



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **KOSTEUDEN SIIRTYMINEN VAIPPARAKENTEES**

Ea Virranniemi

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIikka

Kandidaatintyö

Marraskuu 2024

# TIIVISTELMÄ

Kosteuden siirtyminen vaipparakenteessa

Ea Virranniemi

Oulun yliopisto, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Kandidaatintyö 2024, 25 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: Hannu Lahtinen

Kosteuden aiheuttamat vauriot rakennuksissa on yksi merkittävimmistä laatuongelmista kaikessa rakentamisessa. Kosteusvauriot syntyvät, kun tasapainokosteuden ylittävä ylimääräinen kosteus kerääntyy rakenteeseen poistumatta riittävän nopeasti. Kosteusvaurioita ehkäistään pitämällä kiinni kosteudenhallinnasta aina suunnitteluvaiheesta, rakennusmateriaalien valmistuksesta ja säilytyksestä valmiin rakennuksen ylläpitoon saakka. Rakennus suunnitellaan siten, että sen vaippa estää ylimääräisen kosteuden joutumisen rakenteisiin ja mahdollistaa satunnaisesti rakenteisiin joutuvan ylimääräisen kosteuden poistumisen riittävän nopeasti. Rakennuksen vaippaan kohdistuu kosteusrasituksia sekä sisä- että ulkopuolelta. Lisäksi vaipan huokoisissa materiaaleissa on aina sitoutuneena jonkin verran kosteutta. Sade- ja sulamisvesien lisäksi ulko- ja sisäilman vuodenajasta ja sääolosuhteista riippuva kosteuspitoisuuden vaihtelu vaikuttaa osaltaan vaipan materiaalien kosteuspitoisuuksiin. Eri materiaalien kosteustekniset ominaisuudet vaihtelevat suuresti, mikä tulee tietää rakennuksen vaippaa suunniteltaessa, jotta materiaaleja voidaan käyttää oikein parhaan mahdollisen kosteusteknisen toimivuuden saavuttamiseksi. Kosteuden siirtymistapaan vaikuttaa vaipan materiaalit ja niiden kosteustekniset ominaisuudet, niitä ympäröivät lämpötilat ja lämpötilaerot, ilman suhteellinen kosteus, ilmavirtaukset sekä painovoima. Erilaiset kosteudensiirtymistavat ja useat niihin vaikuttavat asiat muodostavat hyvin monimutkaisen kokonaisuuden. Kosteudenhallinnan haastavuutta kuvaa se, miten paljon kosteusvaurioituneita rakennuksia on jopa uusien rakennusten joukossa.

# ABSTRACT

Moisture transfer in building envelope

Ea Virranniemi

University of Oulu, Degree Programme of Civil and construction engineering

Bachelor's thesis 2024, 25 pp.

Supervisor at the university: Hannu Lahtinen

Moisture damages are one of the most significant quality problems in all construction. Moisture damage appear when moisture content in structure rises over the equilibrium level for too long time and the moisture can't leave fast enough. Moisture damages are prevented by sticking to moisture control all the way from designing the building, manufacturing and storing the building materials to the maintenance of the building. The building envelope is designed to prevent the extra moisture ending up in the structure and enabling the extra moisture that occasionally ends up to the structure to leave fast enough. There are moisture sources both inside and outside the building. There is also some moisture absorbed into porous materials of the envelope. Apart from rain and glacier water the humidity affect to the moisture content of the envelopes materials. The humidity varies according to weather and season. Different materials have different moisture performances. The designer must be familiar with the moisture performances of different building materials to create well functioning envelope. There are many moisture transfer modes which depend on envelope materials and their moisture performances, temperatures and temperature differencies around them, humidity of the air around the envelope, airflows and gravity. Preventing moisture damages is very complicated due to different modes of moisture transfer and many issues affecting them. There are constantly new moisture damages appearing even in new buildings which tells much about how complicated the moisture control is.

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
SISÄLLYSLUETTELO.....	4
1 Johdanto .....	5
2 Kosteusrasitukset .....	6
2.1 Sade ja tuuli.....	6
2.2 Ilmankosteus .....	7
2.3 Maaperän kosteus.....	8
2.4 Käytöstä johtuva kosteus.....	8
2.5 Putkivuodot .....	9
3 Kosteuden vaikutus rakennukseen .....	10
3.1 Mikrobivauriot .....	10
3.2 Sisäilmasto .....	11
3.3 Kantavuus.....	12
3.4 Energiankulutus.....	12
4 Kosteudensiirtymistavat.....	14
4.1 Kastuminen ja kuivuminen .....	14
4.2 Hygroskooppisuus.....	15
4.3 Kosteuskapasiteetti.....	15
4.4 Tasapainokosteus .....	16
4.5 Vesihöyryn diffuusio ja konvektio .....	16
4.6 Kapillaarisuus.....	17
5 Rakennuksen vaipan osat .....	18
5.1 Ulkoverhous ja tuuletusväli.....	18
5.2 Vesikatto .....	19
5.3 Höyrynsulku ja ilmansulku .....	20
5.4 Tuulensuoja ja lämmöneristys.....	20
5.5 Salaojitus .....	22
6 Yhteenveto .....	23
LÄHDELUETTELO.....	24

# 1 JOHDANTO

Tässä kandidaatintyössä on tarkasteltu rakennuksen erilaisia kosteusrasituksia kosteusvaurioita, kosteudensiirtymistapoja ja vaipparakenteen eri osien tehtäviä rakennuksen kosteusteknisessä toimivuudessa. Työ on tehty kirjallisuuskatsauksena.

Rakennukseen kohdistuu kosteusrasituksia sekä sisältä että ulkoa päin. Kosteusrasituksia ovat vesi- ja lumisade, sulamisvedet, maaperän kosteus ja pohjavesi, sisä- ja ulkoilman sisältämä vesihöyry, rakennuksen normaaliin käyttöön kuuluva veden käsittely sekä rakennuksessa oleskelevista ihmisistä ja eläimistä ilmaan haihtuva vesihöyry ja rakentamisen aikainen ylimääräinen kosteus. (Björkholtz 1997)

Kosteuden aiheuttamat ongelmat rakennuksissa ovat suurimpia laatuongelmia kaikessa rakentamisessa ja kiinteistönpidossa. Ylimääräinen kosteus rakenteissa voi aiheuttaa sekä taloudellisia haittoja että vakavia ja jopa elinikäisiä terveydellisiä haittoja rakennuksen käyttäjille. Merkittävimpiä kosteuden aiheuttamia ongelmia ovat home- ja mikrobivauriot, jotka voivat vaikuttaa rakenteiden kestävyyteen ja sisäilman laatuun. Lisäksi liiallinen kosteus voi vaikuttaa suoraan sisäilman laatuun ja rakennuksen käyttäjien viihtyvyyteen ja rakennuksen energiankulutukseen. (Åström & Nousiainen 2020)

