rakenne:



Kertoimet:

Vesisideainesuhte (v/s)	Kerroin
0,7	1,0
0,6	0,7
0,5	0,5
0,4	0,2

Rakenteen paksuus (mm)	Vesisideainesuhte (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
200	0,7	0,7	0,7	0,8
230	0,9	0,9	0,9	0,9
250	1,0	1,0	1,0	1,0
280	1,3	1,1	1,1	1,1
300	1,6	1,4	1,3	1,2

Kuivumissuunta	Vesisideainesuhte (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
Kahteen suuntaan	1,0	1,0	1,0	1,0
Yhteen suuntaan	3,2	2,6	2,3	2,0

RH (%)	Olosuhteet			
	Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

Kastuminen	Vesisideainesuhte			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Kuivassa kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	0,9	0,9	0,8
kastunut yli 2 viikkoa	1,1	1,2	1,3	1,5

Valettujen betonirakenteiden kuivumista voidaan nopeuttaa seuraavasti (Merikallio 2002,37)

- Käyttämällä mahdollisimman suuriraekokoista ja jäykkää massaa. Mitä pienempi runkoaineen maksimi raekoko on, sitä suurempi massan alkuperäinen vesimäärä on ja sitä hitaampaa myös kuivuminen.
- Käytetään nopeasti kuivuvia betonilaatuja. Betonoinnissa ja jälkihoidossa noudatettava valmistajan antamia ohjeita. Nopea kuivuminen perustuu yleensä normaalibetonia pienempään vesi sideainesuhteeseen (v/s) sekä massan huokostamiseen.
- Minimoidaan betonirakenteen kastuminen. Mitä myöhemmässä vaiheessa betonirakenne kastuu, sitä enemmän siihen imeytyy vettä.
- Poistetaan betonirakenteeseen päässyt vesi ja lumi mahdollisimman nopeasti mekaanisesti. (vesi-imurilla, lastalla, harjalla.)
- Luodaan rakenteen ympärille hyvät kuivumisolosuhteet. (vähintään +20 °C lämpötila ja alle 50 % RH.) Unohtamatta kuitenkaan huolellista jälkihoitoa, itse betonirakenteen lämpötilan nostaminen on tehokkain tapa nopeuttaa kuivumista.
- Pidetään rakenteen pinta puhtaana ja paljaana. Pinnan hionta, pölyn poisto, ei haihtumista estävien tavaroiden varastointia.
- Käytetään imubetoni menetelmää

Taulukko 7. Esimerkki työmaan kosteudenhallintasuunnitelman Rakenteiden kuivumisaika-arviot/päällystäminen. (SSA oy 2022.)

2. RAKENTEIDEN KUIVUMISAIKA-ARVIOT / PÄÄLLYSTÄMINEN				
Rakenne	Sijainti	Päällyste-materiaali	Tavoite-Kosteus RH (%)	Kuivumisaika-arviot ja toimenpiteet
AP1 +AP3	1 Krs	Lattiapintamateriaali suunnitelmien mukaan	<85%	Tasoiattelattia 15mm, Ontelolaatta 370mm tai 265,170mm eps eriste Lattiarakenteilla on aikataulun puitteissa hyvät mahdollisuudet kuivua tavoitekosteuteen, kun huolehditaan, että kohteessa on riittävästi lämpöä (n.20°C) ja riittävän alhainen sisäilman RH (n.50 %). Myös työnaikainen kuivanapito on oleellinen tavoitekosteuden saavuttamiseksi. max. 85 % syvyydellä A = 0,2 x d ja max. 75 % syvyydellä 0,4 x A (RYL 90 %)
AP2	1 krs.	Pintamateriaali suunnitelmien mukaan	< 90%	Teräsbetonilaatta 170 mm, Ontelolaatta 200mm,170mm eps eriste
AP5	VSS	Pintakäsittely ARK suunnitelmien mukaan		Kantava laatta 200 mm, alla lämmöneriste 200mm, alla routimaton täyttö > 300mm.

4.6 Rakenteiden kuivatus

Kerrostalotyömailla pyritään rakenteita kuivattamaan aikataulullisista ja kustannuksellisista syistä. Mitä nopeammin esimerkiksi lattiavalu kuivuu, sitä nopeammin se päästään pinnoittamaan. Rakennushankkeet pyritään viemään läpi ajallisesti nopeasti, tilaajan sekä rakennusliikkeen puolelta, mahdollisimman suuren taloudellisten hyödyn saavuttamiseksi.

Materiaalit kuivuvat, mikäli niitä ympäröivä ilma on kuivempi kuin materiaali. Työmaalle pyritään luomaan olosuhteet, joissa esimerkiksi pintalattiabetonoinnin kuivuvat mahdollisimman nopeasti. Olosuhteiden tarkkailua voidaan tehdä edullisesti sijoittamalla digitaalisia lämpötila/kosteusmittareita rakennuksen eri osiin (kuva 14.) Päivittäisillä tarkastuskierroksilla voidaan ilman lämpötilan ja kosteuden maksiarvot kirjata ylös. Tarkempaan analyttiseen ilman olosuhdetarkkailuun voidaan käyttää loggereita, jotka lähettävät tietoa suoraan työmaalta päätelaitteeseen ja tietokoneelle (kuva 15.) Loggereiden käyttö on kalliimpaa, mutta käyttö säästää automaattisuutensa vuoksi työvoimakustannuksia. Loggereita ei tarvitse ostaa, vaan ne voidaan vuokrata esim. kosteusmittauksia tekevilta liikkeiltä.



