



Rakennusfysiikkaa

Rakennusfysiikan perusteet ja
kosteusvaurion syntyminen.
Marko Hautala RI



RAKENNUSFYSIKKA

Kosteus ja ilmanpitävyys

VESIHÖYRY



Näkyykö seuraavassa kuvassa vesihöyryä?



VESIHÖYRY

- Vesihöyry on kaasumaista vettä.
- Vesihöyry on hajutonta, mautonta ja väritöntä
- Vesihöyryä ei voi ihmissilmin erottaa ilmakehän muista kaasuista. /1/



VESIHÖYRY

- Arkikielessä luulemme näkevämme vesihöyryä teekattilasta, höyrykaapissa tai pakkasella hengitysilmassa.
- Kaikissa näissä tapauksissa vesihöyry on kuitenkin jo tiivistynyt pienenpieniksi pisaroiksi, samoiksi joista sumu muodostuu. /1/



VESIHÖYRY

- Kesällä vesihöyryn määrä ulkona on korkeammasta lämpötilasta johtuen suurempi kuin talvella.
- Ulkoilman vesihöyryn määrä vaihtelee
- talvella n. $0,5 \text{ g/m}^3$
- kesällä n. 15 g/m^3 . /2/



KOSTEUS ILMASSA

- Ilman kosteudella tarkoitetaan ilman sisältämän vesihöyryn määrää.
- Vesihöyry on silmälle *näkymätön kaasu*.
- Laajalti käytetty kosteutta kuvaava suure on ilman suhteellinen kosteus **RH%**.
- Kosteuden mittaukseen voidaan käyttää hiuskosteusmittaria, jonka toiminta perustuu hiuksen ominaisuuteen muuttaa pituuttaan ilman suhteellisen kosteuden mukaan.
- Mittari ilmaisee ilman kosteussisällön prosentteina. /1/



KOSTEUS ILMASSA

- Ilman sisältämän vesihöyryn määrän noustessa suhteellisen kosteuden RH % nousee, ilman lämpötilan pysyessä vakiona.
- Kun ilma on kyllästynyt vesihöyryn suhteen, vesihöyry tiivistyy sumuksi tai kastepisaroiiksi.
- Pakkasella vesihöyry härmistyy suoraan kiinteään olomuotoon.
- Näissä tapauksissa ilman suhteellinen kosteus on lähellä 100 %:a. /1/



KOSTEUS ILMASSA

- Ilmakehän kosteus voidaan ilmoittaa suhteellisena RH% tai absoluuttisena vc kg/m^3 kosteutena.
- Ilmassa oleva suurin mahdollinen vesihöyryn määrä vk riippuu lämpötilasta. Taulukko 1.
- $+20^\circ \text{C}$ ilma voi sisältää lähes 50 kertaa enemmän vesihöyryä kuin ilma -30°C pakkasella. /1/



KOSTEUS ILMASSA

- Kyllästyskosteus on se vesihöyryn määrä, joka ilman lämpötilan mukaan ilmassa voi vesihöyryn tiivistymättä nesteeksi enintään olla.
- Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän siinä voi olla vesihöyryä.
- Kastepiste on lämpötila, johon ilman pitää jäähtyä, jotta kyllästystila saavutettaisiin. /2/



KOSTEUS ILMASSA

- Ilman vesihöyryn kyllästyskosteus riippuu ilman lämpötilasta.
- Lämpimään ilmaan mahtuu huomattavasti enemmän vesihöyryä kuin kylmään ilmaan.
- Mikäli ilma on lähellä kyllästyspitoisuuttaan ja sen lämpötila jostain syystä laskee, samaan ilmatilavuuteen mahtuvan vesihöyryn määrä pienenee ja kyllästyspitoisuuden ylittävä määrä vesihöyrystä tiivistyy vedeksi.
- Tätä ilmiötä kutsutaan *kondensoitumiseksi eli tiivistymiseksi*.

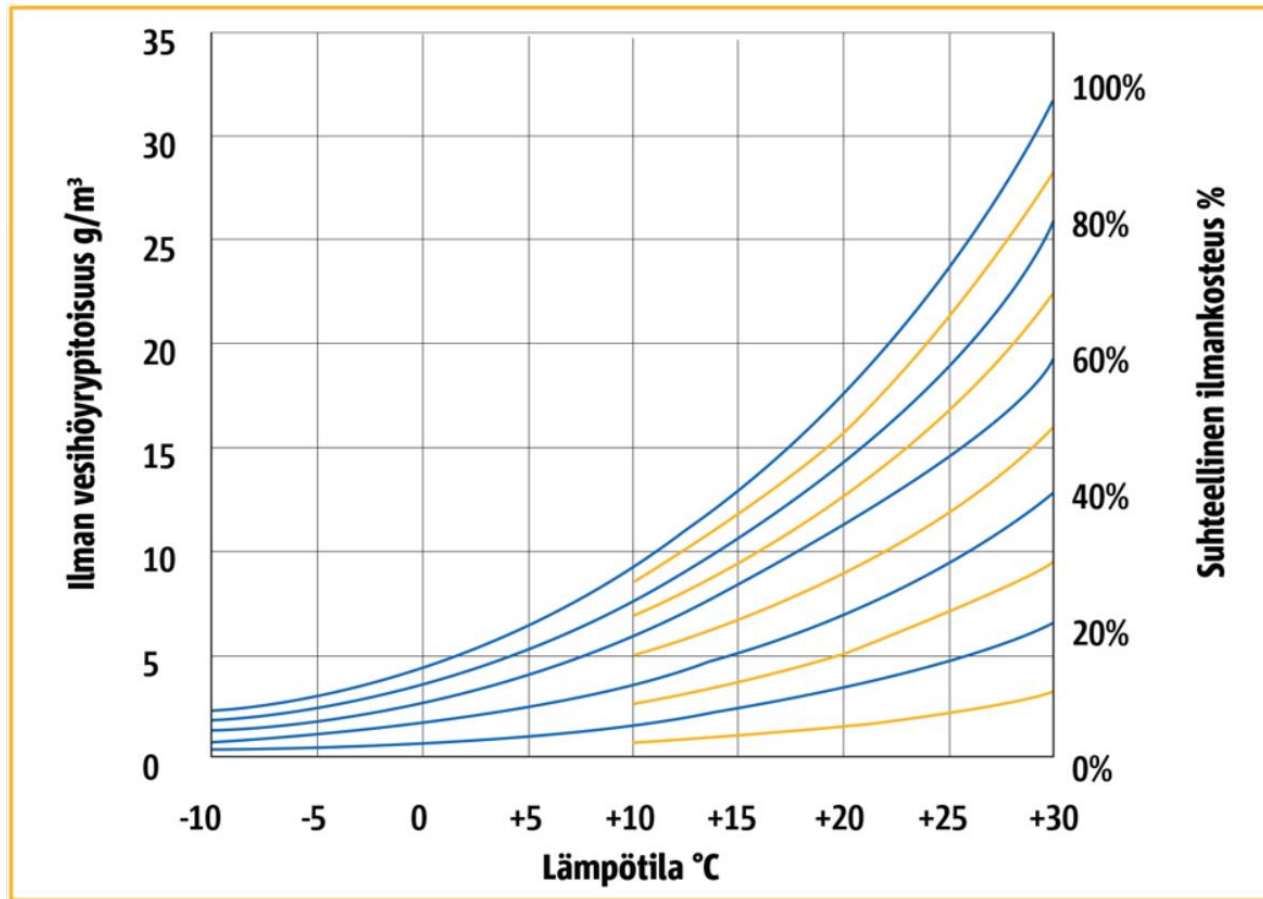
KOSTEUS ILMASSA

- Suhteellinen kosteus RH % ilmoittaa, miten paljon ilma sisältää vettä siitä määrästä, jonka se enimmillään voi sitoa itseensä määrättyssä lämpötilassa. /2/
- Jos ilmassa on esimerkiksi puolet kyllästystilan pitoisuudesta, on suhteellinen kosteus $RH = 50 \%$. Suhteellinen kosteus voi vaihdella välillä 0-100 %.

KOSTEUS ILMASSA

- Ilmassa on niin paljon vesihöyryä kuin siihen tiivistymättä mahtuu. Se ilmoitetaan usein merkinnällä $RH = 100 \%$ (Relative Humidity).
- Tärkeää on, että kyllästyspitoisuus riippuu vain lämpötilasta siten, että kylmään ilmaan mahtuu vähemmän vesihöyryä kuin lämpimään.
- Kyllästyspitoisuus voidaan ilmoittaa yksiköissä g/m^3 tai vesihöyryn kyllästystilaa vastaavana osapaineena (Pa). /6

VESIHÖYRYN MÄÄRÄ



Kuva 1.

Ilmassa olevan vesihöyryn määrä ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaan, periaatekuva. Tässä kuvassa esitetään värillisellä viivalla esimerkki suhteellisen kosteuden käyrästön käytöstä. Siltä voidaan nähdä rakennusosan likimääräinen lämpötila, jossa vesihöyry kondensoituu. Esimerkissä ilman lämpötila on 20 °C ja suhteellinen kosteus on 40 %. Vesihöyry kondensoituu aineen pinnalle tai sen sisään, kun sen lämpötila on noin 5 °C. Kun aineen suhteellinen kosteus on 80 % ja lämpötila n. 9 °, siinä voi kasvaa mikrobeja. Ilman kyllästyskosteus (vesihöyryn kyllästyspaine ja -pitoisuus) ilman lämpötilan mukaan esitetään Suomen Rakennusinsinöörien julkaisussa RIL 155 Lämmön- ja kosteudeneristys. Lähde: Kosteus- ja homevaurioidu- neen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö. Ympäristöopas 28.



KOSTEUS ILMASSA

- Suhteellisella kosteudella on rakennustekniikassa varsin suuri merkitys sekä rakennusten että rakennusmateriaalien lämpö ja kosteusteknisessä käyttäytymisessä.
- Rakennusten lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan lähtökohtana on usein ulkoilman vesihöyrynpitoisuus.



KOSTEUS ILMASSA

- Absoluuttinen kosteus kertoo, kuinka paljon ilma sisältää vettä g/m^3 .
- Suomessa ulkoilman absoluuttinen kosteus on suurin heinä - elokuussa ja pienin helmikuussa.
- Absoluuttinen kosteus pienenee pohjoiseen päin siirryttäessä, mutta suhteellisen kosteuden arvot pysyvät melko samoina etelästä pohjoiseen. /2/



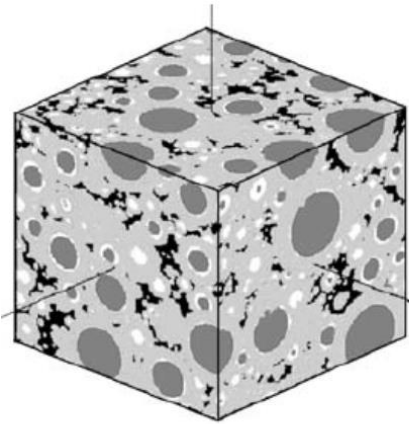
KOSTEUS ILMASSA

- **RH** = todellinen kosteus/kyllästyskosteus x 100
- Esim. ilman lämpötila on +20°C, **vesihöyrynkyllästymispiste vk** on 17,28g/m³(taulukko1) Ilman mitattu absoluuttinen kosteus on 10g/m³.
- $10\text{g/m}^3 \times 100\% / 17,28\text{g/m}^3 = \text{RH } 56,2\%$

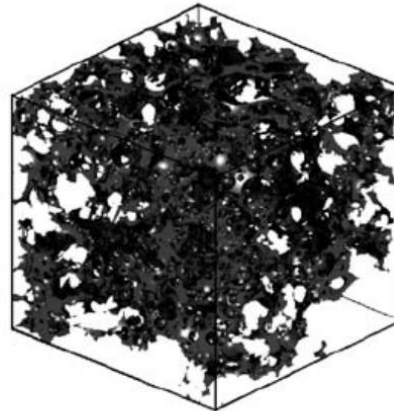


KOSTEUS MATERIAALISSA

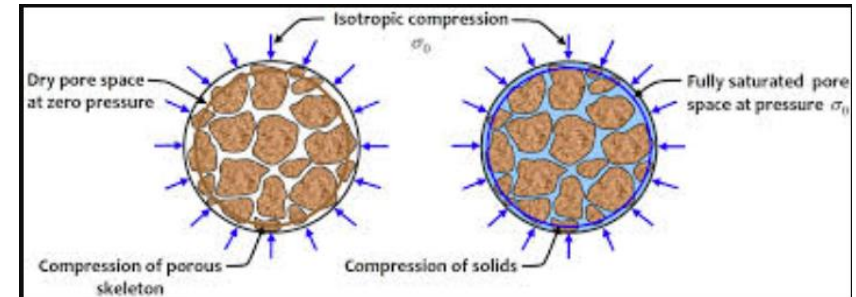
- Kosteus tarkoittaa kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa.
- Materiaalin kosteus voidaan ilmoittaa Huokosten ilmatilan Suhteellinen kosteus **RH %**
 - Kosteuspitoisuus painona tilavuudesta **w**
 - Kosteuspitoisuus paino% **u**
 - Kapilaarinen kyllästysaste



a)

