



# BETONIN KUIVUMISAIKA-ARVIO

# Sisällysluettelo

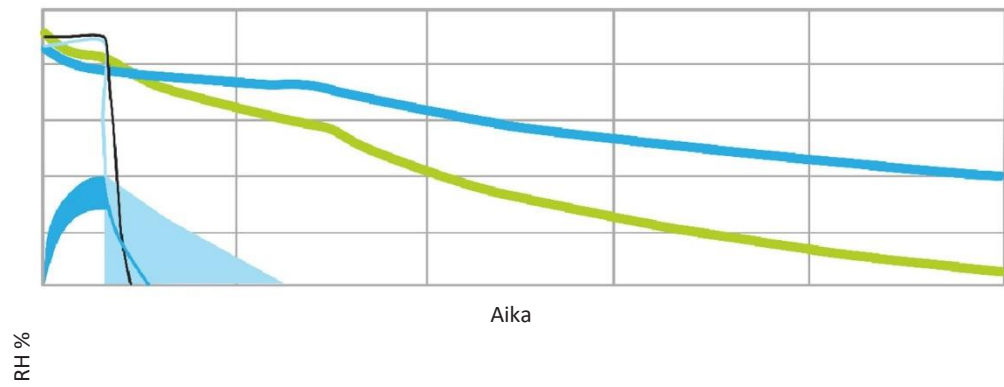
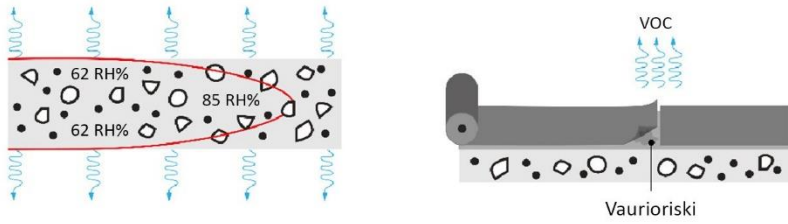
<b>1</b>	<b>KÄYTTÄJÄLLE</b>	4
<b>2</b>	<b>OHJELMAN ASENTAMINEN</b>	5
2.1	Laitteistovaatimukset	5
2.2	Asennus	5
<b>3</b>	<b>VALIKOT</b>	6
3.1	Yläpalkki	7
3.2	Syöttötiedot	10
<b>4</b>	<b>TARKASTELUESIMERKKI</b>	15
4.1	Kuivumisaika-arvio	16
4.2	Päällystämisen riskiarvio	18
4.3	Mittausdatan syöttäminen	20
4.4	Raportointi	22

# BY 2020

Tämä on *by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio* -ohjelman

käyttöohje. Palautetta tai kysymyksiä voi lähettää osoitteeseen

[by2020@betoniyhdistys.fi](mailto:by2020@betoniyhdistys.fi)



# 1 KÄYTTÄJÄLLE

*by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio* on tarkoitettu talonrakentamisen rakennusprojektien kosteudenhallinnan suunnitteluun ohjaamaan betoni- ja päällystemateriaalivalintoja sekä työmaan aikataulutusta ja olosuhdehallintaa. Ohjelmalla voidaan tehdä betonirakenteiden kuivumisaika-arviota sekä päällystettävien rakenteiden riskiarviota. Ohjelman antaman arvion perusteella ei tule kuitenkaan tehdä päällystettävyysepäätöksiä. Betonirakenteen todellinen kuivuminen ja päällystettävyysepäätös edellyttävät aina rakenteesta tehtäviä kosteusmittauksia.

Betoniyhdistyksen aiemmassa Excel-pohjaisen *by 1021* kuivumisaika-arviossa tarkastellaan rakenteiden kuivumista yleisellä tasolla vakiokuivumisolosuhteissa, jolloin voidaan verrata eri rakenteiden tai olosuhteiden vaikutusta kuivumisaika-arvioon. Uusi FEM-pohjainen *by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio* -ohjelma mahdollistaa huomattavasti monipuolisemman arvioinnin. Kuivumisaika-arvio voidaan tehdä valusta todellisen aikataulun mukaisesti, sisältäen mahdolliset pintavalut ja tasoitukset. Päällystettävyyden riskiarvioinnissa ohjelmaan syötetään mahdollisimman hyvin arvioitavaa kohdetta vastaavat rakenne-, olosuhde- ja aikataulutiedot sisältäen päällysteen arvioidun asennusajankohdan. Riskiarviossa tarkastellaan päällysteen alapuolelle tasaantuvaa suhteellisesta kosteutta verrattuna pintamateriaalin kosteudensietokykyyn. Riskiarvioissa voidaan tarkastella, miten suhteellinen kosteus uudelleen jakaantuu päällystämisen jälkeen ja millä vaihtoehdoilla on olemassa ilmeinen riski, että kosteus päällysteen välittömässä läheisyydessä nousee vaurioitumisen kannalta kriittisen korkeaksi. Oleellista on kuitenkin huomioida, että kyseessä on arvio. Todelliset kuivumisajat sekä päällysteen alapuolinen kosteus voivat poiketa huomattavasti monesta eri syystä, joita ei voida arviossa huomioida. Riskiarvio on suuntaa antava työkalu kosteudenhallinnan suunnitteluun, eikä sen pohjalta tule tehdä päätöksiä rakenteen päällystettävyydestä tai vaurioitumisesta.

Kuivumisaika-arvioinnin ja päällystämisen riskiarvion lisäksi ohjelma sisältää toiminnot työmaalla tehtävien rakenteiden kosteusmittausten sekä olosuhdemittausten tallennuksen. Työmaalla tehtyjä rakennekosteusmittauksia voidaan verrata helposti aiemmin tehtyyn arvioon. Näin ohjelmaa voidaan käyttää kokonaisvaltaisesti hankesuunnittelun kuivumisaika-arvioista työmaan kosteudenhallintaan liittyvien laadunvarmistusmittausten dokumentointiin ja toimenpiteiden ohjaamiseen. Projektin lopussa voidaan esimerkiksi tulostaa tilakohtaiset raportit työmaalla toteutuneista kosteustapahtumista ja -mittauksista. Ohjelman käyttäjän tulee ymmärtää rakenteiden kosteuskäyttäytymistä, jotta hän pystyy hyödyntämään tuloksia parhaalla mahdollisella tavalla. Ohjelma toimii rakennushankkeen kosteudenhallinnan työkaluna, jolla voidaan tehdä ns. herkkyysanalyysiä tarkasteltaessa eri toteutusvaihtoehtojen mahdollisia vaikutuksia rakenteiden kuivumiseen tietyn aikataulun puitteissa. Herkkyysanalyysissä voidaan esimerkiksi varioida eri betonilaatuja tai olosuhteita, jolloin nähdään mitä suuruusluokkaa muutos kuivumisaikaan on. Päällystämisen riskiarvion herkkyysanalyysissä voidaan esimerkiksi arvioida, miten läpäisevä pintarakenteen tulisi olla, jotta tietyllä rakenteella ja toteutusaikataululla rakenne todennäköisimmin on toimiva.

Ohjelmaan määritetyt betonilaadut vastaavat tällä hetkellä Suomessa käytössä olevia tavanomaisia betoneja, joissa pääasiallisena sideaineena on CEMII/B-M 42,5 sisältäen joissain tapauksissa CEM I 42,5R / 52,5R sementtejä.

