

Atte Alastalo

# Ontelolaatta-asennuksen kosteudenhallinnan kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

31.03.2015

Tekijä Otsikko	Atte Alastalo Ontelolaatta-asennuksen kosteudenhallinnan kehittäminen
Sivumäärä Aika	32 sivua + 2 liitettä 31.03.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaaja(t)	Harri Ylijoki, Vanhempi Työnjohtaja Mervi Toivonen, Lehtori
<p>Tässä insinööriyössä tarkasteltiin ontelolaattarakenteiden kosteudenhallintaa ja mietittiin ratkaisua haastavaan ontelovesiongelmiaan. Työssä esiteltiin betonin perusominaisuuksia ontelolaattojen valmistusmateriaalina sekä tarkasteltiin kosteuden esiintymistä betonissa. Työmaanäkökulman avulla pyrittiin keksimään ratkaisu kosteudenhallintaan tulevaisuudessa.</p> <p>Tutkimuksessa haastateltiin insinööriyön tilaajan henkilöstöä ja mietittiin vastausten perusteella kosteusongelmiin mahdollisia ratkaisuja. Käytiin läpi kosteudenaiheuttamisen syitä ja niistä seuraavia laatupoikkeamia.</p> <p>Työn tarkoituksena on parantaa rakentamisen kosteudenhallintaa ja kehittää yritykselle työmaakäyttöön apuväline ongelman ratkaisemiseksi. Lopputuloksena laadittiin porraskerroskohtainen ontelokuivaussuunnitelma yhteistyössä ontelolaattatoimittajan kanssa.</p>	
Avainsanat	ontelolaatta, kosteudenhallinta, poraussuunnitelma

Author Title Number of Pages Date	Atte Alastalo Development of Moisture Control in Hollow-Core Slab Installation 32 pages + 2 appendices 31 March 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructor(s)	Harri Ylijoki, Senior Foreman Mervi Toivonen, Senior Lecturer
<p>This thesis studied moisture control of hollow-core slabs. The aim was to find a solution to the challenging water problem in hollow-core slabs. The study introduces some basic properties of concrete, which is used as the production material of hollow-core slabs, and to examine how moisture occurs in concrete. An attempt was made to find a solution to moisture control in future, from the perspective of a construction site.</p> <p>The research was based on interviews with personnel of the commissioner of this thesis and consequently suggests potential solutions to moisture problems. The study also considers factors that cause moisture and the resulting deviations in quality.</p> <p>The purpose of this thesis was improve moisture control in construction and develop an aid to the construction site to solve the problem. The result of the study was a hollow-core drying plan, developed together with the supplier of the hollow-core slabs.</p>	
Keywords	hollow-core slab, moisture control, bore plan

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	SRV Rakennus Oy	1
1.2	Työn tausta ja ajankohtaisuus	1
2	Tavoitteet ja rajaukset	3
3	Tutkimusmenetelmät	4
3.1	Aiheeseen liittyvä kirjallisuus	4
3.2	Yritykseltä saatu aineisto	4
3.3	Työnjohdon kokemukset	4
4	Ontelolaatat	5
4.1	Betonin ominaisuudet	5
4.2	Ontelolaatta osana rakennetta	6
4.3	Erikoislaatat	9
4.3.1	Kylpyhuonelaatta	10
4.3.2	Eristetty alapohjalaatta	11
5	Kosteuden esiintyminen rakenteessa	12
5.1	Betonin kosteus	12
5.2	Kosteuslähteet	12
5.2.1	Ympäristön aiheuttama kosteus	13
5.2.2	Rakenteeseen sitoutunut kosteus	14
5.3	Veden siirtymistavat	14
5.3.1	Painovoimainen siirtyminen	14
5.3.2	Kapillaarinen siirtyminen	14
5.3.3	Siirtyminen diffuusiolla	15
5.3.4	Vesihöyryn ja veden siirtyminen konvektiolla	15
5.4	Betonirakenteen kuivuminen	15
6	Kosteudenhallinta ontelolaatta rakenteissa	17
6.1	Kosteuden esiintymisen syyt	17
6.2	Kosteuden aiheuttamat vauriot	17
7	Haastattelututkimus	20

8	Tutkimustulos	25
8.1	Ongelmien kartoitus	25
8.2	Porraskerroskohtainen ontelokuivaussuunnitelma	26
9	Pohdinta	29
10	Yhteenveto	31
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1. Haastatteluiden kysymykset	
	Liite 2. Porraskerroskohtainen ontelokuivaussuunnitelma	

## Lyhenteet

REI 60	Palonkesto tunnin ajan kantavuuden, tiiveyden ja eristävyys- den osalta.
RH %	Huokosen ilmatilan suhteellinen kosteus prosentteina.
SFS-EN	Standardijärjestelmä, voimassa Suomessa ja Euroopassa.

# 1 Johdanto

## 1.1 SRV Rakennus Oy

SRV on Suomen johtava projektinjohtourakoitsija, joka kehittää liike- ja toimitiloja, asuntoja sekä infrarakentamis- ja logistiikkakohteita. Yhtiö toimii Suomen lisäksi Venäjällä ja Baltian maissa. SRV:n kotimainen liiketoiminta on kehittää ja rakentaa asiakkaille asuntoja, liike- ja toimistotiloja, logistiikkakeskuksia ja hotelleja, kalliotiloja sekä muita vaativia erityistiloja. Hankkeet ovat joko oman hankekehityksen omaperusteisia hankkeita tai projektinjohtourakoinnilla toteutettavia urakoita.[1.]

SRV-konsernin liikevaihto oli 679,4 miljoonaa euroa vuonna 2013. Liikevaihdon osuus Suomessa oli noin 85 prosenttia ja kansainvälisen liiketoiminnan osuus oli noin 15 prosenttia. SRV työllistää noin tuhat henkilöä, joista lähes kaikki ovat toimihenkilöitä.[1.]

## 1.2 Työn tausta ja ajankohtaisuus

Työn taustalla on visio laadullisesti vieläkin paremmasta työntuloksesta. Se voidaan saavuttaa parantamalla yrityksen ontelolaattarakentamisen kosteudenhallintajärjestelmää sekä yhtenäistämällä yrityksen sisäisiä kosteudenhallinnan menettelytapoja. Ajatus opinnäytetyön aiheeseen syntyi yrityksen työnjohtajien välillä käydyissä keskustelussa koskien ontelolaattojen yhteydessä esiintyviä ongelmia.

Insinööriyön alussa tarkastellaan betonin ominaisuuksia sekä kosteuden esiintymistä. Näiden pohjalta saadaan käsitys siitä, kuinka haastava elementti vesi on rakennustuotannossa ja erityisesti ontelolaattarakenteissa.

Ontelolaattojen sisään jäävä kosteus aiheuttaa sekä työmaan aikana että valmiin rakennuksen takuuajana ylimääräisiä kustannuksia. Rakennusalan lehdet ja iltapäivälehdet ovat viime vuosina uutisoineet kosteusvaurioista valmiissa rakennuksissa. Valtaosa vaurioista on johtunut juuri ontelolaattoihin rakennusvaiheessa jääneestä kosteudesta. Kosteuden aiheuttamat vauriot ilmenevät esteettisten haittojen lisäksi pahimmillaan homeongelmina ja aiheuttavat pitkällä aikavälillä haitallisia terveysvaikutuksia rakennuksen käyttäjille. Onteloissa oleva vesi voi varastoitua sinne useiksikin vuo-

siksi ja näkyä vähitellen rakennuksen luovutuksen jälkeen valmiiksi tasoitetulla ja maalatulla pinnalla.

Keskustelua on käyty liian kireiden aikataulujen ympärillä, sekä urakoitsijoiden huolimattomuuden ja liian pieneksi pilkottujen urakoiden välillä. Kosteusongelmien esiintyminen on rakennusalalla yleistä, mutta niiden hallitseminen parantaa yrityksen kilpailukykyä kiristyvillä markkinoilla. SRV panostaa rakentamisen laadun kehittämiseen myös tässä suhteessa.

Kosteusongelmien ratkaisuna voisi olla onteloihin pääsevän veden estäminen, poraus-työn suunnittelu ja oikea-aikainen reagointi kuivatuksen aloitukselle. Kontrolloitu selkeä ohjeistus työmaalla vähentäisi kosteusongelmia, sillä menetelmät kosteuden poistamiseen ja siltä suojautumiseen eivät ole vaikeita. Vesireikien poraaminen onteloihin ja onteloiden kuivattaminen esimerkiksi puhaltimella sekä onteloiden varastoinnin suojaus ovat yleisimpiä menetelmiä. Järjestelmällinen vesireikien poraus ja kokonaisuuden hallinta haastavaan aikatauluun sovitettuna vaatii kuitenkin asiaan paneutumista elementtiasentamisesta vastaavalta työnjohtajalta.