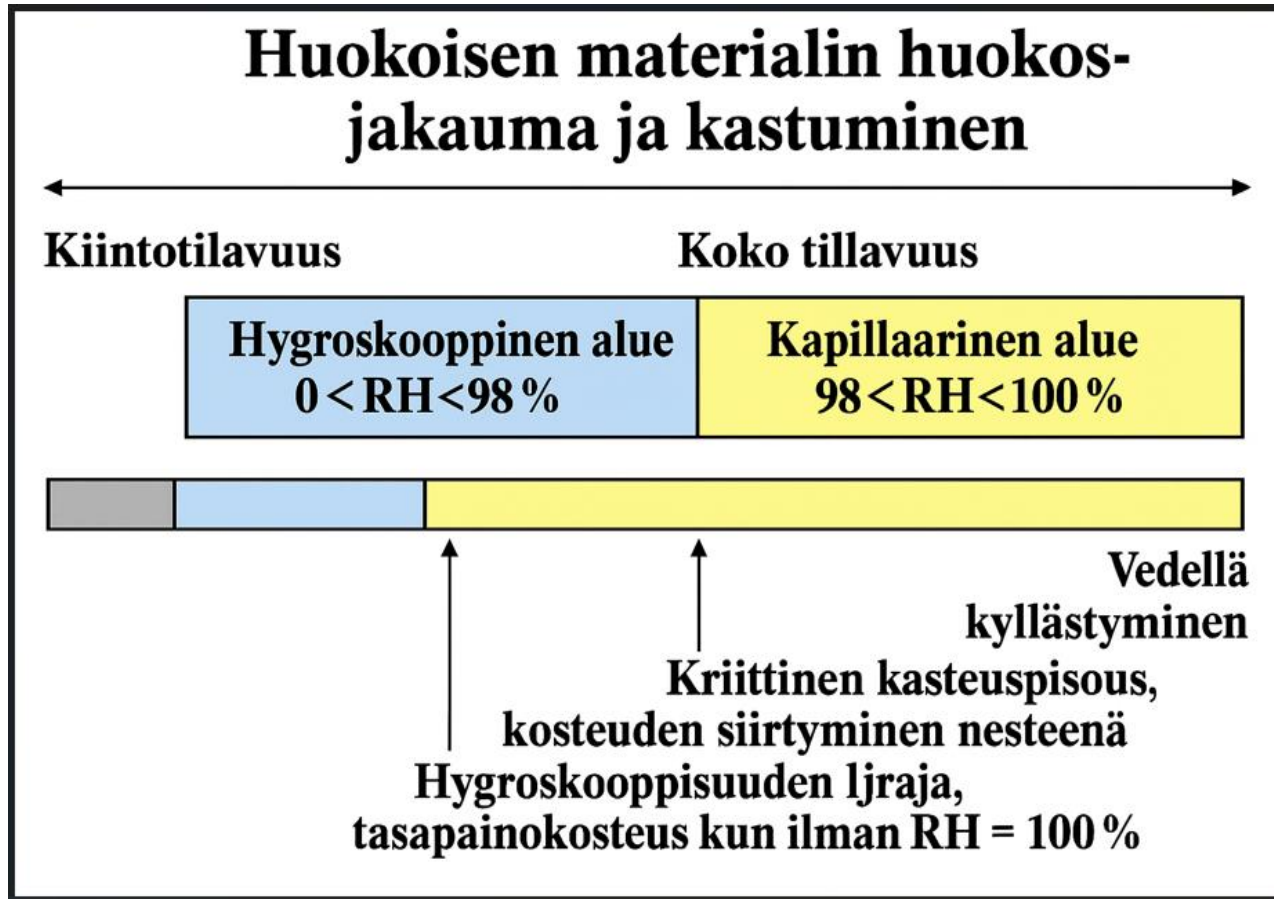


b)



(a) Sementtitahnan tilavuus simuloituna HYMOSTRUC-mallilla; (b) Huokosrakenne, joka on käytettävissä kapillaariveden kuljetukseen 0,75 % hydrataation jälkeen, laskettu HYMOSTRUCilla.

KOSTEUS MATERIAALISSA





HYGROSKOOPPISUUS

- Huokoinen aine pystyy sitomaan itseensä kosteutta ilmasta sekä luovuttamaan kosteutta ilmaan.
- Tätä ominaisuutta kutsutaan *hygroskooppisuudeksi*.
- Kun aineen huokosissa olevan ilman suhteellinen kosteus on asettunut samaan arvoon kuin ympäröivän ilman suhteellinen kosteus, on saavutettu ns. hygroskooppinen tasapainokosteus. /2/



HYGROSKOOPPISUUS

- Hygroskooppisuuden yläraja saavutetaan, kun materiaalia säilytetään ilmassa, jonka suhteellinen kosteus on RH 100%.
- Materiaalin ollessa hygroskooppisella alueella, jolloin materiaalin huokosten ilman suhteellinen kosteus on alle RH 100%. Tällöin kosteus on vesihöyrynä ja kosteuden siirtyminen tapahtuu diffuusiolla.



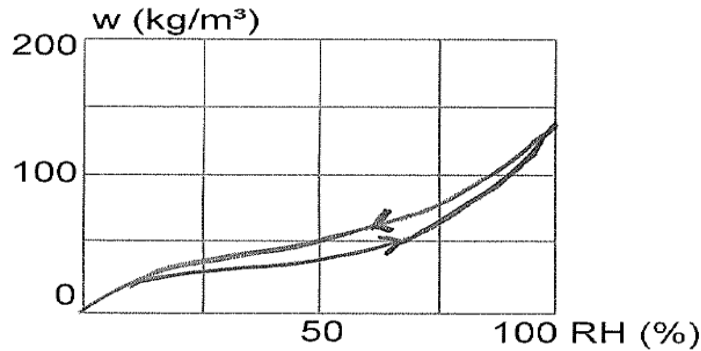
HYGROSKOOPPISUUS

- Materiaalin huokosissa vaikuttavat vetovoimat vetävät ilman vesimolekyylejä materiaalin pintaan ohueksi vesikerrokseksi, jonka paksuus kasvaa ilman kosteuden lisääntyessä.
- Hygroskooppisen kosteuden määrä (RH/p%) on erilainen eri materiaaleilla.
- Lisäksi se on riippuvainen lämpötilasta sekä onko kyseessä kostuminen (**absorptio**) vai kuivuminen (**desorptio**).
- Prosessia kuvataan **sorptio-** eli **tasapainokäyrillä**. /2/

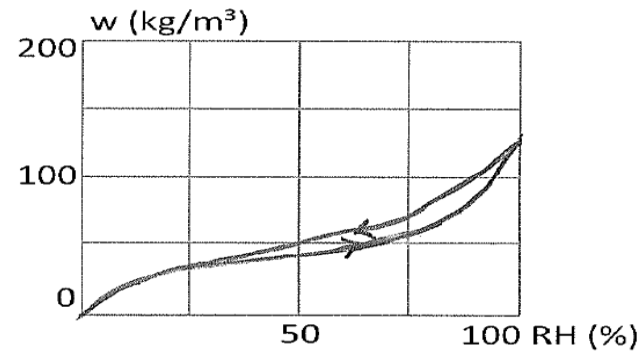


HYGROSKOOPPISUUS

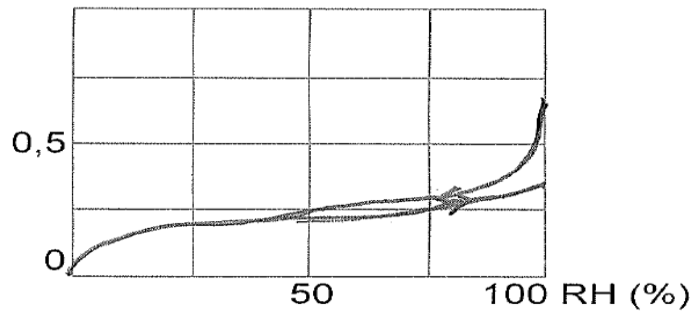
Eräiden materiaalien tasapainokosteuskäyriä



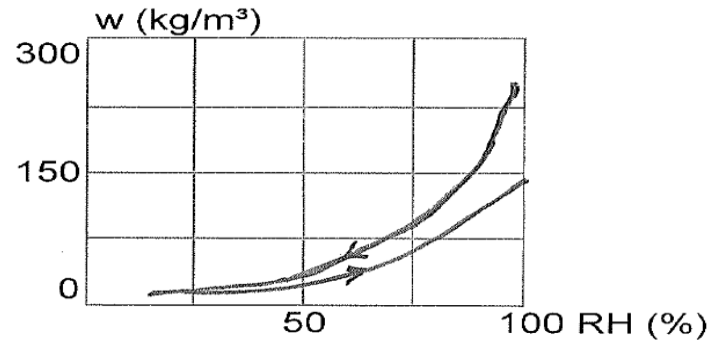
Kuusi, 420 kg/m³



Lastulevy, 610 kg/m³



Kivivilla, 42 kg/m³



Kipsi, 1240 kg/m³



HYGROSKOOPPISUUS

- Sitoutuvan kosteuden määrä riippuu materiaalista.
- Materiaali pyrkii saavuttamaan tasapainon, tietyn tasapainokosteuden ympäröivän ilman kanssa.
- Tasapaino riippuu materiaalin lisäksi lämpötilasta ja ilman suhteellisesta kosteudesta.
- Tietyn materiaalin tiettyä lämpötilaa vastaava tasapainokosteuskäyrä määritellään muuttamalla ilman suhteellista kosteutta ja mittaamalla materiaaliin sitoutuvan kosteuden määrä.



KAPILAARINEN KOSTEUS

- **Kapillaarinen tasapainokosteus** tarkoittaa vesipitoisuutta, jonka huokoinen materiaali saavuttaa kapillaarivoimien vaikutuksesta ollessaan yhteydessä vapaaseen vedenpintaan.
- Kapillaarinen tasapainokosteus ilmaistaan yleensä kapillaarisen nousukorkeuden tai huokosalipaineen funktiona.



MATERIAALIN KOSTEUSPAINO -%

- Aineessa oleva kosteusmäärä ilmoitetaan kosteuden massan ja kuiva-aineen massan välisenä suhteena = *painoprocentti kuivapainosta. /2/*
- Esim. materiaalin tunnettu kuivapaino on 500kg/m^3 . Materiaalin punnittu paino on 600kg/m^3 .
- $100\text{kg} \times 100 \text{ p\%} / 500\text{kg} = 20 \text{ p\%}$



KOSTEUS MATERIAALISSA

➤ Rakennusmateriaalin kosteuskapasiteetti riippuu:

- Tiheydestä
- Huokoisuudesta ja huokoskoosta
- Isot avoimet huokokset -> nopea, ilman vesihöyryn ja veden liike
- Pienet huokokset -> vesi sitoutuu tiukemmin, hygroskooppinen tasapainokosteus kasvaa



KOSTEUS MATERIAALISSA

- Kosteuspitoisuus tarkoittaa haihtumiskykyisen veden määrää [kg/m^3] huokoisessa materiaalissa. Vrt. vesipitoisuus.



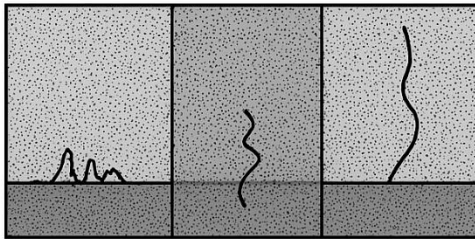
KOSTEUS MATERIAALISSA

- Kondensoituminen tarkoittaa vesihöyryn tiivistymistä rakenteissa vedeksi tai jääksi, kun ilman vesihöyrypitoisuus on saavuttanut kyseisessä kohdassa kyllästyskosteuden (RH=100%).
- Kondensoitumista tapahtuu yleensä materiaalien rajapinnoissa.

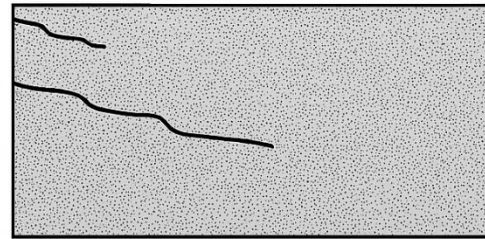
KOSTEUDEN SIIRTYMINEN

Kosteuden siirtymistapoja

Nesteenä

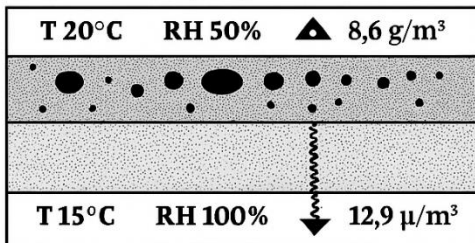


Kapillaarinen vedenliike

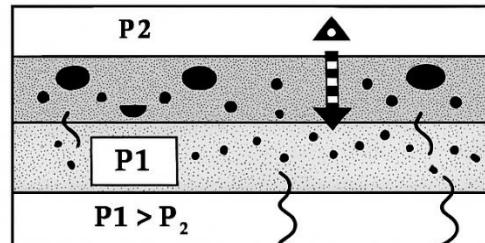


Painovoimainen vedenliike

Vesihöyrynä



Diffuusio



Konvektio



KOSTEUDEN SIIRTYMINEN

- Sade
- Roiskevedet
- Pintavedet
- Putki, ym. vuodot
- Sulamisvedet räntä, lumi ja jää
- Painovoimainen vedenliike
 - Ilmanpaine-ero, tuuli, vesipisaroiden liike-energia ja pintajännitys kuljettavat vetenä olevaa kosteutta.

