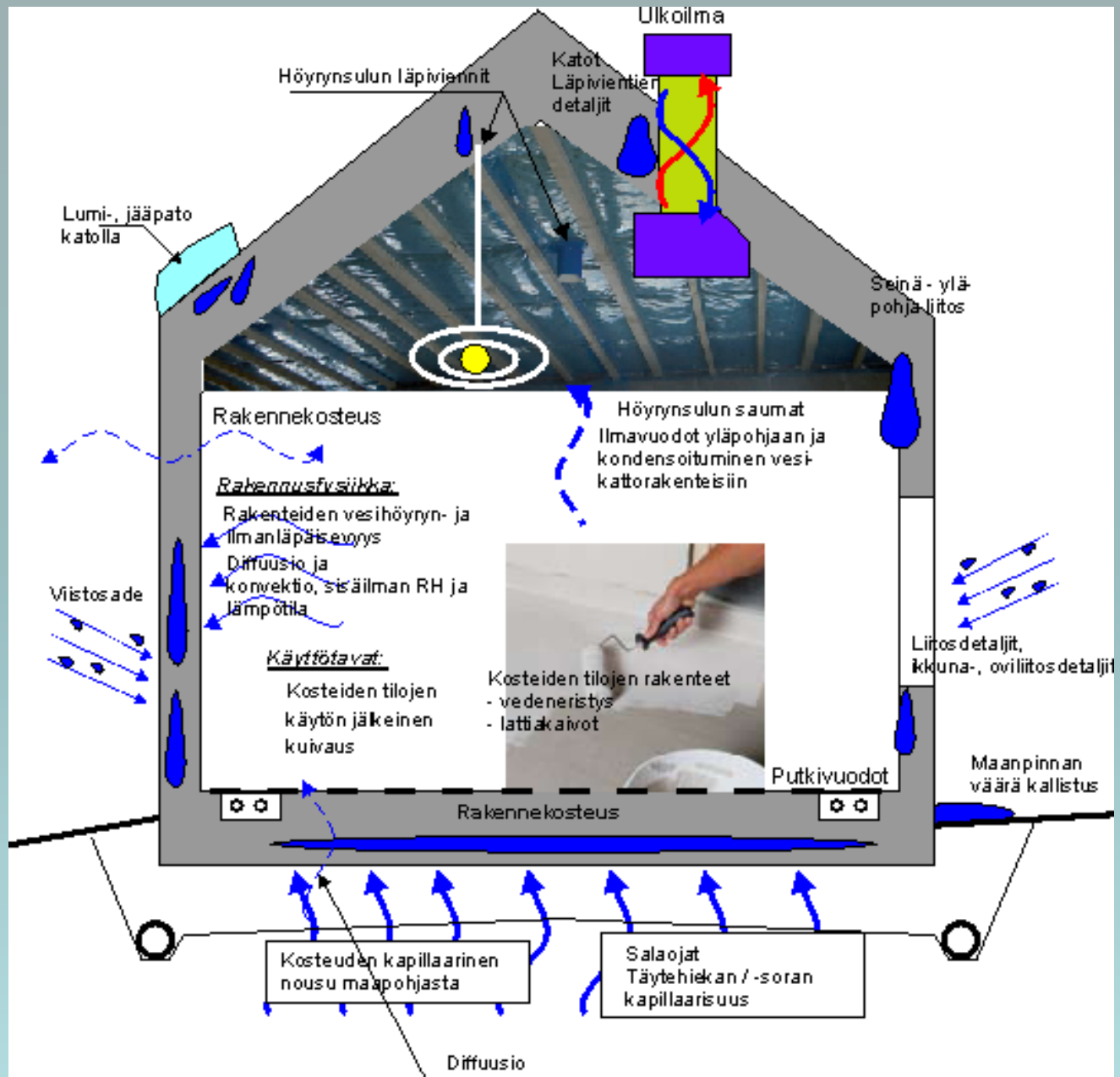


Ennakoiva Laadunohjaus 2016

Kosteudenhallinta

- Rakennuksen kosteuslähteet
- Rakennusfysikaalinen toimivuus
- Materiaalien säilytys työmaalla
- Rakennekosteus ja materiaalien kuivuminen
- Rakennedetaljit

Rakennuksen kosteuslähteet



Rakennusfysikaalinen toimivuus

Kosteusteknisiä määritelmiä:

Absoluuttinen kosteus [kg/m^3]

Absoluuttinen kosteus ilmaisee ilmassa tietyssä tilanteessa, lämpötilassa olevan vesimäärän.

Suhteellinen kosteus [RH]

Suhteellinen kosteus ilmaisee absoluuttisen (todellisen) kosteuden (vesihöyryn-paineen) ja kyllästyskosteuden (kyllästyspaineen) välisen suhteen. Suhteellinen kosteus ilmaistaan useimmiten prosentteina. Suhteellinen kosteus ei voi olla yli 100 %.

Kastepiste [$^{\circ}\text{C}$]

Kastepiste on lämpötila, jossa ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy vedeksi, kondensoituu. Toisin sanoen kosteus saavuttaa kyllästyskosteuden. Tiivistyminen voi tapahtua materiaali-Kerroksen pinnalle tai materiaalin sisään.

Kyllästyskosteus v_k

Kyllästyskosteus tarkoittaa maksimi vesihöyrymäärää, mitä ilma voi tietyssä lämpötilassa sisältää.

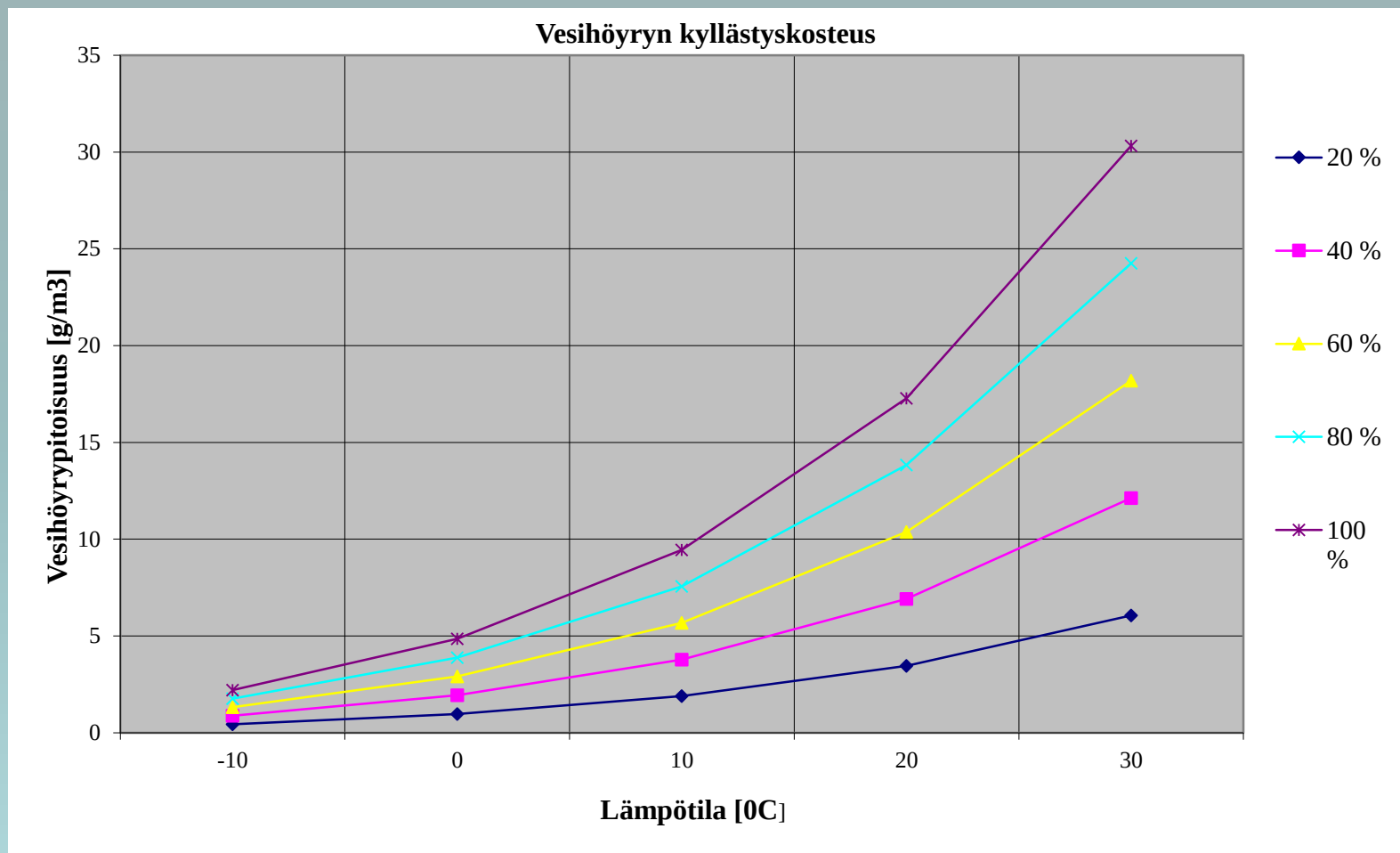
Ilma sisältää aina tietyn määrän kosteutta v , mikä usein ilmaistaan suhteellisen kosteuden avulla.