Betoniyhdistys tai applikaation laatijat eivät vastaa ohjelmalla tehdyistä arvioista ja/tai arvioiden perusteella tehdyistä johtopäätöksistä.

# 2 OHJELMAN ASENTAMINEN

*by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio* -ohjelma asennetaan paikallisesti normaalien Windows-ohjelmien tapaan. Ennen asennusta on syytä tarkistaa laitteistovaatimukset, sekä varmistaa että koneella on riittävästi kovalevytilaa asennusta varten.

## 2.1 LAITTEISTOVAATIMUKSET

Laitteistolle ei ole mitään erityisvaatimuksia, joten ohjelmisto voidaan asentaa kaikkiin yleisesti käytössä oleviin tietokoneisiin. Perusedellytykset asennukselle ovat:

- Käyttäjärjestelmä: Windows 10, Windows 10 Pro, Windows 8.1 tai Windows 7 SP1
- Verkko-yhteys asennusta varten
- Minimi muistimäärä 4GB RAM (suositus)
- 2–10GB kovalevytilaa
- Intel tai AMD 64-bittinen prosessori
- Näytön resoluutio: 1920 x 1080 ja skaalaus 100% (Suositus resoluutio ja skaalaus, joille käyttöliittymä on optimoitu)

Tarkempia tietoja laitteistoista esimerkiksi grafiikkakortteihin liittyen löytyy osoitteesta: <https://www.comsol.fi/system-requirements>.

## 2.2 ASENNUS

Asennus käynnistetään paikalliselle koneelle ladatusta asennustiedostosta, joka on saatavilla Betoniyhdistyksen asiakassivustolta.

Asennuksen vaiheet:

1. Sulje kaikki Windows-ohjelmat asennusohjelman toiminnan varmistamiseksi
2. Kaksoisnapsauta *by2020\_asennus.exe* -tiedostoa, josta ohjelman asennus käynnistyy. Windows 10 -käyttäjät: napsauta tiedostoa oikealla painikkeella ja valitse *Suorita järjestelmänvalvojana*
3. Asennussovelluksen näyttö tulee esille
4. Napsauta *Asenna*-kohtaa käynnistäaksesi asennuksen ja sen jälkeen hyväksy kaikki asennusohjelman ehdottamat valinnat
5. Kun asennus on valmis, napsauta OK

Asennuksen jälkeen työpöydälle syntyy sovelluksen käynnistysikoni, jota kaksoisnapsauttamalla ohjelma käynnistyy. Ensimmäisen käynnistyksen yhteydessä asennetaan sovelluksen käyttämä COMSOL-laskentaydin, jonka asennus kestää joitakin minuutteja. Jatkossa tätä vaihetta ei enää suoriteta ja *by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio* -ohjelman käynnistys on nopeampaa, kun kaikki ohjelmiston tarvitsemat komponentit ovat asennettuina.

Asennuksen aikana ohjelmalle syntyy oma osio Windowsin ajokelpoisten ohjelmistojen listaan. Sovellus on mahdollista käynnistää myös sitä kautta ja se voidaan kiinnittää Windowsin aloitusnäyttöön.

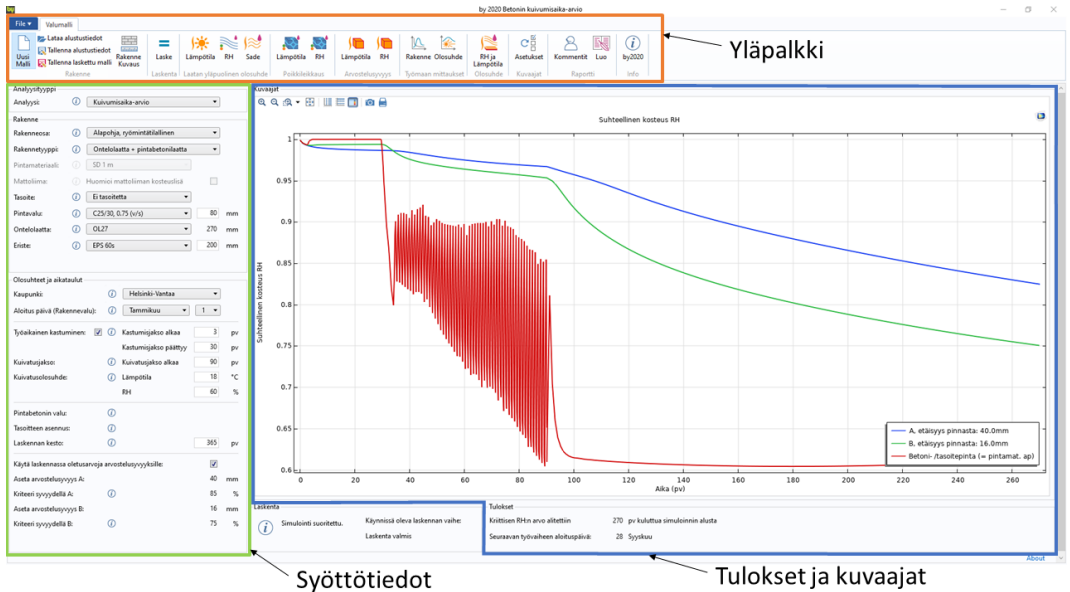
Ohjelmisto asentuu hakemistoon *C:/by2020/*, jota kautta sovelluksen asennus on tarvittaessa mahdollista poistaa. Asennuksessa luodaan kaksi alihakemistoa, joista *C:/by2020/Raportit/* käytetään simulaatoraporttien luontiin. Tuonne tallennetaan viimeisin käyttäjän luoma raportti. Lisäksi ohjelmiston dokumentaatiot tallentuvat omaan hakemistoonsa, *C:/by2020/Dokumentaatio/*.

# 3 VALIKOT

Käynnistettäessä ohjelma avautuu 'Kuivumis aika-arvio' -tilaan oletusrakenne alustettuna.

Yläpalkissa sijaitsevat komennot laskentaan, tarkastelun olosuhteiden ja laskentatulosten tarkasteluun, työmaamittausten tallentamiseen sekä tarkastelun kommentointiin ja raportointiin.

Arvion syöttötiedot asetetaan vasemmalla oleviin syöttökenttiin sekä valintaikkunoihin.



Tulokset esitetään kuvaajina sekä kuivumisaika-arvio päivinä simuloinnin aloituksesta.

Päällystämisen riskiarviossa käyttäjä arvioi riskin laskentatulosten perusteella.

## 3.1 YLÄPALKKI

### Rakenne

'Uusi'

Alustaa oletusrakenteen, josta käyttäjä voi aloittaa uuden tarkastelun.

'Lataa alustustiedot'

Alustaa laskennan aiemmin tallennetuilla syöttötiedoilla.

'Tallenna alustustiedot'

Arvion syöttötiedot voidaan tallentaa ilman laskentatuloksia hyödynnettäväksi myöhemmin esimerkiksi vastaavan rakenteen tarkasteluun tai herkkyyсарvion tekoa varten.

'Tallenna laskettu malli'

Arvio voidaan tallentaa .exe tiedostona, jolloin tallennettu tiedosto avautuu tallennetuilla syöttötiedoilla sisältäen laskentatulokset. Tallennettuun tiedostoon voi ainoastaan lisätä työmaan mittaustietoja. Laskentaa ei voida tehdä uudestaan eikä syöttötietoja muuttaa.