KAPILAARISUUS

- Kapilaarinen virtaus on huokosalipaine-eron aiheuttaman nestemäisen veden siirtymistä aineen huokosissa.
- Huokosalipaine määritellään ilman ja sitoutuneen veden väliseksi paine-eroksi. /2/
- Kapillaarisuudella tarkoitetaan rakennusaineen ja maaperän kykyä imeä ja siirtää vettä itseensä niiden ollessa kosketuksissa veden kanssa.



KAPILAARISUUS

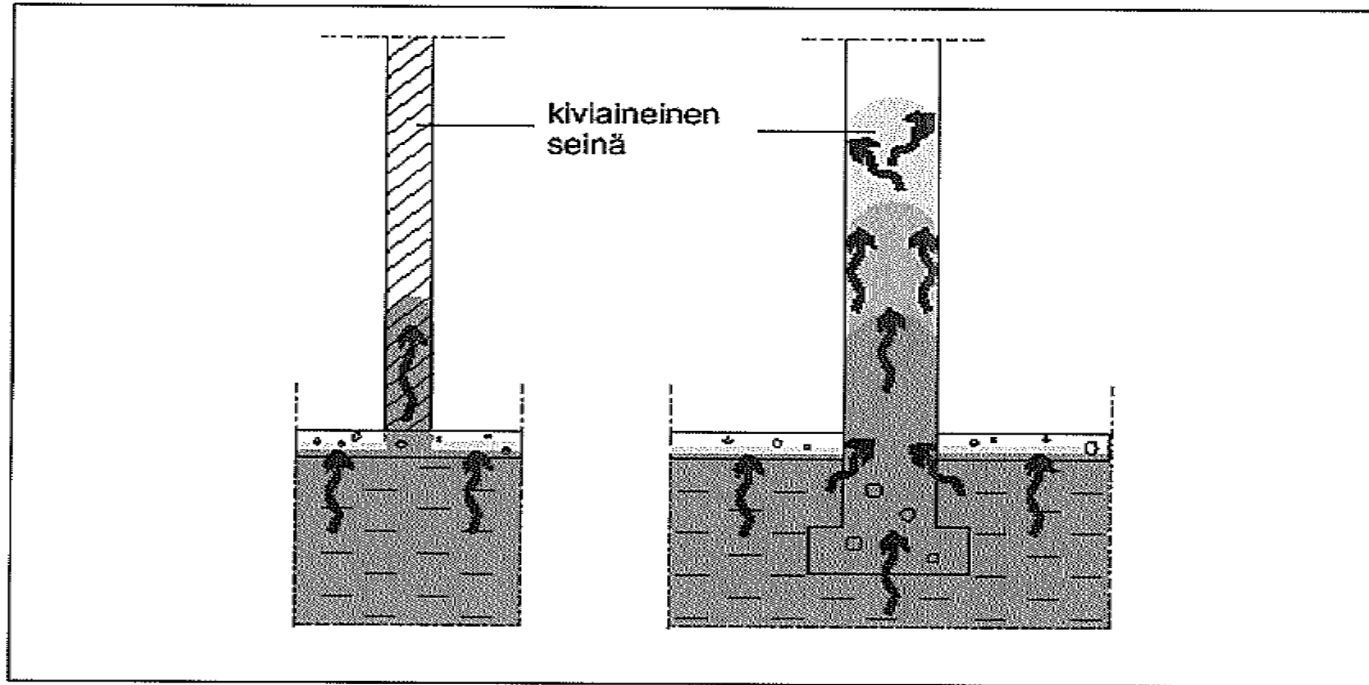
- Rakennusaine voi imeä vettä itseensä myös toisesta aineesta.
- Kosteus siirtyy aineesta toiseen, kunnes aineiden huokosalipaineet ovat molemmissa samat.
- Pienempi huokoinen aine imee itseensä kosteutta suurihuokoisesta aineesta. /2/



KAPILAARISUUS

- Pohjaveden pinnasta nousevan kapillaariveden kohoaminen jatkuu tasoon, jossa kohonneeseen vesimassaan kohdistuvat kapillaarivoimat ovat tasapainossa.
- Kapillaariseksi tasapainokosteudeksi kutsutaan sitä kosteutta, jonka huokoinen materiaali saavuttaa ollessaan yhteydessä vapaaseen vedenpintaan.

KAPILAARISUUS



Kuva 3.

Vesi nousee kapillaarisesti kostean maaperän tai rakennusosan kanssa kosketuksessa olevaan rakennusosaan, esimerkiksi seinään, perusmuuriin tai pilariin. Vesi nousee sitä korkeammalle, mitä vähemmän rakenteen pinta tai pinnoite läpäisee vettä tai mitä paksumpi rakenne on.



DIFFUUSIO

- Vesihöyryn pitoisuusero, kuten kaikki pitoisuus tai paine-erot luonnossa, pyrkivät tasoittumaan kohti tasapainotilaa vesihöyrymolekyylien liikkuesssa suuremmasta konsentraatiosta kohti pienempää. Tätä virtausta kutsutaan **diffuusioksi**.
- Diffuusiossa vesihöyry siirtyy korkeammasta pitoisuudesta alemman pitoisuuden suuntaan.

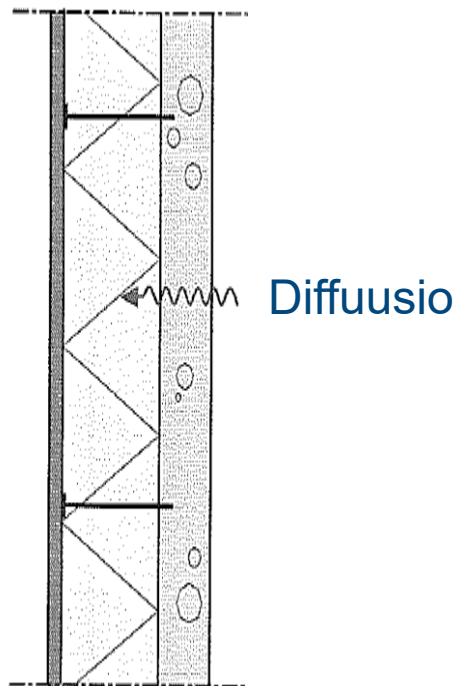
DIFFUUSIO

- *Diffuusio on kosteuden siirtymisilmiö, joka aiheutuu vesihöyrypitoisuuksien erosta rakenteen eri puolilla. Vesihöyrypitoisuuksien ero pyrkii tasoittumaan rakenteiden läpi.*
- *Diffuusio on merkityksellinen talvella, koska sisäilmassa on tällöin enemmän vesihöyryä kuin ulkoilmassa, ja kosteutta pyrkii siirtymään sisältä ulos.*
- *Diffuusiota ei voi aistinvaraisesti havaita. /2/*

DIFFUUSIO

Ulkopuoli

Sisäpuoli



Diffuusio

- Vesihöyry kulkeutuu suuremman vesihöyryn osapaineesta pienempään
- Vesihöyryn osapaine riippuu ilmassa olevan kosteuden määrästä g/m^3



DIFFUUSIO

- Diffuusion vaikutuksesta siirtyvät kosteusmäärät ovat suuria vain, jos rakenteet ovat hyvin huokosia.
- Höyrynsulullisessa rakenteessa kosteutta siirtyy diffuusion vaikutuksesta hyvin vähän, vaikka höyrynsulussa olisi pieniä vuotokohtia.
- Diffuusion vaikutuksesta siirtyvä kosteus voi aiheuttaa vaurioita, jos rakenteessa on liian tiivis kerros väärällä (kylmällä) puolella. /2/



VESIHÖYRYN VASTUS

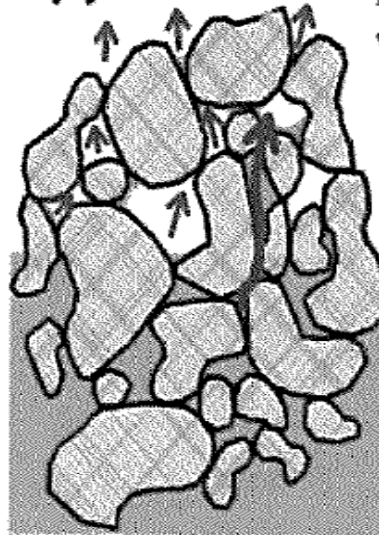
- Tarkoittaa tasapaksun ainekerroksen tai tällaisista muodostuvan tasapaksun kerroksellisen rakenteen pinnoilla eri puolilla vallitsevien vesihöyrypitoisuuksien tai vesihöyryn osapaineiden eron ja ainekerroksen tai rakenteen läpi jatkuvuustilassa pinta-alayksikköä kohti diffuusioituvan vesihöyryvirran suhteen. /2/

KOSTEUDEN SIIRTYMINEN

Kosteuden siirtymismekanismit

Siirtyminen vesihöyrynä
huokosilmassa
(diffuusio)

Kapillaarinen liike
vetenä huokosverkostossa



Kuva 2.1 Kosteuden olomuodot ja siirtymismekanismit.



KONVEKTIO

- Konvektiolla tarkoitetaan ilmanpaine-erojen aikaansaamia ilmavirtauksia.
- Ilmanpaine-eroja ulko- ja sisäilman välille voi aiheuttaa
 - Ilmanvaihtojärjestelmä
 - Tuuli
 - Lämpötilaerot

KONVEKTIO

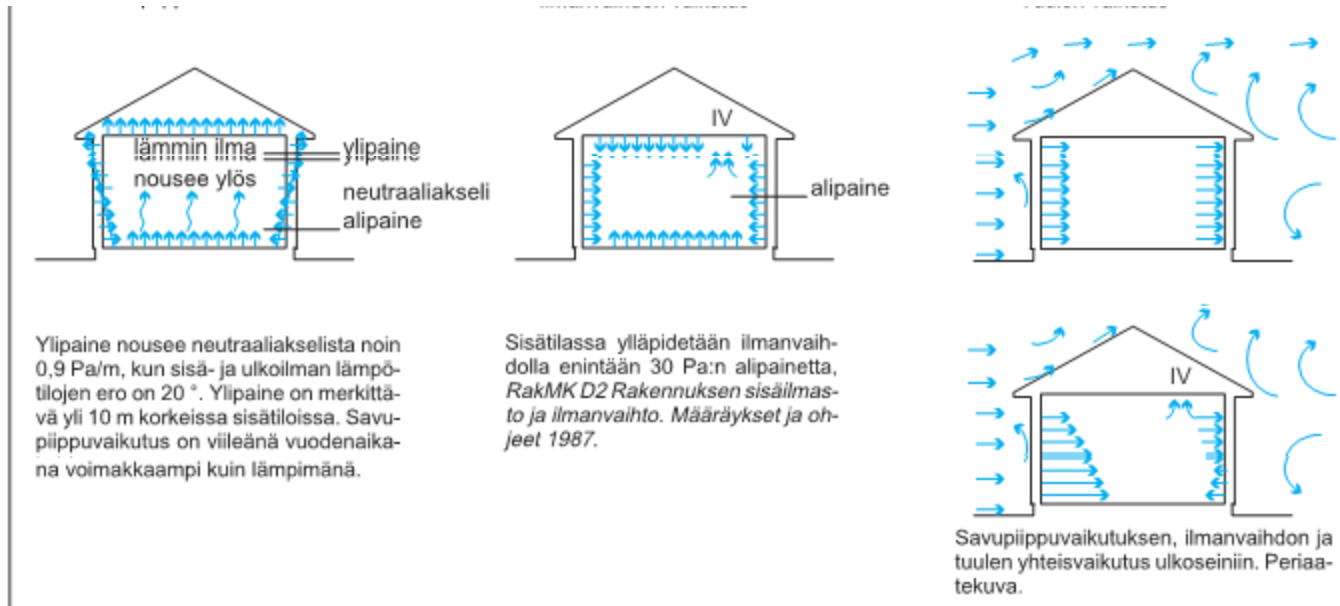
- Kosteusteknisesti haitallisia ovat ylipaineen aiheuttamat konventiovirtaukset sisältä ulos (kastelee) talvella, koska tällöin kosteuspitoisuus sisältä tulevassa ilmassa on usein suurempi kuin ulkoilman kyllästyskosteuspitoisuus, minkä vuoksi kosteutta voi tiivistyä rakenteisiin. /2/
- Alipaineen aiheuttamat, ulkoa sisälle (kuivattaa) tulevat ilmavirtaukset eivät yleensä ole kosteusteknisesti haitallisia, mutta ne voivat kuljettaa epäpuhtauksia rakenteista sisäilmaan (mikrobit esim. home). /2/



KONVEKTIO

- Konvektiovirtaukset ovat normaaleissa höyrynsulullisissa rakenteissa pääasiallisin kosteuden siirtäjä, jos rakenteisiin kohdistuu ylipainetta.
- Savupiippuvaikutuksen vuoksi yläpohjaan kohdistuu talvella helposti ylipainetta ja alapohjaan alipainetta. /2/

SAVUPIIPPUVAIKUTUS



Kuva 4.