Suhteellisella kosteudella RH tarkoitetaan prosentuaalisesti ilmassa olevan kosteusmäärän v suhdetta kyllästyskosteuteen v_k .

$$RH = \frac{v}{v_k}$$

Ilman sisältämä vesihöyry noudattaa yleistä kaasulakia, minkä mukaan kaasu tasapainottuu, diffundoituu, korkeammasta pitoisuudesta alempaan pitoisuuteen jonkin rajapinnan yli.

Rakennusfysikaalinen toimivuus



Rakennusfysikaalinen toimivuus

Sisäilma:

Sisäilman lämpötila $T_s = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$

Suhteellinen kosteus $RH = 45\%$

Sisäilman sisältämä vesihöyrypitoisuus

$$v = 0.45 * 18.31\text{ g/m}^3 = 8.2\text{ g/m}^3$$

Ulkoilma:

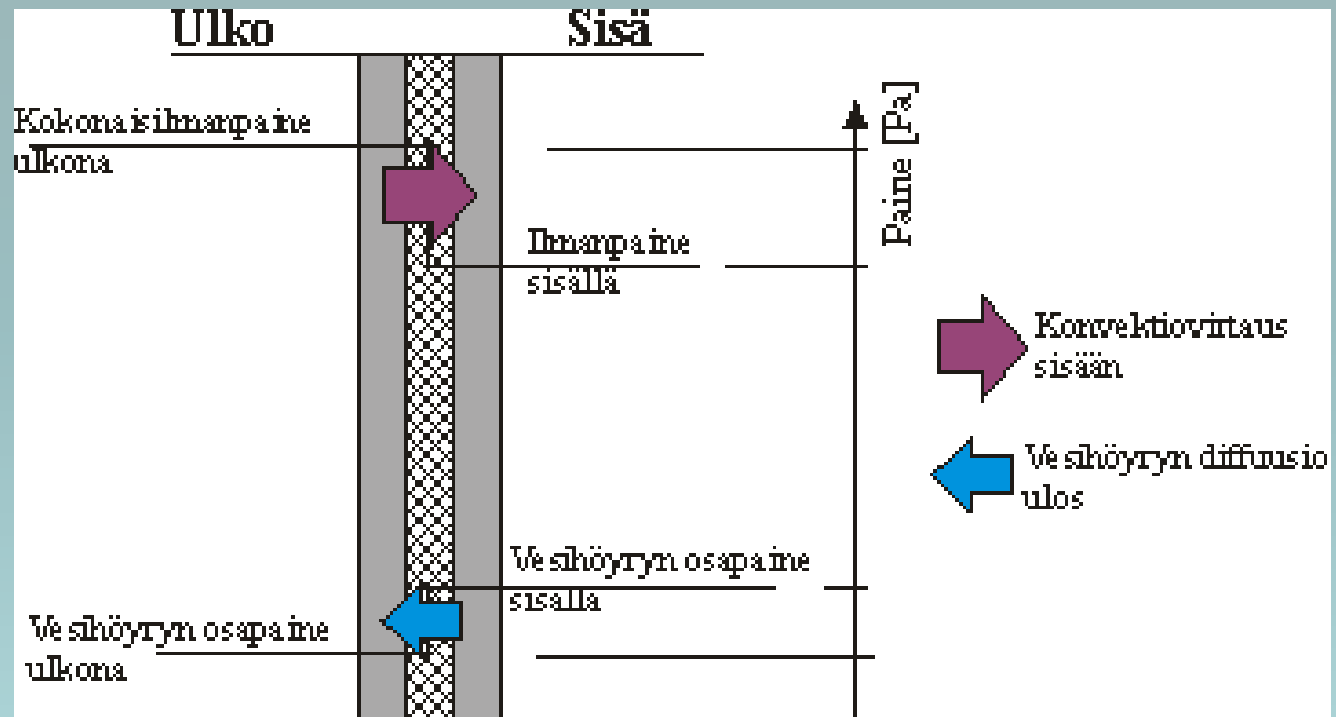
Ulkoilman lämpötila $T_u = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Suhteellinen kosteus $RH = 60\%$