Kosteus siirtyy rakennuksen vaipassa eri tavoilla riippuen materiaalin kosteusteknisistä ominaisuuksista, lämpötilasta ja ilmankosteudesta. Kosteus voi siirtyä rakenteessa vesihöyryn osapaine-erojen ansiosta diffuusiolla, ilmavirtausten mukana konvektiolla, kapillaarisella imulla tai painovoiman vaikutuksesta alaspäin. Lisäksi veden olomuodon muutokset voivat vaikuttaa rakenteen kosteuspitoisuuteen. (Vähäkallio & Louhenkilpi 1984)

Eri materiaaleilla on erilaisia kosteusteknisiä ominaisuuksia, joista esimerkiksi hygroskooppisuus ja vesihöyrynvastus ovat sellaisia, joita voidaan käyttää rakennuksen vaipassa kosteusteknisen toimivuuden parantamiseen. (Åström & Nousiainen 2020)

## 2 KOSTEUSRASITUKSET

Kosteus on kemiallisesti sitoutumatonta vettä. Kosteutta on ilmassa, maaperässä ja kaikissa huokoisissa materiaaleissa. Rakenteisiin voi päätyä ylimääräistä kosteutta sekä rakentamisen että rakennuksen käytön aikana. Kosteus voi olla näkyvää vettä, lunta tai jäätä, näkymätöntä vesihöyryä tai rakennusmateriaaleissa olevaa kosteutta. (Siikanen 2014, s. 65-66)

### 2.1 Sade ja tuuli

Merkittävin rakennuksen ulkopuolinen kosteusrasitus on sade. Sade voi esiintyä vetenä, lumena tai räntänä. (Siikanen 2014, s. 66-67) Sade voidaan jakaa rakentamisen aikaiseen ja sen jälkeiseen vaiheeseen. Rakentamisen aikana rakennusmateriaalit ja keskeneräiset rakennusosat on tärkeää suojata hyvin, sillä kastuneiden rakennusmateriaalien kuivumiseen kuluva aika hidastaa rakennushanketta. Lisäksi jotkut rakennusmateriaalit kuten puu, tapetti, lämmöneristeet ja sähkölaitteet saattavat puutteellisen suojauksen takia turmeltua sateessa käyttökelvottomiksi. (Björkholtz 1997, s.40)

Pystysuora sade kohdistuu rakennuksen vaakasuoriin ja vinoihin pintoihin. Kaikista ongelmallisista sadetyypeistä on räntäsade, sillä se on lähes yhtä kastelevaa kuin vesi, mutta se ei pääse poistumaan rakennuksen pinnoilta ja ympäriltä yhtä tehokkaasti. Sateen lisäksi katolla ja rakennuksen ympärillä sulava lumi aiheuttaa merkittävää kosteusrasitusta rakennuksen vaakasuorille ja vinoille pinnoille sekä seinien alareunoille. (Siikanen 2014, s. 66-67)

Sade- ja sulamisvedet eli hulevedet ohjataan pois rakennuksen vaakasuorilta ja vinoilta pinnoilta mahdollisimman nopeasti riittävän vedenpitävillä kattomateriaaleilla ja riittävillä kallistuksilla, jotta vesi ei pääse valumaan kattorakenteiden sisään vaurioittamaan niitä. Hulevedet ohjataan pois rakennuksen ympäriltä maanpinnan kallistuksella, vähintään 1:20 kaltevuus kolmen metrin matkalla rakennuksen seinästä. Katolta valuva vesi ohjataan rännejä pitkin sadevesiviemäriin. Yleensä hulevedet imeytetään maaperään tontilla, mutta maaperän ollessa liian tiivistä imeyttämiseen,

joudutaan hulevedet ohjaamaan pois tontilta ojituksella ja viemäröinnillä. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2012, s. 49-52)

Rakennuksen pystysuoria pintoja kuormittavaa sadetta kutsutaan viistosateeksi. Viistosateen määrään vaikuttaa sademäärä, tuulen nopeus sekä sadepisaroiden putoamisnopeus (Vähäkallio & Louhenkilpi, 1984 s.100). Suurinta viistosade on rannikkoalueilla, sillä siellä tuulee eniten. Koko vuoden viistosademäärästä noin puolet osuu syksylle. Viistosade kuormittaa eniten korkeita rakennuksia, seinien yläosia ja nurkkia, joten räystäiden leveys vaikuttaa merkittävästi viistosateen kuormittavuuteen. Lisäksi rakennusta ympäröivä maasto ja puut vaikuttavat siihen, mihin kohtaan rakennusta viistosade kohdistuu eniten. (Björkholtz 1997 s. 40-42)

## 2.2 Ilmankosteus

Ilman kosteuspitoisuutta voidaan kuvata absoluuttisena tai suhteellisena kosteutena. Absoluuttisella kosteudella tarkoitetaan vesihöyryn määrää grammoina kuutiometrissä ilmaa ( $kg/m^3$ ). Absoluuttisen kosteuden arvo ei rakennustekniikassa aina kuvaa riittävän hyvin ilman kosteuspitoisuutta, sillä ilman lämpötila vaikuttaa siihen, kuinka paljon se voi sisältää kosteutta. Rakennustekniikan kannalta ilman kosteuspitoisuutta paremmin kuvaa suhteellinen kosteus, joka ilmoittaa prosentteina absoluuttisen kosteuden suhteen kyllästyskosteuteen eli suurimpaan mahdolliseen kosteuspitoisuuteen, jonka kyseisessä lämpötilassa oleva ilma voi sisältää. (Siikanen 2014, s. 68-69)

Ilman kosteuspitoisuutta voidaan tarkastella myös vesihöyryn osapaineena eli ilman sisältämän vesihöyryn aiheuttamana paineena. Vesihöyryn osapaine on sitä suurempi, mitä korkeampi lämpötila ja vesihöyrypitoisuus ovat. Vesihöyryn osapaine-erot aiheuttavat vesihöyryn diffuusiota rakenteiden läpi, sillä kaasujen osapainelain mukaan kaasumolekyylit pyrkivät muodostamaan tasaisesti jakautuneen seoksen, jossa ei ole paine-eroja. (Siikanen 2014, s. 68-69)

Sisäilman kosteuspitoisuuteen vaikuttaa ulkoilman kosteuspitoisuus, lämpötila ja ilmanvaihto sekä rakennuksen sisäiset kosteuslähteet. Talvella ilman kosteuspitoisuus on

alhaisempi kuin kesällä, sillä kylmä ulkoilma sisältää vain vähän kosteutta, vaikka sen suhteellinen kosteus olisikin suuri. (Vähäkallio & Louhenkilpi 1984, s.102)

### **2.3 Maaperän kosteus**

Maaperässä oleva kosteus voi olla pintavettä, pohjavettä, lumen sulamisen ja sateiden aikana maahan valuvaa vajovettä, kapillaarivettä tai maa-aineksen huokosissa olevaa vesihöyryä. Rakennuksen perustukset ja muut maan pinnan alapuoliset rakenteet altistuvat jatkuvasti maaperässä olevalle kosteudelle. (Vähäkallio & Louhenkilpi 1984, s. 22)