Kuva 14. Edullinen lämpötila/kosteusmittari. (www.puulo.fi, lämpömittarit)

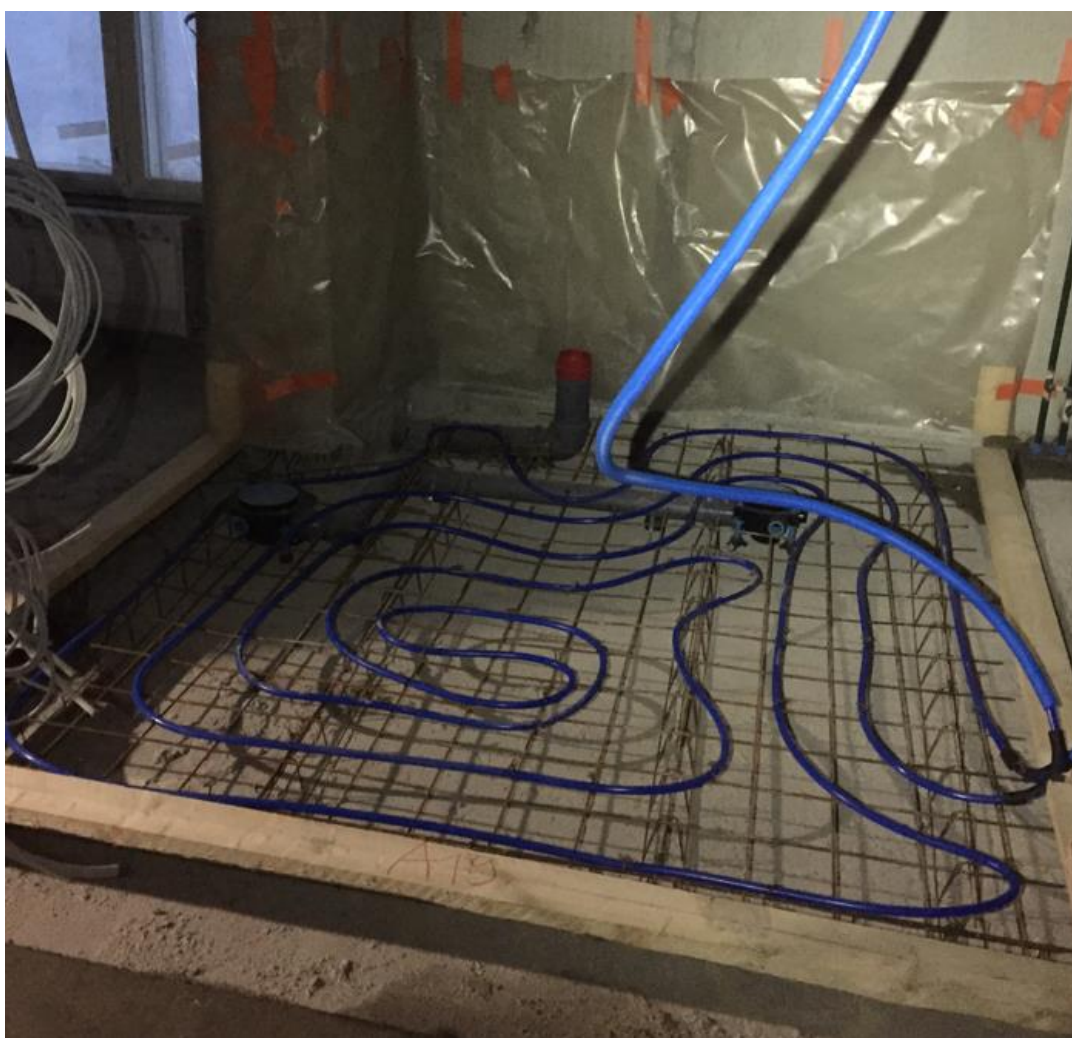
Comark – Diligence N2000 dataloggerit



Kuva 15. Dataloggereita. (www.aimtec.fi)

Rakenteen lämmittäminen

Hyvät kuivumisolosuhteet voidaan luoda lämmittämällä rakennetta, jolloin lämpötila aiheuttaa paineen kosteuden siirtymiseen rakenteesta. (www.kosteudenhallinta.fi, kuivatuksen suunnittelu ja toteutus) Esimerkiksi pesuhuoneessa voidaan lattiavalun jälkeen kytkeä vesikiertoinen lattialämmitys päälle, mikäli rakennus on jo kytketty kaukolämpöverkkoon (kuva 16.) Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää rakennusaikaista sähköistä lattialämmitystä lattiavalun lämmittämiseen. Pistokkeelliset sähkölämmitysjohdot kiinnitetään raudoitusteräksiin, ennen valua. Valun jälkeen voidaan lattialämmitys kytkeä päälle esimerkiksi jatkojohdossa olevaan ajastimeen. Lattian kuivuttua lattialämmitys kaapeli katkaistaan ja lattialämmityskaapeli jää lattiavaluun. Käytön aikainen lämmitys tapahtuu vesikiertoisesti.



Kuva 16. Vesikiertoisella lattialämmityksellä voidaan lämmittää rakennetta betonoinnin jälkeen, mikäli rakennus on kytketty kaukolämpöverkkoon. Lattialämmityspotkien valokuvaus auttaa porareikämittaajaa arvioimaan porauspaikan, jolloin vältetään vesiputken poraukselta, (työmaakuva T. Partanen, SSA rakennus oy)

Ilman lämmittäminen

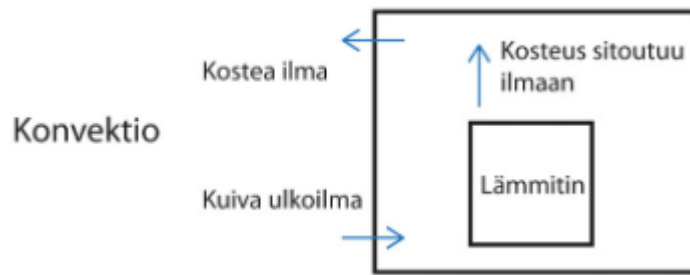
Nostamalla työmaan sisäilman lämpötilaa, ilman kyky vastaanottaa kosteutta kasvaa. Kuivatuksen tehostaminen ilmaa lämmittämällä onnistuu tehokkaasti vain talvikuukausina (kuva 17.), jolloin suositeltava ilman sisälämpötila on 20 °C ja suhteellisen kosteuden RH korkeintaan 50 % rakennuksen sisällä. Tällöin sisäilman vesihöyrypitoisuus on noin 8 g/m³. Kesäkuukausina ulkoilman sisältää enemmän kosteutta kuin 8 g/m³, eikä näin pysty vastaanottamaan kosteutta. (Kuivauksen suunnittelu ja toteutus. www.kosteudenhallinta.fi) Työmaan sisälämpötilaa voidaan nostaa kustannustehokkaasti vesikiertoisella lämpöpuhaltimella (kuva 18.), mikäli rakennus on kytketty kaukolämpöverkkoon. Mikäli kaukolämpöverkkoa ei voida käyttää hyväksi voidaan käyttää sähköisiä ja diesel lämmitimiä (kuvat 19 ja 20.) Alla olevan taulukon mukaan ilmankosteus talvella 0 °C, RH 50 % vesihöyrypitoisuus on noin 2,5 g/ m³, jolloin kuivan ulkoilman päästämisellä rakennuksen sisälle on ilmaa kuivattava vaikutus.