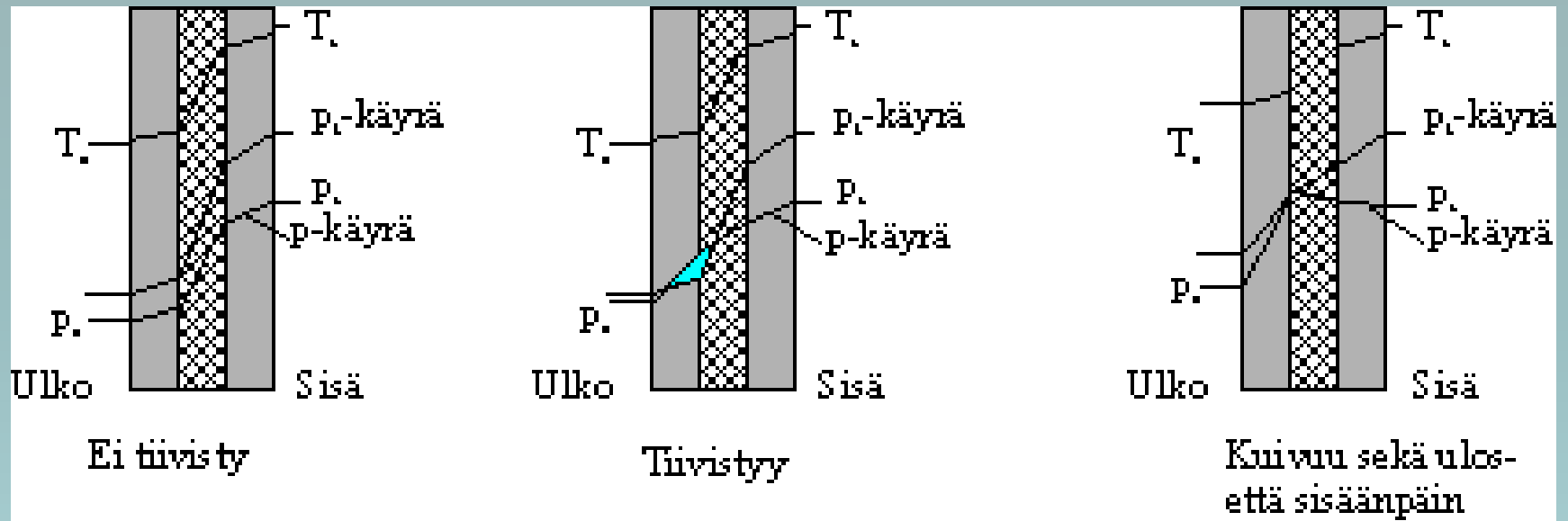
Ulkoilman sisältämä vesihöyrypitoisuus

$$v = 0.60 * 2.2\text{ g/m}^3 = 1.3\text{ g/m}^3$$

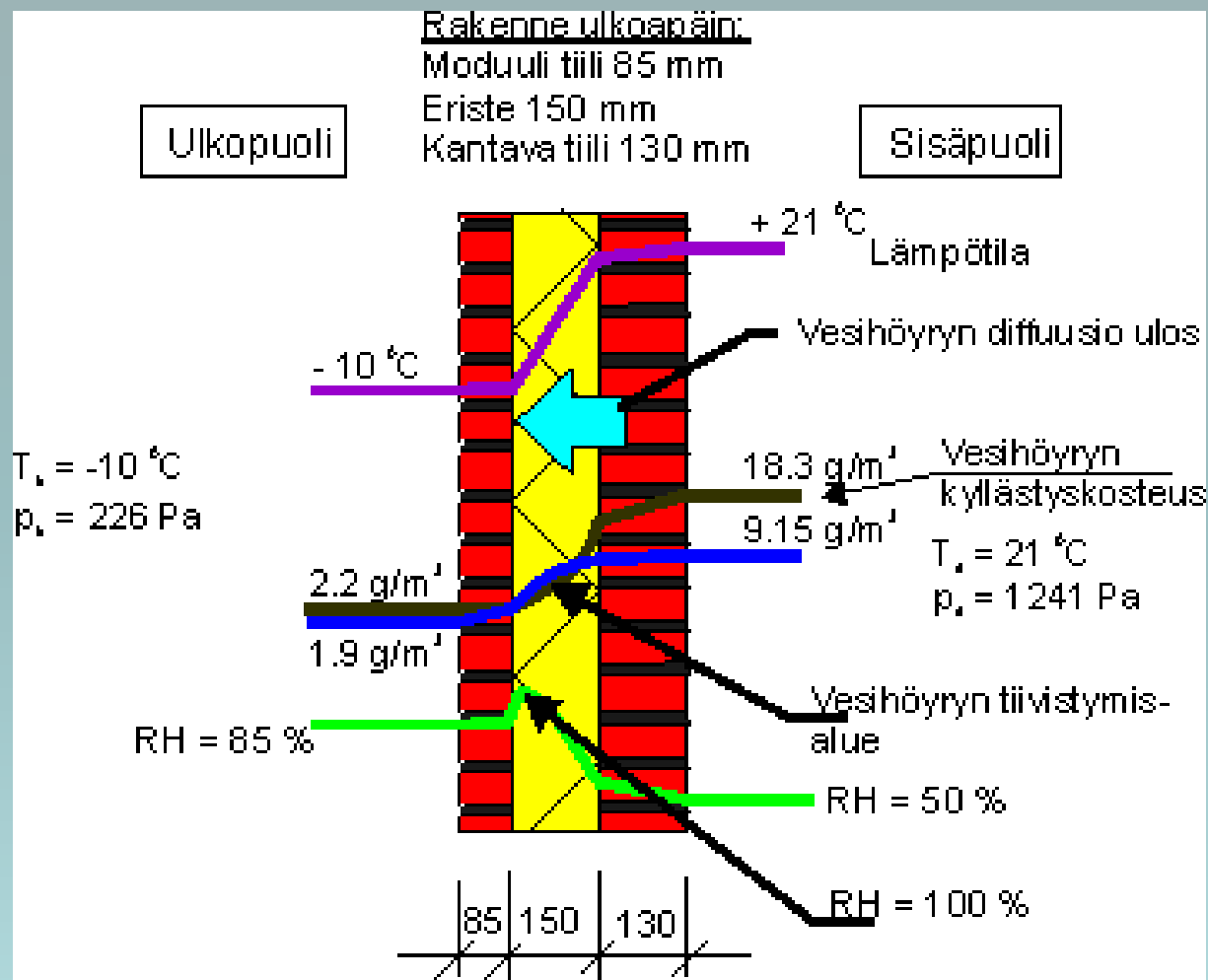
Vesihöyryn diffuusio- ja konvektiovirtaus



Rakennusfysikaalinen toimivuus



Rakennusfysikaalinen toimivuus



Konvektiovirtaus:

Konvektiovirtaus aiheutuu kokonaisilmanpaine-erosta sisäilman ja ulkoilman välillä, mikäli vaipassa, (seinä, katto, alapohja), on ilmavuotoja.

Paine-eroja sisä- ja ulkoilman välillä syntyy esim. tuulisella säällä, tuulenpuoleisella seinällä on ulkona ylipaine sisäilmaan nähden ja tuulenpuoleisella puolella ulkona alipaine sisäilmaan nähden.

Normaalioloissa ilmanvaihtojärjestelmä mitoitetetaan siten, että sisällä on muutaman pascal'in alipaine ulkoilmaan nähden.

Konvektiovirtauksen estäminen, rakenteiden tiiveys

Rakennusmateriaalien säilytys työmaalla



Lämmöneristeet kastuneet puutteellisen suojauksen vuoksi



Huokoiset lämmöneristeet kastuneet ja kovat eristyslevyt vaurioituneet virheellisen varastoinnin seurauksena

Lainaus: VTT, Hannu Koski Rakennus-Materiaalien suojaus työmaalla

Rakennusmateriaalien säilytys työmaalla

1 Virhe

Rakennustarvikkeet oli varastoitu ilman asianmukaista alustaa ja suojausta maakosteutta vastaan. Tarvikkeet oli kasattu keoiksi piha-alueelle ja jätetty peittämättä vedenpitävillä peitteillä. Rakennustarvikkeiden seassa oli rakennusjätettä.

Rakennuksen sisälle ennen alus- ja vesikatteen asennusta kerääntynyt lumi ja jää oli jätetty poistamatta ennen sisäpuolisten töiden jatkamista. Kulkuväylät olivat lumen vallassa ja hiekoittamatta.

2 Virheestä aiheutuvat ongelmat

Rakennustarvikkeet kastuvat ja kosteudelle arkojen rakennustarvikkeiden ominaisuudet heikenevät kastumisen seurauksena. Kustannukset kohoavat koska pilalle menneet tarvikkeet on korvattava uusilla. Rakenteiden kastumisesta ja kastuneiden tarvikkeiden käytöstä saattaa pahimmillaan seurata terveyshaitta sekä merkittäviä kosteus- ja homevaurioiden korjauskustannuksia melko pian rakennuksen valmistumisen jälkeen. Permannolle jätetyn lumen kastelaman rakenteen kuivaaminen lisää kustannuksia ja hidastaa rakennustöiden etenemistä. Lumen alla olevat rakennusjätteet ja muovit aiheuttavat kompastumis- ja liukastumisvaaran.