'Rakenne'

Avaa tulostusikkunaan yleisnäkymän mahdollisista, tarkasteltavista rakenteista.

### Laskenta

'Laske' suorittaa laskennan asetetuilla syöttötiedoilla

### Laatan yläpuolinen olosuhde:

'Lämpötila'

Avaa tulostusikkunaan laskennan mukaisen laatan yläpuolisen lämpötilareunaehdon.

'RH'

Avaa tulostusikkunaan laskennan mukaisen laatan yläpuolisen suhteellisen kosteuden reunaehdon.

'Sade'

Avaa tulostusikkunaan laskennan mukaisen laatan yläpuolisen kastumisjaksoa kuvaavan tulosteen. 0 ei kastumista. 1 kastumistilanne.

### Poikkileikkaus

'Lämpötila'

Avaa tulostusikkunaan laskennan mukaiset lämpötilajakaumat laatan poikkileikkauksessa. Jakaumat esitetään eri vaiheissa laskentaan asetetun aikataulun mukaisesti.

'RH'

Avaa tulostusikkunaan laskennan mukaiset suhteellisen kosteuden (RH) jakaumat laatan poikkileikkauksessa. Jakaumat esitetään eri vaiheissa laskentaan asetetun aikataulun mukaisesti.

## Arvostelusyvyys

Ohjelmassa arvostelusyvyysinä on 'A', 'B' ja 'Rakenteen pinta'. Syvyydet 'A' ja 'B' määritetään oletuksena rakenteen yläpinnasta rakennetyypistä riippuen RT-kortin *Betonin suhteellisen kosteuden mittaus* mukaisesti. Arvostelusyvytydet muuttuvat rakennepaksuuden mukaan esim. tasoitepaksuutta muutettaessa, mikä tulee ottaa huomioon tarkasteluissa.

### 'Lämpötila'

Avaa tulostusikkunaan laskennan mukaisen lämpötilan arvostelusyvytyksillä laskennan aikana.

### 'RH'

Avaa tulostusikkunaan laskennan mukaisen suhteellisen kosteuden (RH) arvostelusyvytyksillä laskennan aikana.

## Työmaan mittaukset

Kosteudenhallinnan seurantamittaukset voidaan lisätä tarkastelun jälkeen tai jälkikäteen nimellä tallennettuun tarkastelutiedostoon. Tiedot voidaan lisätä kopiaamalla sarakkeet esimerkiksi Excel -tiedostosta. Mittausdatan luvut syötetään käyttämällä pistettä desimaalierottimena (esim. 84,3 %RH = 0.843). Taulukkoon ei saa jättää tyhjiä soluja.

### 'Rakenne'

Rakennekosteusmittausten RH tulokset voidaan lisätä taulukkoon arvostelusyvytyksillä 'A' ja 'B' ja 'rakenteen pinta' sekä mittaushetkellä vallinnut laatan yläpuolinen olosuhde.

*Huom! Mittaustarkkuus on syytä ottaa huomioon kommentteissa. Laskentatulos on arvio annetuilla lähtötiedoilla. Mittaustulos vastaa toteutumaa, mutta työmaan olosuhteissa mittaustarkkuuteen vaikuttaa moni tekijä, esimerkiksi mikäli lämpötiloissa on ollut poikkeamia, suositellaan lisäämään huomautukset kohtaan 'Kommentit'.*

### 'Olosuhde'

Olosuhteiden seurantamittausten tulokset voidaan lisätä taulukkoon (RH ja lämpötila).

## Olosuhde

### 'RH ja Lämpötila'

Avaa tulostusikkunaan työaamittaus -kohtaan asetetun 'Olosuhde' mukaisen suhteellisen kosteuden ja lämpötilan kuvaajan.

## Kuvaajat

### 'Asetukset'

Kuvaajien asetuksia voidaan muuttaa kuvatekstien osalta. Kuvatekstin voi poistaa näkyvästä tai kuvatekstien sijaintia voidaan muuttaa, jotta tulokset olisivat parhaalla mahdollisella tavalla näkyvissä.



*Huom! Kuvaajat -ikkunan työkaluilla voi mm. lähentää ja loitontaa kuvaajaa (Zoom In, Zoom Out, Zoom Box ja Zoom Extent) sekä kopioida kuvaajan työpöydälle (Image Snapshot) tai tulostaa tiedostoon (Print).*

Laskennan jälkeen voidaan vielä muuttaa arvostelusyvyiksiä tulosten tarkempaa tarkastelua varten.

## **Raportti**

'Kommentit'

Tarkastelujen tekijän tiedot sekä muut oleelliset tiedot voidaan tallentaa raporttiin.

*Suosittelavia tarkentavia tietoja ovat mm.:*

*Arviovaiheessa:*

*- Kohde, Lohko, Tila nro, rakennetyyppi*

*Työmaamittausvaiheessa esim.:*

*- Toteutunut betonilaatu (toimittaja), Kosteusmittausraportit tallennettu Mittaus Oy Ab:n pöytäkirjoista x-x.xx.xxxx (X kpl)*

'Luo'

Tulostaa *html*-muotoisen raportin selaimen, josta raportti voidaan tallentaa *html*-muotoisena (Ctrl+s) tai tulostaa (Ctrl+p) esim. pdf-muotoon.

## **Info**

'by 2020'


Avaa versio- ja yleistiedot ohjelman käyttöehtoiin.

*by 2020 Betonin Kuivumisaika-arvio -ohjelmisto on Suomen Betoniyhdistys ry:n omaisuutta.*

*by 2020-ohjelmistoa voidaan käyttää betonilattiarakenteiden kuivumisaika-arvioiden laskentaan sekä kosteudenhallinnan suunnitteluun. Ohjelman avulla ei voida määrittää rakenteen todellista kosteustilaa, eikä sen pohjalta tule tehdä päätöksiä esimerkiksi betonirakenteen päällystettävyydestä tai pinnoitettavuudesta.*

*Suomen Betoniyhdistys ry ja by 2020-ohjelmiston tekijät eivät vastaa ohjelmiston antamista mahdollisista virheellisistä tuloksista tai käyttäjän syötteistä johtuvista simulaativirheistä.*

## 3.2 SYÖTTÖTIEDOT

Alla esitetyt kuvaukset löytyvät myös ohjelman -painikkeiden kautta.

### Analyysi

Analyysityypiksi voidaan valita joko *'Kuivumisaika-arvio'* tai *'Päällystämisen riskiarvio'*.

Kuivumisaika-arviolla voidaan tarkastella rakenteen ja kosteudenhallinnan vaikutusta betonirakenteen kuivumisaikaan halutulle tasolle. Kriteerinä ovat arvostelusyvyys *A*, sekä rakenteesta riippuen pintaosan arvostelusyvyys *B*. Kriteerit arvostelusyvyyksille voidaan määrittää esimerkiksi RT-kortin *Betonin suhteellisen kosteuden mittaus* mukaan.

Päällystämisen riskiarviolla voidaan tarkastella rakenteen, kosteudenhallinnan ja päällystysaikataulun vaikutusta päällysteen alapuolelle tasaantuvaan suhteelliseen kosteuteen.