Mikäli rakennuksessa on rakenneosia, jotka ulottuvat pohjavedenpinnan alapuolelle, on ne suunniteltava siten, että ne kestävät pohjaveden aiheuttaman vedenpaineen. Pohjavedenpinnan yläpuolella olevat maakerrokset imevät vettä kapillaarisesti pohjavedenpinnan yläpuolelle ja lisäksi sade- ja sulamisvedet kulkeutuvat painovoiman vaikutuksesta kosketuksiin maanpinnan alapuolisten rakenneosien kanssa. Maaperän kosteuden kanssa kosketuksissa olevat rakenneosat imevät maaperästä kapillaarisesti kosteutta, mikä voi aiheuttaa huoneilman kosteuden kasvua. (Vähäkallio & Louhenkilpi 1984, s. 16-22)

Maa-aineksen raakoostumus vaikuttaa sekä kapillaariseen nousukorkeuteen, pintavesien kulkeutumiseen pois. Pienirakeinen maalaji on tiiviimpää ja sen sisältämät huokokset ovat pienempiä kuin suurirakeisella maalajilla, jolloin vesi pääsee nousemaan siinä kapillaarisesti korkeammalle ja pintavesillä kestää kauemmin valua sen läpi.

### **2.4 Käytöstä johtuva kosteus**

Sisäilman kosteuspitoisuuteen vaikuttavat ulkoilman kosteuspitoisuus, huoneilman kosteudentuotto sekä ilman vaihtuvuus tilassa. Huoneilman kosteudentuotto koostuu tilassa oleskelevista ihmisistä ja eläimistä sekä kasveista haihtuvasta kosteudesta. Lisäksi huoneilman kosteuspitoisuus saattaa hetkellisesti nousta tavallista korkeammaksi johtuen esimerkiksi pyykinpesusta, ruuanlaitosta, peseytymisestä ja siivouksesta syntyvästä kosteudesta. Ihmisen terveydelle sopivin huoneilman suhteellinen kosteus on 30-40% ja



liian alhainen tai liian korkea kosteuspitoisuus voi aiheuttaa haittaa rakennuksessa oleskelevien ihmisten terveydelle (Puhakka 1994, s. 71).

Sisäilman kosteusrasitukset voivat vaihdella merkittävästi vuorokauden- ja vuodenajan mukaan. Esimerkiksi useampi samaan aikaan samassa huoneessa nukkuva ihminen tuottaa yön aikana ilmaan niin paljon vesihöyryä, että ilman kunnollista ilmanvaihtoa huoneen ilmankosteus voi nousta kastepisteeseen saakka ja kosteus alkaa tiivistyä pinnoille. Ilmanvaihdon lisäksi kosteusrasitusten vaihteluita voidaan tasata seinärakenteen hygroskooppisilla materiaaleilla kuten puulla ja puupohjaisilla materiaaleilla. (Kokko 2020)

Liian korkea sisäilmankosteus voi aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteisiin ja niiden materiaaleihin, sillä rakennusmateriaalit pyrkivät kosteustasapainoon ympäröivän ilman kanssa. Talvisin matala ulkoilman kosteuspitoisuus alentaa sisäilman kosteutta, jolloin sisäilman kosteudentuottoa voidaan lisätä keinotekoisella ilmankostutuksella. Kesällä taas ulkoilman korkea kosteuspitoisuus nostaa sisäilman kosteutta, jolloin kosteuspitoisuutta voidaan laskea lisäämällä ilmanvaihtoa. (Holmström 2016, s. 106-108)

## **2.5 Putkivuodot**

Rakennuksessa käytettävä vesi voi lisäksi joutua rakenteisiin putkivuodon tai vedeneristyskerroksen vuodon vuoksi. Vuodot putkissa ja vedeneristyskerroksissa voivat aiheuttaa merkittäviä kosteusvaurioita, sillä vuodoista lämpimiin rakenteisiin pääsee suuri määrä kosteutta ja lisäksi vahinko havaitaan yleensä vasta pitkän ajan kuluttua sen alkamisesta. (Holmström 2016, s. 111)

## 3 KOSTEUDEN VAIKUTUS RAKENNUKSEEN

Kosteus vaikuttaa rakenteisiin monella tavalla. Liiallinen kosteus voi vahingoittaa rakennetta ja aiheuttaa haittoja rakennuksen käyttäjälle. Ylimääräinen kosteus voi aiheuttaa mikrobivaurioita rakenteisiin, mikä vaikuttaa rakenteiden kestävyys ja toiminnan lisäksi rakennuksen käyttäjän terveyteen ja viihtyvyyteen. Lisäksi ylimääräinen kosteus voi vaikuttaa suoraan rakenteiden kantavuuteen, rakennuksen energiankulutukseen ja sisäilman laatuun. (Rafnet 2020)

### 3.1 Mikrobivauriot

Mikrobit ovat nimensä mukaisesti mikroskooppisen pieniä eliöitä, joita esiintyy kaikkialla, ja ne kuuluvat normaaliin elinympäristöön. Mikrobeita tuottavat esimerkiksi maaperä, kasvit, eläimet, ihmiset ja elintarvikkeet, joten rakenteissa, niiden pinnoilla ja rakennuksen sisäilmassa esiintyy aina mikrobeja. (Holmström 2016)

Suotuisissa olosuhteissa mikrobit alkavat muodostaa mikrobikasvustoa. Rakennuksissa havaitut mikrobikasvustot voivat olla home-, hiiva- tai lahottajasieniä tai erilaisia bakteereita kuten sädesieniä. Home- ja sädesienikasvustot muodostuvat itiöistä kasvavista haarautuvista rihmastoista, jotka kasvattavat lisää itiöitä, jotka puolestaan kulkeutuvat uusiin kasvupaikkoihin jatkamaan kasvua. Bakteerit ja hiivasienet kasvattavat rihmaston sijaan kosteaa solumassaa. Lahottajasienet kasvavat home- ja sädesienien tapaan rihmastoina ja lisäksi samalla hajottavat puuta heikentäen sen kestävyttä. Tiiviillä materiaaleilla mikrobikasvustot muodostuvat materiaalin pinnoille ja halkeamiin, kun taas huokoisilla materiaaleilla kasvustot saattavat muodostua myös materiaalien sisään. (Holmström 2016)

Mikrobikasvusto tarvitsee kasvaakseen sopivan kosteuspitoisuuden, lämpötilan ja lisäksi ravintoa. Bakteerit, sädesienet ja lahottajasienet vaativat kasvaakseen vähintään 95% suhteellisen kosteuden, kun taas homesienet voivat kasvaa materiaalista riippuen jo 70-85% suhteellisessa kosteudessa. Lisäksi lämpötilan tulee olla +5-50°C. Nopeinta mikrobikasvu on suhteellisen kosteuden ollessa 95-99% ja lämpötilan ollessa +20-30°C. Hetkellinen korkea kosteus pitoisuus esimerkiksi kylpyhuoneessa ei kuitenkaan riitä

mikrobikasvuston syntymiseen, sillä jopa puussa mikrobikasvuston syntymiseen kestää viikkoja. (Holmström 2016)