Lainaus: VTT, Hannu Koski Rakennus-
Materiaalien suojaus työmaalla

Rakennusmateriaalien säilytys työmaalla

Virheen korjaaminen

Pilalle menneet rakennustarvikkeet korvataan uusilla ja niiden asianmukaisesta varastoinnista huolehditaan. Rakennuksen sisälle jäänyt lumi harjataan ja lapioidaan pois. Rakennusjätteet ja muovit kerätään sekä toimitetaan jätejakeiden mukaisesti joko kaatopaikalle tai hyötykäyttöön. Laaditaan kastuneiden rakenteiden kosteusmittaussuunnitelma. Työmaa-alueen kulureitit luodaan lumesta ja hiekoitetaan.



Työskentelyalueella olevat rakennusjätteet aiheuttavat kompastumis- ja liukastumisvaaran. Poistamaton lumi lisää sulaessaan tarpeettomasti kosteusrasitusta.



Oikein varastoituja eristeitä lähdössä käyttöön.

Lainaus: VTT, Hannu Koski Rakennus-Materiaalien suojaus työmaalla

Rakennusmateriaalien säilytys työmaalla

Sääsuojauksesta ei saa tinkiä

Vaikka kalustoa sekä työkohteiden että materiaalien suojaamiseen on hyvin saatavilla, suojauksista huolehtiminen laiminlyödään varsin usein.



Sääsuojien käytöstä aiheutuvat vuokra-, työ- ym. kustannukset tunnetaan varsin hyvin ja kiusaus niissä säästämiseen on suuri. Jos vettä tai lunta ei sada, niin "säästöä" on tullut.

Lainaus: VTT, Hannu Koski Rakennus-
Materiaalien suojaus työmaalla

Rakennusmateriaalien säilytys työmaalla

Suojapeitteet

Suojapeitteitä ovat rakennuspeitteet eli pressut sekä julkisivu- ja erikoispeitteet. Peitemateriaali vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan ja se voi olla polyesteriä, verkkokangasta, PVC-päällysteistä tekokuitukangasta tai esim. polyeteeniä.



Suojapeitteet soveltuvat mm.

- tilapäiseen suojaukseen
- muun suojauksen täydentämiseen
- julkisivujen suojaukseen
- maan routasuojaukseen ja sulatukseen

Lainaus: VTT, Hannu Koski Rakennus-Materiaalien suojaus työmaalla

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

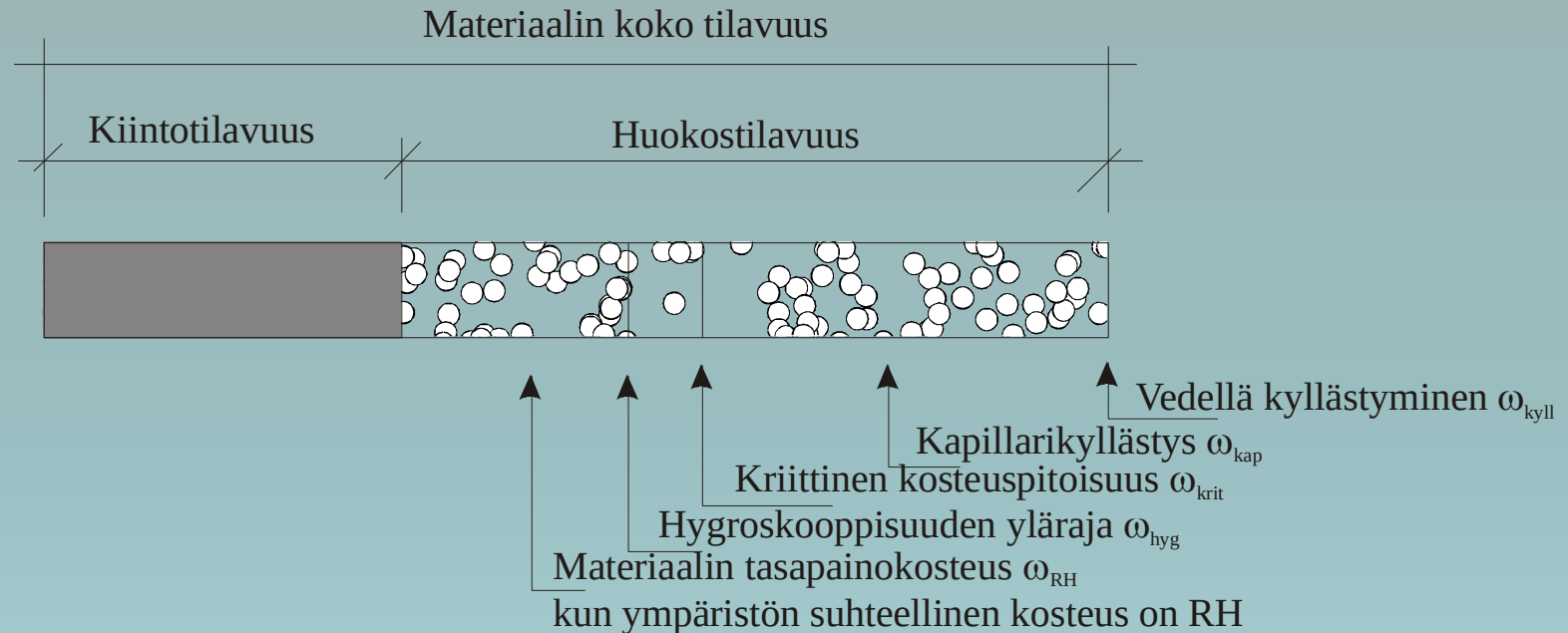
- **Kosteusriskien kartoitus.** Kootaan luettelo kosteusteknisesti kriittisistä ja riskialttiista rakenteista, joiden suunnitteluun ja toteutukseen työmaalla voi liittyä kosteusteknisiä ongelmia tai joissa myöhemmin on riski kosteusvaurioiden synnylle. Tämän luettelon perusteella työnjohto voi valvonnassaan kiinnittää huomiota näiden rakenneyksityiskohtien toteutukseen.
- **Rakenteiden kuivumisaika-arviot/päällystettävyyys.** Laaditaan kuivumisaika-arviot niille betonirakenteille, jotka päällystetään kosteusherkällä materiaalilla tai joissa kuivumisesta aiheutuvat muodonmuutokset voivat aiheuttaa vaurioita. Rakenneosittain kirjataan päällystettävyyispäätöksen perustana olevat kosteusmittaukset ja päällystämisperuste. Mikäli rakenteiden arvioitu kuivumisaika muodostuu aikataulussa varattua kuivumisaikaa pidemmäksi, valitaan menettelytavat aikataulussa pysymiseksi. Kuivumisaika-arvioiden perusteella voidaan myös määrittää, millaiset olosuhteet kohteeseen tulee luoda, jotta kuivumista tapahtuisi tavoiteaikataulun mukaisissa puitteissa.

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

- **Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu.** Määritellään toimenpiteet, joilla hallitaan rakenteiden ja rakennusmateriaalien työmaa-aikainen kastuminen sekä luodaan kohteeseen optimaaliset olosuhteet rakenteiden kuivattamiseksi. Suunnitellaan rakenteiden ja materiaalien sääsuojaukset ja rakennuksen kuivatuksen toteutus.
- **Kosteusmittaussuunnitelma.** Suunnitelmasta ilmenee mitä mittauksia millä menetelmillä kohteesta tehdään, mittausaikataulu ja mittauspisteiden sijainti.
- **Kosteudenhallinnan organisointi, seuranta ja valvonta.** Sopimusasiakirjoissa sovitaan eri osapuolten tehtävät ja vastuut kosteudenhallinnan osalta. Kosteudenhallinnan suorittamisesta, poikkeusolosuhteista, vesivahingoista, mittau tuloksista ja rakenteiden päällystämispäätöksistä dokumentoidaan tarkoituksenmukaisissa asiakirjoissa.