Suhteellista ilmankosteusarvoa tarvitaan, koska ilman absoluuttinen kosteusarvo ei kerro kuinka hyvin ilma voi kuivata eri materiaaleja. Ilman absoluuttinen kosteus ei siis kerro mahtuuko ilmaan vielä enemmän vettä, eli kuinka kaukana ilman vesipitoisuus on kyllästekosteudesta. Pieni RH luku kuvaa, että ilma pystyy vielä sitomaan vettä ja näin kuivaamaan pintoja ja materiaaleja. Ilman suhteellinen kosteus RH 100 % kuvaa, ettei ilma pysty enää sitomaan vesihöyryä eikä näin ollen kuivaamaan mitään. Esimerkiksi kesällä 32 asteisen ilma, jonka absoluuttinen kosteus on 20 g/m³ (20 g vettä kuutiossa) voi vielä tuntua miellyttävältä, sillä sen RH on n. 60 %. Sama vesimäärä 22 asteen lämpötilassa voi tuntua tukalalta ja paita voi liimautua ihoon kiinni, koska silloin ilman RH on jo 100 %.

Taulukossa (taulukko 8.) esitetään ilman suhteellisen kosteuden ja absoluuttisen kosteuden arvoja eri lämpötiloissa.

Taulukko 8. Ilmankosteus. (www.tekeville.fi)

Suhteellinen kosteus:	20%	40%	60%	80%	90%	100%
Ilman lämpötila °C	absoluuttinen kosteus: g/m ³					
80	58	116	174	232	261	290
70	39	78	118	157	176	196
60	26	52	78	104	117	130
50	17	33	50	66	75	83
40	10	20	31	41	46	51
30	6,1	12	18	24	27	30
20	3,5	6,9	10	14	16	17
10	1,9	3,8	5,6	7,5	8,5	9,4
0	1,0	1,9	2,9	3,9	4,4	4,9
-10	0,44	0,88	1,3	1,8	2,0	2,2
-20	0,18	0,35	0,53	0,70	0,79	0,88
-25	0,11	0,22	0,33	0,44	0,50	0,55
-30	0,07	0,13	0,20	0,26	0,30	0,33



Kuva 17. Konvektiokuivaus toimii parhaiten talvikuukausina. (Kuivauksen suunnittelu ja toteutus.www.kosteudenhallinta.fi)



Kuva 18. Vesikiertoisella lämpöpuhaltimella saadaan lämmitettyä suuria aloja kustannus tehokkaasti. (www.ramirent.fi)



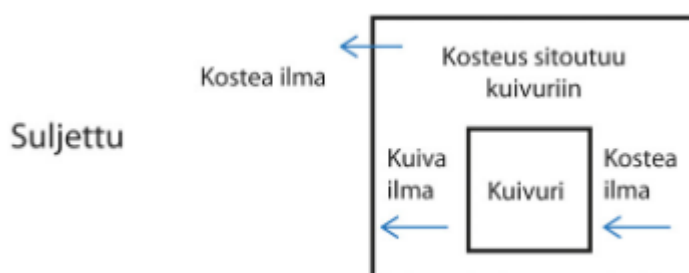
Kuva 19. Diesel lämmitin. (www.hylte.fi)



Kuva 20. Sähkökäyttöinen lämpöpuhallin. (www.macekauppa.fi)

Ilmankosteuden poisto kesällä

Kesäaikaan rakenteiden kuivatuksessa voidaan käyttää suljettua järjestelmää, koska talviaikaan käytettävä konvektiokierto on silloin tehotonta (kuva 21.) Suljettua järjestelmää voidaan käyttää myös talvella tehostamaan tietyn ongelmakohdan kuivatusta. Suljetussa järjestelmässä ilmankosteutta sidotaan ilmankuivaimien avulla (kuva 22). Koska ilmankuivaimien kapasiteetti on rajallinen, käytetään kuivattaville tiloille yleensä ilmatiivistä osastointia. Laitteiden keräämä kosteus, poistetaan tyhjentämällä laitteen vesisäiliöt. Laitteiden keräämä vesi voidaan myös johtaa suoraan viemäriin tai niitä varten asennettuihin väliaikaisiin vedenpoistoputkiin. Ilmankuivaimia ei tarvitse ostaa, vaan ne voidaan vuokrata rakennuskonevuokraamoilta.



Kuva 21. Suljettu järjestelmä toimii kesäkuukausina. (Kuivauksen suunnittelu ja toteutus.www.kosteudenhallinta.fi)



Kuva 22. Siirrettävä ilmankuivain vesisäiliöllä. (www.vuokraamo247.fi)

4.7 Erityisohjeet

Erityisohjeissa käydään läpi yleensä märkätilat ja muut erityistilat. Erityistiloihin voidaan lukea mm. parvekkeet, pihakannet ja terassit.

Märkätilat

Märkätila tarkoittaa huonetilaa, jossa lattiapinta joutuu tilan käyttötarkoituksen vuoksi vedelle tai muulle kosteudelle alttiiksi, ja jonka seinäpinnoille on mahdollista roiskua tai tiivistyä vettä (Rakentamisen kosteudenhallinta, 2020e.) Märkätiloihin lukeutuu mm. pesuhuone ja sauna.