## 2 Tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen tavoitteena on yhtenäistää yrityksen runkorakentamisen kosteudenhallinnan käytäntöä ja tuottaa työmaan käyttöön kosteudenhallinnan tehtävälista tai kosteudenhallintadokumentti ontelolaattarakenteen osalta. Tämä vähentäisi mahdollisesti tulevaisuudessa ontelolaattarakentamisessa esiintyviä kosteusvaurioita, kun oikeisiin toimenpiteisiin osattaisiin ryhtyä ajoissa ja kosteudelta suojautuminen olisi järjestelmällistä. Työssä ei käydä läpi kuivatus- ja suojausvälineistöä, vaan syvennyttään selvittämään, kuinka ehkäistä kosteusvauriot.

Tutkimus suoritetaan keskittyen vain ontelolaattarakenteisiin ja niiden asennuksen aikaan ja jälkeiseen kosteudenhallintaan, sekä yleisellä tasolla kosteuden esiintymiseen betonirakenteessa. Halutun lopputuloksen saavuttamiseksi projektia lähdetään tutkimaan työmaan näkökulmasta. Tutkimuksen aikana tutustutaan ontelolaattojen valmistukseen tehtaalla ja ontelolaattojen asennukseen ohjeistuksien perusteella.

### 3 Tutkimusmenetelmät

#### 3.1 Aiheeseen liittyvä kirjallisuus

Rakennusalan kirjallisuutta löytyy runsaasti, osa on jopa useita kymmeniä vuosia vanhoja. Perusasiat, esimerkiksi kosteuden siirtymismuodot, eivät ole muuttuneet vuosien kuluessa. Kirjallisuuden perusteella viime vuosina on alettu kiinnittää huomiota kosteudenhallinnan kokonaisuuteen rakennustuotannossa. Artikkeleita ja tutkimuksia kosteudenhallinnasta on myös verkkotiedostoina lukuisia, erityisesti ontelolaattoihin keskittyneitä tutkimuksiakin löytyi muutamia. Ontelovesien löytämiseen on myös alettu kehittää erilaisia mittausmenetelmiä, jolloin vesi voidaan havaita ontelosta ainetta rikkomatta. Tämä säästäisi kustannuksia esimerkiksi takuuvaiheen korjaustöissä.

#### 3.2 Yritykseltä saatu aineisto

Yritykseltä saatu aineisto koostui valokuvista ja viimekäden tiedoista betonirunkorakentamisessa. Myös vierailu SRV:n sopimuskumppanin ontelolaattatehtaalle tarjosi kuvamateriaalien lisäksi huomionarvoisia asioita kehitettäessä ontelolaattojen kosteudenhallintaa.

#### 3.3 Työnjohdon kokemukset

Yhtenä tutkimusmenetelmänä oli yrityksen oman henkilöstön haastattelu ja toimintamallien kartoitus ontelolaatta-asennuksessa. Haastattelut antavat kokemusperäistä taustatietoa ja mahdollisia kehitysehdotuksia. Kysymykset ja vastaukset on koottu lukuun 7 ja rakennusalan ammattilaisille esitetyt kysymykset löytyvät myös koottuna liiteosiosta. Haastatteluun pyydettiin henkilöitä, joilla on pitkä kokemus rakennusalalla ja siten myös eniten annettavaa opinnäytetyön lopputulosta silmällä pitäen. Haastattelut suoritettiin kasvotusten aina kunkin haastateltavan silloisella käynnissä olevalla työmaalla.

## 4 Ontelolaatat

### 4.1 Betonin ominaisuudet

Ontelolaatat valmistetaan betonista. Rakennusmateriaalina betonin suosio perustuu sen edulliseen hintaan, lujuuteen ja jäykkyyteen, kosteuden kestoon, muokattavuuteen sekä turvallisuuteen. Betonia käytetään, jos halutaan rakentaa suuria, stabiileja ja turvallisia rakenteita maan päällä tai vedessä.

Kosteuden kesto sekä tiiviys tekevät betonista myös yleisen materiaalin muuallakin kuin asunto- tai toimitilatutuotannon välipohjissa. Esimerkiksi vedenottamot, vesijohdot, viemärit, altaat ja padot rakennetaan betonista.[3.]

Lujuus ja jäykkyys ovat betonin valttikortit. Lujuusluokka ilmoitetaan C-merkinnällä (esimerkiksi C25/30), mistä käy ilmi betonin kestettävä puristuslujuus megajouleina. Lujuus puristustilanteessa on korkea ja sitä voidaan säädellä veden ja sementin suhteelliseen osuuteen vaikuttamalla. Suurempi lujuus saavutetaan käyttämällä suhteessa enemmän sementtiä kuin vettä. Saavutettua lujuutta päästään hyödyntämään juuri rakennuksien rungoissa sekä silloissa. Hyvä ääneneristävyys johtuu betonin jäykkyydestä ja lujuudesta, betoni ei värähtele ja näin ollen se ei kuljeta ääntä esimerkiksi huoneistosta toiseen. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi valettaessa teollisuuslattiaita ja raskaiden värähtelevien koneiden alustoja.[3.]

Turvallisuudesta puhuttaessa nousevat esiin palotekniset ominaisuudet. Huomionarvoista on, että betonin osastoidessa huoneiston palolta täytyy kuitenkin kiinnittää huomioita läpivienteihin sekä niiden eristämiseen. Betoni toimii rakennuksissa myös rakenteiden paloteknisenä suojauksena. Laattojen palonkesto on yleensä ilman erillisiä toimenpiteitä REI60, mutta ne voidaan suunnitella myös kestävämpiäkin aikoja.[3.]

Betonista ei myöskään irtoa terveydelle vaarallisia aineita, joten sitä voidaan käyttää esimerkiksi kaivonrenkaina otettaessa talteen pohjavettä maaperästä [3].

Muokattavuudeltaan betoni on myös erinomaista, valettu kappale ottaa muottinsa muodot ja siitä saadaan myös esteettisesti kauniita rakennelmia. Betonin harmaaseen

väriin voidaan myös vaikuttaa lisäämällä väripigmenttiä, jolla saadaan aikaan arkkitehtonisesti erilaisia ratkaisuja. Jo kovettunutta betonia voidaan vielä muokata ja viimeisteillä hiomalla, hiekkapuhaltamalla tai happokäsittelyllä. Näitä käytetään esiin jäävissä rakenteissa, kuten vaikkapa julkisivuissa.[3.]

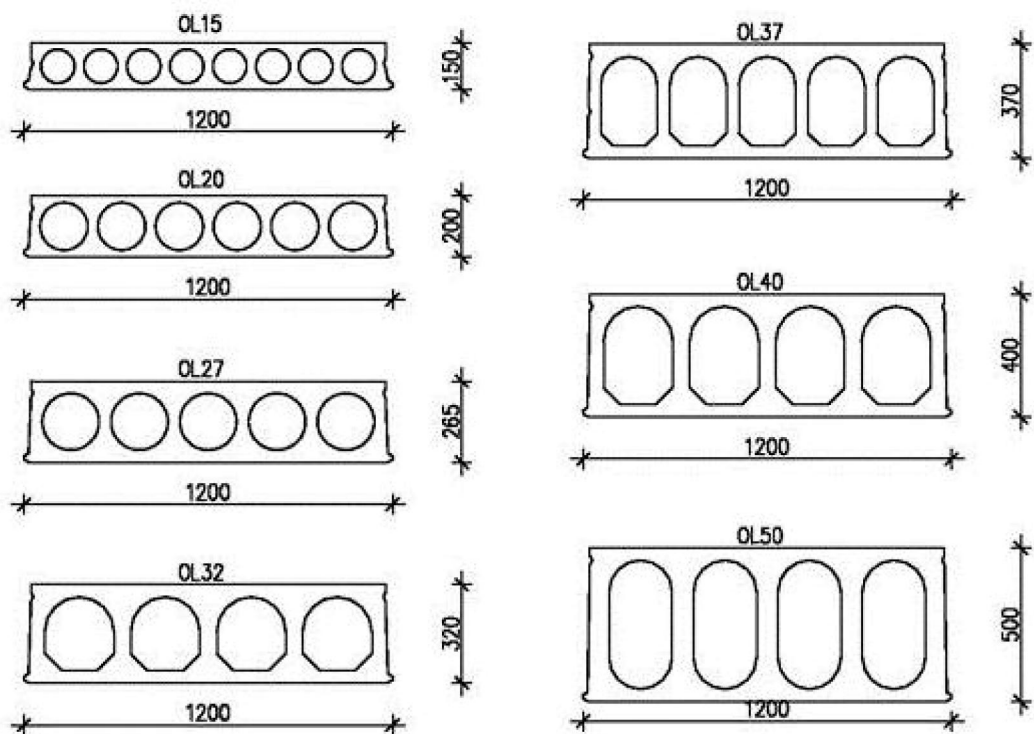
#### 4.2 Ontelolaatta osana rakennetta

Ontelolaatta on betonista tehtaalla valettu elementtilaattatyyppi, joka rakennuksen perustusten tai palkkien varaan nostettuna muodostaa ontelolaattakentän ja tulevan rakennuksen ala-, väli- tai yläpohjan riippuen suunnittelijan rakenneratkaisuista. Ontelolaattoja käytetään asuin-, liike- ja teollisuusrakennuksissa. Ontelolaatoilla on oma tuotestandardi SFS-EN 1168.[3.]