Rakennekosteus ja materiaalien kuivuminen

Rakennekosteus



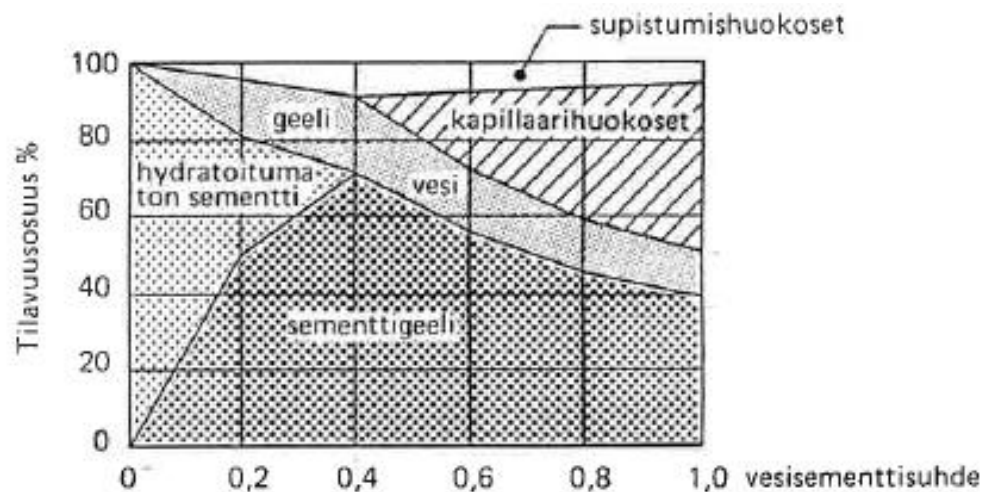
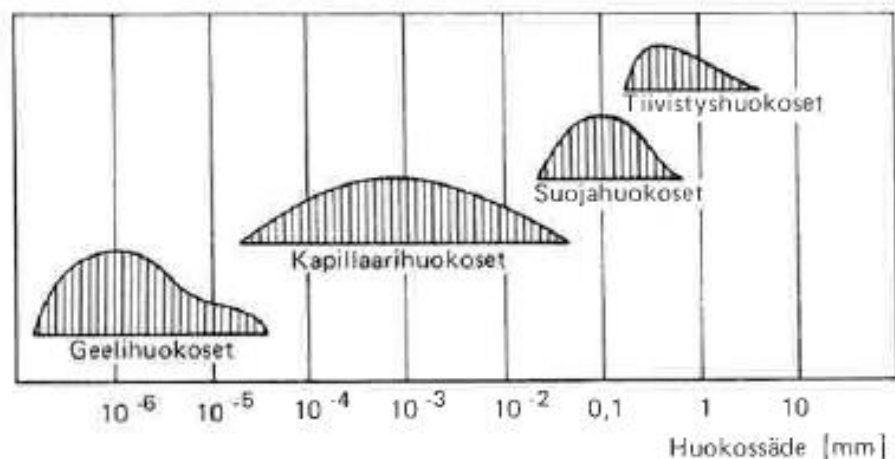
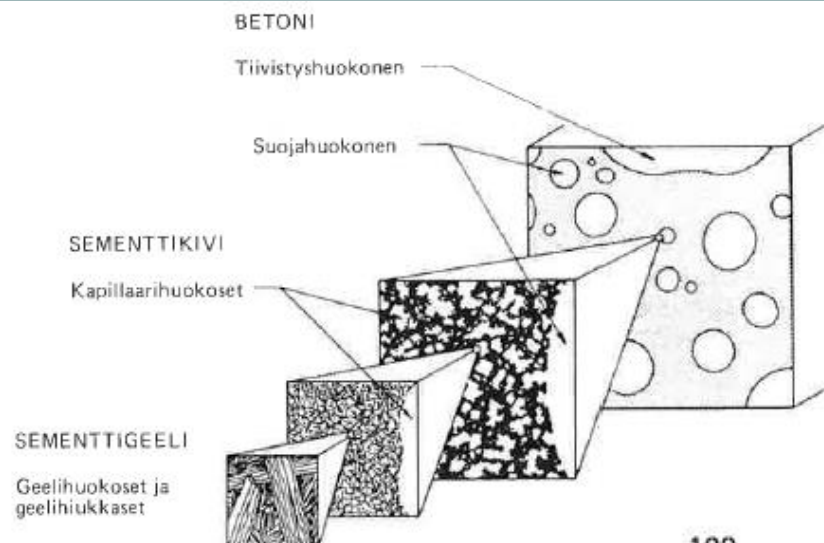
Materiaaleissa on suurempi tai pienempi osa kokotilavuudesta huokosia. Se, miten huokokset ovat täyttyneet vesihöyryllä tai vedellä, erotetaan eri täyttymistilat y.o. kuvan mukaisesti eri käsitteillä.

Rakennekosteus ja tasapainokosteus

Esimerkiksi mäntypuun kriittinen kosteuspitoisuus on noin 28 %. Tällöin puu sisältää maksimimäärän kosteutta tilassa, jolloin vettä ei ala tiivistymään puun solurakenteeseen. Kun puu viedään normaaliin huonetilaan, minkä lämpötila on 20 °C ja suhteellinen kosteus 50 %, alkaa puu kuivua, desorptoida ympäristöön kosteutta, mikä kestää useita viikkoja. Puun kosteuspitoisuus normaalissa sisäilmassa tasapainottuu noin 13 - 14 %, nk tasapainokosteus, kesällä tasapainokosteus on suurempi ja talvella pienempi, koska ympäristön, sisäilman suhteellinen kosteus kesällä on suurempi kuin talvella.