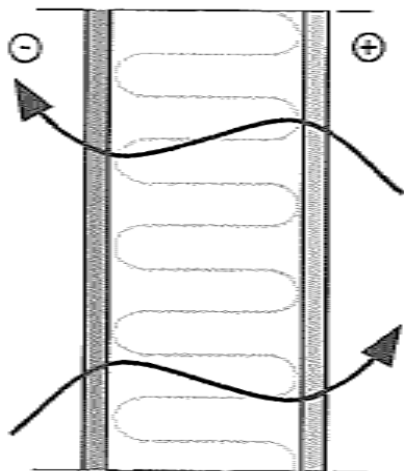
Lämmin huoneilma nousee viileämpää ilmaa kevyempänä ylös (savupiippuvaikutus). Ilmanvaihdolla ylläpidetään alipainetta. Tuulenpaineen vaikutus voi lisätä tuulenpuoleisen ulkoseinän sisäpinnalla olevaa alipainetta. Tuulensuojaisen seinän sisäpinnalta voi muodostua ylipainetta. Ylipaineen kohdalla ilmansulun vuodot ovat haitallisia, koska ilman mukana kulkeutuu rakenteisiin vesihöyryä.



KOSTEUDEN SIIRTYMINEN

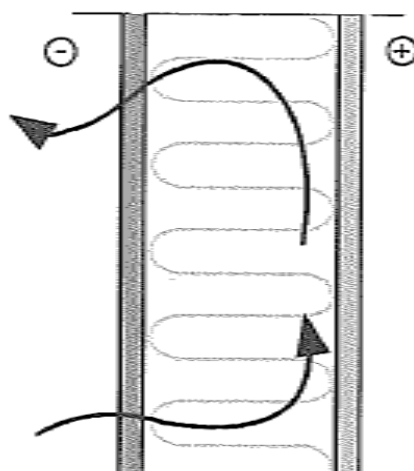
- Vesihöyrykonvektion aiheuttamia kosteusvaurioita esiintyy yleensä yläpohjissa.
- Nykyaikaisissa rakenteissa merkitystä on lähinnä rakojen, halkeamien, ym. läpi tapahtuvilla ilmavirtauksilla, jotka voivat siirtää huomattavasti suurempia kosteusmääriä kuin diffuusio. /2/

KONVEKKTIO



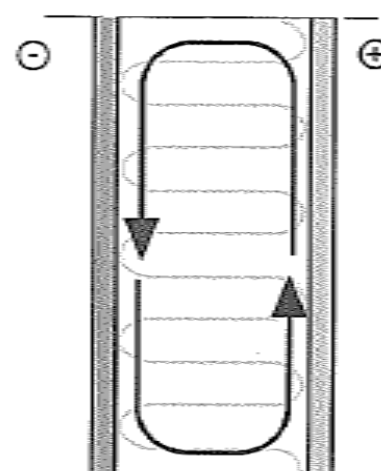
RAKENTEEN LÄPI TAPAHTUVA KONVEKTIO

Aiheutuu sisä- ja ulkoilman välisestä paine-erosta, kun sisäpinnan ilmansulku ei ole tiivis.



ULKOVERHOUKSEN/TUULEN SUOJAN LÄPI TAPAHTUVA KONVEKTIO

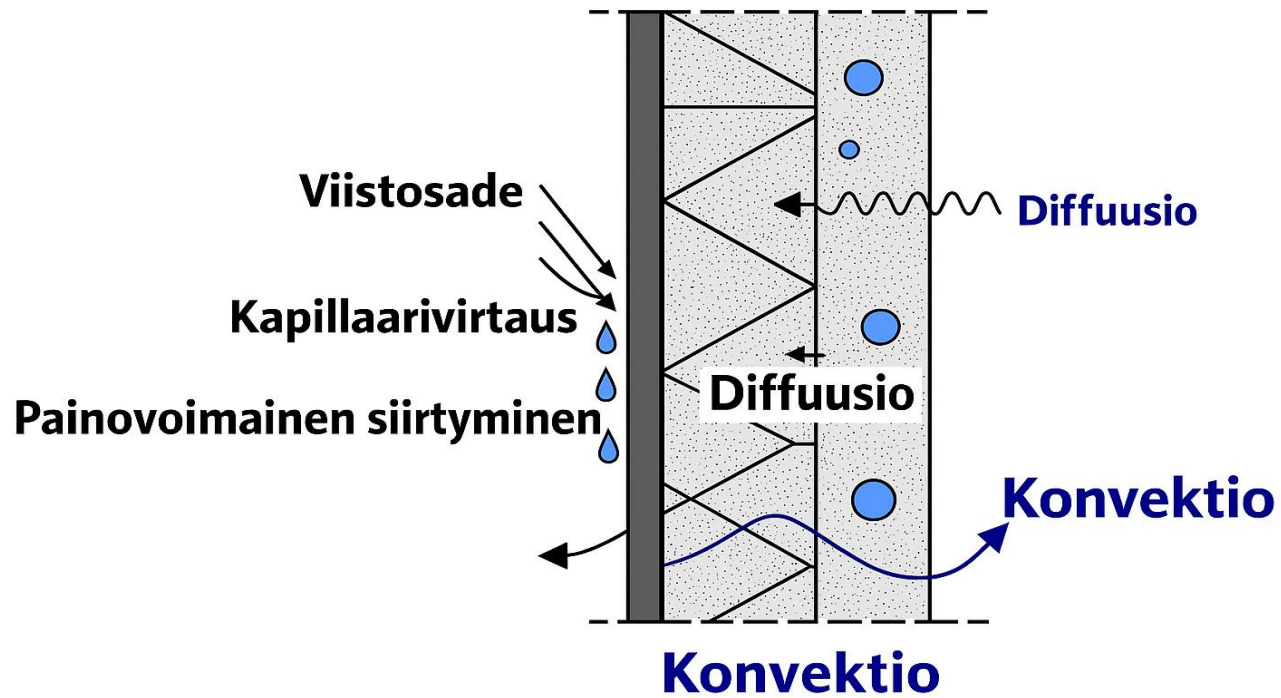
Aiheutuu tuulen vaikutuksesta, kun ulkoverhous/tuulensuoja ei ole tiivis tai se on virheellisesti asennettu.



RAKENTEEN SISÄINEN KONVEKTIO

Aiheutuu rakenteen pintojen välisistä lämpötilaeroista, kun eristekerros on paksu ja siinä on avoin huokosverkosto tai eriste ei ole tiiviisti sisä- ja ulkopintaa vasten.

KOSTEUDEN SIIRTYMINEN





MATERIAALIN KUIIVAMINEN

- Kuivatus on vesien johtamista päällysrakenteen pinnalta pintakuivatuksella tai maan sisällä salaojin ja salaojituskerroksin.
- Kosteuden haihtumisnopeus riippuu
 - pinnan lämpötilasta,
 - pinnan yli virtaavan ilman nopeudesta,
 - lämpötilasta ja
 - suhteellisesta kosteudesta.
- Haihtuminen on sitä nopeampaa, mitä enemmän pinnalle siirtyy energiaa esim. tuulella tai auringon säteilyinä. /2/

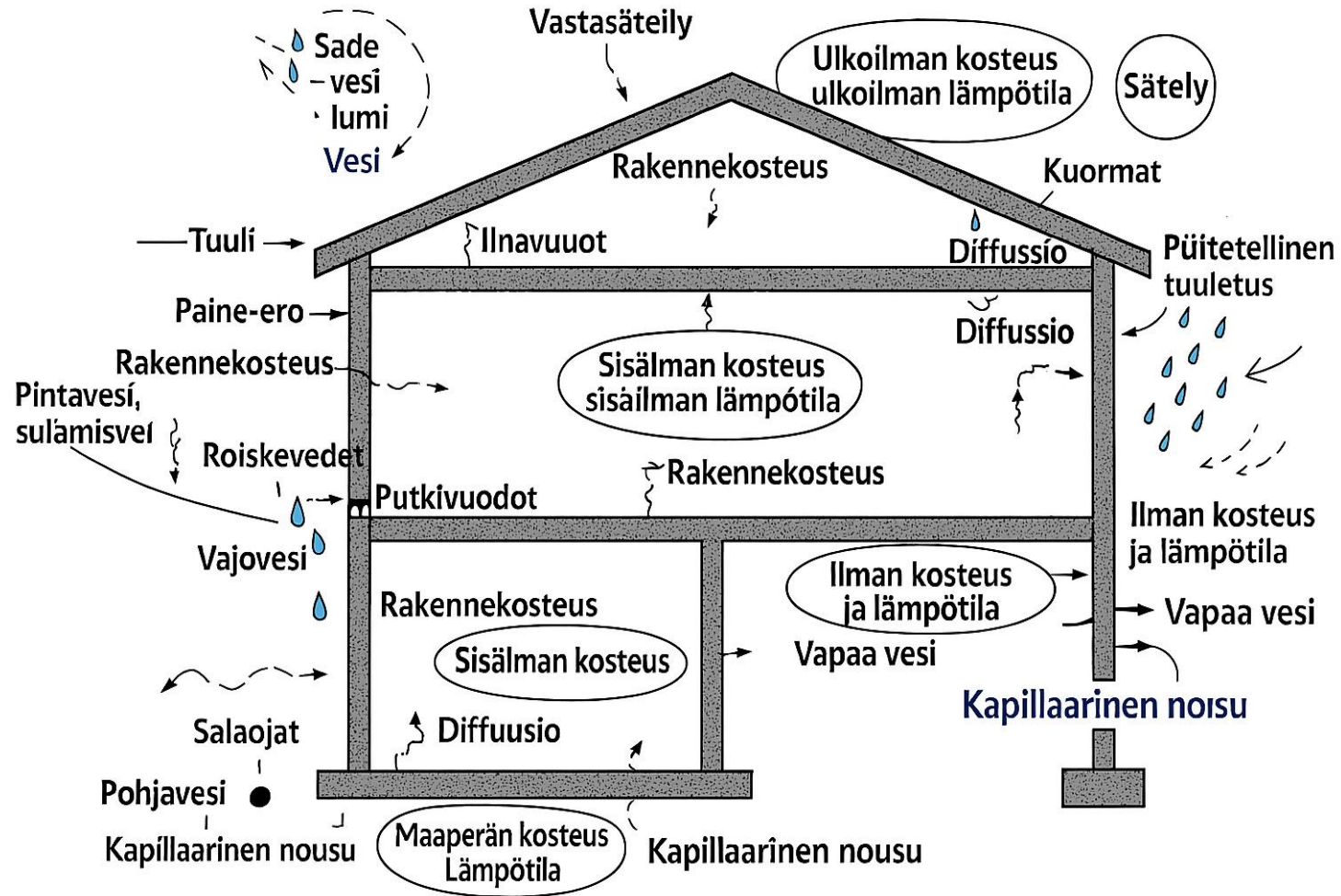


MATERIAALIN KUIIVAMINEN

Kuivumisnopeutta voidaan tehostaa lisäämällä

1. Lämpötilaa
2. Ilmanvaihtoa
3. Purkamalla tiiviitä pinnoitteita
4. Vähentämällä ympäröivän ilman kosteutta

KOSTEUS RAKENNUKSESSA





Tekoälyn kirjoituserheitä...

nbhlj8rzFPa43duxsk8Yz...