### Rakenneosa

Rakenneosaksi voidaan valita joko *'Alapohja, maanvastainen'*, *'Alapohja, ryömintätillinen'* tai *'Välipohja'*.

Maanvastainen alapohja on paikallavalurakenne, joka voi olla joko eristämätön tai eristetty. Eristevaihtoehtona ovat EPS ja XPS. Rakenteen alapuolinen reunaehto on vakio-reunaehto 15 °C ja 100 %RH.

Ryömintätilliset alapohjarakenteet ovat yleisimpiä käytössä olevia elementti tai paikallavalurakenteita (ks. Rakennetyypit). Rakenteen alapuolinen olosuhde vaihtelee vuodenaijan mukaan välillä -5...15 °C ja 50...90 %RH.

Välipohjarakenteet ovat yleisimpiä käytössä olevia elementti tai paikallavalurakenteita (ks. Rakennetyypit). Välipohjarakenteen alapuolinen olosuhde vaihtelee asetetun aikataulun mukaisesti. Ennen kuivatusjaksoa vallitsee ulkoilman olosuhteita vastaavat lämpötila ja suhteellinen kosteus, joissa hyödynnetään Comsolin tietokannan säädataa (Ashrae 2017). Kuivatusjaksolla reunaehtona on käyttäjän määrittämä vakio-olosuhde. Niin sanottu käyttöjakso alkaa pintamateriaalin asennuksesta, jolloin vallitsee vakio-olosuhteet 20 °C ja 50 %RH.

### Rakennetyyppi

Mahdollisia alapohjarakenteita ovat:

- eristämätön tai eristetty paikallavalettu betonilaatta (40-400 mm).

Mahdollisia alapohjarakenteita ja välipohjarakenteita ovat:

- ontelolaatta pintabetonilaatalla (50-200 mm).
- ontelolaatta tasoitteella (10-20 mm).
- kuorilaatta rakenne-/pintavalulla (80-400mm / 40-200 mm).
- paikallavalu\* rakenne-/pintavalulla (60-400mm / 40-200 mm).

- kerrokselliset betonilaatat\*, paikallavalu (60-400mm / 40-200 mm).
- kololaatta jälkivalulla (80-200 mm).

\*kahteen tai yhteen suuntaan kuivuva.

Eristevaihtoehtona ovat EPS, XPS ja mineraalivilla.

Rakennetyypin rakennekerrokset ovat valintapuun mukaisesti ylhäältä alaspäin lukien esim.

- Pintamateriaali
- Tasoite
- Rakennevalu
- Eriste (aina tarkasteltavan laatan alapuolella)

## Pintamateriaali

Betonimaalit läpäisevät useimmin kohtalaisen hyvin kosteutta  $s_d \sim 1...5$  m, kun taas pinnoitteet voivat olla hyvin tiiviitä ns. höyrynsulkupinnoitteita  $s_d > 100$  m. Vesi-höyryä läpäisevimpiä lattiapäällysteitä ovat linoleumi ja joustovinyylimuovimatot, joiden vesihöyrynvastus on luokkaa  $s_d = 5...10$  m. Julkisten tilojen muovimattojen vesihöyrynvastus on yleensä vähintään  $s_d > 20$  m ja usein  $s_d > 50$  m.

Tekstiilipäällysteiden vesihöyrynvastus vaihtelee suuresti päällysteen rakenteesta riippuen. Tiiviillä alusrakenteella tekstiilipäällysteen vesihöyrynvastus voi vaihdella välillä  $s_d = 10...100$  m. Avoimella alusrakenteella vesihöyrynvastus on voi olla luokkaa  $s_d = 0,025$  m, eikä päällyste tällöin käytännössä vastusta vesihöyryä.

Alustaan liimattu parketti läpäisee kohtalaisen hyvin vesihöyryä. Liiman vesihöyrynvastus on luokkaa  $s_d = 2-3$  m ja parketin  $s_d = 0,5$  m. Uivan parketin tai laminaatin tiiviimpien alusmateriaalien vesihöyrynvastus on vastaavasti luokkaa  $s_d = 50$  m.

*Huom! Edellä mainitut lukuarvot ovat suuntaa antavia ja pintamateriaalin todellinen vesihöyrynvastus tulee aina selvittää materiaalitoimittajalta.*

## Mattoliima

'Huomioi mattoliiman kosteus' valitaan aktiiviseksi tehtäessä 'Päällystämisen riskiarvio'. Mattoliiman kosteuden vaikutus on otettu huomioon päällystyshetkestä 25 tuntia eteenpäin pienentyvänä kosteuslisänä. Kosteuslisä (~600 g/m<sup>2</sup>) on yli tavanomaisesti mattoliimasta vapautuvan kosteusmäärän (~100...250 g/m<sup>2</sup>), jotta malli vastaa paremmin kosteuslisän käytännössä sekä laboratoriomittauksissa todettua vaikutusta päällysteen alapuoliseen suhteelliseen kosteuteen (mm. koska malli ei huomioi hystereesiä).

## Tasoite

Tasoiheen vaikutusa voidaan huomioida rakenteen kuivumisaika-arviossa sekä päällystämisen riskiarviossa. Tasoiheen on valittavana vain ns. yleistasoite paksuuksilla 10-20 mm. Käytännössä tasoihteiden kuivuminen on hyvin tuotekohtaista, mikä tulee aina ottaa huomioon tulosta tarkasteltaessa. Tasoiheen alkukosteus laskennassa on 100 %RH, mikä aiheuttaa kosteuslisän alusrakenteeseen.

## Pintavalu/Rakennevalu/MV-laatta

Betonilaadulla on suuri vaikutus kuivumiseen. Laskennassa huomioidaan erityisesti vesi-sideainesuhteen vaikutus kuivumiseen. Rakenteesta riippuen valittavana on eri lattia- ja rakennebetoneita. Suluissa on ilmoitettu suhteellisen kosteuden arvo, johon betoni kuivuu vuodessa kemiallisesti ilman haihtumiskuivumista.

- C25/30 0.75 (~ 97%RH)
- C25/30 0.70 (~ 96 %RH)
- C30/37 0.65 (~ 95%RH)
- C30/37 0.60 (~ 94%RH)
- C25/30 0.55 NP (~ 93 %RH)
- C30/37 0.50 (~ 92 %RH)
- C35/45 0.45 NP (~ 91 %RH)

## Ontelolaatta (pintabetonilaatalla)

Ontelolaattavaihtoehdot ovat OL27, OL32, OL37 ja OL40. Ontelolaatan alkukosteus laskennan alussa on 90 %RH.

*Huom!*

*Laskennassa ontelolaatan paksuudella ei ole suurta vaikutusta laskentatulokseen. Todellisuudessa kuivumisaika riippuu hyvin paljon ontelolaatan kosteudesta ennen pintavalua. Tulee huomata, että laskennan alkuoletus ontelolaatan kosteudelle on 90 %RH.*

## Ontelolaatta (tasoitteella)

Ontelolaattavaihtoehdot ovat OL27, OL32, OL37 ja OL40. Alkukosteus laskennan alussa on 90 %RH.

*Huom!*

*Laskennassa ontelolaatan paksuudella ei ole suurta vaikutusta laskentatulokseen. Todellisuudessa kuivumisaika riippuu hyvin paljon ontelolaatan kosteudesta ennen valua. Tulee huomata, että laskennan alkuoletus ontelolaatan kosteudelle on 90 %RH.*

## Kuorilaatta

Kuorilaattavaihtoehdot ovat KL100, KL120 ja KL150. Kuorilaatan alkukosteus laskennan alussa on 90 %RH.