Rakennekosteus ja materiaalien kuivuminen

Betonin rakenne

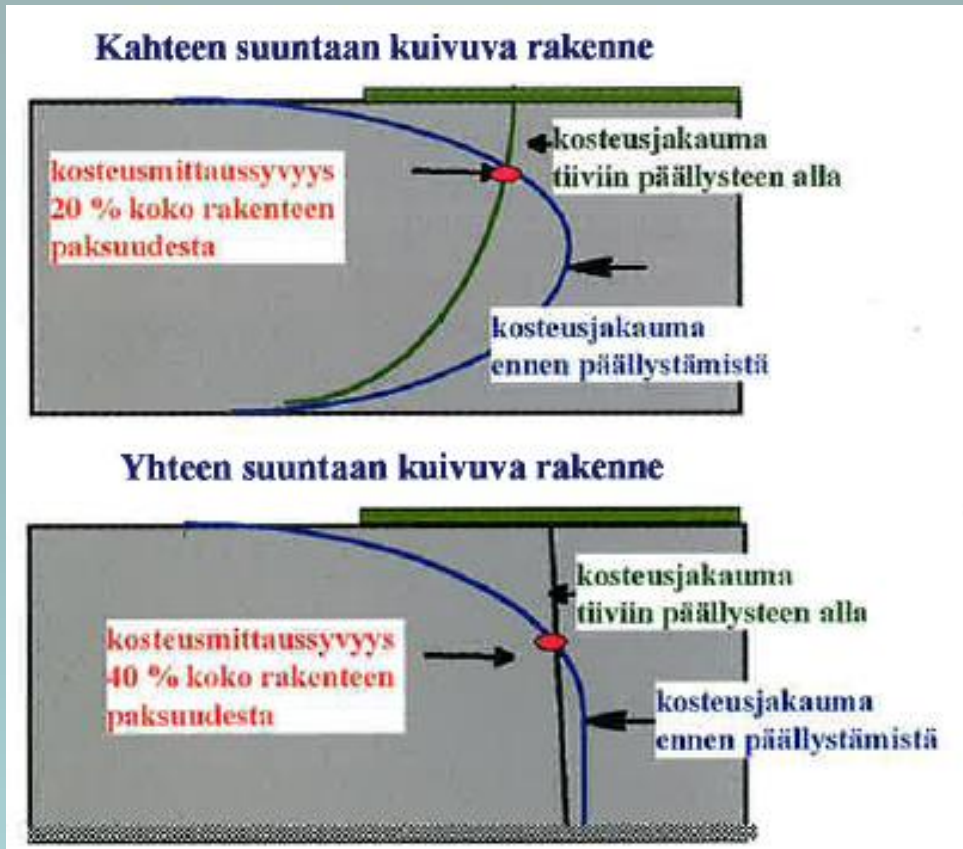


Rakennekosteus ja materiaalien kuivuminen

Betonin kuivuminen

Lähde: Tarja Merikallio, Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi

Yhteen ja kahteen suuntaan kuivuvien betonirakenteiden kosteusjakaumat ennen ja jälkeen päällystämisen sekä kosteuden uudelleen jakautumiseen perustuvat mittaussyvydet



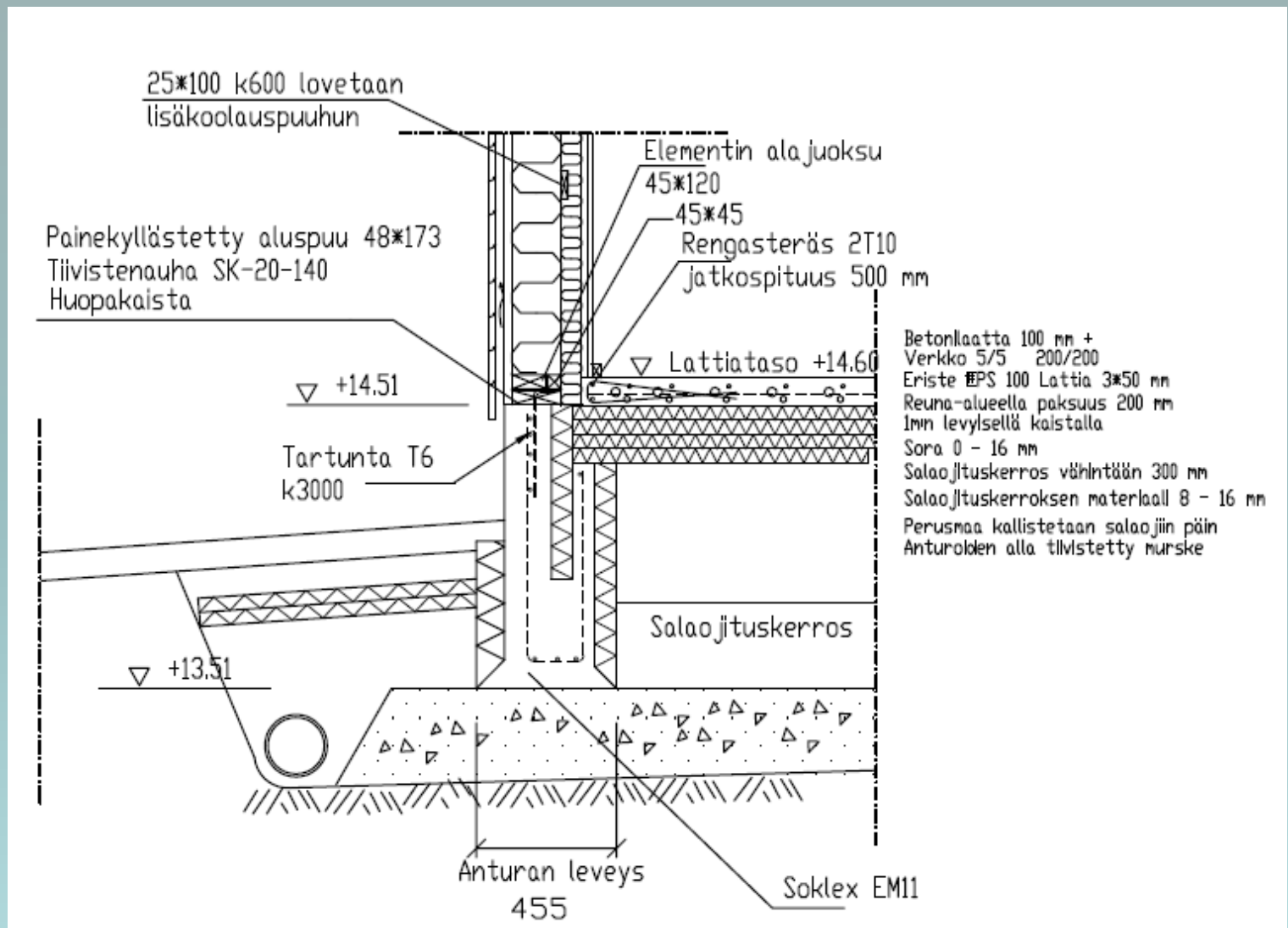
Kuva 36 Yhteen ja kahteen suuntaan kuivuvien betonirakenteiden kosteusjakaumat ennen ja jälkeen päällystämisen sekä kosteuden uudelleen jakautumiseen perustuvat mittaussyvydet.