Kuva 1: Ontelolaatat on liukuvalettu ja muovit asetettu päälle jälkihoidoksi halkeilun estämiseksi.

Laattaelementit ovat tehtaalla esijännitettyjä ja näin ollen keskeltä muutamia millimetrejä kuperia. Nimi ontelo tulee laatalle yksinkertaisesti siitä, että laattoja on kevennetty pituussuunnassa kulkevilla onteloilla. Laattojen valmistukseen käytetään pääsääntöisesti C40-C70 lujuuden omaavaa betonia. Laattojen valu tapahtuu käytännössä liukuvaluna pitkien teräksisten valupetien päälle (kuva 1). Normaaliin tapaan betonin valussa käytettäviä muotteja ei tarvita, koska massa on jäykkää ja se pystyy säilyttämään valukoneen tiivistämän muodon. Kuvassa 2 on esitetty ontelolaattojen perustyyppit ja mitat. Ontelolaatan vakioleveys on 1200 mm, korkeus vaihtelee 150 mm ja 500 mm välillä riippuen kuinka pitkä jänneväli laatoille tarvitaan tai onko mahdollisesti muita rakenteelle asetettuja vaatimuksia.[3.]



Kuva 2: Ontelolaattojen perustyyppit ja mitat.[3.]

Laattatyypit valitaan kantavuuden perusteella, mutta asuinrakennustuotannossa kiinnitetään erityisesti huomiota ääneneristävyyteen.

- O15 laattatyypin käyttö on harvinaista, mutta se soveltuu käytettäväksi pientalojen ala-, väli- ja yläpohjissa. Keveyden ansiosta sitä voidaan myös käyttää pienten hallimaisten rakennusten yläpohjissa.
- O20 laattatyypin on yleisin pientaloissa käytettävä laattatyypin. Pientalojen ala-, väli- ja yläpohjien lisäksi se soveltuu myös käytettäväksi kylpyhuonelaatan tilalla sekä teollisuushallien vesikattorakenteena.
- O27 laattatyypin on myös yleisesti käytössä, erityisesti rivitalojen ja asuinkerrostalojen yläpohjissa. Laattatyypin voidaan käyttää myös rivitalojen välipohjissa. Asuinkerrostalojen välipohjiin se soveltuu ainoastaan, jos äänieristystä parannetaan vähintään 50 mm paksulla kelluvalla pintabetonilaatalla ja askeläänieristysmatolla pintamateriaalin alla.
- O32 laattatyypin on kehitetty liike- ja toimistorakennuksia varten. Se on yleisin laattatyypin toimistorakennuksissa. Asuinkerrostaloon laatta käy myös lisäääneneristysten kanssa.
- O37 laattatyypin käytetään yleisimmin asuinrakennusten ala- ja välipohjissa. Ääneneristysvaatimukset täyttyvät jo normaalilla välipohjarakenteella, johon kuuluu tasoite, lattiapinnan joustava alusmateriaali ja lattiapinnoite.
- O40 laattatyypin käytetään pitkiä jännevälejä vaativien toimisto- ja liikerakennusten ala- ja välipohjissa. Kantavuutensa ansiosta se soveltuu myös teollisuus- ja varastorakennusten ala- ja välipohjiin.
- O50 laattatyypin on suurin elementtilaattatyypin ja sitä käytetään raskaasti kuormitettujen liike-, teollisuus- ja varastointirakennusten ala- ja välipohjissa. Sitä voidaan käyttää myös pitkän maksimijännemitan ansiosta pysäköintialoissa, pihakansissa ja silloissa.[3.]

### 4.3 Erikoislaatat

Erikoislaattojen lisäksi ontelolaattoja voidaan tehdä kavennettuina, monimuotoisten rakennusten pohjaratkaisuja ei voida välttämättä suunnitella ehjinä kenttinä. Laatat sahataan jo tehtaalla valmiiksi, mutta on huomioitava, että kavennettuun laattaan tulee jäädä kaksi ehjää kannasta. Vaihtoehtoisesti kavennetun laatan alue voidaan suunnitella paikallavaluna. Kuivuneet valmiit laatat odottavat kuljetusta varastoalueelle (kuva 3).

Ontelolaatoilla voidaan toteuttaa ulokkeita. Ulokkeet mahdollistavat parvekkeiden tai erkkerien toteutuksen. Lyhyen ulokkeen voi toteuttaa työmaalla normaalista ontelolaatasta lisäämällä yläpinnan raudoitusta saumoissa ja/tai pintabetonissa. Pitemmissä ulokkeissa joudutaan käyttämään yläpunoslaattaa, joka tehdään tehtaalla tarvittavien yläpinnan punosten lisäämisellä kantavuuden saavuttamiseksi.[8.]



3: Valmiit ontelolaatat kuljetetaan varastoalueelle kiskoja pitkin.

#### 4.3.1 Kylpyhuonelaatta

Asuntotuotannossa kylpyhuoneiden ja märkätilojen kohdalle on suunniteltava tavallisen ontelolaatan sijaan kylpyhuonelaatta eli kololaatta (kuva 4). Märkätilasyvennykset tehdään jo tehtaalla valmiiksi tamppaamalla tuore ontelolaatta kasaan. Kololaatta mahdollistaa talotekniikan asennuksen kuten viemäröinnin kaatojen tekemisen lattiakaivolle ja muille viemäröinneille. Syvennys voidaan tehdä joko laatan reunaan tai koko laatan alalle, riippuen siitä miten huonejako on suunniteltu suhteessa laattoihin. Talotekniikan vaativa asennustila voidaan myös vaihtoehtoisesti toteuttaa matalammalla ontelolaatala. Kylpyhuonelaattoja valmistetaan 265 mm, 320 mm ja 370 mm korkeista ontelolaatoista.[8.]



Kuva 4: Ontelolaattaelementti, jonka toinen puoli on syvennetty.

#### 4.3.2 Eristetty alapohjalaatta

Alapohjiin tuleva eristys voidaan kiinnittää jo tehtaalla valmiiksi. Eristettyjä alapohjalaattoja (kuva 5) voidaan valmistaa kaikista ontelolaattojen perustyypeistä. Lämmöneristysvaatimus energiatehokkuuden kannalta alapohjassa on  $U=0,17$  ja lisäksi kiinnitettävän EPS levyn tulee olla myös sammuvaa S-laatuista eristettä rakennuksen paloturvallisuutta silmällä pitäen.[8.]



**Kuva 5: Eristetyn laatan EPS-levy liimataan polyuretaanilla. Talviaikaan suojataan muovilla, muuten laatat tarttuisivat toisiinsa varastoinnin aikana ja eriste hajoaisi.**

## 5 Kosteuden esiintyminen rakenteessa

### 5.1 Betonin kosteus

Elementtitehtaalta toimitettu kovettunut betoniontelolaatta sisältää aina jonkin verran kosteutta. Kosteus on peräisin valmistukseen käytetystä vedestä, mutta myös mahdollisesti varastoinnin ja asennuksen aikaisen kastumisen seurauksena. Betonin huokoisuuden takia se on erityisesti altis ympäröivälle kosteudelle.[4.]

Ontelolaattaelementin valmistusprosessin yhteydessä betoniin sitoutuu vettä kemiallisesti sekä fysikaalisesti. Kemiallisesti sitoutuminen tapahtuu hydrataatiossa betonin kovettuessa, kun sementti reagoi osan valmistuksessa käytetyn veden kanssa. Kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on kuitenkin vain noin 20 painoprosenttia sementin massasta. Muu veden osuus sitoutuu betonin huokosrakenteeseen fysikaalisesti. Fysikaalisesti sitoutunut vesi pyrkii haihtumaan betonista sen kovettuessa, mikäli sen ympäröivän ilman suhteen se on mahdollista.[4.]

Betonin suhteellista kosteutta (RH %) mitataan betonin kosteusmäärän selvittämiseksi ennen pintamateriaalin asennusta, jotta vältetään betonin luovuttaman kosteuden aiheuttamilta mahdollisilta homevaurioilta. Suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betonin huokosten ilmatilan suhteellista kosteutta.[4.]