## Yhteen suuntaan kuivuva (Paikallavalu)

Paikallavalurakenteen voi määrittää joko kahteen tai yhteen suuntaan kuivuvaksi. Oletuksena on kahteen suuntaan kuivuva tapaus, jossa laatta kuivuu alaspäin määritettyjen reunaehtojen mukaisesti. Valittaessa 'Yhteen suuntaan kuivuva' aktiiviseksi, rakenteen alapinta oletetaan täysin tiiviiksi. Vastaa mm. liittolaattarakennetta tai valua tiiviin muovikalvon päälle.

## Kololaatta

Kololaatta on esimerkiksi kylpyhuoneen kohdalle asennettava elementti, jonka paksuutena ohjelmassa on 200 mm. Alkukosteus laskennan alussa on 90 %RH. Kololaatan päälle tulevan valun paksuus voi olla 80–200 mm.

## **Eriste**

Eristeen vesihöyrynvastuksella voi olla suuri merkitys rakenteen kuivumiseen. Valittavina on rakenteesta riippuen. Solumuovieristeet 'PIR', 'XPS' ja 'EPS' rajoittavat merkittävästi kuivumista vaikkakin eroavat hieman toisistaan. Mineraalivilla on hyvin vesihöyryä läpäisevää eikä näin ollen hidasta kuivumista.

## **Kaupunki**

Tarkasteluun voidaan valita listalta haluttu paikkakunta, jonka perusteella laatan yläpuolisen sekä välipohjarakenteilla myös alapuolisen lämpötilan ja suhteellisen kosteuden reunaehdot määräytyvät ennen kuivatusjaksoa. Paikkakunnasta riippumatta lämpötilan oletetaan olevan aina yli 5 °C (betonin jäätyminen estetty).

## **Aloituspäivä**

Aloituspäivä voidaan valita todellisen aikataulun mukaisesti.

## **Työnaikainen kastuminen**

Työnaikainen kastuminen voidaan määrittää halutulle aikavälille ennen pintamateriaalin asennusta. Kastumistilanteessa oletetaan, että rakenteen pinta on täysin kastuneena koko kastumisjakson ajan.

## **Kuivatusjakso**

Kuivatusjakso voidaan määrittää alkavaksi aikaisintaan 7 pv aloituspäivästä. Oletuksena on aina viikon jälkihoitajakso, jolloin haihtuminen pinnan kautta on rajoitettu.

Ennen kuivatusjaksoa reunaehtona on vaihtuvat ulkoilman olosuhteet, jotka hidastavat laskentaa. Haluttaessa tehdä nopeita vertailuja ilman kastumistilannetta/ulkoilman olosuhteen vaikutusta, saadaan nopeimmat vertailulaskelmat, kun asetetaan kuivatus alkamaan 7 pv aloituspäivästä.

## **Kuivatusolosuhde**

Arviossa asetetaan keskimääräinen kuivatusolosuhde koko kuivatusjaksolle, jonka käyttäjä voi määrittää. Oletuksena on kohtalainen kuivatusolosuhde 18 °C ja 60 %RH, johon päästään helposti ns. tavanomaisin kosteudenhallinnan keinoin.

## **Pintavalu/Rakennevalu/MV-laatta**

Pintavalu voidaan määrittää todellisen aikataulun mukaan (pv) aloituspäivästä.

## **Tasoitteen asennus**

Tasoitteen asennus voidaan määrittää todellisen aikataulun mukaan (pv) aloituspäivästä. Rajoitteena on, että tasoitteen asennus tulee olla kuivatusjaksolla

## **Laskennan kesto**

Laskennan kesto voidaan määrittää tarkoituksen mukaisesti esim. kuivumiseen varatun ajan mukaisesti, jolloin nähdään, saavutetaanko kriteerit arvostelusyvyyksillä tarkastelujakson aikana. Päällystämisen riskiarviossa voidaan tarkastella pintamateriaalin alapuolisen kosteustilan muutosta useiden vuosien kuluessa.

Huom!

Laskennan ajallinen kesto riippuu tarkastelutapauksesta ja valituista olosuhteista.

## Arvostelusyvydet ja kriteerit

Suhteellisen kosteuden (RH) arviointikriteerit voidaan määrittää tapauskohtaisesti rakenteesta riippuen eri syvyyksillä. Määrittäminen rakenteen yläpinnasta mitattuna.

RH kriteeri syvyydellä 'arvostelusyvyys A' on RH, joka tulee alittua mittausepävarmuus huomioiden ennen päällystystä, jotta päällystämisen jälkeen kosteus päällysteen alla ei nouse yli kriittisen suhteellisen kosteuden. Lähempää pintaa määritetään 'arvostelusyvyys B' (usein 0,4xA ja RH kriteeri 75 RH%).

Raja-arvoja valittaessa tulee huomioida päällysteen kosteudenkesto ja vesihöyrynläpäisevyys, raja-arvon tarkkuus ja haluttu varmuusmarginaali. Päällystysraja-arvo on materiaali- ja/tai tuoteperhekohtainen esim. päällyste ja kiinnityслиima.

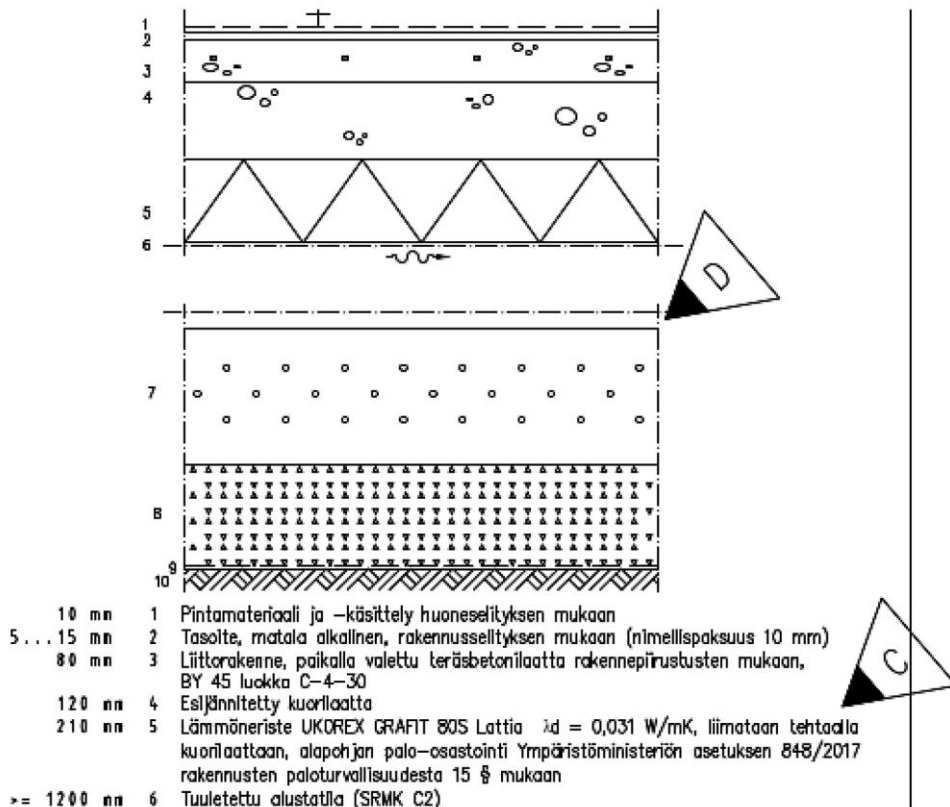
Pintamateriaalin osalta kriteeri on materiaalikohtainen suhteellisen kosteuden raja-arvo betonin/tasoitteen ja pintaan asennetun materiaalin rajapinnassa (arviointisyvyys 0 mm), jota voidaan arvioida tekemällä 'Päällystämisen riskiarvio'.