Keskustelu

Korjaa kontrasti ja värit siten että vesipisarat sinisellä

Copilot

Tee tästä vektoriversio

Lisää otsikko kuvaan

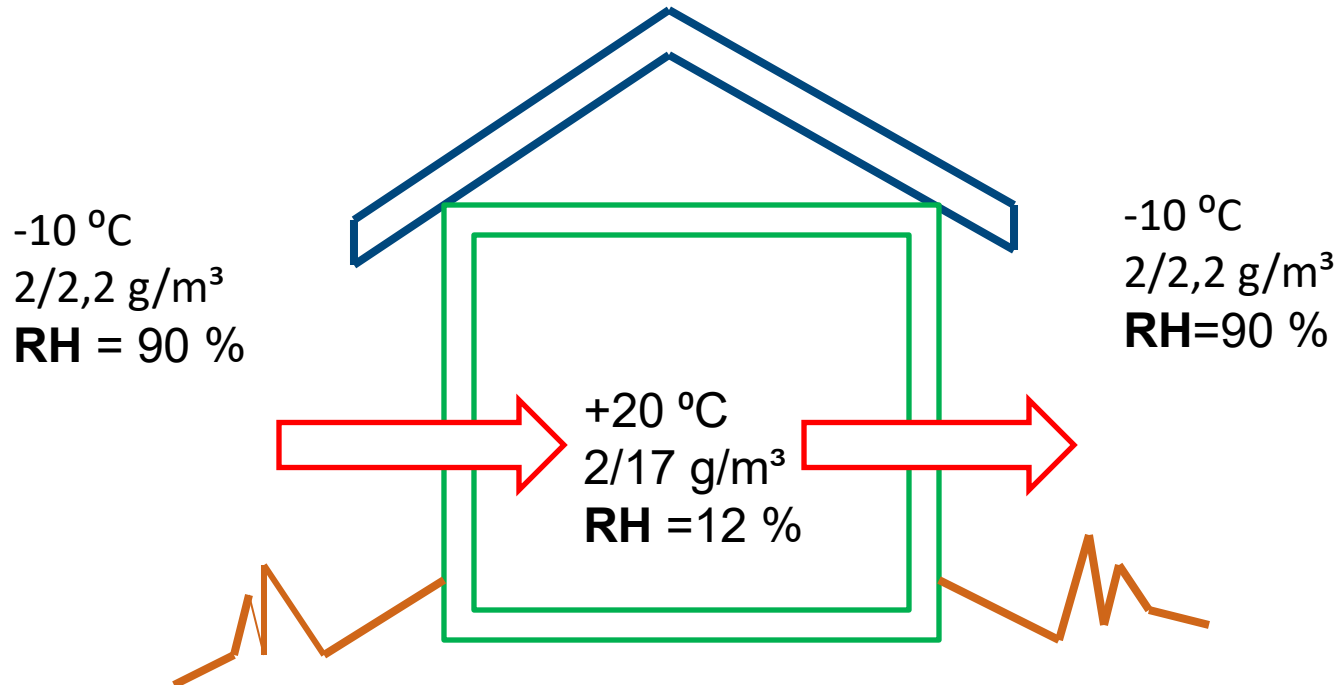
Korjaa vielä kontrastia

Lähetä viesti Copilotille

Tekoälyllä luotu sisältö voi olla virheellistä

KOSTEUS RAKENNUKSESSA

- *Rakennuksen rakennusfysikaalisen toiminnan lähtökohta on ulkoilma*



Kaikki rakenteet toimivat hyvin, jos kosteuslisää ei ole /6/



KOSTEUS RAKENNUKSISSA

- Asuinrakennusten huoneilman kosteus voidaan arvioida siten, että ulkoilman kosteusmäärään lisätään 3 - 4 g/m³. /2/
- Hyvä ja toimiva ilmanvaihto on kaikissa suomalaisissa rakennuksissa välttämätön.



KOSTEUS RAKENNUKSISSA

- *Esimerkki ilmanvaihdon merkityksestä kosteuslisään.*
- *Huoneisto 120 m², tilavuus 300 m³. Perheen kosteudentuotto voi hyvin olla 12 l/vrk (tavallinen tuotto).*
- *Hyvä ilmanvaihto on noin 0,5 krt/h (puoli tilavuutta vaihtuu tunnissa eli ilma vaihtuu kerran kahdessa tunnissa eli 12 kertaa vuorokaudessa).*

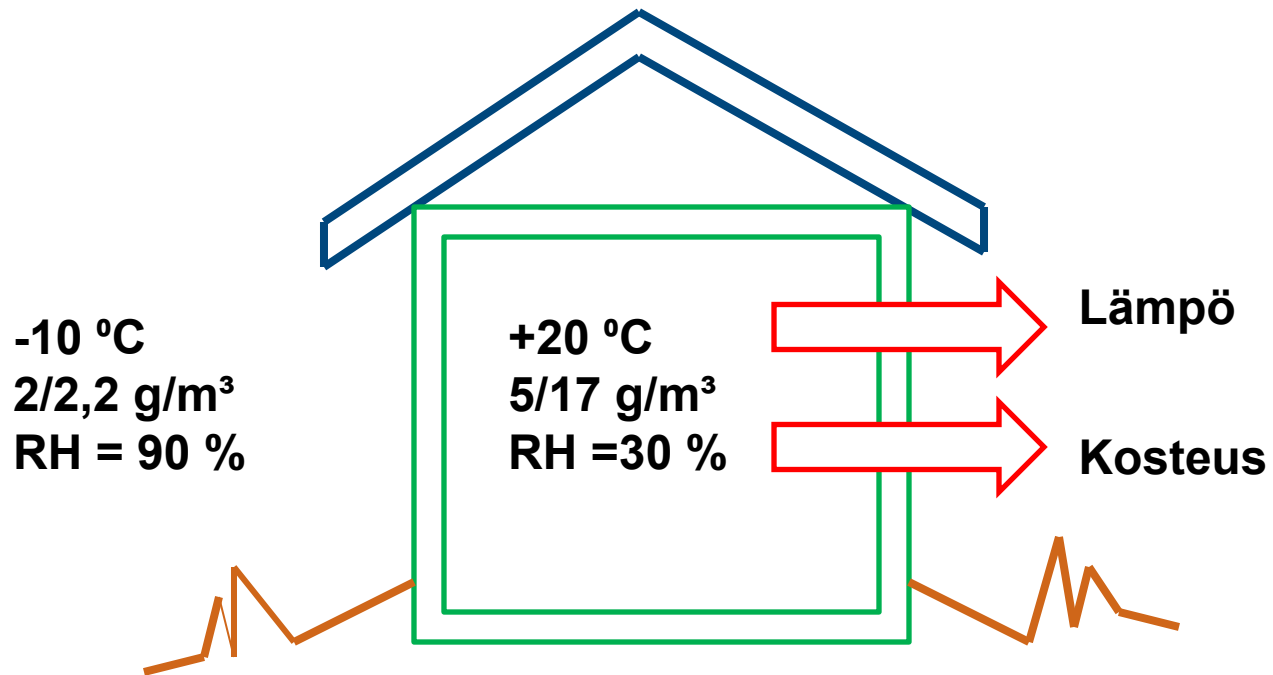


KOSTEUS RAKENNUKSISSA

- *Kosteudentuotto on 1000 g/ilmanvaihtokerta.*
- *Kosteuslisä on tällöin $1000/300 = 3,3 \text{ g/m}^3$ (tavanomainen arvo).*
- *Heikko ilmanvaihto 0,25 krt/h (ilma vaihtuu 6 kertaa/vrk).*
- *Kosteudentuotto on tällöin $2000/300 = 6,6 \text{ g/m}^3$ (todella ankara rasitus).*
- *Monissa rakennuksissa on tätäkin heikompi ilmanvaihto. /6/*

KOSTEUS RAKENNUKSESSA

Talvi on Suomessa erittäin ankara rasitus olosuhde rakennuksille



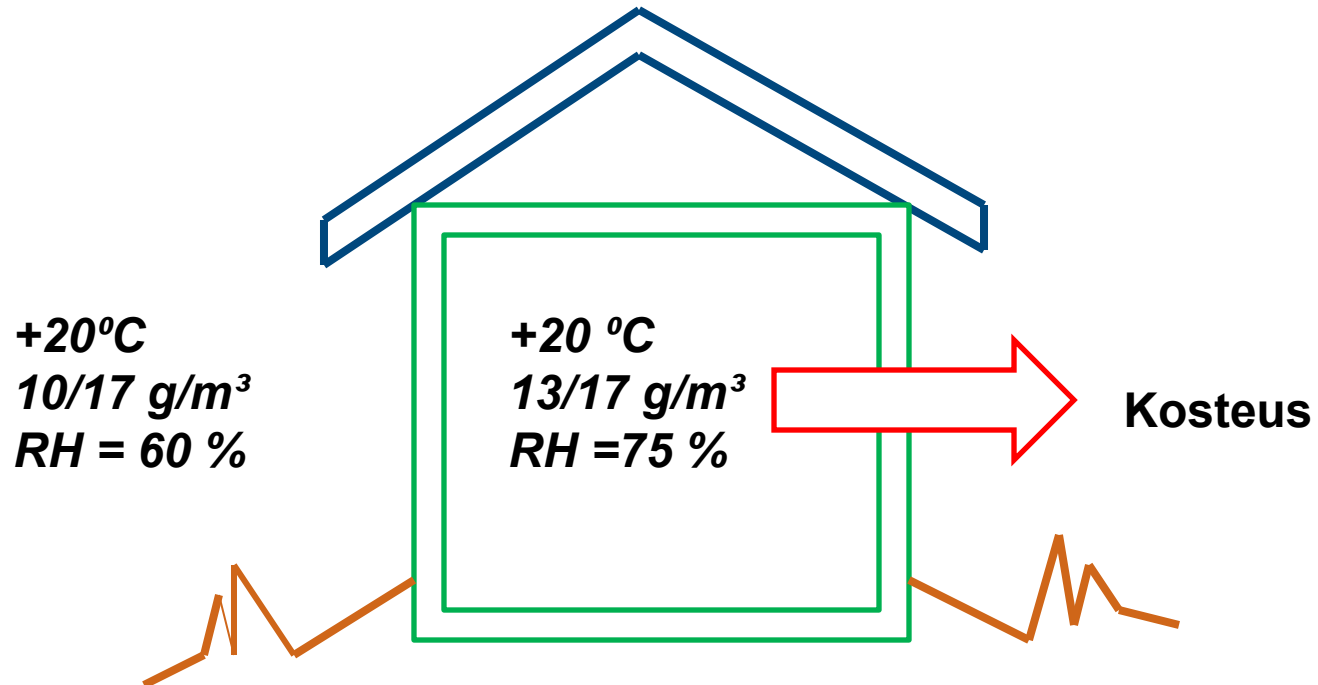


KOSTEUS RAKENNUKSESSA



- Talvella pienikin kosteuslisä aiheuttaa sen, että sisäilmaa ei saa vuotaa rakenteisiin. /6/
- Jos sisäilmaa vuotaa rakenteisiin, kosteus tiivistyy rakenteessa kun se saavuttaa kastepisteen.
- Tuulettuva ulkoseinärakenne vähentää kosteusrasitusta ulkoseinässä.
- Tuulettuva ulkoseinärakenne pystyy pääsääntöisesti poistamaan ulkoseinään diffuusion kautta siirtyvät pienet kosteusmäärät

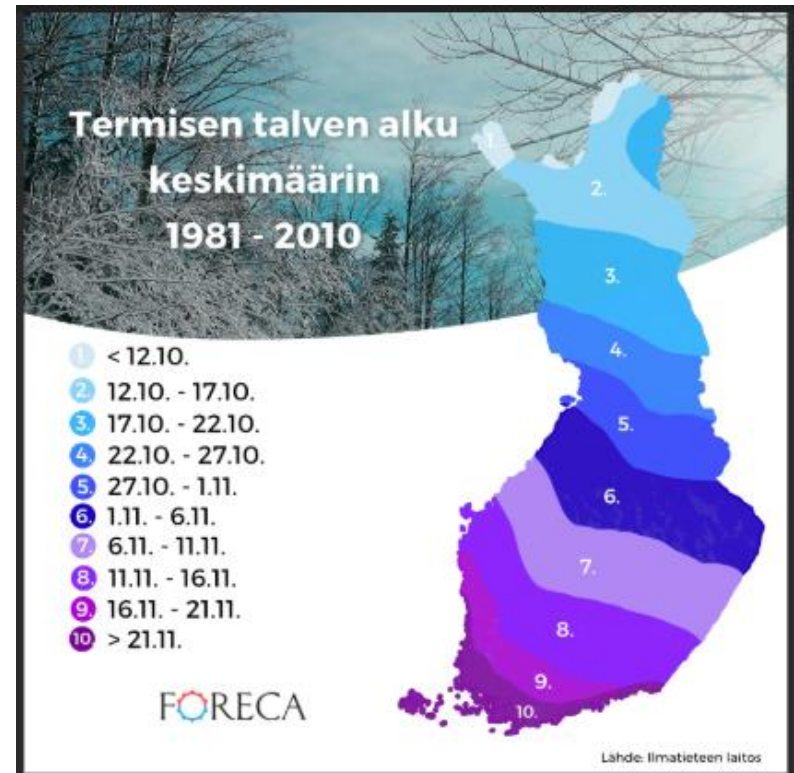
KOSTEUS RAKENNUKSESSA

Kesä on Suomessa täysin toisenlainen



KOSTEUS RAKENNUKSESSA

-  Kesällä sisäilman kosteus ei pääsääntöisesti ylitä ulkoilman kyllästyspitoisuutta, jolloin rakennukset toimivat hyvin.
-  Suomessa on n. puolet vuodesta talvitilannetta ja puolet kesätilannetta. /6/





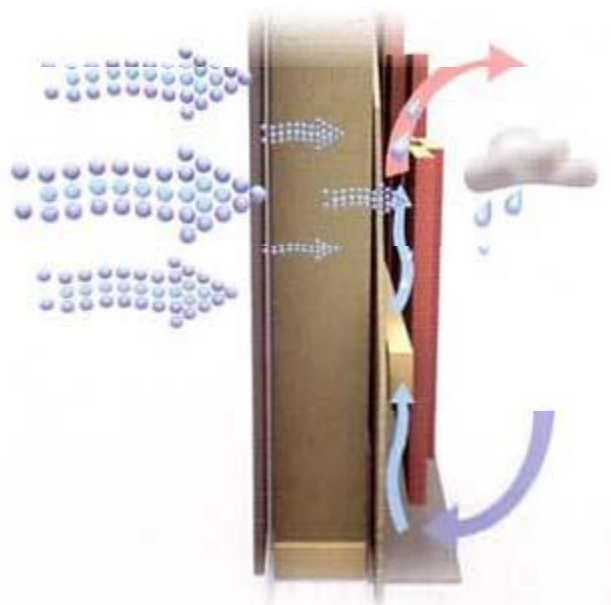
KOSTEUS RAKENNUKSESSA

- Konvektion siirtämät kosteusmäärät ulkovaipan läpi sisältä ulospäin voivat olla niin suuria, ettei kaikki rakenteeseen siirtynyt kosteus poistu tuulettuvan ulkoseinän kautta.