### 5.2 Kosteuslähteet

Kosteuskäsitteen sekä rakennusfysiikan perusteiden hallinta on työmaalla tärkeässä roolissa, kun halutaan välttyä kosteudelta ja sen aiheuttamilta vaurioilta rakenteessa. Kosteuslähteet voidaan periaatteessa jakaa kahteen osaan; ympäristön aiheuttama kosteus sekä rakenteeseen sitoutunut kosteus.[6.]

### 5.2.1 Ympäristön aiheuttama kosteus

Sää luo rakentamiseen oman vaikeusasteensa, vesisateen esiintymisen todennäköisyys etenkin tiettyinä vuodenaikoina on suuri ja aiheuttaa näin ollen sekä ontelolaatta-elementtien varastonnin kuin myös asennuksen aikana ongelmia. Sateen tulo lumena ja jään esiintyminen on myös ongelmallista, koska ulkona varastoitujen elementtien sisälle saattaa helposti jäädä lunta ja jäätä (kuva 6). Myös asennuksen aikana onteloihin kertynyt jää alkaa sulaa vasta rakennusta lämmitettäessä. Vesimassat siirtyvät jännitetyissä ontelolaatoissa painovoiman vaikutuksesta kohti kantavia rakenteita ja tehtaalla porattuja tyhjennysreikiä, mikäli se on vain laatan sisältämän ontelon pinnan epätasaisuuksien puitteissa mahdollista. Ongelmia aiheuttavat myös ontelolaattojen yläpinnassa olevat reiät ja varaukset, joista vesi pääsee ontelolaatan sisään. Sadevesi valuu onteloihin myös ulko- ja väliseiniä saumojen kautta.[5.]



**Kuva 6: Elementit saattavat odottaa useitakin kuukausia taivasalla ennen työmaalle toimitusta. Tehtaan varastoalue on useita hehtaareja, joten sen kattaminen toisi suhteettomat kustannukset.**

### 5.2.2 Rakenteeseen sitoutunut kosteus

Ympäröivän ilman pitää pystyä vastaanottamaan betonin luovuttamaa kosteutta, joten ilman suhteellinen kosteus on pidettävä alhaisena kuivumisprosessin aikana.

Erityisen hidasta rakenteen kuivuminen on, jos ontelolaattaelementit pääsevät kastumaan läpikotaisin runkovaiheen loppupuolella, kun ikkunat ja seinäelementit ovat paikallaan ja ilman vaihtuvuus on huono. Betoni imee itseensä kosteutta sekä hydroksooppisesti (vesihöyry) että kapillaarisesti (vesi), kunnes se saavuttaa tasapainon ympäröivien olosuhteiden kanssa. Kylläisen betonirakenteen kuivuminen voi kestää pahimmillaan useitakin kuukausia.

## 5.3 Veden siirtymistavat

### 5.3.1 Painovoimainen siirtyminen

Painovoiman vaikutuksesta vesi kulkee alaspäin. Vinoa sivuttaista siirtymistä voi olla, mutta pääasiassa liike on alaspäin. Tästä johtuen onteloissa oleva vesi voi siirtyä pitkiäkin matkoja ja oletettua vuotokohtaa onteloon on vaikea paikallistaa. Veden imeytyessä materiaalissa ylöspäin painovoimalla on harvoin merkitystä, koska kapillaarivoimat materiaalin huokosissa ovat suurempia kuin painovoima. Suurin osa rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta perustuu kuitenkin painovoimaiseen siirtymiseen, esimerkiksi viemäröinnit, salaojitukset sekä lattia- ja vesikaton kaadot.[6.]

### 5.3.2 Kapillaarinen siirtyminen

Kapillaarinen veden siirtyminen aiheutuu veden pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen takia materiaalin ollessa kosketuksessa veteen. Huokosalipaine vaikuttaa kaikkiin suuntiin eikä vain yhteen kuten painovoima. Kosteustasapaino saavutetaan kun kosteus on noussut sille korkeudelle, jossa huokosalipaine ja maan vetovoima ovat tasapainossa. Kapillaarinen kyky siirtää kosteutta vaihtelee eri materiaalien välillä. Esimerkiksi tiilellä kapillaarinen vedentunkeutumiskerroin on noin 10 kertaa suurempi kuin vesisementtisuhteeltaan 0,3 olevalla betonilla.[6.]

### 5.3.3 Siirtyminen diffuusiolla

Vesihöyry siirtyy diffuusiolla suuremmasta vesihöyrynpitoisuudesta pienempään. Diffuusiiovirtaus voimistuu, jos vesihöyrynpitoisuusero on suurempi rakenteen eri puolilla. Vesihöyryn siirtymiseen vaikuttaa materiaaliikohtainen ominaisuus nimeltä vesihöyrynläpäisevyys. Esimerkiksi 0,2 mm paksuisen höyrynsulkumuovin vesihöyrynläpäisevyys on vain kymmenesosa suhteessa 100 mm paksun betonin vesihöyrynläpäisevyyteen. Yleisesti diffuusion suunta on sisäilman suuremmasta kosteuspitoisuudesta johtuen ulospäin. Rakennusta lämmitettäessä täytyy huomioida, että lämpötilaerot eivät vaikuta diffuusion suuntaan. Kosteuden tiivistyminen rakenteeseen on juuri silloin mahdollista, jos vesihöyryä pääsee rakenteeseen enemmän kuin siitä poistuu.[6.]

### 5.3.4 Vesihöyryn ja veden siirtyminen konvektiolla

Vesihöyryä siirtyy rakennukseen myös ilmavirtauksien mukana. Vesihöyry tiivistyy ilman epäpuhtaushiukkasten ympärille ja muodostaa vesipisaroita. Erityisesti kylmänä vuodenaikana kosteaa sisäilmaa virtaa rakenteisiin ja ilman sisältämä kosteus alkaa tiivistyä. Rakennuksen paineistuksen osalta kosteuden tiivistyminen on mahdollista yläpohjassa, sillä rakennuksen yläosa on ylipaineinen.[6.]

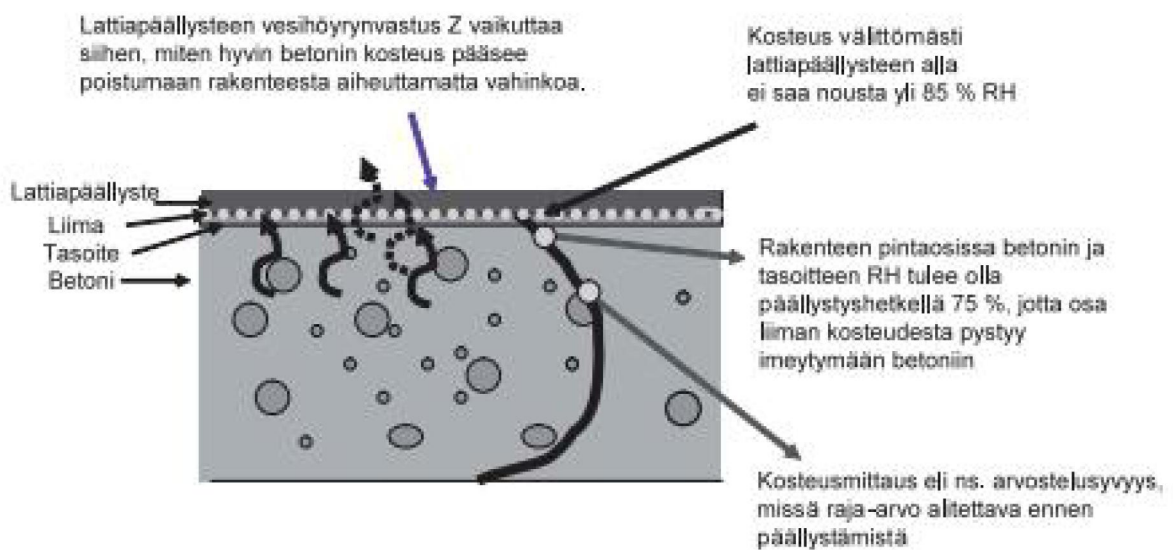
## 5.4 Betonirakenteen kuivuminen

Ontelolaattojen kastuminen ja onteloihin kerääntyneen veden kuivuminen diffuusion kautta on hidas prosessi, jos tehokasta kuivatusta ei päästä tai huomata järjestää ajoissa ennen pintamateriaalien asennusten aloitusta. Tasoite- ja pintabetonitöiden jälkeen on alettava suunnittelemaan lopullisen pintamateriaalin asennusajankohtaa. Pintamateriaaleilla on tietty kriittinen kosteusarvo, joka ilmoitetaan suhteellisena kosteutena. Betonirakenteen mittaus ja arvojen dokumentointi on tärkeä osa yrityksen kosteudenhallintajärjestelmää. Betonin kuivumisaste mitataan suhteellisen kosteuden perusteella (RH). Suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betonin huokosen ilmatilan suhteellista kosteutta.[6.]