Rakennusmateriaalit voidaan luokitella homeutumisherkkyyksiluokkiin HHL1-HHL4 sen mukaan, miten nopeasti niihin voi kehittyä kasvustoa. HHL1-luokkaan kuuluvissa materiaaleissa kasvustoa voi nopeimmillaan syntyä muutamassa viikossa, kun taas HHL4-luokan materiaaleissa kasvuston syntymiseen vaaditaan useita vuosia. (Holmström 2016)

Maaperässä on aina runsaasti mikrobeja ja rakennuksen alapuolisessa maaperässä olosuhteet ovat lähes aina mikrobikasvustolle suotuisia. Lisäksi rakentamisen aikana käytetystä puusta syntyvä jäte ja muu orgaaninen rakennusjäte sekä humusmaan jäänteet toimivat ravintona mikrobikasvustolle. Jotta alapohjan alapuolinen mikrobikasvu ja mikrobien kulkeutuminen huoneilmaan saadaan pidettyä mahdollisimman vähäisenä, tulee alapohjan alapuolen olla siisti eikä siellä saa olla orgaanista rakennusjätettä, alapohjan alla on oltava kapillaarikatkona toimiva sepelikerros, alapohjan ilmanvaihtuvuuden tulee olla riittävä maapohjan kosteudentuottoon nähden ja lisäksi alapohjan liittymien ja läpivientien tulee olla tiiviitä. (Holmström 2016)

### **3.2 Sisäilmasto**

Kosteusvaurion aiheuttaman mikrobikasvuston levitessä rakenteissa, kasvaa myös rakennuksen sisäilman mikrobipitoisuudet. Mikrobisaastuneeksi rakennukseksi voidaan kutsua rakennusta, johon mikrobikasvusto on levinnyt niin laajalle, että se aiheuttaa ihmisen terveydelle tai rakenteiden toiminnalle haitalliset olosuhteet. (Puhakka 1994)

Sisäilman kemialliset epäpuhtaudet voidaan jakaa orgaanisiin ja epäorgaanisiin yhdisteisiin, jotka voidaan jakaa edelleen kaasumaisiin ja hiukkasmaisiin epäpuhtauksiin. Rakenteiden ylimääräinen kosteus vaikuttaa näistä erityisesti kaasumaisiin orgaanisiin yhdisteisiin. Huoneilman kaasumaiset orgaaniset yhdisteet voidaan vielä jakaa niiden kiehumispisteen mukaan erittäin haihtuviin, haihtuviin, puolihaihtuviin ja hiukkasiin sitoutuviin yhdisteisiin. Näistä merkittävin sisäilmaongelmien, haju- ja terveyshaittojen

aiheuttaja on haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC, joiden kiehumispiste on alle 250°C. (Puhakka 1994, s.29-31)

Ihmisen elimistöön joutuessaan VOC-yhdisteet aiheuttavat silmien ja limakalvojen ärsytystä, päänsärkyä ja hajutuntemuksia. VOC-yhdisteitä päätyy sisäilmaan rakennus- ja sisustusmateriaaleista sekä ulkoilmasta ja esimerkiksi puhdistusaineista. Rakennusmateriaaleista tulevat VOC-päästöt koostuvat liuotinjäämistä, raaka-ainejäämistä ja valmistusprosessien lisäaineista. Rakennusmateriaaleissa oleva ylimääräinen kosteus voi moninkertaistaa materiaalin tuottamat päästöt. Ylimääräinen kosteus lisää haitallisten yhdisteiden haitumista ja lisäksi se voi aiheuttaa kemiallisia reaktioita, joiden reaktio- ja hajoamistuotteena syntyy lisää epäpuhtauksia. Rakennusmateriaalien herkkyydet kosteuden vaikutuksille vaihtelevat. Kaikista herkimpiä ovat lastulevyt, valkuaisainetta sisältävät tasoitteet, mineraalivillat, PVC-materiaalit ja vesiohenteiset liimat. (Puhakka 1994, s.33)

### **3.3 Kantavuus**

Kantavien puurakenteiden kosteuspitoisuus voi vaikuttaa niiden kantavuuteen monella eri tavalla. Liian korkea kosteuspitoisuus vaikuttaa suoraan puurakenteiden kantavuuteen. Puunsyiden kyllästymispisteeksi kutsutaan kosteuspitoisuutta 30%, jossa puun soluonteloiden vapaa vesi on haihtunut puunsyiden ollessa vielä kyllästyneet vedellä. Kosteuspitoisuuden laskiessa kyllästymispisteen alapuolelle puun lujuus kasvaa, sillä veden poistuessa soluseinämät tiivistyvät ja puu kutistuu (Pro Puu 2024). Kosteus voi lisäksi vaikuttaa puurakenteiden kantavuuteen mikrobivaurioiden kautta. Muista puun mikrobikasvustoista poiketen lahottaj sienet kykenevät tunkeutumaan puuhun pintaa syvemmälle ja näin ollen heikentämään puun lujuutta. Ruskolahottajiin kuuluvaa lattiasientä lukuun ottamatta lahottaj sienet tarvitsevat kuitenkin erittäin korkean kosteuspitoisuuden hajottaakseen puuta. (Holmström 2016)

### **3.4 Energiankulutus**

Rakennuksen kokonaisenergiankulutuksessa merkittävä tekijä on rakennuksen vaipan lämmönjohtavuus. Kosteus vaikuttaa rakennuksen vaipan lämmönjohtavuuteen kahdella

tavalla; kasvattamalla rakenneosan varsinaista lämmönjohtavuutta sekä höyrystymisen, diffuusion ja kondensoitumisen aiheuttaman kiertovirtauksen lämmönsiirron kautta kasvattamalla lämmönjohtavuutta näennäisesti. Kosteaa rakenne johtaa lämpöä pois rakennuksesta kuivaa rakennetta huomattavasti nopeammin, sillä veden lämmönjohtavuus ilmaan verrattuna on noin 20-kertainen. Veden suuri lämmönjohtavuus vaikuttaa energiankulutukseen kuitenkin merkittävästi vasta silloin, kun rakennusmateriaalin huokokset ovat täyttyneet vedellä, sillä pelkkä ilman sisältämä vesihöyry ei kasvata merkittävästi ilman lämmönjohtavuutta. Vesihöyryä läpäisevässä aineessa oleva vesihöyryn osapaine-ero aiheuttaa diffuusion, joka kuljettaa vesihöyryä kohti alemmaa lämpötilaa ja matalampaa osapainetta samaan aikaan, kun kapillaarinen imu vetää kylmemmässä ilmassa kondensoitunutta kosteutta kohti matalampaa suhteellista kosteutta ja korkeampaa lämpötilaa, jossa se taas höyrystyy. Lämmönjohtavuuden näennäinen kasvu syntyy veden olomuodonmuutoksissa suuresta höyrystymislämmöstä. (Vähäkallio & Louhenkilpi 1984, s. 51-52)