Esim. ilmavuoto höyrynsulussa tai höyrynsulku puuttuu kokonaan ja rakennuksessa on ylipaine.

KOSTEUS RAKENNUKSESSA

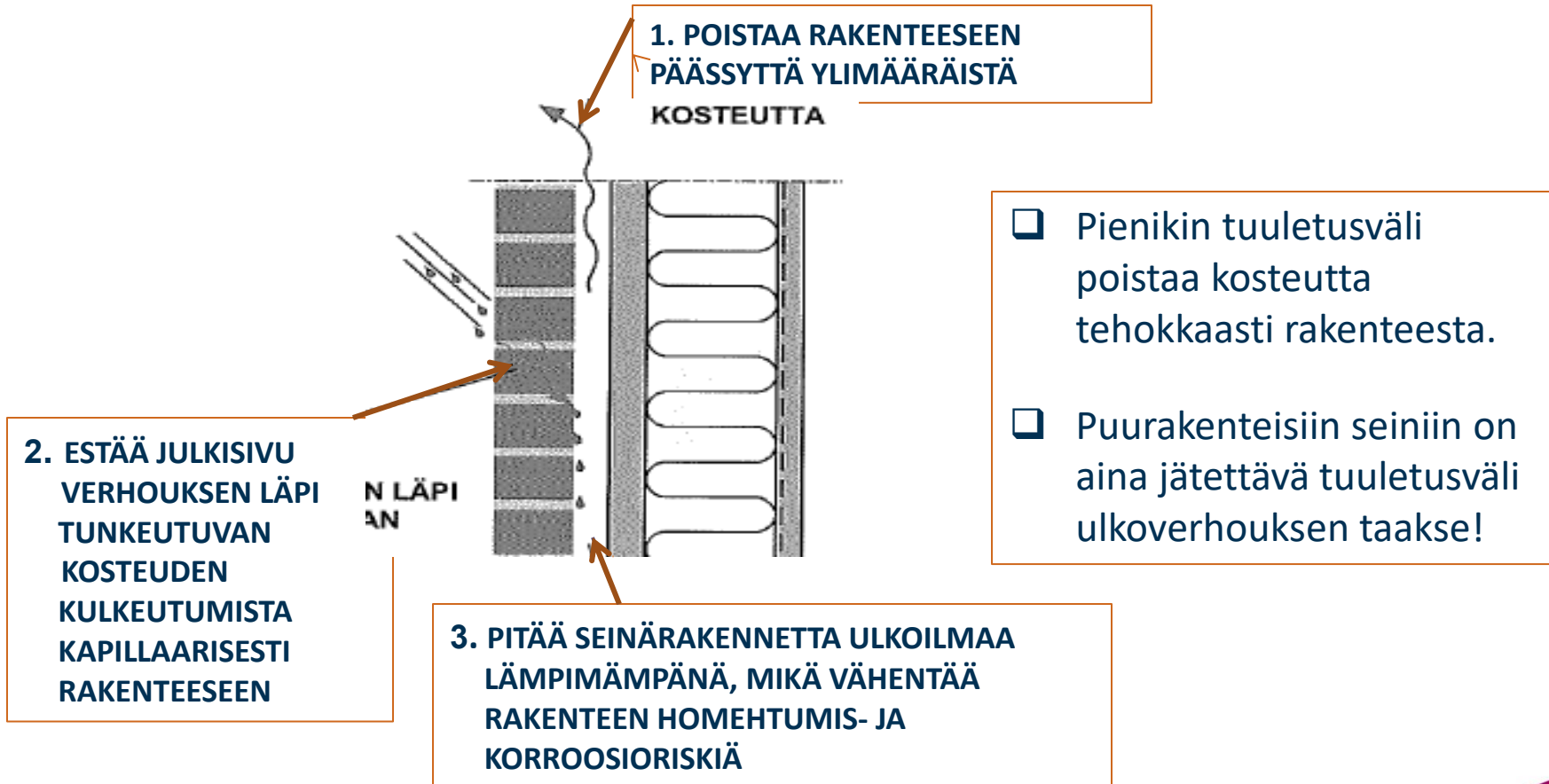
Tuulettuva julkisivu



Höyry-
sulku

Tuulen-
suoja

KOSTEUS RAKENNUKSESSA





KOSTEUS RAKENNUKSESSA

- Rakenne ei saa olla sellainen, että sen kosteuspitoisuus vuosien mittaan kasvaa.
- Rakenteen kosteutta tarkasteltaessa on otettava huomioon ulkoa ja sisältä tuleva kosteus.
- Kosteus pitoisuudet rakennuksen vaipan eri kohdissa vaihtelevat jatkuvasti, mikä johtuu ympäröivien olosuhteiden suurista muutoksista.
- Sisältä ulospäin siirtyvä kosteus voi tiivistyä vedeksi jossakin rakenteen kohdassa, mikäli kosteus saavuttaa kyllästyspisteen.



KOSTEUS RAKENNUKSESSA

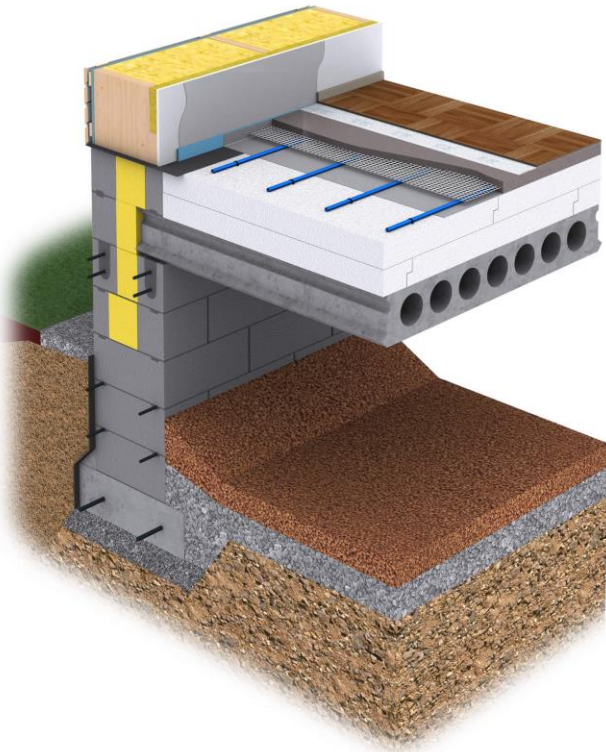
- Tarkasteltaessa kosteuden(diffuusio) vaikutusta rakenteissa vuosi jaetaan kahteen jaksoon *tiivistymis- ja kuivumisjaksoon*.
- Tarkastelujakson pituudeksi valitaan kaksi yhtä pitkää jaksoa.
- Tiivistymisjakson aikana ulkolämpötilaksi valitaan kahden kylmimmän kuukauden keskilämpötila ja kuivumisjakson ulkolämpötilaksi valitaan kahden lämpimimmän kuukauden keskilämpötila.
- Tiivistymislaskelmissa tulee ilmetä *paljonko kosteutta tiivistyy tiivistymisajanjaksona ja paljonko kosteutta poistuu kuivumisajanjaksona*.



TUULETTUVA ALAPOHJA

- Tuulettuvassa alapohjassa on maan ja alapohjan välillä ulkoilmalla tuulettuva ilmatila eli ryömintätila.
- Ryömintätilan ilmankosteutta lisää
 - Maanpinnasta ja perusmuureista haihtuva kosteus
 - Ryömintätilaan mahdollisesti pääsevät pinta- ja vuotovedet
 - Mahdollinen rakennuskosteus

TUULETTUVA ALAPOHJA



Ryömintätilan ilmankosteus pyritään pitämään mahdollisimman alhaalla ryömintätilaa tuulettamalla.



Maanpinnasta haihtuvaa kosteutta voidaan vähentää

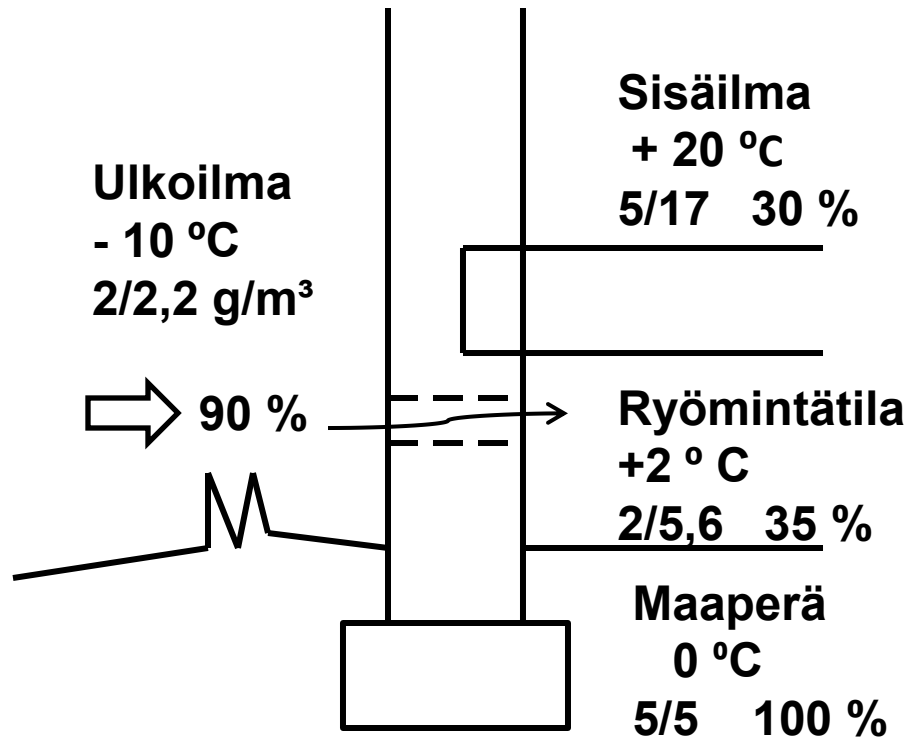
Maanpinnalla olevalla kapilaarikatkolla.

Lämmöneristekerroksella (kevytsora).
Lämmöneriste pitää maanpinnan kylmempänä, jolloin siitä haihtuu vähemmän kosteutta ilmaan.

TUULETTUVA ALAPOHJA

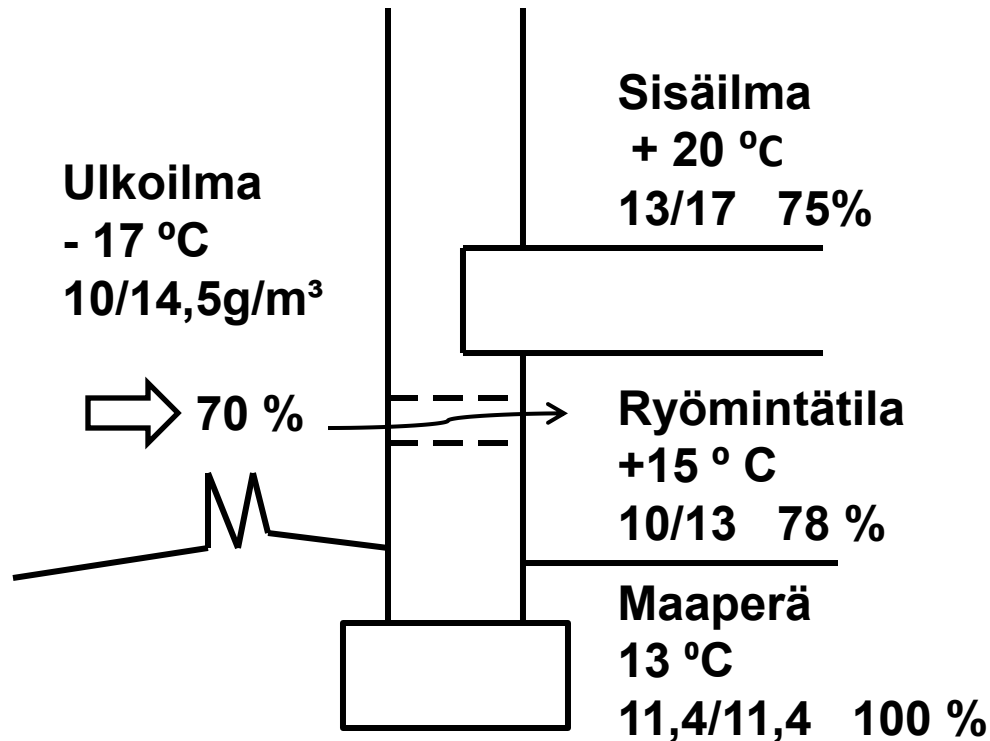
- Ryömintätilan ilmankosteuteen vaikuttaa myös ilman lämpötila. Jos tuuletusilma jäähtyy ryömintätilaan tullessaan, se voi tuoda mukanaan kosteutta.
- Erityisesti keväällä maan ollessa kylmä, lämmin tuuletusilma voi lisätä ryömintätilan ilman kosteuspitoisuutta.
- Kylmän maan lämpösäteilyn vuoksi myös alapohjan rakenteet voivat olla ympäröivää tuuletusilmaa kylmempiä => kosteus tiivistyy /13/