Kapillaarisuus

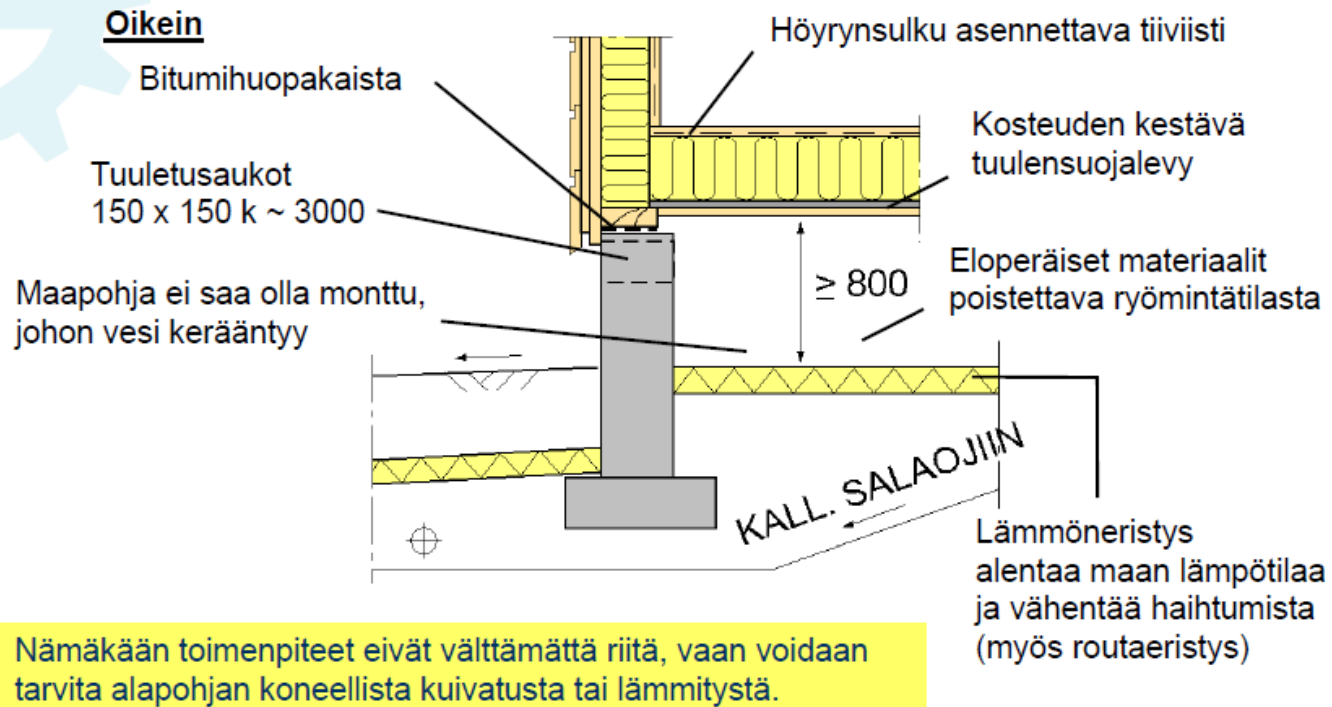
Alapohja

Kapillaarinen nousu tarkoittaa sitä, että vesi siirtyy vesirajasta materiaalissa huokosten kapillaarivoimien avulla muualle materiaaliin. Kapillaarisuus on sitä voimakkaampaa mitä pienempiä huokokset ovat. Kapillaarihuokosten koko on 0.0001 – 0.2 mm. Alla on esitettyinä muutamien maalajien kapillaarinen nousukorkeus

Maalaji	Raekoko [mm]	Kapillaarinen nousukorkeus	
		Löyhä kerrostuma [m]	Tiivis kerrostuma [m]
Savi	0,002	8	10
Hiesu	0,002 - 0,02	10 - 4	12 - 6
Hieno hieta	0,02 - 0,06	5 - 1,5	8 - 2,5
Karkea hieta	0,06 - 0,2	2 - 0,3	3,5 - 0,4
hieno hiekka	0,2 - 0,6	0,35 - 0,1	0,5 - 0,12
karkea hiekka	0,6 - 2	0,12 - 0,03	0,15 - 0,04



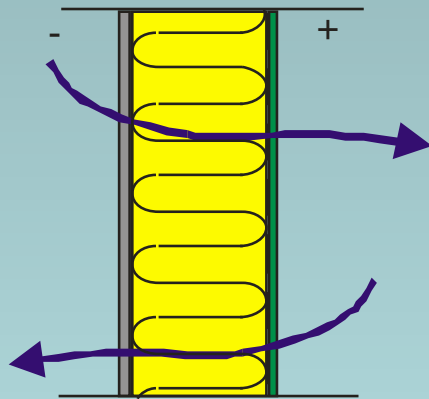
RYÖMINTÄTILAISEN ALAPOHJAN TOTEUTUS



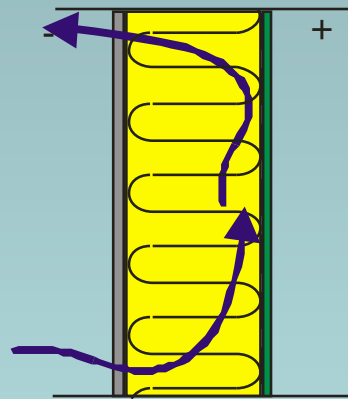
Tiiveyden merkitys asumiseen

- Asumisviihtyvyys
- Energiatehokkuus
- Rakennusfysikaalinen toimivuus

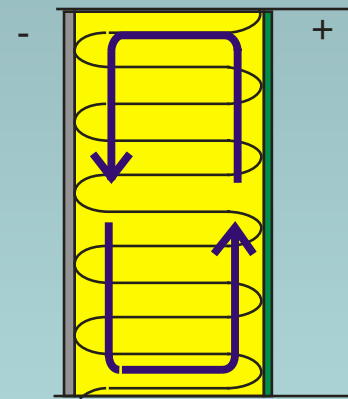
Ilmavirtaukset rakenteen läpi ja rakenteessa



Konvektiovirtaus rakenteen läpi



Tuulensuojalevyn/Ulkoverhouksen kautta tapahtuva konvektiovirtaus



Rakenteen sisäinen konvektiovirtaus

Rakennusten tiiveydentestauslaitteisto

Rakennuksen laatu on määriteltävissä laitteen avulla, sillä se tunnistaa ulkovaipan vuotomäärän ja määrittää vaipan tiiveyden. Laitetta voidaan ohjata myös käsikäytöllä, jolloin sitä voidaan käyttää esimerkiksi alipaineen tuottajana lämpökuvauksissa.



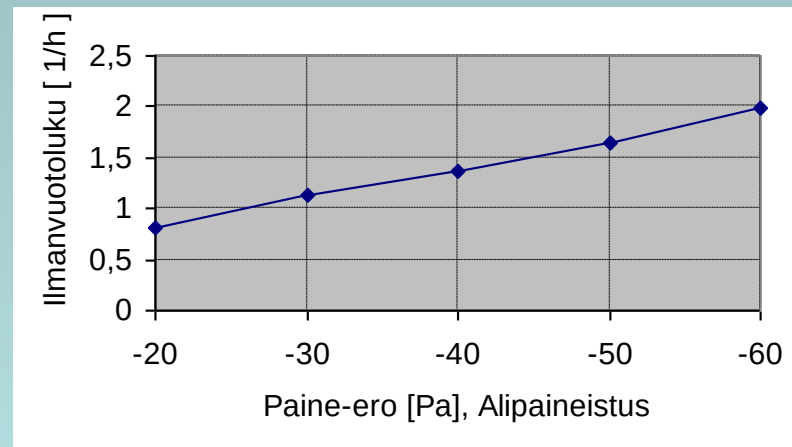
Rakennuksen vaipan vuotoilmaluku

Ilmanvuotolukua kuvaa n_{50} [1/h] tai q_{50} [m³/h m²]

Mitattu vuotoilmaluku n_{50} 50 Pa:n paine-erolla.

eli vuotojen kautta 50 Pa:n paine-erolla rakennuksen ilma vaihtuu n_{50} - kertaa rakennuksen tilavuuden verran tunnissa.

Normaali sisä- / ulkoilman paine-erolla, noin 2 Pa vuotoilman vaihtuvuudeksi tulee $n_{50}/25$ eli 0.16 kertaa tunnissa.