## 4 KOSTEUDENSIIRTYMISTAVAT

### 4.1 Kastuminen ja kuivuminen

Kuiva ja huokoinen rakennusmateriaali alkaa kastua sen ollessa kosketuksissa kosteuden kanssa. Kosteus voi olla ilman sisältämää vesihöyryä, rakenneosien sisältämää rakennuskosteutta, sade- tai sulamisvettä tai maaperän kosteutta. Materiaalin kastuminen tapahtuu diffuusion, kapillaari-ilmiön ja konvektion sekä kondensoitumisen avulla. Huokoisen materiaalin ollessa kosketuksissa kostean ilman kanssa, se alkaa kastua ensin huokosilman ja rakennetta ympäröivän ilman vesihöyryn osapaine-erojen takia diffuusion avulla. Suhteellisen kosteuden kasvaessa materiaalin huokosten pinnoille alkaa tiivistyä vettä ja materiaali alkaa kastua myös kapillaarikondensaatiolla. Materiaalin kriittisen kosteuspitoisuuden kohdalla kapillaarinen siirtyminen muuttuu hallitsevaksi kosteuden siirtymistavaksi. Kun materiaali on kapillaarisesti kyllästynyt, kosteus siirtyy enää pelkästään kapillaarisesti. Kastuminen voi jatkua siihen saakka, että materiaali on täysin vedellä kyllästynyt, jolloin sen huokosissa ei ole enää lainkaan ilmaa. (Rafnet 2020)

Kondensoitumisella tarkoitetaan ilmassa olevan vesihöyryn tiivistymistä nestemäiseksi vedeksi ilman suhteellisen kosteuden saavuttaessa kyllästyskosteuden. Rakennuksen vaipassa kondensoitumista tapahtuu, kun kostea ilma on kontaktissa pintaan, jonka lämpötila on alhaisempi kuin ilman kastepistelämpötila. Aluksi kosteus tiivistyy kovalle pinnalle ohueksi kalvoksi eli filmikondenssiksi. Kosteuden lisääntyessä kalvo muuttuu vesipisaroiksi eli pisarakondenssiksi. Pienet pisarat yhdistyvät suuremmiksi, jolloin ne alkavat valua materiaalin pintaa alaspäin. Alaspäin valuva vesi kerääntyy rakenteen alareunaan ja kerääntynyt kosteus voi aiheuttaa vaurioita. (Holmström, 2016), (Heljo & Vinha 2014) Merkittävimpiä syitä kosteuden tiivistymiselle rakenteeseen ovat kylmäsilat, höyrynsulun puuttuminen tai reiät höyrynsulussa. Kylmäsilta on kohta rakennuksen vaipassa, jossa on ympäröivää rakennetta pienempi lämmönvastus. Kylmäsilta voi olla ikkuna, väliseinä- tai välipohjaliitos, läpivienti tai joku muu poikkeus vaipassa. (Siikanen 2014, s. 72)

Huokoisen aineen kuivuminen tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä. Kosteus poistuu kapillaarisesti materiaalin pinnalle asti, josta se haihtuu vesihöyryksi ilmaan.

Kapillaarinen siirtyminen lakkaa ensimmäisenä materiaalin pinnan lähellä kosteuden laskiessa kriittisen kosteuspitoisuuden alle. Kosteuden poistuminen materiaalista vaihtuu vähitellen kapillaarisesta siirtymisestä diffuusioksi, kunnes materiaali on kokonaan kuivaa. (Rafnet 2020)

## **4.2 Hygroσκοoppisuus**

Huokoiset aineet sitovat ja luovuttavat kosteutta ympäröivän ilman kosteuspitoisuuden vaihteluiden mukaan. Aineen kykyä sitoa kosteutta ympäröivästä ilmasta kutsutaan hygroσκοoppisuudeksi. Hygroσκοoppinen tasapainokosteus on materiaalin kosteuspitoisuus, johon se pyrkii asettumaan tietyssä ilmankosteudessa ja lämpötilassa. (Björkholtz 1997, s. 59-60) Tasapainokosteus riippuu ilman suhteellisen kosteuden lisäksi materiaalin hygroσκοoppisuudesta. Rakennusmateriaaleista puupohjaiset materiaalit ovat kaikista hygroσκοoppisimpia. Niiden tasapainokosteudet ovat korkeimpia, eli ne pystyvät sitomaan ilmasta eniten kosteutta.

Huokoisista rakennusmateriaalista mineraalivillat ovat kaikista vähiten hygroσκοoppisia eli ne eivät juuri sido kosteutta ilmasta. Lämmöneristeen hygroσκοoppisuus vaikuttaa ulkoseinärakenteen kosteustekniseen toimintaan, mikä täytyy ottaa huomioon esimerkiksi ilmansulussa. (Lähdesmäki 2013)

## **4.3 Kosteuskapasiteetti**

Kosteuskapasiteetilla tarkoitetaan hygroσκοoppisen materiaalin kykyä sitoa kosteutta ilmasta ja luovuttaa sitä takaisin ilmaan. Hygroσκοoppisen aineen kosteuskapasiteettia voidaan käyttää rakennuksessa sisäilman kosteuden tasaajana. Rakenteen kosteuskapasiteetin ollessa suuri rakenne toimii sisäilman kosteuden vaihteluiden vaimentajana, sillä ilmankosteuden kasvaessa rakenne sitoo kosteutta ilmasta ja ilmankosteuden laskiessa luovuttaa sitä takaisin. Tätä ilmiötä kutsutaan puskurivaikutukseksi ja se vähentää koneellisen ilmanvaihdon tarvetta rakennuksessa. Rakenteen kosteuskapasiteetin suuruuteen ja puskurivaikutuksen tehokkuuteen vaikuttaa aineen hygroσκοoppisuuden eli tasapainokosteuden lisäksi rakenteen pintakäsittelyn

vesihöyrynläpäisevyys sekä huoneilman ja hygroskooppisen aineen kosketuspinta-alan suuruus. (Kokko 2020)

#### **4.4 Tasapainokosteus**

Kaikki huokoiset rakennusmateriaalit sisältävät jonkin verran kosteutta johtuen niitä ympäröivän ilman sisältämästä kosteudesta. Hygroskooppisella tasapainokosteudella tarkoitetaan aineen kosteuspitoisuutta ainetta ympäröivän ilman ollessa tietyssä lämpötilassa ja suhteellisessa kosteudessa. Materiaalin tasapainokosteutta voidaan kuvata tasapainokosteuskäyrillä eli sorptiokäyrillä. Tasapainokosteuden suuruus riippuu materiaalista, ympäröivän ilman kosteuspitoisuudesta ja lämpötilasta sekä siitä, onko aineessa viimeksi tapahtunut absorptiota, eli vesihöyryn sitomista vai desorptiota eli vesihöyryn luovuttamista. (Rafnet 2020)