Oletusarvot arvostelusyvyyksille ovat Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen - RT-kortin mukaiset.

# 4 TARKASTELUESIMERKKI

Esitetään suositeltava tapa arviointiin, sekä kuvaus arvion toteutuksesta vaihe vaiheelta.

## Tarkasteltava rakenne



## 4.1 KUIVUMISAIKA-ARVIO

### Valitaan 'Kuivumisaika-arvio'

Analyysityyppi	
Analyysi:	<span>(i)</span> Kuivumisaika-arvio

### Määritetään rakenne ilman tasoitetta

Rakenne			
Rakenneosa:	<span>(i)</span> Alapohja, ryömintätällinen		
Rakennetyyppi:	<span>(i)</span> Kuorilaatta		
Pintamateriaali:	<span>(i)</span> SD 1 m		
Mattoliima:	<span>(i)</span> Huomioi mattoliiman kosteuslisä <input type="checkbox"/>		
Tasoite:	<span>(i)</span> Ei tasoitetta		
Pintavalu:	<span>(i)</span> Ei pintavalua		
Rakennevalu:	<span>(i)</span> Rakennebetoni C25/30 vs 0,70	80	mm
Kuorilaatta:	<span>(i)</span> KL120	120	mm
Eriste:	<span>(i)</span> EPS 60s	210	mm

### Asetetaan olosuhteet ja aikataulu

Olosuhteet ja aikataulut				
Kaupunki:	<span>(i)</span> Helsinki-Vantaa			
Aloituspäivä (Rakennevalu):	<span>(i)</span> Maaliskuu	5		
Työaikainen kastuminen:	<input checked="" type="checkbox"/> <span>(i)</span> Kastumisjakso alkaa	3	pv	
		Kastumisjakso päättyy	30	pv
Kuivatusjakso:	<span>(i)</span> Kuivatusjakso alkaa	90	pv	
Kuivatusolosuhde:	<span>(i)</span> Lämpötila	18	°C	
		RH	60	%

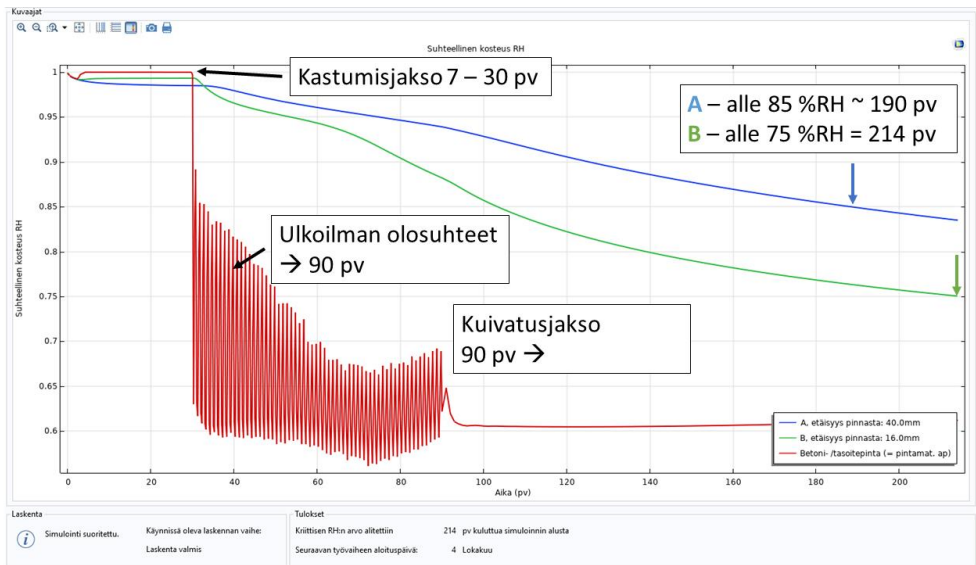


## Asetetaan 'Laskennan kesto' ja arvostelusyvydet sekä kriteerit

Pintabetonin valu:		
Tasoiheen asennus:		
Laskennan kesto:		<input type="text" value="365"/> pv
Käytä laskennassa oletusarvoja arvostelusyvyyksille:	<input checked="" type="checkbox"/>	
Aseta arvostelusyvyys A:		40 mm
Kriteeri syvyydellä A:		85 %
Aseta arvostelusyvyys B:		16 mm
Kriteeri syvyydellä B:		75 %

## 'Laske' (yläpalkki)

### Kuivumisaika-arvion tulosten tarkastelu



Kriittinen RH:n arvo alitettiin 214 pv kuluttua simuloinnin alusta ('A' ja 'B' kriteerit).

Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 4 lokakuuta.

## 4.2 PÄÄLLYSTÄMISEN RISKIARVIO

### Valitaan 'Päällystämisen riskiarvio'

Tutkitaan rakenne tasoitteen nimellispaksuudella ja käytetään tavanomaista alustaan liimattavaa julkisen tilan muovimattoa pintamateriaalina. Huomioidaan tarkastelussa mattoliiman kosteus.

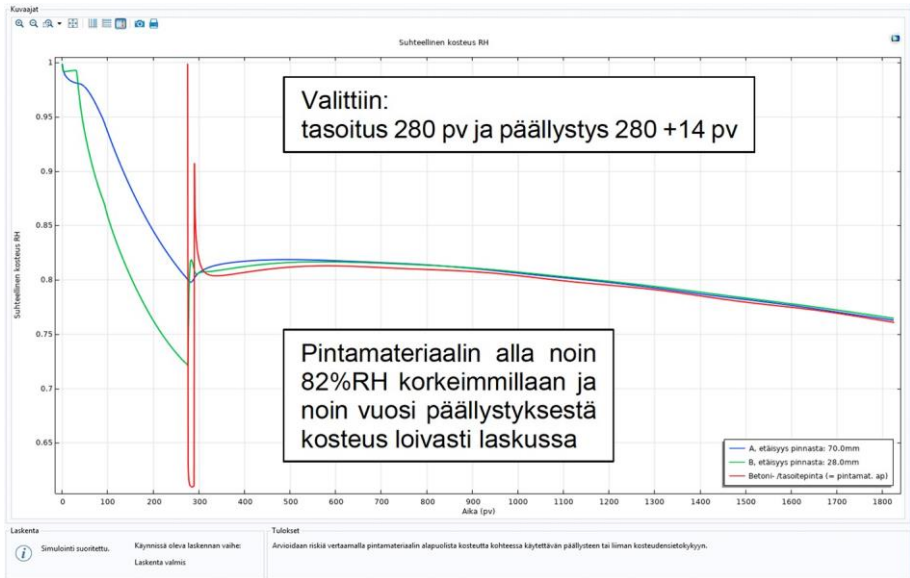
Rakenne	
Rakenneosa:	<input type="text" value="Alapohja, ryömintätalallinen"/>
Rakennetyyppi:	<input type="text" value="Kuurilaatta"/>
Pintamateriaali:	<input type="text" value="SD 50 m"/>
Mattoliima:	<input checked="" type="checkbox"/> Huomioi mattoliiman kosteuslisä
Tasoite:	<input type="text" value="Yleistasoite, sementtipohjaine"/> <input type="text" value="10"/> mm
Pintavalu:	<input type="text" value="Ei pintavalua"/>
Rakennevalu:	<input type="text" value="Rakennebetoni C25/30 vs 0,70"/> <input type="text" value="80"/> mm
Kuurilaatta:	<input type="text" value="KL120"/> <input type="text" value="120"/> mm
Eriste:	<input type="text" value="EPS 60s"/> <input type="text" value="210"/> mm