Lattiapinnat täytyy kallistaa koko alaltaan riittävästi kohti lattiakaivoa ja pinnoissa ei saa olla painanteita, Märkätilan lattiapinnan kallistukset pitää toteuttaa siten, että ne johtavat veden lattiakaivoon ja pinnan täytyy lisäksi olla niin tasainen, ettei vesi lammikoidu lattialle. Tämän toteuttamiseksi suunnitelmissa tulee olla merkittynä lattiapinnan korkeudet vähintään nurkissa sekä lattiakaivon ja kynnyksen kohdalla. Korkeustasot ja pinnan tasaisuus tulee varmistaa ennen vedeneristystöitä. Märkätilan pinnoille pitää tehdä vain välttämättömimmät läpiviennit. Läpivientien sijoittamista märkätilojen lattia- ja seinäpinnoille täytyy välttää. Lattiapintaan saa tehdä ainoastaan välttämättömimmät viemäriläpiviennit. (Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf)

Märkätilojen käytöstä aiheutuva kosteuskuorma pitää poistaa tehokkaasti. Riittäväillä tulo- ja poistoilmamäärillä ylimääräinen kosteus saadaan poistettua märkätiloista pintojen ja rakenteiden vaurioitumatta. Märkätiloissa tulisi käyttää ilman kosteuden mukaan automaattisesti säätyvää tai manuaalisesti tehostettavaa ilmanvaihtoa. Oikein mitoitettun ilmanvaihdon pitäisi kuivattaa märkätilan pinnat käytön jälkeen noin puolessa tunnissa. (Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf)

Märkätilan lattiapäällysteen sekä seinäpinnoitteen täytyy toimia vedeneristeenä (kuva 23.) Mikäli se ei ole mahdollista täytyy päällysteen alla ja seinässä olla vedeneristys. Vedeneristyksen osalta voidaan sopia käytettäväksi vain yhtä tuoteperhettä. Vedeneristyksen tekijöiltä voidaan myös vaatia vedeneristäjän VTT-sertifikaattia, vaikkei se olekaan lakisääteinen. (Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf)



Kuva 23. Märkätilan vedeneristystyö. (www.omataloyhtiö.fi/artikkeli/3150/kiilto_vedeneristys.htm)

Parvekkeet

Parvekkeet voidaan toteuttaa teräsbetonisena, teräsrakenteisena, puurakenteisena tai näiden yhdistelyinä.

Vedenpoisto

Parveketasot suunnitellaan yleensä vesitiiviiksi ja ne on suunniteltava siten, että vesi johdetaan ulkoseinästä pois päin. Parvekkeen vedenpoisto voidaan toteuttaa sisäpuolisella syöksytorvella, vedeneittäjillä sekä koloilla ylivuotokohdassa laatan reunuksessa. Putkistoon perustuva vedenpoisto on hyvä varustaa lämmityskaapelein. (www.kosteudenhallinta.fi,parvekkeet)

Vedeneristys voidaan tehdä vesitiiviillä betonilaatalla, bitumi kermieristyksellä (kuva 24.), vesitiiviillä pinnoitteella tai siveltävällä vedeneristeellä. Puurakenteisessa parvekkeessa on huomioitava säärasi- tukset ja lämpötilanvaihtelut. Vedeneristyksen kuntoa on tarkkailtava.

Parvekkeen pintarakenne ei tulisi olla liukas märkänä ja sen tulee kestää pakkasta. Parvekkeen pin- tataso voidaan toteuttaa mm. pesubetonista, muottipintaisena tai käsin hierrettynä. Pintamateriaa- leina voidaan käyttää mm. laatoitusta, vesitiivistä pinnoitetta tai maalia. Parvekkeen alapinta tulisi olla vettä läpäisevä ja pintakäsittely voi olla esimerkiksi rullaus, harjaus, hiertopinta tai vesihöyryä läpäisevä maali.

Parvekkeen katokset suunnitellaan rakenteellisesti ja toiminnallisesti kuten kylmät vesikattoraken- teet. Sadeveden pääsy ulkoseinärakenteeseen liitoskohdissa on estettävä. Kerrostaloasuntojen par- vekkeet suositellaan suunniteltaviksi siten, että niihin voidaan asentaa lasitus. Lasitus vähentää huo- mattavasti parvekkeen kosteusrasitusta. (www.kosteudenhallinta.fi,parvekkeet)



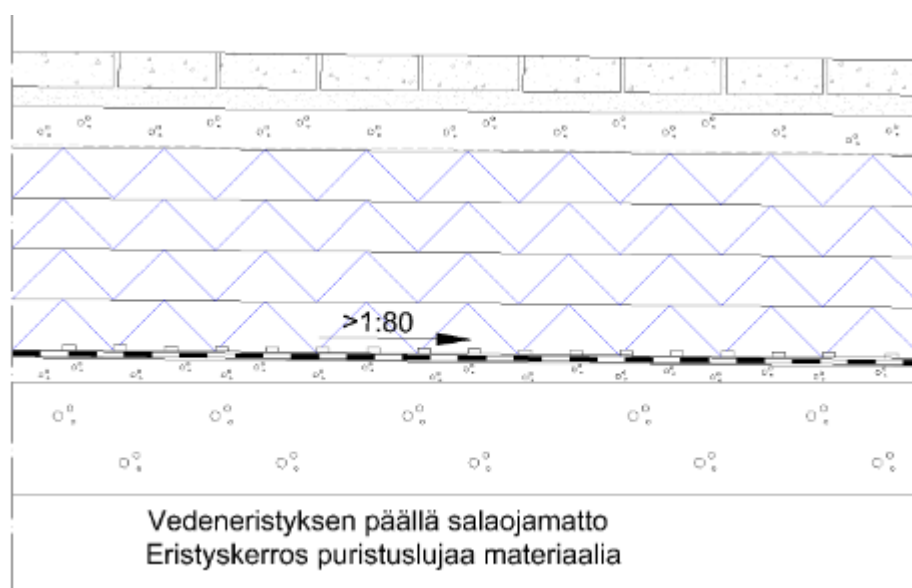
Kuva 24. Parvekkeen vedeneristys bitumilla. (www.rakentaja.fi/tv/e766parvekkeen_vedeneristys.aspx)

Pihakannet ja terassit

Lämmöneristämättömistä pihakansista käytetään termiä kylmä rakenne. Lämmöneristetyt rakenteet ovat joko suljettu rakenteita tai käännettyjä rakenteita.