#### **4.5 Vesihöyryn diffuusio ja konvektio**

Sekä diffuusio että konvektio ovat vesihöyryn liikettä rakenteen läpi. Diffuusio tarkoittaa vesihöyryn liikettä vesihöyryn osapaine-erojen vaikutuksesta. Vesihöyryn osapaine tarkoittaa painetta, joka aiheutuu ilman sisältämästä vesihöyrystä. Kaasujen osapainelain mukaan kaasumolekyylit pyrkivät muodostamaan tasaisesti jakautuneen kaasuseoksen liikkumalla suuremmasta osapaineesta pienempään osapaineeseen eli suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään. Rakennuksen vaipassa vesihöyryn siirtymistä diffuusiolla tapahtuu kaikkien niiden materiaalien läpi, jotka läpäisevät vesihöyryä. Diffuusion suunta on yleensä lämpimästä tilasta kylmempään tilaan, sillä vesihöyryn osapaine on suurempi korkeammassa lämpötilassa. Vesihöyryn diffuusiota rakenteen läpi voidaan ehkäistä sijoittamalla höyrynsulku lämmöneristeen ja lämpimän sisätilan väliin. Diffuusiotiivis höyrynsulku estää vesihöyryn lisäksi myös muiden kaasujen kuten hapen ja hiilidioksidin diffuusion rakenteen läpi. (Siikanen 2014, s. 70-71)

Konvektio on vesihöyryn siirtymistä ilmavirtauksien mukana. Tuuli, lämpötilaerot ja ilmanpaine-erot aiheuttavat ilmavirtauksia, jotka pyrkivät kuljettamaan ilmaa vaipparakenteen läpi. Ilmassa oleva vesihöyry liikkuu konvektiovirtauksissa ilman mukana huokoisissa aineissa ja rakojen ja reikien läpi. Kosteuden konvektio voi olla



haitallista rakenteelle, sillä lämpimän sisäilman virratessa rakenteen läpi sen ulompiin, kylmempiin osiin, ilma kylmenee ja sen sisältämä kosteus saattaa tiivistyä rakenteiden sisään altistaen rakenteen kosteusvaurioille. Konvektiota voi tapahtua myös kylmästä ulkoilmasta kohti lämmintä sisäilmaa, jolloin se jäähdyttää rakenteen sisempiä kerroksia ja saattaa siten aiheuttaa sisäilmassa olevan kosteuden kondensoitumista seinän sisäpinnoille. Konvektion estämiseksi rakenteessa tulisi olla ilmansulku, joka estää haitallisia ilmavirtauksia rakenteen läpi. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2012, s. 127), (Björkholtz 1997, s. 57-58)

## 4.6 Kapillaarisuus

Huokoisten materiaalien huokosissa vallitsee huokosalipaine, joka on sitä suurempi, mitä pienempiä huokokset ovat. Huokoisen materiaalin ollessa kosketuksessa vapaan veden kanssa, huokosalipaine aiheuttaa imun, joka pyrkii siirtämään vettä huokoiseen materiaaliin. Kapillaarista siirtymistä voi tapahtua sekä vaaka- että pystysuunnassa. Maaperässä kapillaarivoimat toimivat pystysuunnassa ja pyrkivät nostamaan vettä pohjavedenpintaa korkeammalle. Kapillaarinen nousukorkeus tarkoittaa kapillaarivoimien ja painovoiman välistä tasapainotilaa. Maaperässä kapillaarinen nousukorkeus riippuu maalajin karkeudesta eli sen sisältämien huokosten koosta. (Siikanen 2014, s. 68; Holmström 2016, s. 111-112)

Kapillaarista kosteuden siirtymistä tapahtuu rakennuksen vaipassa, kun maaperässä oleva pohjavesi, sade ja sulamisvedet siirtyvät kapillaarisesti maanvastaisiin rakenteisiin. Lisäksi rakennuksen ulkoseinään osuva viistosade siirtyy kapillaarisesti ulkoverhouksen kautta seinärakenteisiin. Pohjaveden kapillaarinen nousu voidaan estää maaperän ja rakenteiden väliin tulevalla karkearakeisella ainekerroksella kuten sepelillä. Veden kapillaarinen nousu perusmuurista ylempiin seinärakenteisiin ja betoni- tai tiiliseinästä puoleen kattorakenteisiin estetään tiiviillä bitumihuopakaistalla. Veden kapillaarinen siirtyminen ulkoseinässä päättyy tuuletusväliin. (Björkholtz 1997, s.53-54)

## 5 RAKENNUKSEN VAIPAN OSAT

### 5.1 Ulkoverhous ja tuuletusväli

Rakennuksen ulkoverhouksen tehtävä on estää rakennuksen ulkopuolisen veden joutuminen sen taakse sisempiin ulkovaipan osiin. Julkisivumateriaaleina yleisimmin käytetyt puu, betoni ja tiili eivät kuitenkaan kaikissa sääolosuhteissa täysin estä kosteuden pääsyä niiden taakse. Pintarakenteen väliaikainen kastuminen ei kuitenkaan haittaa, mikäli kosteus pääsee riittävän nopeasti poistumaan rakenteesta. Tämän takia ulkoverhouksen taakse tarvitaan yleensä tuuletusväli, joka mahdollistaa ylimääräisen kosteuden poistumisen riittävän nopeasti rakenteesta, jotta kosteus ei pääse vahingoittamaan sisempiä rakennekerroksia. (RakMk C2 1998), (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2012, s. 67-68)

Puu-ulkoverhousta käytetään yleensä puu- ja teräsrankaisissa ulkoseinissä. Puu-ulkoverhoillun ulkoseinän sadevesirasitusta minimoidaan lautojen riittävällä paksuudella, vähintään 21mm, käsittelemällä lautojen ulkopinnat vettä imemättömäksi ja käyttämällä riittävän leveitä räystäitä, vähintään 400mm sekä suojaamalla vaakapinnat kuten ikkunoiden alareunat vesipelleillä. Puisen ulkoverhoilun tiiviys varmistetaan ottamalla huomioon puun suuret kosteusliikkeet limittämällä lautoja. Puisen ulkoverhouksen taakse on aina jätettävä vähintään 20mm tuuletusväli, jotta ylimääräinen kosteus pääsee poistumaan riittävän nopeasti. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2012, s. 74-75)

Betonirakenteiset julkisivut voivat olla sandwich-elementtiseiniä, kantavia kuorielementtiseiniä tai kantaviin seinärakenteisiin ripustettuja kuorielementtiseiniä. Betonijulkisivun kosteusteknistä toimivuutta voidaan parantaa valitsemalla betonin pinnoitteeksi tehokkaasti vesihöyryä läpäisevä materiaali, joka on kuitenkin mahdollisimman vesitiivis. Betoniseinän rakennusvaiheessa on otettava huomioon, että seinä ehtii kuivua riittävästi ennen sen pinnoitusta ja lämmöneristeen asennusta, jotta rakennuskosteus ei pääse vahingoittamaan rakennetta. Betonijulkisivun riittävä kuivuminen voidaan varmistaa ulkokuoren alle jätettävällä tuuletusvälillä tai tuuletusurituksella, joista tuuletusväli on uritusta parempi kuivumisen kannalta. Betonirakenteen tuuletustarpeeseen vaikuttavat viistosateen voimakkuus, sisäpuolinen

kosteusrasitus sekä julkisivupinnan imukykyisyys. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2012, s. 69-71)