Betonin suhteellisen kosteuden mittaamiseen on useita menetelmiä, mutta nykyisten mittasyvyys-suositusten takia käytetään yleisimmin porareikämenetelmää. Kosteuden mittaajalta edellytetään ammattitaitoa ja erillistä kosteusmittauksen sertifikaattia. Pora-

reiästä saadun suhteellisen kosteuden perusteella voidaan aloittaa pintamateriaalin asennus, jos vaadittu arvo alitetaan. Esimerkiksi muovimaton alle syntyy kosteusvauvoja, jos suositusten mukaisia arvoja ei noudateta ja hengittämätön pintamateriaali laitetaan betonin pinnan päälle ja kuivuminen ylöspäin estyy.[6.]

Onteloiden sisällä olevaa ilmankosteutta havaitsevia antureita on myös olemassa. Anturi työnnetään onteloon saakka porattuun reikään ja ilman kosteusprosentti saadaan mitattua lyhyen ajan sisällä. Saadusta arvosta voidaan päätellä suurella todennäköisyydellä onko ontelossa vettä.[2.]



**Kuva 7: Pintamateriaaleilla on yksilölliset kosteusraja-arvot, jotka on alitettava ennen päällystämistä[4].**

Kuvassa 7 esitetyssä rakenteessa ei ole ontelolaattaa, mutta ontelolaatan ja päälle valetun pintabetonin tulee kuitenkin kuivua samaan tapaan, ennen pintamateriaalin asennusta.

## 6 Kosteudenhallinta ontelolaatta rakenteissa

### 6.1 Kosteuden esiintymisen syyt

Ontelolaatat joutuvat säälle alttiiksi rakentamisvaiheessa. Sade- ja sulamisvesi pääsee onteloihin saumauskohdista, varauksista, rengasterästen ankkuroinneista erilaisista tartunnoista. Kun laattojen ontelot rikkoutuvat ja valettu betoni katkaisee ontelon, vesi jää pussiin. Seuraavana on lueteltu riskikohdat, joihin lisäporauksia ehdottomasti tarvitaan.

- Kantavien ruutuelementtien kiinnityskohdat
- Parvekesaranoiden kiinnityskohdat
- Kololaattojen kiinnityskohdat
- Ontelolaattojen nostolenkkien kiinnityskohdat
- Ei-kantavien ruutuelementtien kiinnityskohdat
- Varauksien rikkomien onteloiden vierustat
- Tehtaan tekemien päätyreikien avaus.

### 6.2 Kosteuden aiheuttamat vauriot

Vauriot syntyvät joko välittömästi veden aiheuttamasta kosteudesta tasoitettuun ja maalattuun pintaan tai pitkän ajan kuluessa rakenteen sisällä. Työmaaolosuhteissa ennakoimatta jätetty onteloiden kuivumisen tarve ja täten liian aikaisin aloitettu sisävalmisteluvaihe saattavat suurella todennäköisyydellä aiheuttaa kuluja materiaalien uusimisena tai kohteen luovutuksen myöhästymisenä. Luovutuksen jälkeen esiintyvistä vaurioista syntyneiden kulujen muodostuminen moninkertaistuu. Silloin tilaajan vuokraamat tilat jäävät ainakin osittain korjausten ajaksi käyttökelvottomiksi ja väistötilat täytyy järjestää.

Reikien poraamatta jättäminen ja onteloiden kuivattamatta jättäminen voivat aiheuttaa ongelmia joko rakennusaikana tai sen jälkeen. Onteloihin voi jäädä useita kymmeniä litroja vettä. Vähitellen betonin läpäisevä kosteus tekee vaurioita näkyvään pintaan. Ulkonäöllisten haittojen lisäksi pitkään vaikuttava kosteus voi aiheuttaa homevaurioita. Pitkään homeelle altistuneelle ihmiselle siitä voi seurata vakavia terveyshaittoja kuten esimerkiksi ärsytysoireita, tulehduksia ja allergioita[12].

Kosteus esiintyy katossa ontelolaattojen pohjassa tyypillisesti ruskeana läikkänä (kuva 8), josta voidaan päätellä kosteutta olevan huomattavan paljon. Tällöin kohta on porattava auki ja kuivatus on aloitettava viipymättä.



**Kuva 8: Katossa ilmennyt vettä ja onteloon on tehty reikiä veden poistamiseksi[13].**

Havaitun kohdan kuivattaminen suoritetaan koneellisesti, etenkin jos aikataulu on tiukka ja ollaan jo pitkällä sisävalmisteluvaiheella. Kuvan 9 tapauksessa onteloissa ollut vesi on tullut ilmi vasta kun asukas on jo muuttanut huoneistoon. Onteloiden tyhjennys ja kuivatus tuottavat tällöin päänvaivaa sekä takuusta vastaavalle urakoitsijalle sekä

myös asunnon omistajalle ja mahdolliselle vuokralaiselle. Asuinrakennuksessa kuivaus- sekä pintojen uudelleenpinnoitustyöstä aiheutuu asukkaalle merkittävää asumisen haittaa. Ympäröivien kalusteiden ja muun omaisuuden suojaaminen aiheuttaa myös kustannuksia.



Kuva 9: Kuivatus on käynnissä valmiissa asutussa huoneistossa[14].

## 7 Haastattelututkimus

Haastattelut suoritettiin kasvotusten kunkin vastaavan työnjohtajan silloisella työmaalla. Kysymykset oli mietitty siten, että saataisiin selvitettyä kosteusongelmien syntyminen syitä ja myös hieman taustatietoa minkälainen on tämänhetkinen käytäntö työmailla. Onko eroavaisuuksia ja miten toimintatapoja saataisiin yhtenäistettyä. Kysymyksiä esitettiin yhteensä 14 kappaletta ja haastattelut kestivät keskimäärin noin tunnin.

Kysymykset ja niihin saadut vastaukset on esitetty alempana.

1. Mitä työmaasi kosteudenhallintasuunnitelmassa on mainittu ala-, väli- ja yläpohjien osalta? Onko ontelolaatoista erikseen mitään huomiota?
  - Porareikämittaukset, maininta että poraus on ulotettava ontelolaattaan saakka.
  - On mainittu, että välipohjana käytetään ontelolaattoja ja vedenpoisto onteloista täytyy suorittaa.
  - Ei ollut huomioitu ontelolaattoja.
  - Voit lukea suunnitelman läpi tämän jälkeen.
  - Löytyy ainakin mainintoja kosteusmittauksista, onteloita ei ole erikseen huomioitu.
2. Onko olemassa niin sanottua poraussuunnitelmaa? Tai omaa suunnitelmaa/tehtävälistaa ontelolaatta-asennuksen valmistelulle, itse asennukselle ja asennuksen jälkeisille töille?
  - Elementtitoimittajan oma ohjeistus on yleensä käytössä.
  - Ei ole tässä kohteessa ainakaan. No ei nyt varsinaisesti ole omaakaan suunnitelmaa.
  - Ei ole poraussuunnitelmaa. Täytyy huolehtia, että reunavalujen ympärille tehdään ylimääräiset vesireiät.
  - Ei ole, ontelolaattatoimittajan poraaja käy tekemässä uudet tehtaant reiät tai avaa ne.
  - Ei ole. Katsotaan kohdat jossa vettä on suurella todennäköisyydelle ja porautetaan ne.
3. Missä vaiheessa ontelolaatat ovat alttiimpia kosteudelle (varastointi tehtaalla, asennus)?
  - Varastointi ulkona, laatat voivat joutua seisomaan muutamiakin kuukausia sään armoilla. Asennusaikana runkovaihe mennään viikko per kerros. Varuskolot ja saumat eivät pidä vettä.