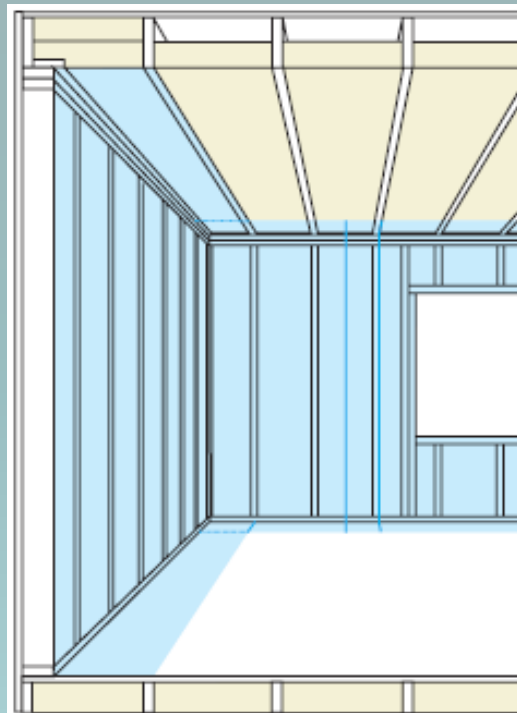


Höyrynsulku

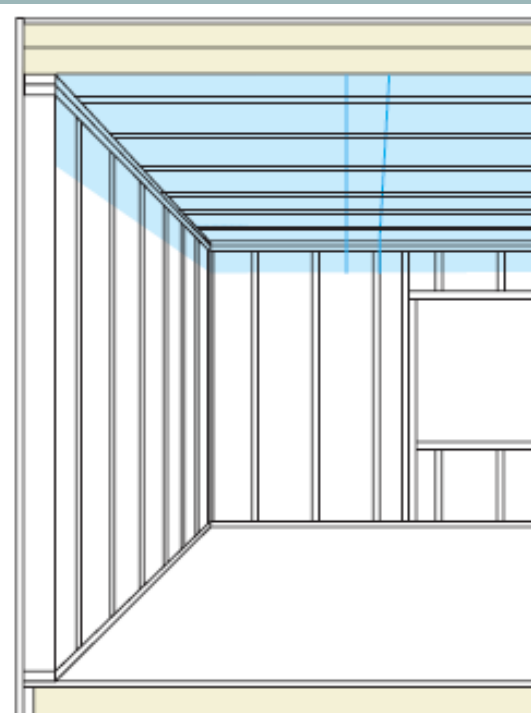


Höyrynsulun tehtävänä on estää ilmavuodot ja ilman sisältämän vesihöyryn tunkeutuminen rakenteeseen konvektion ja diffuusion seurauksena

Höyrynsulku



Höyrynsulku taitetaan seinän ylä- ja alaosassa katto- ja lattiapintaa vasten.



Höyrynsulku limitetään kattorakenteissa 300 mm.

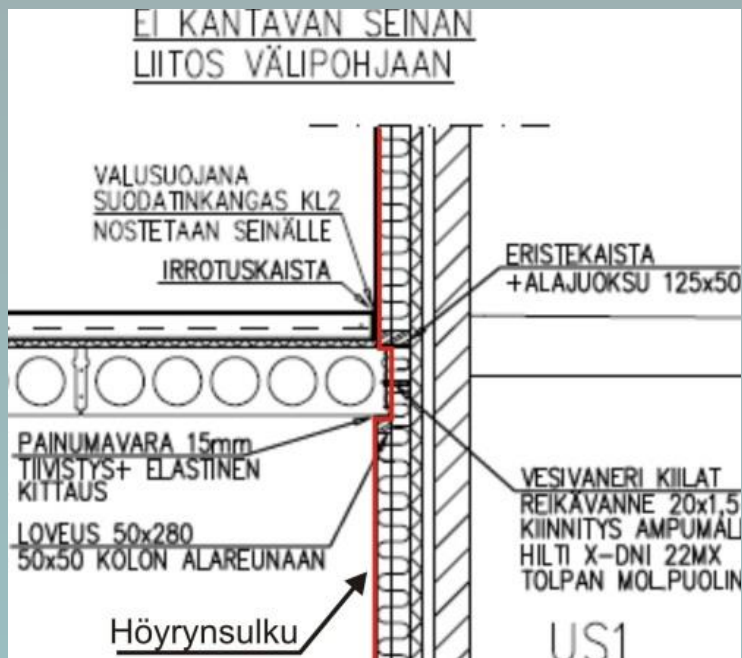
Höyrynsulku



Höyrynsulku on limitetty kattoverhouksen koolauksen kohdalta.



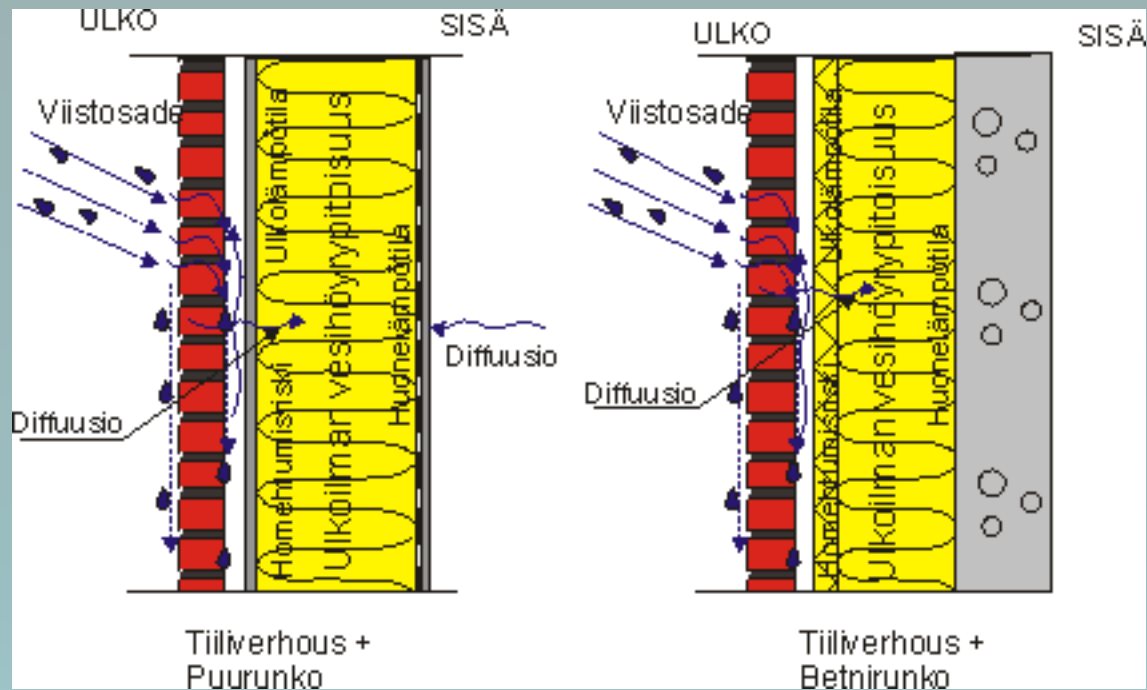
Höyrysulun läpivienneissä käytetään läpivientikappaleita.



Rakennedetailjit

Matalaenergiarakentamisessa eristekerroksen paksuuntuessa vaipan rakennusfysikaalisen toimivuuden perusedellytys on rakenteiden tiiviys

Puurunkoisen seinän höyrynsulku asennettiin katkeamattomana läpi julkisivun. Liitokset teipattiin huolellisesti.



Tuuletusväli poistaa rakenteen sisään päässeeseen ylimääräisen kosteuden tehokkaasti. Ulkoverhouksen sisäpintaan kulkeutunut kosteus ei ole kosketuksissa rakenteen kanssa, jolloin kosteus ei pääse siirtymään kapillaarisesti itse rakenteeseen. **Puurunkoisessa** talossa on **aina** oltava tuuletusväli ulkoverhouksen alla, koska riskinä on puurakenteiden lahoaminen. Tuuletusvälissä on ilman lämpötila korkeampi kuin ulkoilman, mikä myös vähentää mikrobikasvuston ja korroosion syntymistä.

Yhteenveto kosteustekniikka

- Rakenteiden rakennuskosteuden kuivuminen, kuivana pysyminen
⇒ lämmöneristeiden toimivuus
- Höyrynsulun vesihöyryvastus vähintään viisinkertainen tuulensulun vesihöyryvastukseen verrattuna
- Tuulettuva ulkoverhous
- Märkätilojen vedeneristys:
 - Sertifioidut tuotteet, sertifioitu vedeneristyksen asentaja
 - Vedeneristyksen läpiviennit RMK:n C2 mukaisesti
 - Vesiputket, pinta-asennuksena tai suojaputkissa

KIITOS