Tiiliulkoverhousta käytetään sekä puu- ja teräsrankaisissa ulkoseinissä että betonirakenteisissa ulkoseinissä. Kosteaa tiiliverhous voi kastella sen sisäpuolisia rakenneosia painovoimaisesti, kapillaarisesti sekä diffuusiolla. Tiilen ollessa riittävän kostea, vesi alkaa valua sen takapintaa pitkin rakenteen alareunaan, josta se pääsee kastelemaan sisempiä rakenneosia. Kostean tiiliverhouksen lämmitessä aurinkoisella ilmalla tiilen huokosten vesihöyrypitoisuus kasvaa ja vesihöyry alkaa siirtyä diffuusion vaikutuksesta sisempiin rakenneosiin. Kosteuden pääsy sisempiin rakenneosiin minimoidaan sillä, että tiiliulkoverhouksen taakse tulee aina jättää vähintään 30mm leveä tuuletusväli. Tiiliulkoverhousta muuratessa tulee pitää huoli siitä, ettei laastia pääse pursuamaan tuuletusväliin siten, että tuuletusväli pääsisi tukkeutumaan tai tiiliseinä olisi laastin kautta kosketuksissa sen takana olevaan tuulensuojakerrokseen. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2012, s. 77-78)

Ulkoseinän ja perusmuurin liitoskohdassa huomioidaan, ettei liitokseen synny haitallista kylmäsiltaa, joka mahdollistaisi kondensoitumisen rakenteen lämpimälle puolelle. Puurunkoisen seinän aluspuun on oltava riittävän kaukana maanpinnasta, vähintään 300 mm ja veden kapillaarinen nousu perusmuurin betonista seinärakenteisiin on estettävä. Tuuletusvälillisessä seinärakenteessa ulkoseinän alareunassa tulee olla tuuletusrakoja, joista ulkoverhouksen taakse joutunut ylimääräinen kosteus pääsee poistumaan aiheuttamatta kosteusvaurioita. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2012, s. 86)

## **5.2 Vesikatto**

Vesikatto suojaa rakennusta lumelta ja sade- ja sulamisvesiltä. Vesikatto koostuu katteesta eli vesikaton pintarakenteesta, joka suojaa rakenteita vesi- ja lumisateelta sekä sulamisvesiltä, aluskatteesta, joka suojaa yläpohjaa katteen saumoista vuotavalta vedeltä ja kondenssivedeltä ohjaten ne räystäään alta ulkoseinien ulkopuolelle sekä katetta ja aluskatetta välittömästi kantavasta rakenteesta. (RakMk C2 1998)

Sade- ja sulamisvesien päätyminen rakenteisiin vesikaton kautta estetään katon riittäväällä kaltevuudella ja kaltevuuteen sopivalla katemateriaalilla. Katon kaltevuuden ollessa suuri voidaan katteena käyttää epäjatkovaa katemateriaalia ja aluskatetta, jotka ohjaavat veden pois katolta. Jyrkkien kattojen kate- ja aluskatemateriaaleina voidaan käyttää aluskermiä ja suoraan sen päälle asennettavaa bitumi- tiili- tai peltikatetta. Tiili- ja peltikatteiden alla voidaan käyttää myös kattotuolien päälle vapaasti asennettavaa kondenssisuojattua aluskatetta tai diffuusioavointa eli hyvin vedenpitävää, mutta vesihöyryä läpäisevää aluskatetta, joka asennetaan suoraan lämmöneristeen päälle. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2012, s. 128)

Loivemmilla katoilla vesi ei pääse yhtä tehokkaasti valumaan pois, jolloin katteen tulee yksin toimia vedeneristeenä eikä siinä saa olla lainkaan vettä läpäiseviä saumoja. Loivilla katoilla katteena käytetään yleensä bitumikermiä, jonka kiinnitys ja tiiveys varmistetaan hitsaamalla se bitumilla alustaansa. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2012, s. 90-91)

### **5.3 Höyrynsulku ja ilmansulku**

Höyrynsulkuna ja ilmansulkuna voidaan käyttää rakennuksessa samaa ainekerrosta, joka voi olla kalvo-, levy-, kivi- tai massiivipuurakenne. Höyrynsulun tehtävä on estää vesihöyryn diffuusio rakenteen läpi. Diffuusio kuljettaa vesihöyryä suuremmasta pitoisuudesta pienempään, tavallisessa asuinrakennuksessa yleensä sisäilmasta ulkoilmaa kohti. Höyrynsulku tulee siis sijoittaa rakenteessa korkeamman vesihöyrypitoisuuden puolelle, joka yleensä on lämmöneristeen lämpimällä puolella. Ilmansulku estää haitallista ilman virtaamista rakenteen läpi. Lämpimässä sisäilmassa oleva kosteus ei siten pääse kulkeutumaan rakenteeseen ja kylmä ulkoilma ei pääse virtaamaan eristeiden läpi aiheuttamaan sisäilmassa olevan kosteuden kondensoitumista rakenteen sisäpinnoille. Toimiakseen halutulla tavalla höyrynsulun ja ilmansulun tulee olla jatkuvia ja tiiviitä. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2012, s. 27-28)

### **5.4 Tuulensuoja ja lämmöneristys**

Lämmöneristyksellä estetään lämmön siirtyminen rakenteen läpi. Lämmöneristeenä voi toimia erillinen ainekerros, jota käytetään vain lämmön eristämiseen tai esimerkiksi

kantava tiili- tai hirsiseinä, joka toimii samalla lämmöneristeenä. (RakMk C4 2003) Lämmöneristeiden toiminta perustuu yleensä eristemateriaalin ja paikallaan olevan ilman huonoon lämmönjohtavuuteen. Tuulensuojaa käytetään eristeen ulkopinnalla estämään haitallinen ilman virtaus lämmöneristekerroksessa. Tuulensuojana käytetään hyvin vesihöyryä läpäisevää materiaalia, jotta sen sisäpuolella oleva kosteus pääsee poistumaan tehokkaasti vaurioittamatta rakennetta. (Lähdesmäki 2013)