RYÖMINTÄTILAINEN ALAPOHJA TALVELLA



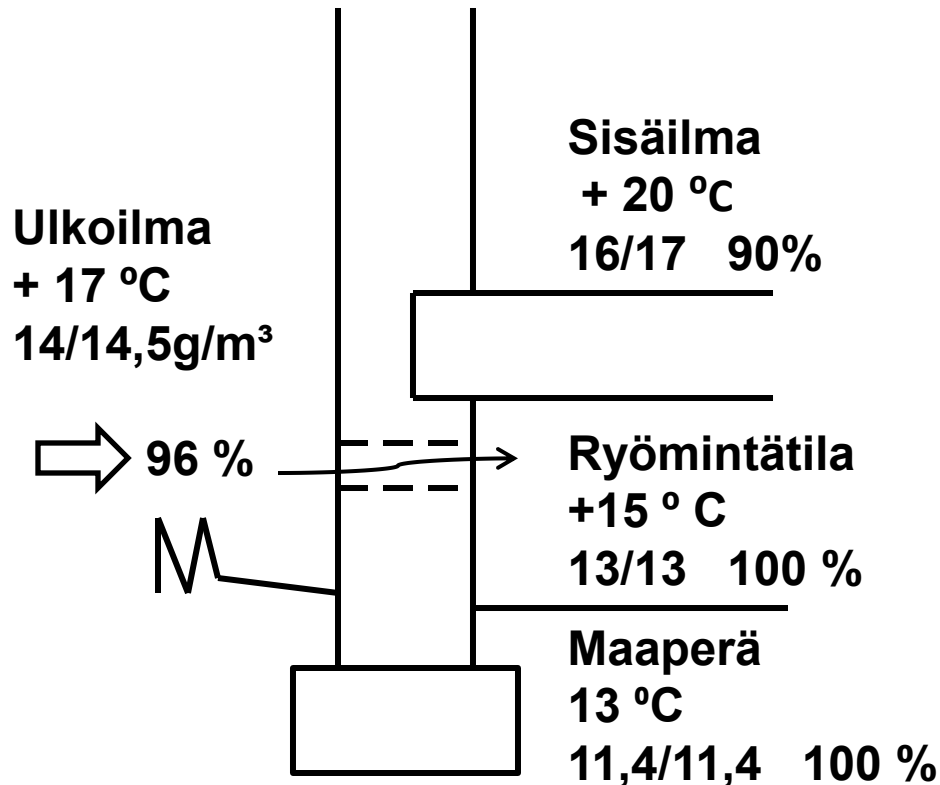
Kosteus ryömintätallassa ei muodosta ongelmaa. /6/

RYÖMINTÄTILAINEN ALAPOHJA KESÄLLÄ, KUN OLOSUHTEET OVAT TAVANOMAISET



Ankarat, mutta siedettävät olosuhteet ryömintätilassa. /6/

RYÖMINTÄTILAINEN ALAPOHJA KESÄLLÄ SADEKAUTENA



Ryömintätilassa on kondessi ja mirobikasvustolle otolliset olosuhteet tehdäänpä mitä tahansa. /6/

MAAPERÄN KOSTEUS



Maaperän huokosilman suhteelliseksi kosteudeksi oletetaan kosteusteknisessä tarkastelussa 100%.

Maaperän kosteus voi nousta kapillaarisesti rakenteeseen, mikäli betonilaatan alta puuttuu riittävä kapillaarikatko.

Kosteus voi kulkeutua vesihöyryn diffuusiolla kahteen suuntaan joko sisään tai ulos rakennuksesta.

Maaperän lämpeneminen laatan alla aiheuttaa kosteuden siirtymistä diffuusiolla sisäänpäin rakennukseen. /13/



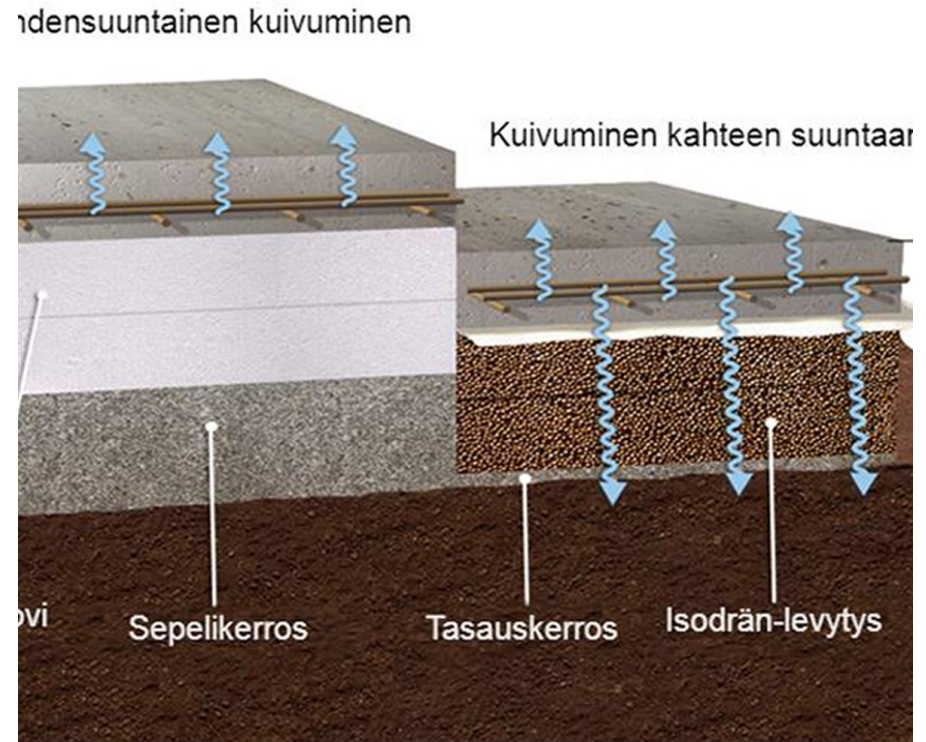
MAAPERÄN KOSTEUS

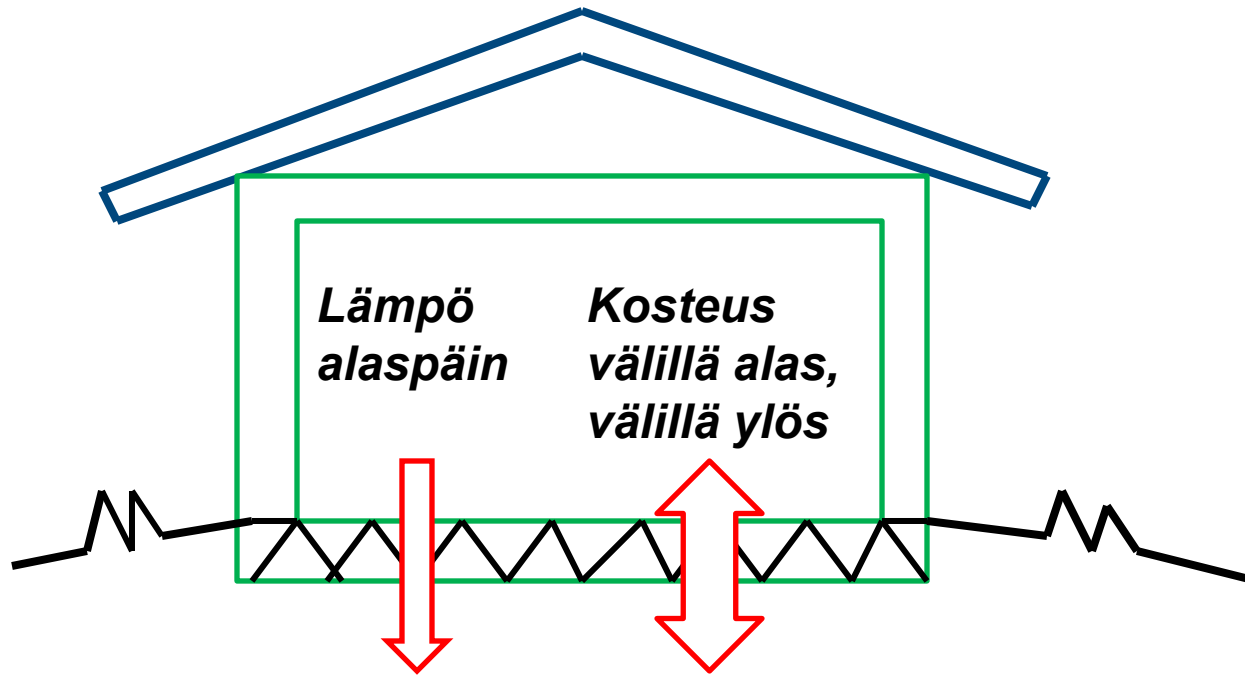
- Maanvastaisen alapohjarakenteen alla olevan
 - maan lämpeneminen ja siitä johtuva maasta ylös sisätilaan suuntautuva diffuusiovirta,
 - rakenteen suhteellisen kosteustason nousu ja
 - tiivistymisriskitulee ottaa huomioon kosteusteknisessä suunnittelussa.
- Maanvastaisen rakenteen tulee pystyä haihduttamaan maasta mahdollisesti nouseva kosteus.

MAAPERÄN KOSTEUS

Maaperän lämpeneminen laatan alla voi johtua

- laatan vähäisestä tai puuttuvasta lämmön eristyksestä tai
- laatan alle asennetuista putkistoista ja lämpökanaaleista.





- ❑ Energiansäästön suhteen alapohjan lisäeristämisen merkitys vähenee, mitä paksummaksi eristekerrokset kasvavat.
- ❑ Rakennusfysiikan kannalta paksu eriste on hyvä, koska maaperän lämpeneminen on tällöin pienempää ja mahdollinen diffuusiovirtaus maaperästä sisälle päin vähenee.

MAAPERÄNKOSTEUS

- *Korkea maaperän kosteus- ja lämpötila tarjoavat hyvät kasvuedellytykset mikrobeille ja sädesienille. Niiden haitallisten vaikutusten pääsy on estettävä sisäilmaan (alapohjasta ei saa olla ilmavuotoja sisäilmaan).*
- *Alapohjan kosteusrasituksia voidaan vähentää hyvällä kapillaarikatkolla.*

MAAN KAPILLAARINEN NOUSUKORKEUS

- Maan kapillaarinen nousukorkeus ei ole mikään yksi tietty arvo, vaan kullekin materiaalille voidaan erottaa neljä erisuuruista kapillaarisen nousukorkeuden arvoa:
 - Materiaalin kostumisen ylempi ja alempi kapillaarinen nousukorkeus sekä
 - Materiaalin kuivumisen ylempi ja alempi kapillaarinen nousukorkeus.



MAALAJIEN KAPILLAARISET OMINAISUUDET

Maalaji	Raekoko	Kapillaarinen nousukorkeus (m)	
		löyhä	tiivis
Savi	< 0,002	> 8	> 10
Hieno siltti	0,002 ...0,02	4...10	6...12
Karkea siltti	0,02...0,06	1,5...5	2,5...8
Hieno hiekka	0,06...0,06	0,10...0,35	0,4...3,5
Hiekka	0,2...0,6	0,10...0,35	0,12...0,50
Karkea hiekka	0,6...2	0,03...0,12	0,04...0,15

Lähde: Fagerström H & Wiesel, C-E.
Permeabilitet och kapillaritet. Stockholm: Statens
institut för byggnadsforskning, 1953. s.44
ISBN91-540-3050-6



KAPILLAARIKATKO

- **Kapillaarikatkokerros** tarkoittaa eri rakennekerrosten välissä olevaa kapillaarisen nousun katkaisevaa kerrosta.
- **Kapillaarisuus** tarkoittaa ominaisuutta, jonka avulla huokoinen aine kykenee imemään nestettä vapaan nestepinnan yläpuolelle ja pitämään sen siellä.
- **Kapillaarivesi** on maamassaan pintajännitysvoimien vaikutuksesta pohjavedenpinnan yläpuolelle noussutta vettä.



ILMANPITÄVYYS

RAKENNUSVAIPAN ILMANPITÄVYYS

➤ Vaipan ilmanpitävyyden parantamisella on lähes pelkästään positiivisia vaikutuksia

1. Rakennuksen energiankulutus vähenee ilmanvaihdon tapahtuessa LTO:n kautta
2. Kosteuden virtaus vaipparakenteisiin vähenee
3. Vaipparakenteiden sisäpinnat eivät jäähdy ulkoa tulevien ilmavirtausten seurauksena
4. Erilaisten haitallisten aineiden ja mikrobien virtaus sisäilmaan vähenee
5. Rakennuksen käyttäjien kokema vedon tunne vähenee
6. Ilmanvaihdon säätäminen ja tavoiteltujen painesuhteiden säätäminen helpottuu, mutta toisaalta säätöjen tekeminen on vielä aiempaakin tärkeämpää

Vaipan ilmanpitävyyttä kuvataan ilmavuotoluvulla n_{50} .