- Asennus tehdään suoraan autosta, asennuksen jälkeen laatat ovat alttiimpia kosteudelle.
  - Laattoja ei varastoida juurikaan työmaalla, asennuksen aikana sadevesi.
  - Varastoinnissa jää varmasti kosteutta, suurin osa vedestä tulee asennuksen aikana sadevedestä.
  - Asennuksen aikana, tässä kohteessa aloitus ajoittui vielä alku syksyyn.
4. Kuinka usein olet huomannut, että elementtitehtaan teettämät vesireiät on täytynyt avata uudelleen tai ne ovat puuttuneet kokonaan vai käydäänkö kaikki automaattisesti avaamassa uudelleen?
- Automaattisesti käydään reiät avaamassa. Ne tehdään niin pienellä terällä, että ovat usein tukossa jo työmaalle tuotaessa.
  - Reiät puuttuvat usein, laattatoimittajan poraaja tulee tilauksesta avaamaan.
  - Aina puuttuu joitakin reikärivejä, ontelotehtaalta oma porari tekemään reiät uudestaan.
  - Ei välttämättä puutu, mutta jotkin tehtaan reiät ei ole porattu tarpeeksi syväälle.
  - Reiät avataan aina auki vähän isommalla kuin tehtaan tekemät reiät.
5. Oletko miettinyt tehtaan omien vesireikien lisäksi joidenkin suunnitelmien pohjalta omat vesireiät ja missä työn vaiheessa? Kun taso on valmis vai sitten kun runko on kokonaan pystyssä?
- Omat vesireiät kerroksittain tai kun ontelokenttä on valettu, kuitenkin mahdollisimman pian.
  - Tässä hallirakennuksessa ei ole tehty omia vesireikiä kun onteloita ei ole tarvinnut rikkoo.
  - Runkovaiheen lopussa, koska silloin vedet ovat jo päässeet asettumaan ja ne mahdollista havainnoida.
  - Onteloihin jää vettä tiettyihin paikkoihin, mutta myös ennalta arvaamattomiin, johtuen juuri onteloiden sisäpinnan epätasaisuuksista. Elementti toimittajan porausten lisäksi oma timpuri kiertää samoihin aikoihin riskikohdat ja poraa reiät.
  - En ole miettinyt suunnitelmien pohjalta, mutta siellä missä niitä omia reikiä tarvitaan, juuri esimerkiksi parvekekannakointi. Vesikaton valmistuksen jälkeen viimeinen porauskierrös, mutta puolessa välissä runkoa jo valmiit kerrokset täytyy porauttaa. Ennen tasoitustöitä vielä varmistetaan, ettei ole kosteutta ole.
6. Onko asennuksessa käytössä jokin ohjeistus, onko siinä mainintaa kosteudenhallinnasta?
- Meillä on yleensä porausohje ja talviaikaiselle suojaukselle ohjeistus elementtitoimittajalta.

- Ei mitään, asentajat eivät pysty vaikuttamaan.
- Ei oikeastaan. Asennusporukan tietouteen pitäisi saada jo aloituskokouksessa kosteudenhallintaa.
- Ei ole.
- Ei ole, koska asentajat eivät pysty siihen juurikaan vaikuttamaan. Pääurakoitsija pressuttaa ontelokentät ja tekee vedenpoistot yms.

7. Kuka tekee vesireiät onteloihin työmaalla? Kuka ohjeistaa? Onko dokumentoitu?

- Elementtitoimittajalta tulee ylimääräiset reiät. Pääurakoitsijan ohjeistaa. Ei dokumentoida.
- Tilataan ontelotoimittajan porari työmaalle kun työt siinä vaiheessa ja käytännössä porari ilmoittaa lopuksi että reiät on tehty. Ei dokumentoida.
- Ei ainakaan dokumentoida, tehdään tarvittavat reiät itse. Ohjeistus pääurakoitsijalta.
- Aliurakoitsija tekee, pääurakoitsijan työnjohto ohjeistaa. Ei dokumentoida.
- AU, työnjohto ohjeistaa. Ei ole dokumentoitu.

8. Mikä pohjaratkaisu (kylpyhuonesyvennykset, parvekekannakointi, varaukset tms.) aiheuttaa useimmiten ongelmia ja miksi?

- Paikallavaletut reunakaistat, parvekesaranat, läpiviennit.
- Erkkerirakenteet ongelmallisia, laatta on rikki useaan suuntaan.
- Terassiratkaisut etenkin jos kohteessa on useampia erilaisia ratkaisuja. Tarvitaan suunniteltu väliaikainen vedeneristys, jos runkovaihe kestää esimerkiksi rakennuksen monimuotoisuuden takia.
- Onteloita katkovat valut, jotka sitten pussittavat vettä.
- Parvekekannakointi, valu kiskoille kun ne liitetään ontelolaattaan.

9. Mitä kehitettävää asennuksen aikaisen suojauksen tai sen jälkeisessä työssä on? Tai pitäisikö kosteuden ehkäisemiseen paneutua jo mahdollisesti ennen asennusta? Pitäisikö vesireiät näkyä jo joissain suunnitelmissa elementtitoimittajan toimesta?

- Tarvitaan työnaikainen sääsuojaus monimuotoisissa rakennelmissa. Vesireikien näkyminen suunnitelmissa toisi varmasti selkeyttä.
- Ei oikeastaan, pitää panostaa vesikatton jälkeiseen onteloiden tarkistamiseen. Pitäisi näkyä suunnitelmissa, esim. vinot yläpohjat yms. erikoisratkaisut vaativat lisäreikiä.
- Tasokuvaan porauspaikat. Ei oikein tule kehitettävää mieleen. Talviaikaan lumennostopressuilla nostetaan enimmäkseen lumet pois. Nosturi on kuitenkin käytettävissä työmaalla.

- Ei tule mieleen, ilman koko rakennuksen huputusta on hyvin vaikea suojata rakennus kokonaan sadevedeltä. Vesi valuu onteloissa ja ne tyhjennetään poraamalla onteloihin vesireiät.
- Onteloiden pitäisi olla myös sileämmät, asennusvaiheessa vaikea puuttua. Työnjohdon toiminta ja asenne vaikuttaa ratkaisevasti, reikien poraus ja valvonta ovat ratkaisevia tekijöitä.

10. Minkä suuruisia resursseja ontelolaattojen tyhjennykseen/kuivattamiseen on käytetty aikaisemmissa kohteissa? Paljonko pitäisi varata resursseja ontelovesien ehkäisyyn/kuivatukseen?

- Työllistää yhden työntekijän pariksi viikoksi. Ei suuri resurssi. Takuu-aikana työt ovat vähintään kymmenkertaisia.
- Riippuu kohteesta tietenkin, ei ole merkittävä kustannus. Ei ajallinenkaan kysymys. Nopeaa työtä.
- Resursseja voisi todellakin lisätä, lämpökameraa, kosteusantureita ja muuta tekniikkaa voisi yrittää hyödyntää useammin, ei vain viime hetkellä.
- Ei ole seurattu eikä ole laskettu kustannuksia, menee katteesta.
- En osaa sanoa, ei ole erikseen resursseja suunniteltu tai seurattu. Ontelotoimittajalta tulee yksi porari, riippuen tietysti kohteen koosta. Ontelokuivaimet käyttöön vasta siinä vaiheessa, jos ongelmia tulee tasoitteeseen. Onteloita ei automaattisesti kuivauteta edes pienissä määrissä.

11. Onko runkovaiheen työhön olemassa toimivaa suojausmenetelmää? Mikä?

- Huputus tai talviaikana pressutus. Veden ohjaus haluttuun paikkaan. On väärin olla tekemättä mitään.
- Ei ole oikeastaan mitään, jälkityö on tärkeintä suorittaa.
- Ylimmän avonaisen ontelolaattakentän pressutus.
- Ei ole, jos halutaan päästä ontelovesiongelmistä, tulee siirtyä johonkin muuhun rakenteeseen.
- Ontelokentät pressutetaan, mutta aina sitä lunta ja vettä johonkin kerääntyy.

12. Kuinka hyvin rungosta vastaava työnjohtaja ehtii tekemään työnsä/onko yleensä muita vastuualueita samaan aikaan?

- Kyllä ehtii tekemään. Halusta se on kiinni.
- Ehtii hyvin, harvoin on muita. Riippuu tietysti kohteen koosta, pyritään järjestämään rungosta vastaavalle työnjohtajalle aikaa tehdä työnsä.
- Ehtii hyvin, jos esimerkiksi työnjohtaja per kerrostalo.
- Useamman kerrostalon kohteessa voisi olla runkotyönjohtaja, joka siirtyy aina seuraavan rakennukseen ja tätä seuraa sitten muita väliseinä yms. töitä johtavat työnjohtajat. Yleensä talokohtainen aikataulu, jonka yksi työnjohtaja huolehtii ja valvoo.

- Talokohtainen aikataulu työnjohtajalla, esim. alhaalta lähdetään asentamaan ikkunaa yms. kun ylempänä runko valmistuu. Koko talo kuuluu yhdelle työnjohtajalle. Ehtii tekemään työnsä.

13. Mitä pääkohtia tulisi olla juuri ontelolaattojen kosteudenhallinnan tehtävä/tarkastuslistassa (asennus ja asennuksen jälkeinen työ)?

- Kerroskohtainen kaavio ja kuittaus, että reiät on tehty ja ne ovat varmasti auki. Pistokoemenetelmä asuntokohtaisesti ja erityiskohdat esimerkiksi parvekesaranoitien kohdat, kosteusarvot mitattaisiin ja tulokset dokumentoitaisiin.
- Työnjohtajalla tulisi olla vaiheittain täytettävä tarkastuskortti elementtiasennukseen vedenpoistoon liittyen. Kortti ei taas voi olla liian monimutkainen ja että sitä ei voisi vain täyttää jälkeinpäin. Muuten se vain rutiininomaisesti täytetään lopuksi. Siitä ei hyödy kukaan.
- Pääkohtina voisi olla suunnitelmat, laattojen vastaanotto ja tarkistus. Kenttä valmis silloin käydään ensimmäisen kerran reiät läpi, löytyykö edes kaikkia. Ontelokosteusmittaukset järjestelmällisesti ja seurataan ja kuivataan jos tarpeen.
- Kosteudenhallinnan onnistuminen riippuu valvonnasta, jos sen asennoitumisen saisi kaikille kohdalleen. Paperihommia on tosin nyt jo todella paljon.
- Porausten valvonta ja varmistetaan että ne todellakin kierretään läpi.