### Määritetään aikataulu ja olosuhteet kuivumisaika-arvion perusteella

Olosuhteet ja aikataulut	
Kaupunki:	<input type="text" value="Helsinki-Vantaa"/>
Aloituspäivä (Rakennevalu):	<input type="text" value="Maaliskuu"/> <input type="text" value="5"/>
Työaikainen kastuminen:	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="3"/> pv Kastumisjakso alkaa
	<input type="text" value="30"/> pv Kastumisjakso päättyy
Kuivatusjakso:	<input type="text" value="90"/> pv Kuivatusjakso alkaa
Kuivatusolosuhde:	<input type="text" value="18"/> °C Lämpötila
	<input type="text" value="60"/> % RH
Pintabetonin valu:	<input type="text" value="275"/> pv Tasoitteen asennus
Pintamateriaalin asennus:	<input type="text" value="275+14"/> pv Käyttöjakso alkaa
Laskennan kesto:	<input type="text" value="5*365"/> pv

## 'Laske' (yläpalkki)

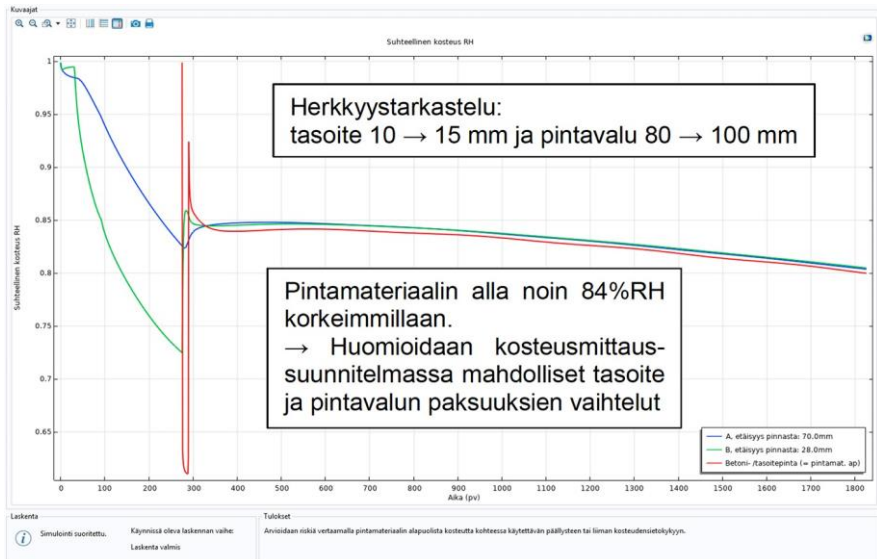
### Tulosten tarkastelu



Riittävän alhainen riskitaso - Herkkyystarkastelu kriittisillä muuttujilla

- kuinka lähelle kriittistä rajaa kosteus nousee pintamateriaalin alapuolella?
- onko olosuhteet ja aikataulu arvioitu riittävän kriittisesti?
- onko mahdolliset poikkeamat rakennepaksuuksissa huomioitu?
- tasoitteen paksuus ja ajoitus?
- päällysteen vesihöyrynläpäisevyys?
- kastumisjakso ja kuivatusjakso, aikataulu?

### Tehdään herkkyystarkastelu 100 mm pintavalulla ja 15 mm tasoitepaksuudella



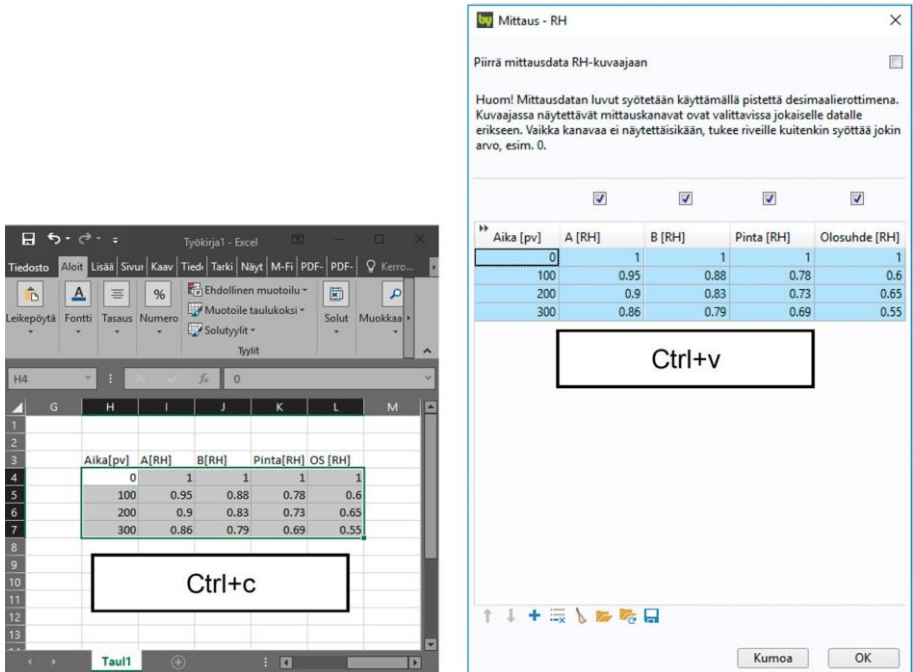
### 4.3 MITTAUSDATAN SYÖTTÄMINEN

Kuivumisaika-arvio voidaan tallentaa laskennan jälkeen nimellä yläpalkin kohdasta 'Tallenna'

Tallennettu tiedosto voidaan avata tiedostosijainnista tuplaklikkaamalla. Tiedostoon voidaan tämän jälkeen lisät työmaamittausten tuloksia.

Tulokset voidaan kirjata ohjelman taulukkoon yksitellen tai kopioida esim. Excel-tiedostosta.