Eri eristemateriaalien kosteustekniset ominaisuudet poikkeavat toisistaan, mikä on huomioitava eristemateriaalia ympäröivässä rakenteessa. Lämmöneristeet voidaan jakaa lievästi hygroskooppisiin ja hygroskooppisiin eristeisiin sen perusteella, kuinka paljon ne kykenevät sitomaan kosteutta. Lievästi hygroskooppiset eristeet sitovat itseensä korkeintaan 2% kosteutta kuivapainoonsa verrattuna. Mineraalivilla ja solumuovieristeet ovat lievästi hygroskooppisia eristeitä. Mineraalivillan lämmöneristyskyky ei merkittävästi muutu ilman suhteellisen kosteuden muutosten myötä, sillä se ei sido kosteutta hygroskooppisesti eikä kapillaarisesti. Mineraalivillan läpi kosteus pääsee liikkumaan diffuusiolla ja ilmavirtojen mukana, sillä sen vesihöyrynläpäisevyys on erittäin suuri. EPS ja XPS ovat polystyreenistä valmistettuja lämmöneristeitä. EPS-eriste on valmistettu polystyreenihelmistä paisuttamalla, mistä se saa solumaisen rakenteensa. EPS ei sido kosteutta kapillaarisesti eikä hygroskooppisesti, mutta se läpäisee vesihöyryä, minkä takia se ei sovellu käytettäväksi höyrinsulkuna. Korkea kosteuspitoisuus vaikuttaa EPS-eristeen lämmönjohtavuuteen, mikä on huomioitava maakosketuksessa olevissa rakenneosissa. Myöskään XPS-eriste ei sido kosteutta hygroskooppisesti eikä kapillaarisesti ja lisäksi sen vesihöyrynläpäisevyys on niin alhainen, että sitä voidaan käyttää myös höyrinsulkuna. (Lähdesmäki 2013)

Puukuitueristeet ja muut luonnonkuitupohjaiset eristeet ovat hygroskooppisia eristeitä, sillä ne voivat sitoa ilmasta kosteutta yli 2% painostaan. Puukuitueriste pystyy sitomaan ja luovuttamaan kosteutta ilmasta lähes yhtä paljon kuin puutavara. Lisäksi sen suuri vesihöyrynläpäisevyys mahdollistaa kosteuden siirtymisen diffuusiolla ja ilmavirtausten avulla eristeen läpi. Puukuitueriste toimii rakenteessa tasaten rakenteen ja sitä ympäröivän ilman kosteuspitoisuuden vaihteluita. Puukuitueristeen lämmönjohtavuus vaihtelee sen kosteuspitoisuuden vaikutuksesta ja orgaanisena materiaalina se on mineraalivilloja ja solumuovieristeitä alttiimpi mikrobivaurioille. (Lähdesmäki 2013)

## 5.5 Salaojitus

Rakennuksen salaojitusjärjestelmä koostuu salaojituskerroksesta, joka on yleensä karkearakeista maa-ainesta, salaojaputkista, joihin vesi pääsee putkien seinämissä olevien reikien kautta, salaojakaivoista. Salaojitusjärjestelmä estää veden kapillaarisen nousun liian lähelle rakennusta ja mahdollistaa maahan imeytyvien pintavesien valumisen pois rakennuksen alta. (RakMk C4 2003)

## 6 YHTEENVETO

Rakennuksen vaippaa kuormittaa kosteus sekä sisä- että ulkopuolelta. Rakenteita rasittaa ulkopuolelta sade- ja sulamisvedet sekä maaperän kosteus ja pohjavesi. Sisäpuolelta rakenteisiin kohdistuvia kosteusrasituksia ovat rakennuksen käyttäjistä ilmaan haihtuva kosteus sekä rakennuksen eri toiminnoissa käytetty vesi. Lisäksi rakenteet ovat jatkuvasti alttiina niitä ympäröivän ilman sisältämälle kosteudelle.

Rakennuksen kosteudenhallinta on erityisen tärkeää, sillä sen laiminlyöminen voi aiheuttaa taloudellisten haittojen lisäksi pysyviä terveydellisiä haittoja rakennuksen käyttäjille. Kosteudenhallinnalla pyritään minimoimaan ylimääräisen ja haittaa aiheuttavan kosteuden joutuminen rakenteiden sisään ja mahdollistamaan satunnaisesti rakenteisiin joutuvan ylimääräisen kosteuden nopea poistuminen rakenteista. Kosteudenhallintaan on kiinnitettävä huomiota koko rakennuksen elinkaaren ajan aina suunnittelusta ja rakennusmateriaalien valmistuksesta rakennuksen ylläpitoon saakka.

Jotta rakennuksen kosteudenhallinta voidaan toteuttaa oikein, tulee tietää miten kosteus käyttäytyy. Kosteuden käyttäytyminen ei kuitenkaan ole yksiselitteistä, sillä se voi olla ilman sisältämää vesihöyryä, jäätä, lunta, nestemäistä vettä tai rakennusmateriaaleihin sitoutunutta kosteutta. Lisäksi eri materiaalit käyttäytyvät kosteuden kanssa eri tavoilla, mikä hankaloittaa entisestään kosteuden siirtymisen ymmärtämistä. Rakennuksen vaipassa on aina jonkin verran kosteutta ja kosteus liikkuu vaipassa ilmavirtausten, vesihöyryn osapaine-erojen ja lämpötilavaihteluiden takia.

Rakennuksen vaipan eri kerrokset vaikuttavat eri tavoin kosteuden siirtymiseen. Vesikatto, ulkoverhous ja tuuletusväli estävät sadeveden joutumisen sisempiin vaipan osiin, höyrynsulku katkaisee kosteuden siirtymisen diffuusiolla ja ilmansulku estää ilmavirtauksia kuljettamasta kosteutta rakenteessa. Salaojituksella estetään pohjaveden nousu perustuksille.

# LÄHDELUETTELO

Björkholtz, D. (1997). Lämpö ja kosteus: Rakennusfysiikka (2. p.). Rakennustieto.

Holmström, J., Pitkäranta, M., & Nieminen, K. (2016). Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö.

Heljo, J., & Vinha, J. (2014). Rakennusfysiikka: I, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Kokko, E. (2020). Sisäilman kosteusolojen parantaminen puurakenteilla. Wood Focus Oy

Lähdesmäki, K. (2013). Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden rakennusfysikaaliset ominaisuudet. RIL 255-2013. Luku 9 Toimituksellinen kooste kommentointia varten. PDF. Luettu 19.8.2024. [https://www.ril.fi/media/luku-9\\_rakennusmateriaalit\\_28062013.pdf](https://www.ril.fi/media/luku-9_rakennusmateriaalit_28062013.pdf).

Niemelä, T. (2014). Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa. Suomen Rakennusmedia.

Pro Puu. (2024). Luettu 10.5.2024 <https://puuproffa.fi/liitosten-arkki/puun-liitokset/liitosten-vaatimukset/lujuus-puunrakenne/>

Puhakka, E., & Kärkkäinen, J. (1994). Rakentamisen tavoitteena puhdas sisäilmasto. [Suomen sisäilmaston mittauspalvelu].

Rafnet. (2020). Terveet tilat 2028, Rakennusfysiikkaa rakennusinsinöörille – Kosteus

RakMk C2. (1998). Kosteus. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma

RakMk C4. (2003). Lämmöneristys. Ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma

Siikanen, U. (2014). Rakennusfysiikka: Perusteet ja sovelluksia. Rakennustieto



Suomen rakennusinsinöörien liitto. (2012). Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL. RIL 107-2012

Vähäkallio, P., & Louhenkilpi, K. (1984). Lämmön- ja kosteudeneristys. Suomen rakennusinsinöörien liitto. RIL 155

YM 782/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta

Åström, G., & Nousiainen, A. (2020). Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen ([Uudistettu painos]). Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 250-2020