Käännetyssä rakenteessa vesieristys on kantavan rakenteen päällä (kuva 25.) Lämpöeristys on vedeneristyksen päällä ja se suojataan käyttöön sopivalla pintakerroksella. Lämmöneristetyt piharakenteet tehdään yleensä käännettyinä rakenteina. Vedeneristystä suojataan pintarakenteilla, jota rasittavat mm. liikenteen aiheuttamat kuormitukset ja sään aiheuttamat rasitukset. Pintarakenteella pyritään myös ohjaamaan pois suurin osa sade- ja sulavesistä. Alustan kaltevuuden tulee olla vähintään 1:80, ja muotoiltu siten, että vesi pääsee poistumaan koko eristettävältä alueelta. Eristystyössä on kiinnitettävä huomioita kiinnitettävä saumoihin, ettei saumoista aiheudu virtausesteitä tai ettei saumoissa ole samansuuntaisia päällekkäisyyksiä. Myös kaikki läpiviennit on tehtävä huolella valmistajan ohjeen mukaan. Vedeneristyksen päältä vesi ohjataan pois salaojakerroksella.

Pintakerroksena voi olla esimerkiksi betonia, betonilaattoja, sidekiviä tai asfaltti.



Kuva 25. (www.kosteudenhallinta.fi,pihakannet ja terassit)

Suljetussa rakenteessa vedeneristys on lämmöneristeen yläpuolella. Lämmöneristeen päälle valettu betonilaatta jakaa kuormaa laajalle alueelle. Suljettu rakenne on altis kosteusvaurioille, koska rakennetta ei pystytä tuulettamaan. Korjaustyöt ovat suuritöisiä ja vedeneristyksen vaurioituttua kosteus saattaa pysyä piilevänä vuosia. Suljettu rakenne vaatii myös hyvän höyrynsulun, joka asennetaan kantavan rakenteen päälle enne lämmöneristystä. Lämmöneristeinä käytetään puolipontattuja lämmöneristelevyjä, joiden saumat limitetään.

Kylmässä rakenteessa ei ole lämmöneristeitä. Kantavaan rakenteeseen tehdään kaadot ja vedeneristeen päälle pintakerrokset. Vedeneristyksessä bitumi kermein asennuksessa alusta tulee olla vaatimusten mukaisesti riittävän puhdas, tasainen ja kuiva. Irtovetä voidaan poistaa mm. vesi-imureilla (kuva 26.) Työt on tehtävä kelvallisissa sääolosuhteissa. Pinnan tasaisuus, kosteus, sementtiliiman määrä, pinnan vetolujuus, vedenpainekoe sekä vedeneristeiden tartunta alustaan varmistetaan laadunvarmistuksella.

Kattoterassit tehdään aina vedeneristettyinä ja ne voidaan varustaa sadevesikaivolla. Kallistukset ja vedeneristys tehdään kuten tasakatoissa ja rakenteen tuuletukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Ulospäin kallistuvat kattoterassit varustetaan ulkoreunasta sadevesikourulla.

Suunnitelmissa huomioitavia asioita pihakansissa ja terasseissa:

- käytettävät rakennetyypit
- vedeneristuksen alusrakenne
- kallistukset ja korkeusasemat
- vedeneristuksen yksityiskohdat ja tartunta alustan
- ylösnostot
- liikunta- ja työsaumat
- läpiviennit
- kaivot ja muu vedenpoisto
- lämmöneristys
- salaojituserros
- pintakerrokset käyttötarkoituksen mukaan
- pintavesien poisto
- pintarakenteen ankkurointi

(www.kosteudenhallinta.fi, pihakannet ja terassit)



Kuva 26. Vesi-imureilla voidaan poistaa vettä koko rakentamisvaiheen ajan. (www.selg.fi/tuote/vesi-imuri)

4.8 Valvonta ja mittaus

Rakentamisvaiheessa yhteistoiminta tilaajan valvojan ja urakoitsijan kosteudenhallinnasta vastaavan henkilön on tärkeää ja tällä pyritään varmistamaan kosteusturvallinen hankkeen toteutus. Hankkeen alussa pidetään aloituspalaveri, jossa sovitaan yhteiset toimintatavat. Toimintatapoihin liittyvät vaatimukset on esitetty jo sopimusvaiheessa ja ne on voitu kirjata kosteudenhallintaselvitykseen urakatarjouspyynnön liitteeksi.

Urakoitsija huolehtii kosteudenhallintatoimintamallin perehdyttämisestä työntekijöille ja urakoitsijoille. Kaikkien työmaalla työskentelevien on tiedostettava omat kosteudenhallintaan liittyvät vastuut ja velvollisuudet. Mikäli kosteusriskejä tai vaurioita ilmenee, tulee nämä ilmoittaa välittömästi esimiehelle tai työnjohdolle.

Alla kerrotaan esimerkinomaisesti, miten valvonta ja mittaus voidaan suorittaa kerrostalotyömaalle.

- Valvonnan organisointi

Kosteudenhallintasuunnitelmassa nimetään henkilöt, jotka vastaavat kosteudenhallinnasta, kosteusmittauksista ja suorittavat työvaihetarkastuksia. Tilaajapuolen työmaan valvoja toimii yleensä työmaan kosteudenhallintakoordinaattorina. Kosteudenhallintakoordinaattori on nimetty jo kosteudenhallintaselvityksessä. Urakoitsijan kosteudenhallinnasta vastaavaksi henkilöksi voidaan nimetä työmaalla esimerkiksi joku työnjohtajista. Kosteudenhallinnasta vastaavien henkilöiden tehtäviä työmaalla ovat mm.

- Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman tarkentaminen ja hyväksyttäminen tilaajalla

Tilaaja hyväksyy urakoitsijan kosteudenhallinnasta vastaavan henkilön. Henkilö voi olla esimerkiksi työmaamestari tai ulkopuolinen konsultti. Kosteudenhallinnasta vastaava henkilö käy kosteudenhallintasuunnitelman läpi valvojan ja vastaavan työnjohtajan kanssa.

- Osallistuminen kosteusteknisesti riskialttiiden työvaiheiden aloituspalaveriin
- Kosteudenhallintaan liittyvien rakenteiden malliasennusten tarkastaminen

Työmaan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö osallistuu valvojan kanssa malliasennusten tarkastuksiin ja tekee tarvittavat dokumentoinnit. Esimerkiksi lattiakaatojen, kaivojen korkojen tarkastus voidaan tehdä ennen betonointia. Yleisesti myös märkätilojen vedeneristetöistä tehdään mallikatselmus. Mallikatselmuksen jälkeen kaikista vedeneristettävistä tiloista tehdään dokumentointi, johon kuuluu vähintään kalvonvahvuus näytepalojen otto ja läpivientien sekä viemäriiliitosten tarkastus ja tietojen taltiointi. Näytepalojen otot, sekä muu tarkastus voidaan toteuttaa työmaamestarien tai kosteudenhallinnasta vastaavan henkilön toimesta. Valvoja voi osallistua tarkastuksiin halutessaan esimerkiksi pistokoeomaisesti, mikäli katsoo sen tarpeelliseksi. Taulukossa (taulukko 9.) on esitetty erilaisia työmaalla tehtäviä tarkastuksia.