14. Vapaa sana? Onko mitään muuta tullut mieleen mihinkään?

- Pitäisi saada yhdeksi dokumentiksi poratut reiät ja niiden mitatut kosteusmäärät, jälkeinpäin voidaan myös selvittää missä on tehty ja mitä.
- Pitää kehittää ratkaisu. Kiusallinen ongelma. Suunnittelun tultava vastaan, todella vaikeita ratkaisuja, ylimääräiset paikallavalut yms. Mutta työmaalla asia on silti ratkaistava.
- Tehtaalla reikiäkin voisi suurentaa 8mm:stä 16mm:in, tärkeä saada kuitenkin tasoitettua kerralla. Järjestelmällinen kosteusmittaus ja kuivatus ja dokumentointi on saatava. On suoritettava asuntokohtaisesti useankin ontelon mittaus.
- Ei tule enää mitään mieleen.
- Elementtitoimittajalle vastuu reikien poraukseen ja että elementistä voi vesi poistua, ettei ole rosoisuutta onteloissa.

## 8 Tutkimustulos

### 8.1 Ongelmien kartoitus

Kysymysten perusteella kosteudenhallintaa juuri ontelolaattojen osalta ei ollut suunniteltu kovinkaan tarkasti. Kaikkien haastateltujen kohteissa onteloita oli porautettu jälkeenpäin auki ja satunnaisesti kuivatettu, mutta porauksen kontrollointia ja seuranta ei ollut tehty. Porauksen oli suorittanut ontelolaattatoimittajan poraaja ja näin ollen työnjohtajan ei välttämättä tarvinnutkaan olla tietoinen missä porataan ja mitkä ovat pahimmat riskikohdat veden pussittamiselle. Lähellä sisävalmistelutöitä tai jo niiden alettua oli porautettu vielä uudestaan ontelot, joiden pintaan oli havaittu muodostuvan kosteutta.

Porattujen reikien sijaintia tai satunnaisesti mitattuja kosteusmääriä ei myöskään dokumentoitu, joten mahdollisuus inhimilliseen erehdykseen unohtaa porauttaa tai kuivattaa ontelot kasvaa huomattavasti. Lähes poikkeuksetta ainakin muutamasta ontelolaa-  
tasta saattoi puuttua tehtaan tekemiä päätyreikiä, joten niiden kontrolloitu tarkistaminen on tärkeää. Tarvittavien omien vesireikien poraamisajankohdat vaihtelivat ja välttämättä jokaisen reiän paikkaa ei huomata porauttaa tai tarkistaa, joten erillinen poraussuunnitelma kriittisten veden kertymispaikkojen tyhjentämiseksi olisi välttämätön.

Onteloiden porausta ja kuivatusta ei pidetty resursseja syövnä toimenpiteenä. Lähinnä sen valvonta oli puutteellista ja näin ollen kosteusongelmia sisältävät työmaat saattoivat olla osaltaan myös työnjohtajasta riippuvaisia. Yleisiä kosteudenhallinnan toimenpiteitä työmaan aikana oli ontelokenttien pressutus ja siten hallittu veden ohjaus tasolta alas.

Kehitettävää olisi myös ontelolaattojen valmistuksessa. Ontelolaattojen sahausessa käytettävän jäähdytysveden takia onteloihin kertyy lietettä, joka kuivuu ja lisää ontelon pinnan epätasaisuutta merkittävästi. Vesi saattaa siksi jäädä epätavallisempiinkin paikkoihin ja vaikeuttaa näin ollen onteloiden tyhjentämistä. Valitettavaa on myös, että ontelolaattatehtaan porauskoneilla ei toistaiseksi saada tehtyä työmaan kannalta tarpeeksi suuria vesireikiä. Esimerkiksi ontelon kosteusmittauksen anturi vaatii yli 8 mm kokoi-  
sen reiän. Suurempi reikä säilyisi myös auki paremmin sekä helpottaisi reiän havaitsemista sekä auki poraamista työmaalla.

## 8.2 Porraskerroskohtainen ontelokuivaussuunnitelma

Porraskerroskohtainen ontelokuivaussuunnitelma on A3-kokoinen tasokuvan osalta jokaiseen kohteeseen ja jokaiseen kerrokseen suunniteltu kosteudenhallinnan dokumentti. Suunnitelman tarkoituksena on pystyä hallitsemaan onteloihin porattavien reikien ja mahdollisten kosteiden onteloiden kuivattamista järjestelmällisesti. Tehtyjen merkintöjen perusteella voidaan myös jälkeenpäin todeta, että asianmukaiset kuivatukset on suoritettu ja rakennus on näiltä osin kuiva. Ontelokuivaussuunnitelman tasokuvan osalta täytyy toimia yhteistyössä ontelolaattatoimittajan kanssa, jolta kerroskohtaiset suunnitelmat saataisiin ja niihin olisi valmiiksi merkitty tarvittavat lisäporaukset. Suunnitelma voidaan selvyuden vuoksi jakaa kahteen A4-kokoiseen osaan. Porraskerroskohtainen ontelokuivaussuunnitelma löytyy kokonaisuudessaan liitteenä tämän työn lopussa.

Oikealla puolella kosteudenhallintadokumenttia on kohteen yhden kerroksen tasokuva sekä poraussyvyysohjeistus porarille. Tasokuvasta näkyy esimerkiksi parvekesaranoiden takia ylimääräiset tarvittavat vesireiät sekä ontelolaattojen valmiit tehtaalla tehdyt reiät ontelolaattojen tyhjentämiseksi.

Vasemmalla puolella on merkittynä kohdetiedot, päiväys ja rungosta vastaavan työnjohtajan nimi. Sekä varsinainen suunnitelma, joka pitää sisällään kuivan välipohjarakennustyön etenemisen edellytykset ja ohjaa rakentamista dokumentissa esitetyillä toimenpiteillä. Listatut kuusi kohtaa varmennetaan työnjohtajan allekirjoituksella ja päivämäärällä. Toimenpiteet ovat seuraavanlaisia.

### 1. Oheisen poraussuunnitelman tarkistus.

Tarkistus on ehdotettu pidettäväksi onteloiden saumanraudoitustarkastuksen yhteydessä (kuva 10). Suunnitelmamuutoksia voi kuitenkin tässä vaiheessa vielä tulla varusten osalta. Lisäksi onteloihin on voitu tehdä reikiä esimerkiksi sähköputkia varten. Näiden huomioiminen ja merkitseminen poraussuunnitelmaan auttaa jälkeenpäin löytämään ontelot, joissa vettä suurella todennäköisyydellä on. Tähän kohtaan merkitään vielä kyllä tai ei, jos suunnitelmiin on tullut muutoksia sekä kirjataan muut huomautettavat asiat.

## 2. Tehtaan porauskierros on suoritettu.

Oheiseen tasokuvaan merkityt vesireiät ontelolaattojen päissä sekä erikseen merkityissä kohdissa on porattu. Merkinnot tasokuvaan ja huomio-sarakkeeseen tekemättömistä paikoista, joista syystä tai toisesta ei ole päästy porauksia suorittamaan. Tällä tavoin minkään vesireiän avaus ei pääse unohtumaan ja onteloiden kuivumisaika voidaan maksimoida.

## 3. Toinen porauskierros on suoritettu.

Toinen porauskierros ajoitetaan vaiheeseen, jossa runko on saatu pystytettyä ja vesikatto on valmistumassa. Tällöin veden tulo rakenteeseen ja onteloihin pääsevän veden määrä saadaan ainakin suurelta osin loppumaan. Porauskierröksellä varmistetaan jokaisen reiän aukaiseminen uudestaan ja mahdollistetaan näin ollen ontelon kuivuminen. Yleisaikataulusta riippuen sisävalmistusvaiheiden alkuun voi olla esimerkiksi 8 viikkoa. On tärkeää käynnistää kuivumisprosessi viimeistään tässä vaiheessa, jotta aikatauluviiveiltä voidaan välttyä.