Mitä pienempi n_{50} -luku on sen tiiviimpi talo. Hyvä arvo on = 1.0 1/h.

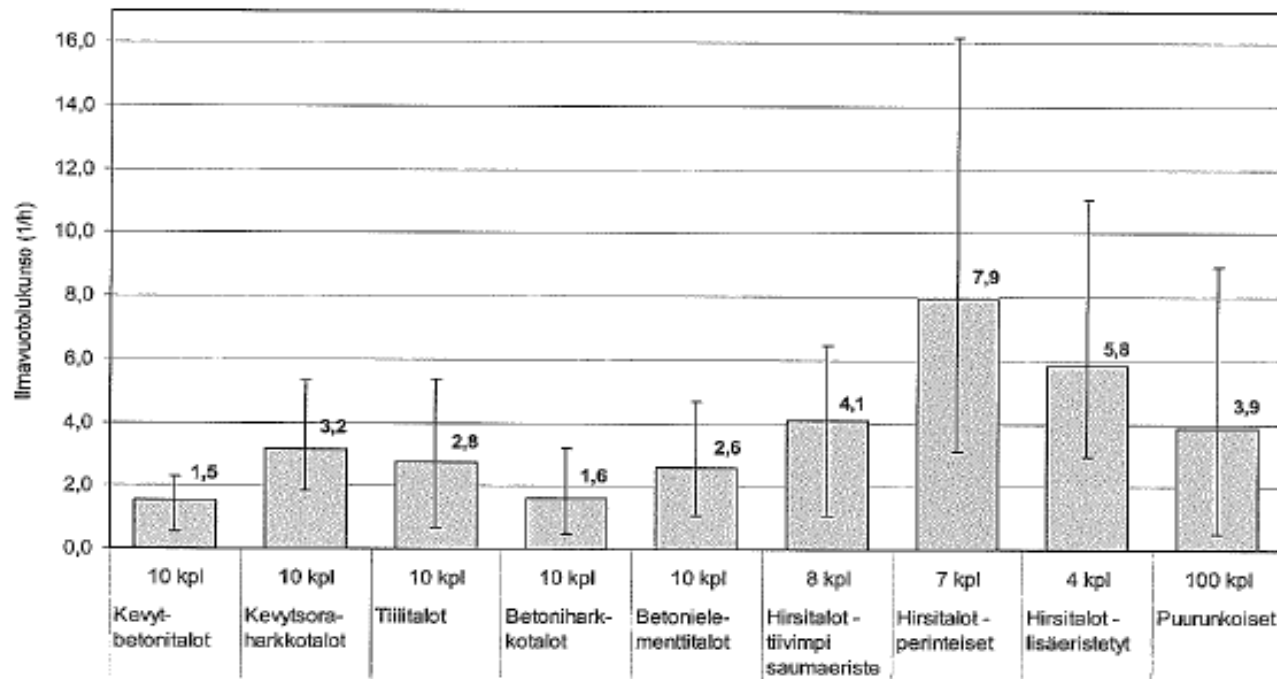


RAKENNUKSEN ILMANPITÄVYYS

Ilmanvuotoluku n_{50}

- Sisäilmaston, rakenteiden sekä lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan kannalta rakennuksen ilmanpitävyyden tulisi olla lähellä arvoa $n_{50} = 1,0$ 1/h (rakennuksen vaipan läpi virtaa yksi rakennuksen ilmatilavuus tunnissa paine-eron sisä- ja ulkoilman välillä ollessa 50 Pa)./14/

PIENTALOJEN PAINETULOKSIA





ILMANSULKU

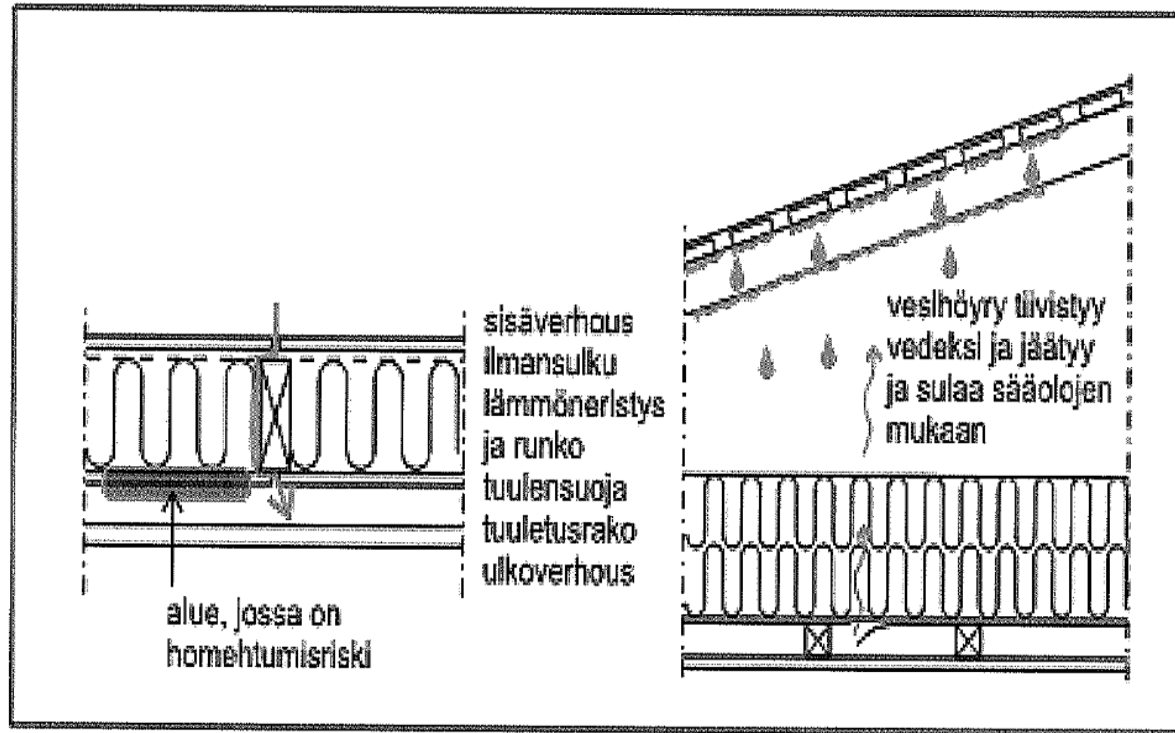
- Tarkoittaa ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi puolelta toiselle. /2/
- Ilmansulun tarkoitus on estää hallitsematon ilmavirtaus rakennuksen vaipan läpi.
- Hallitsemattomat ilmavirtaukset aiheuttavat rakenteellisen riskin ja vähentävät viihtyisyyttä vedon tunteena.
- Hallittu ilmavirtausten ja ilmanpaineen säätely on myös edellytys toimivan ilmanvaihdon aikaan saamiseksi.



ILMANSULKU

- Jotta ilmansulku toimisi toivotulla tavalla sen on oltava ehjä.
- Rikkoutunut tai puutteellinen ilmansulku voi aiheuttaa
 - Kosteusrasituksen virtaavan ilman sisältämän kosteuden myötä
 - lämpövuotoa
 - vetoa sisätiloissa

ILMANSULUN VUOTO



Kuva 5.

Ilmansulun vuotokohdasta sisäilman ylipaineen aiheuttama ilmanvirtaus vie mukanaan vesihöyryä, joka tiivistyy vedeksi. Kostuneessa kohdassa on homehtumis- tai lahovaurioriski. Lähde Ympäristöministeriön ympäristöopas 28.



ILMANSULKU

Ilmasulkumateriaaleja

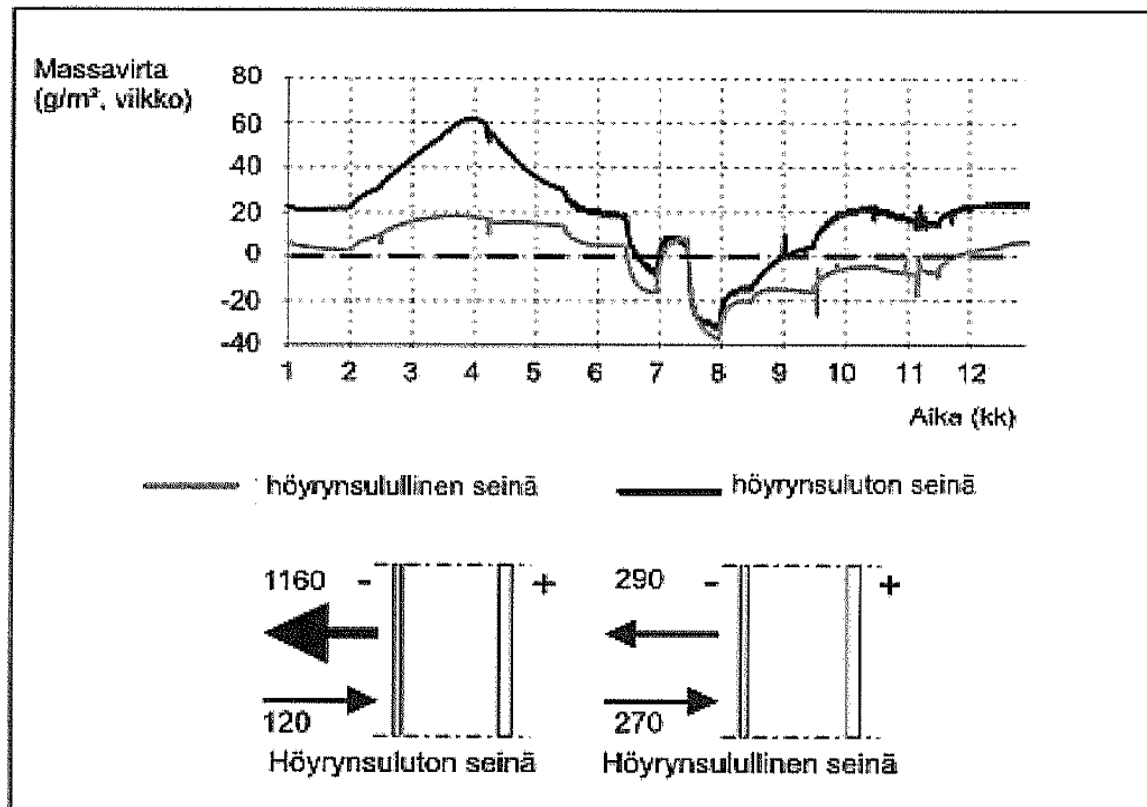
- rakennuskartonki
- liimalaminoitu rakennuskartonki
- verkkovahvistettu liimalaminoitu rakennuskartonki
- bitumiraitalaminoitu rakennuskartonki
- bitumikäsitelty rakennuspaperi
- ilmansulkukalvo



HÖYRYNSULKU

- tarkoittaa ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen vesihöyryn diffuusio rakenteeseen ja rakenteessa. /2/
- Höyrynsulkumuovi on väritetty sinertäväksi SFS-4225.

HÖYRYN SULULLINEN JA -SULUTON SEINÄRAKENNE



Kuva 3.

Puurunkoisen höyrynsuluttoman ja höyrynsulullisen seinän diffuusion määrä ja suunta vuoden aikana. Positiivinen määrä tarkoittaa vesihöyryyn virtausta sisältä ulos. H. Lehtonen, TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio.



TUULENSUOJA

- Tarkoittaa ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus ulkopuolelta sisäpuoliseen rakenteeseen osaan ja takaisin. /2/



Lähteet

- / 1 / Ilmatieteenlaitos: Ilmakehä ABC
- / 2 / Dick Björkholtz : Rakennusfysiikka /Lämpö ja Kosteus
- / 3 / Ralf Lindberg, professori, Tampereen teknillinen yliopisto
- / 4 / Hannu Hakkarainen 9.11.2006, Rak-43.310 Rakennusten vauriot ja korjausten suunnittelu
- / 5 / Pirinen J.: Pientalojen mikrobivauriot - Lähtökohtana asukkaiden kokemat terveyshaitat, Hengitysliiton julkaisuja 19/09
- / 6 / Ralf Lindberg, professori, Tampereen teknillinen yliopisto
- / 7 / Pirinen Juhani : Omakotitalojen homevaurioiden korjausperiaatteita
- / 8 / Virpi Leivo - Jukka Rantala: Maanvastaiset alapohjarakenteet -kosteustekninen mitoittaminen ja korjaaminen
- / 9 / Jukka-Pekka Kärki ja Heikki Öhman: Homevaurioiden korjausopas
- / 10 / V. Leivo, J. Rantala: Maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteuskäyttäytyminen
- / 11 / Insinööritoimisto Humi-Consulting Oy, Ari-Veikko Kettunen
- / 12 / Kestävä rakentaminen –seminaari 14.4.2009, Vaasa , Juha Vinha
- / 13 / Torikka, Hyypöläinen, Mattila, Lindberg: Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus
- / 14 / Suomen rakennusmääräyskokoelma D3



Kirjallisuutta

- Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöopas; 28
- Asumisterveysohje: Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriö
- *Saatavilla netissä*
<http://www.stm.fi/Resource.phx/julkt/Julkaaisu-2003.htx>
- Asumisterveysopas : Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas
- *Suomen rakentamismääräyskokoelma www.ymparisto.fi*