- Sopimusten- ja suunnitelmanmukaisuuden valvonta

Työmaan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö käy valvojan kanssa esim. kerran viikossa työmaakerroksella. Kosteudenhallintakoordinaattorin ja kosteudenhallinnasta vastaavan henkilön yhteiskierroksilla voidaan todeta työmaan tila ja puutteet, mikäli niitä ilmenee. Mahdollisista puutteista keskustellaan työmaakerroksen jälkeen ja työmaa toteuttaa epäkohtien korjauksen. Kosteudenhallinnasta vastaava henkilö tekee koonnit kunkin työmaamestarin vastuualueista keräämistä tiedoista ja toimittaa ne valvojalle.

- Kosteudenhallinnan tehtävien laadunvalvonta

Jatkuva valvonta työmaalla. Työmaamestarit valvovat oman vastuualueensa kosteudenhallintaan liittyviä asioita ja raportoivat niistä työmaan kosteudesta vastaavalle henkilölle. Kosteudenhallinnasta vastaava henkilö käy työmaakerroksilla työmaajohtajien kanssa. Mikäli ongelmia ilmenee, asiat ratkaistaan palaverissa. Ongelmatapauksissa työmaamestarit, vastaava työnjohtaja ja kosteudenhallinnasta vastaava henkilö miettivät ja toteuttavat kosteusriskien ehkäiseviä toimia. Kaikista toimista raportoidaan valvojaa tai muuta toimeen erikseen nimettyä henkilöä, joka toimii hankkeen kosteudenhallintakoordinaattorina. Kosteudenhallintaraporteista (taulukot 11, 12 ja 13) saa selkeän kuvan työmaan kosteuskriittisistä työvaiheista.

- Rakenteiden kuivumisaikojen noudattamisen seuranta ja valvonta

Kosteudenhallinnasta vastaava henkilö toimittaa valvojalle työmaan kosteus olosuhteisiin liittyvät dokumentit ja huomiot aikatauluun sekä toteutukseen liittyen. Näitä ovat mm. rakennuksen sisälämpötila ja kosteuslukemat rakennuksen eri tiloissa.

- Katselmuksiin osallistuminen ja tarpeen vaatiessa katselmustarpeiden ilmoittaminen osapuolille
- Hankkeen työmaa-aikainen dokumentointi ja valokuvaus.

Dokumentointiin kuuluu mm. vedeneristeiden näytepalojen taltiointi, betonointipöytäkirjat, lattiakaatojen tarkastusasiakirjat, lattialämmityspotkistojen valokuvaukset, viemärien valokuvaukset, vesikatkorakenteiden läpivientien tiiveyden varmistaminen.

- Kosteusmittaussuunnitelma (tehtävät mittaukset, mittausmenetelmät ja niiden aikataulu sekä laajuus, mittaussyvytydet ja mittauspisteiden sijainti sekä mittapisteiden sijainnin ja syvyyksien valintaperusteet)

Työn tilaaja eli rakennushankkeeseen ryhtyvä, on kosteudenhallintaselvityksessä määritellyt vaatimuksensa koskien kosteusmittaussuunnitelmaa. Selvityksessä on eritelty kosteusmittauksen laajuus. Urakoitsija esittää kosteudenhallintasuunnitelmassaan, miten vaatimukset toteutetaan. Yleinen tapa on tilata kosteudenmittauspalvelu niihin erikoistuneelta liikkeeltä.

Taulukko 10. Esimerkki kosteusmittausliikkeen tekemästä koostetaulukosta. Mittaukset on tehty pora-mittauksella. Mittaushetkellä vielä kosteiden rakenteiden kuivatusta tehostetaan, kunnes rakenteet ovat kuivia. Päällysteasennuksia ei aloiteta, ennen kuin uudelleenmittauksissa rakenteet todetaan kuiviksi. (SSA oy)

Kuivat tilat																	
A2 OH L	2	Olohuoneen lattia	14.3.2022	19	50	Valmis		75		8,2			3	Plaano	3	10.3.2022	P
A4 MH L	2	Makuuhuoneen lattia	14.3.2022	16	44	Valmis							1,7	Plaano	1,7	10.3.2022	P
A9 OH L	3	Olohuoneen lattia	14.3.2022	16	93	Kesken							2,7	Plaano	2,7	10.3.2022	P
A11 ET L	3	Eteisen lattia	14.3.2022	17	56	Valmis							2,6	Plaano	2,6	10.3.2022	P
A13 ET L	4	Eteisen lattia	14.3.2022	19	56	Valmis		75		9,1			3,3	Plaano	3,3	10.3.2022	P
A18 MH L	4	Makuuhuoneen lattia	14.3.2022	16	70	Valmis		75		9,5			3	Plaano	3	10.3.2022	P
A27 OH L	6	Olohuoneen lattia	8.4.2022	23	46	Valmis		75		9,5				Plaano	2,3	4.4.2022	P
A30 OH L	6	Olohuoneen lattia	8.4.2022	24	45	Valmis		75		9,8				Plaano	2,5	4.4.2022	P
A31 MH L	7	Makuuhuoneen lattia	8.4.2022	22	50	Valmis		75		9,7				Plaano	3,2	4.4.2022	P
A33 MH L	7	Makuuhuoneen lattia	8.4.2022	19	66	Valmis		75		10,8				Plaano	3	4.4.2022	P
		rappukäytävät															
A 2KÄYT	2	rappukäytävän lattia	28.4.2022	20	44	Valmis		75		7,6			2,2	Plaano	2,2	25.4.2022	P

Taulukko 11. Esimerkki kosteudenhallintaraportista. Työmaan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö tekee koonnit työmaan valvojalle, joka toimii kosteudenhallintakoordinaattorina. (Tomi Partanen, SSA oy 2022.)