#### Valitse kohdasta työmaamittaukset 'Rakenne'

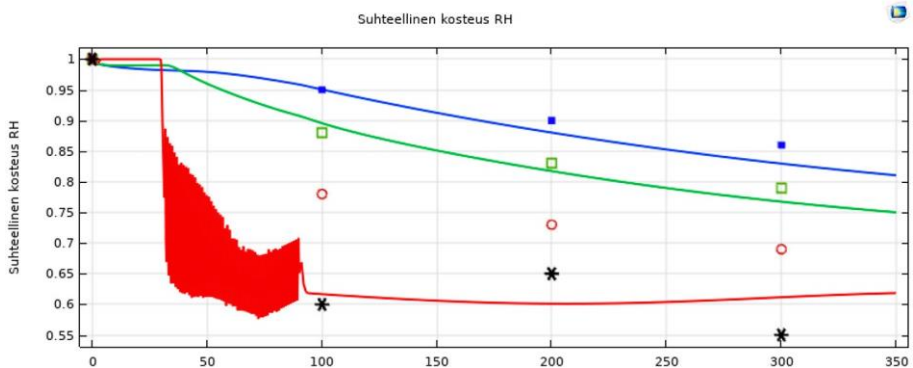


The image shows two windows side-by-side. On the left is an Excel spreadsheet with a table of relative humidity data. A box labeled 'Ctrl+c' is overlaid on the table. On the right is a dialog box titled 'Mittaus - RH' with a table of the same data. A box labeled 'Ctrl+v' is overlaid on the dialog box.

Aika [pv]	A [RH]	B [RH]	Pinta [RH]	Olosuhde [RH]
0	1	1	1	1
100	0.95	0.88	0.78	0.6
200	0.9	0.83	0.73	0.65
300	0.86	0.79	0.69	0.55

#### Valitse 'Piirrä mittausdata RH-kuvaajaan'

Mikäli kuvaajatekstit peittävät näkymän, voi tekstiä poistaa tai siirtää haluamaansa kohtaan.



#### 'Tallenna'

## Valitse kohdasta työmaamittaukset 'Olosuhde'

Aika[pv]	Lämpötila [T]	RH
0	10.2	0.5
1	10.2	0.5
2	10.2	0.5
3	10.2	0.5
7	10.1	0.5
8	10.1	0.5
9	10.1	0.5

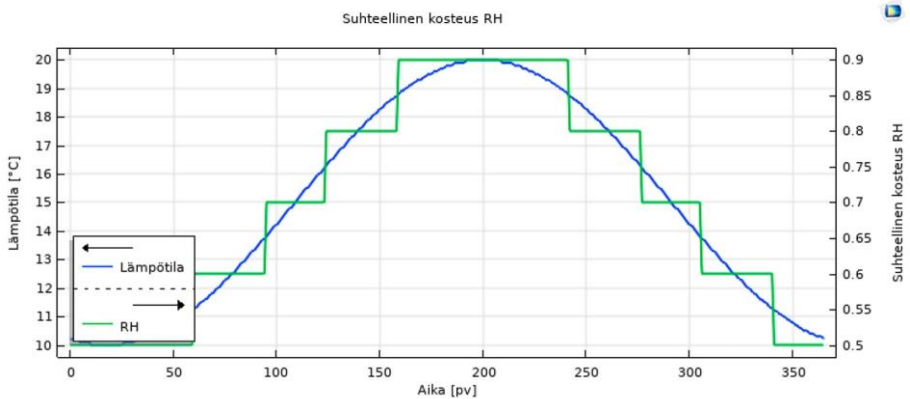
Mittaus - Olosuhde

Piirrä olosuhdedata kuvaajaan

Huom! Mittausdatan luvut syötetään käyttämällä pistettä desimaalierottimena.

Aika [d]	Lämpötila [°C]	RH
347	10.9	0.5
348	10.9	0.5
349	10.8	0.5
350	10.8	0.5
351	10.7	0.5
352	10.7	0.5
356	10.5	0.5
357	10.5	0.5
358	10.4	0.5
359	10.4	0.5
360	10.4	0.5
361	10.3	0.5
362	10.3	0.5
363	10.3	0.5
364	10.3	0.5
365	10.2	0.5

## Valitse 'Piirrä mittausdata RH-kuvaajaan'



## 'Tallenna'

## 4.4 RAPORTOINTI

Ennen tulosten raportointia on suositeltavaa lisätä 'Kommentit'

**by** Tekijä ja kommentit

Tekijä: Ins.työmaa NN

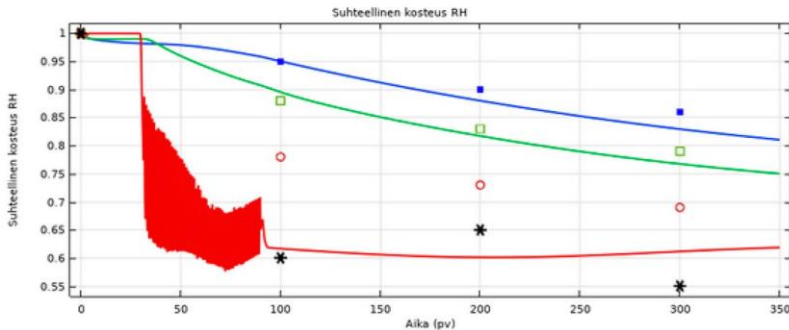
Kommentit: Kohde-esimerkki, Lohko\_BY, Tila 2020, rakennetyyppi AP1. betoni-laatu LA30 (toimittaja Oy Ab), Kosteusmittausraportit tallennettu Mittaus Oy Ab:n pöytäkirjoista 1.5-15.5.2020 (6 kpl), olosuhdeseuranta OS Oy Ab 2.6.2020

Lisää kommentit raporttiin:

### Valitse 'Luo' raportoidaksesi tulokset

Raportti avautuu selaimeen, josta se voidaan tallentaa tai tulostaa.

Analyysi			
Analyytityyppi:	Kuivumisaika-arvio		
Rakenne			
Rakennetyyppi:	Alapohja, ryömintätällinen		
Rakennekerrokset:	Kuurilaatta		
Pintamateriaali:			
Mattoliiman kosteuslisä:			
Tasointe:	Ei tasointta	0.0	mm
Pintavalu:	Ei pintavalu	0.0	mm
Rakennevalu:	Rakennebetoni C25/30 vs 0,70	100.0	mm
Kuurilaatta:	KL120	120.0	mm
Eriste:	EPS 60s	210.0	mm
Olosuhteet ja aikataulut			
Kaupunki:	Helsinki-Vantaa		
Aloituspäivä (Rakennevalu):	5. Maaliskuu		
Työaikainen kastuminen: on	Kastumisjakso alkaa	3	pv
	Kastumisjakso päättyy	30	pv
Kuivatusjakso:	Kuivatusjakso alkaa	90	pv
Kuivatusolosuhde:	Lämpötila	18.0	°C
	RH	60.0	%
Rakennebetonin valu:		0	pv
Pintabetonin valu:			pv
Tasointeen asennus:			pv
Laskenta-aika:		1825	pv
Kriittinen RH:		85.0	%
Laskennan tulokset			
Kriittisen RH:n arvo asetettiin:	350 pv kuluttua simuloinnin alusta		
Seuraavan työvaiheen aloituspäivä:	2. Kesäkuu		



#### LISÄTIETOJA

Kohde-esimerkki, Lohko\_BY, Tila 2020, rakennetyyppi AP1. betoni-laatu LA30 (toimittaja Oy Ab), Kosteusmittausraportit tallennettu Mittaus Oy Ab:n pöytäkirjoista 1.5-15.5.2020 (6 kpl), olosuhdeseuranta OS Oy Ab 2.6.2020

Simulaation suoritti: Ins.työmaa NN

Jun 2, 2020