Sivu 1 (3)

KOSTEUDENHALLINTARAPORTTI

Päivämäärä:	Vk 5, työmaakäynnit 04.02.2022
Hanketiedot:	Rakennuttaja : Rakennuspaikan osoite : Rakennuskohde käsittää yhden 7 kerroksisen asuinkerrostalon. Pääuraakoitsija :
Laatija:	Tomi Partanen

Nro.	
1.	Mittaustulosraportit: A-rapun kph ja wc:t 2-7 krs. Uudelleenmitattu. Mittaustulokset liitteenä.
2.	Johtopäätökset mittaustulosten pohjalta sekä vertailu hankkeen aikataulun edellyttämään kuivumiseen: Edetään yleisaikataulun mukaisesti, rakennekosteudet eivät vaikuta aikatauluun. Laatoitustyöt aloitetaan seinistä joiden valmistuttua lattiat todennäköisesti kuivat. Yleisaikataulussa pientä aikapoiikkeamaa.
3.	Ohjaustoimenpiteet: Työmaalla havainnointit, tehdyt ja toteutettavat toimet.
4.	Annetut pinnoitus-/peittämisluvut: KPH ja WC:t, kuivien lattioiden kaatokorjaukset, vedeneristykset ja laatoitustyöt voidaan aloittaa.
5.	Jälkimittaustulokset: Pesuhuoneet joissa lattian kosteus RH yli 90% mitataan uudelleen.

Taulukko 12. Esimerkki kosteudenhallintaraportista. Valvojalle toimitettavasta koosteesta voidaan seurata työmaan tilannetta kosteudenhallinnan näkökulmasta. (Tomi Partanen, SSA Rakennus oy 2022)

KOSTEUDENHALLINTARAPORTTI

Päivämäärä:	Vk 5, työmaakäynnit 04.02.2022
Hanketiedot:	Rakennuttaja : Rakennuspaikan osoite : Rakennuskohde käsittää yhden 7 kerroksisen asuinkerrostalon. Pääurakoitsija :
Laatija:	Tomi Partanen

Työmaalla havainnoinnit, tehdyt ja toteutettavat toimet: :	Tila
B-rapun vesikattotyöt käynnissä kuivassa säässä. Pienet lumikertymät poistetaan bitumin päältä.	Jatkuu
A ja B-rapun ilmalämpötila n.20°C.	Valmis
Veden tiivistymistä ikkunoiden sisäpinnoille tarkkaillaa ja ikkunat kuivataan tarvittaessa.	Jatkuu
B-rapun pääsääntöisesti kuiva ja lämmin.	Valmis
A- rapussa tasoite- ja maalustyöt käynnissä ilmalämpötila . 20°C	Jatkuu
A-rapussa kph ja wc laatoitustyöt käynnissä. Koepalat otettu ja vedeneristetyt tarkastettu.	Valmis
A-rapussa arkkitehti on katselmoinut mallikylpyhuoneen ja hyväksynyt laatoituksen laadun.	Valmis

Taulukko 13. Esimerkki kosteudenhallintaraportista. Kosteudenhallintaraportin sisältö muuttuu työmaan edetessä ja seuraa sen hetkisiä kosteus-kriittisiä tilanteita. (Tomi Partanen, SSA Rakennus oy 2022.)

Työmaalla havainnoinnit, tehdyt ja toteutettavat toimet: :	Tila
A ja B rappu. Runkovaiheen normaalit, pienet vesikertymät poistetaan märkäimureilla. Työmaalle on varattu kaksi märkäimuria ja työhön on varattu riittävät resurssit.	Jatkuu
B-rapun Ikkuna ja oviaukot sääsuojattu. Parvekeovien sääsuojia parannetaan siten, ettei viistosade tai tuiskulumi pääse sisälle.	Valmis
A-rappu on osastoitu ja käytössä on kaasulämmittimiä, joilla varmistetaan riittävä lämpötila kph ja wc lattiavaluja, plaanovaluja, rakenteiden kuivumista ja työskentelyä varten.	Valmis
A-rapun kaukolämpöverkkoon asennettava työmaa-aikaisen lämmityksen asennus on käynnissä.	Jatkuu
A ja B rapun onteloelementit on reitetty mahd. sisäisten vesikertymien poistamiseksi.	Valmis
Pääsisäänkäynnin lattiaa pyritään pitämään mahdollisimman kuivana.	Jatkuu
Työmaalle hankitaan riittävä määrä lämpö/kosteusmittareita, joilla voidaan seurata eri tilojen ilmakehän kosteutta ja tarkkailla rakenteiden kuivumista. Tavoitearvona on (n.20°C)lämpötila ja sisäilman RH (n.50 %) , joka pyritään saavuttamaan riittävällä tuuletuksella ilmakehän kosteuden noustessa.	Jatkuu
A-rapun märkätilat ja erilliset wc:t : Kuivumisen tehostamiseksi, 2-4 krs. lattiavaluista on poistettu sementtiliimat. Lopuista kerroksista sementtiliimat poistetaan vk 50. Lattiapinnat pyritään pitämään kuivina ja pölyttöminä.	Jatkuu
Ph/wc lattialämmityspiirit on valokuvattu tulevia porareikä kosteusmittauksia varten.	Valmis
Väestönsuojan yläpuolisen asuintilan ja käytävän lämmitystä tehostetaan, jolla varmistetaan ontelolaataston riittävä kuivuminen ennen soratäyttöä ja pintalattiavalua.	Jatkuu
Työmaa-aikainen käyttövesilinja on tehty A-rapun porraskäytävään. Linjan pääsulku suljetaan työpäivän päätteeksi ja ennen viikonloppua.	Valmis

4.9 Rakenteiden kosteudenmittaus

Työmaolosuhteilla on suuri merkitys betonin kuivumiseen, joten betonin todellinen kosteus voidaan todeta vain mittaamalla. Yleisaikataulun, betonin kuivumisaika-arvioiden ja todellisten betonointiaikojen perusteella voidaan tehdä karkea arvio betonin päällystettävyyteen. Asuinkerrostalotuotannossa yleisesti käytettävä tapa on porareikämittaus sekä näytepalamittaus. Pintakosteusmittarilla saadaan vain suuntaa antava mittaustulos (kuvat 28 ja 29.) Pintakosteusmittarin antamaa tulosta ei kuitenkaan voida käyttää esim. betonin pintamateriaalien asennuksen aloittamisen hyväksyntään, johtuen mittaustavan liian suuresta epätarkkuudesta. Rakennekosteusmittaukset tulee tehdä porareikä tai näytepalamittauksella. Kuvissa (kuvat 30 ja 31.) on esitetty porareikämittalaite ja mittaustahtuma.



Kuva 28. Pintakosteusmittarien mittaustuloksiin voivat vaikuttaa esim. raudoitusteräket, jolloin mittaustulos on harhaanjohtava. (Pintakosteusmittari www.staypro.fi)



Kuva 29. Pintakosteusmittarit voivat olla ulkoisesti hyvin erilaisia. (Pintakosteusmittari www.staypro.fi)



Kuva 30. Porareikämittari ja antureita. (www.vaisala.com)



Kuva 31. Porareikämittaustulosten perusteella voidaan betonille antaa hyväksyttävä päällystyslupa. (Betonin kosteuden mittaus porareikämittauksella, www.Vertia.fi)

5 POHDINTA

Rakennushankkeen kosteudenhallinnasta on tullut oma osa-alueensa rakentamisprojekteissa. Kosteudenhallintaan merkitystä on alettu ymmärtää paremmin ja sen tärkeyttä rakentamisessa ottaa huomioon paremmin. Ilmastomuutoksen myötä Suomessa tulevat vesisateet tulevat lisääntymään, kun lämpötilan nousun myötä lumisateet vähenevät. Tämä tulee huomioida tulevien rakennusten ja rakennushankkeiden suunnittelussa.

Rakentaminen on tieto, taito ja ennen kaikkea asennelaji. Suomessa rakennushankkeiden kosteudenhallintaan liittyvää tutkintaa on tehty pitkään lukuisten kirjojen, ohjelmistojen sekä laaja-alaisen tieteellisen esimerkiksi rakennusfysikaalisten tutkimusten myötä. Kaikki tieto mitä jopa vaativimpienkin rakennushankkeiden toteuttamiseen on olemassa, jos ei Suomessa niin ulkomailla. Hyvällä asenteella saadaan toteutettua terveitä rakennuksia.

Rakennusliikkeiden, kuten muidenkin yritysten tarkoitus on tehdä mahdollisimman paljon voittoa osakkailleen. Rakennushankkeessa työnjohdon työvoimakustannukset ovat merkittävässä roolissa kustannusrakenteessa ja yhtiölle jäävässä voiton määrässä. Rakennushankkeen kosteudenhallinta on järkevää pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja selkeänä, jolloin esimerkiksi työnjohdon ajallisia resursseja ei sidota liikaa merkityksettömien järjestelmien ja turhan byrokratian pyörittämiseen. Yksinkertaistaminen ei tarkoita kosteudenhallinnan laiminlyömistä missään kosteudenhallinnan vaiheessa, vaan sen kustannustehokasta toteutusta. Nykyään rakennusliikkeillä on käytössään erilaisia dokumentointi ja tuotannonhallinta sovelluksia, joilla valokuvia ja tarkastusasiakirjoja saadaan helposti taltioitua niin tilaajan kuin rakennusliikkeenkin käyttöön. Tämä vähentää osaltaan työmaakonttoreille kertyvää paperiainesta ja helpottaa sekä selkeyttää kosteudenhallinnan toteutusta.

Opinnäytetyöhön on kerätty aineistoa työmaalta ja toteutettu käytännössä kosteudenhallinnan toimenpiteitä työmaaolosuhteissa. Työn tarkoitus oli kertoa kosteudesta ja kosteudenhallinnasta rakennustyömaalla yleisesti, mutta myös syventää opinnäytetyön tekijän tietämystä aiheesta. Opinnäytetyön toteutus oli työn tekijän mielestä onnistunut vaikkakin aiheen laajuuden vuoksi suppea yleiskatsaus aiheesta. Työn sisältö tehtiin käytännön läheiseksi ja siinä oli esitelty kosteudenhallintaan liittyvien laitteita ja menetelmiä monipuolisesti.

Erityiskiitos Jouni Leppäselle (RAK.INS 5 v.), joka on opastanut opinnäytetyön tekijää rakennusteknisissä asioissa jo kahdenkymmenen vuoden ajan, sekä syventävästi kosteudenhallintaan liittyen noin viiden vuoden ajan. Toimiessaan yhteistyössä tai suoraan Jouni Leppäsen alaisuudessa, on Jouni Leppänen opettanut määrätietoisesti ja pyyteettömästi, kädestä pitäen menetelmällä, opinnäytetyön tekijää moninaisissa rakennusteollisuuden liittyvissä asioissa.

LÄHTEET

Ilmatieteenlaitos www-sivut 2023

Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf

Kuivumisaikakaavio. (Merikallio, 2002, 4.1), Valettujen betonirakenteiden kuivumista voidaan nopeuttaa seuraavasti (Merikallio 2002,37)

Märkätilan vedeneristystyö, (www.omataloyhtiö.fi/artikkeli/3150/kiilto_vedeneristys.htm)

Siikanen 2014, 70, Siikanen 2014, 34 -38

Ratu S-1232, varastointi

(RIL 250-2020, 99, 102-103), (RIL 250-2011, 98), (RIL 2011, 99-100)

www.A-insinnörit.fi

www.Ajoitusmalli.mittaviiva.fi

www.betonyhdistys.fi, Maksullisen kuivumis- arvio ohjelmiston hinnoittelu, ohjelmiston manuaali

www.kosteudenhallinta.fi, vaiheet, kosteusriskiluokat, kosteudenhallinnan menettelyt ja toimenpiteet, rakenteiden yleisimpiä kosteusriskikohtia, kuivatus, Kuivauksen suunnittelu ja toteutus, parvekkeet, pihakannet ja terassit

www.kuivaketju10.fi,tilaaminen

www.paloniitty.fi, Excel pohjainen ilmaisohjelma

www.rakentaja.fi/tv/e766parvekkeen_vedeneristys.aspx) Parvekkeen vedeneristys bitumilla

www.sisäilmayhdistys.fi, kosteuslähteet, terveelliset tilat

www.sisäilmayhdistys.fi, kosteuden siirtyminen

www.tekeville.fi, Ilmankosteus

www.tiivistalo.fi