## 4. Kosteusmittaukset on suoritettu.

Kosteusmittaukset suoritetaan työnjohtajan määrittelemistä riskikohdista, joissa epäilään olevan suurella todennäköisyydellä vettä. Kosteusmittaukset suoritetaan kosteusturilla onteloon poratun vesireiän kautta. Otetaan myös satunnaisotannalla onteloiden päätyrei'istä arvoja ja merkitään alempaan taulukkoon kosteutta sisältävien onteloiden kohdat asuntokohtaisesti tai ontelolaatoittain. Merkitään myös mittauspäivämäärä sekä saatu ilmankosteusprosentti. Kirjataan määrätty kuivatustoimenpide sekä suoritetaan noin viikon kuluttua kontrollimitaukset ongelmapaikoissa. Dokumentoidaan samaan taulukkoon saadut uudet arvot sekä todetaan ontelot kuiviksi, mikäli kosteusprosentti on alhainen.

## 5. Tasoituksen käynnistyslupa on annettu.

Kun on varmistuttu siitä, että ontelolaattavälipohjat eivät sisällä enää vettä, voidaan antaa tasoituksen käynnistyslupa. Merkitään huomio-sarakkeeseen, jos jollain tietyllä alueella kuivatukset ovat vielä kesken tai muu alue jää jälkeen tasoitustöiden aloittamisesta. Onteloiden kosteuden havainnointia on kuitenkin tärkeää jatkaa koko sisävalmisteluvaiheen ajan.

## 6. Tasoituksen jälkeinen tarkastuskierros.

Jos ontelolaatoissa satunnaisissa kohdissa on vielä ilmennyt kosteutta, kuivatetaan ontelo välittömästi ja kirjataan lopuksi ontelo kuivatetuksi ja paikataan vaurioitunut pinta arkkitehtisuunnitelmien edellyttävällä tavalla.

Huolellisesti täytetty porraskerroskohtainen ontelokuivaussuunnitelma toimii myös kohteen luovutuksen yhteydessä yhtenä tilaajalle annettavana laatudokumenttina.



**Kuva 10: Saumaraudoitustarkastuksen yhteydessä ontelolaattakenttä on siivottu ylimääräisestä tavarasta, joten rikkoutuneet ontelot on helppo havaita[2].**

## 9 Pohdinta

Työn tavoitteena oli miettiä ennakoivia toimenpiteitä työmaan näkökulmasta ontelo-vesien aiheuttamien kosteusvauroiden välttämiseksi. Tutkimuksessa hyödynnettiin haastatteluiden avulla yrityksen henkilöstön vuosien kokemusten tuomaa rakennustaitoa ja tietoa ongelman ratkaisemiseksi. Yritykselle oli tarkoitus tuottaa toimiva apuväline työmaan henkilökunnalle kriittisen runkovaiheen ajaksi ja runkotyönjohtajan ohjeistukseksi.

Laaditun dokumentin jokaisen kohdan huolellinen täyttäminen rungon valmistumisen aikana, antaisi edellytykset merkittävän määrän onteloissa olevien vesien löytymiseen. Tämän avulla pystytään vähentämään jälkitöiden määrää kohteen loppuvaiheessa, lisäämättä juuri kuitenkaan onteloiden kuivattamisen ja veden kartoittamisen kuluja. Takuuajan jälkitöiden kustannukset voivat onteloissa esiintyvän kosteuden vuoksi nousta suuriksi ja niiden minimoiminen kustannussäästöjen ja yrityksen imagon kannalta on ensiarvoisen tärkeää.

Kosteudenhallinnan dokumentoinnin vaatiminen lähtee jo tilaajalta. Dokumentointi on myös tärkeä todistus suunnitelmien mukaan suoritetusta työvaiheesta. Sillä voidaan jälkepäin todistaa miten työvaihe on tehty. Tämän insinööriyön tuloksena syntynyt ontelokuivaussuunnitelma toimii myös dokumentoinnin välineenä. Jos ajatellaan takuvaiheen aikana löytynyttä vesipesää ontelolaatoista, voidaan työmaan aikana täytetyn dokumentin avulla katsoa, mitä vaiheita juuri kyseiselle laatalle ja sen onteloille on tehty; onko havaittu kosteutta työmaan aikana, ja onko ryhdytty dokumentin vaatimiin toimenpiteisiin.

Pelkkä dokumentin olemassaolo ei takaa hyvää lopputulosta, mutta sen avulla voidaan parantaa yrityksen rakentamisen laatua kosteudenhallinnan osalta. Työnjohdon suorittama valvonta ja laadun vaatiminen ovat suurimassa roolissa, jos mietitään hyvän lopputuloksen aikaansaamisen kokonaisuutta. Haastatteluissa selvisi myös, ettei välttämättä vuosia rakennuksilla ollut työnjohtaja tai timpuri tiedä juuri onteloporauksien perimmäistä tarkoitusta tai käsitä, miten vesi jää ontelon sisään. Nämä seikat ilmenevät kun onteloita on porautettu ”reikäjuustoiksi” lyhyen matkan välein, mikä ei automaattisesti takaa ontelon tasaista kuivumista. Osa dokumentin asioista voi olla joillekin itsestään selvyyksiä, mutta unohduksia voi sattua jokaiselle ja niitä pyritään juuri dokumentin avulla vähentämään. Laadunhallinnan- ja kosteudenhallinnandokumenteilla onkin tar-

koitus nostaa yrityksen työnjohdon keskimääräistä laadun vaatimustasoa korkeammalle ja näin ohjata tekemistä hankkeen molemmille puolille suotuisampaan suuntaan, sekä parantaa kohteen loppukäyttäjien asumismukavuutta ja luottamusta tämän hetki- sen rakentamisen valvottuun laatuun.

Kosteusteknisesti hyvä ratkaisu olisi sääsuojan alla rakentaminen, mutta niin kauan kun se ei ole ns. pakollista, ovat hinnat sen rakentamisen suhteen liian korkeat. Sää- suojan vaatiminen viranomaisten toimesta nostaisi sääsuojien kysyntää ja näin ollen tarjontaa ei olisi enää ylimäärin ja hinnat laskisivat. Sääsuojan alla rakentaminen vähentäisi kaikkia rakentamisen aikana ilmeneviä kosteusongelmia, eritoten tämän insi- nöörityön aiheena olevan runkovaiheen ontelolaattojen kosteusongelmia.

## 10 Yhteenveto

Ajoittaisista kosteusongelmista kärsivä ontelolaattarunkoratkaisu on kustannustehokas, kokoonsa nähden kevyt ja nopea asentaa. Se on näistä syistä yleisin Suomessa käytetty betonielementti ja sen käyttö pientaloissa on yleistynyt vuosi vuodelta.

Ontelolaattojen kosteushallinnan suunnittelu ja suunnitelmien toteutumisen valvonta ovat tärkeässä roolissa. Myös kosteuden poistamistyön konkreettiselta tekijältä vaaditaan ammattitaitoa niin silmämääräisessä tarkastelussa, kuin porauksessa ja kosteuden mittauksissakin.

Kosteudenhallinnan kehittämiseksi laaditun ontelokuivaussuunnitelman avulla pyritään minimoimaan inhimilliset virheet rakennustuotannossa. Jälkeenpäin asianmukaisella tavalla täytetystä suunnitelmasta käy ilmi, mitä toimenpiteitä ontelolaatan ala-, väli- ja yläpohjat ovat käyneet läpi ja tuotannon hyvästä laadusta voidaan olla varmoja.

Kosteudenhallinnan kehittäminen rakennustuotannossa on pitkälle tähtäävää toimintaa. Muutokset työtavoissa ja asenteissa vaativat aikaa. Rakentaminen on yhteispeliä urakoitsijan ja tuoteosan toimittajan kanssa. Näin ollen kosteudenhallinnan kehittäminen yhdessä, kohottaa molempien osapuolien imagoa rakennusalan osajina.

## Lähteet

- 1 SRV kotisivut. Verkkodokumentti.  
<<https://www.srv.fi>>. Luettu 20.01.2015
- 2 Harri Ylijoki, kuvamateriaali.
- 3 Betonielementtirakenteiden suunnittelu, rakennus ja käyttö. Verkkodokumentti.  
<<http://www.elementtisuunnittelu.fi/>>. Luettu 20.11.2014
- 4 Merikallio, Tarja, Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä 2002.
- 5 Merikallio, Tarja, Kosteuden hallinta rakennustyömaalla. Humittest Oy. Forssa 1998
- 6 Björkholz, Dick, Lämpö ja kosteus. Rakennustieto Oy.Helsinki 1997
- 7 Björkholz, Dick, Rakennuksen kuivattaminen. Suomen rakennusteollisuusliitto ry. Tampere 1990
- 8 Parma Oy, Ontelolaatatot suunnitteluohje.Verkkodokumentti.  
<[http://www.parma.fi/images/files/downloads/PARMA\\_ontelolaatatot\\_suunnitteluohje\\_031213.pdf](http://www.parma.fi/images/files/downloads/PARMA_ontelolaatatot_suunnitteluohje_031213.pdf)>. Luettu 4.12.2014.
- 9 Parma Oy, Asennus ja työmaaohje.Verkkodokumentti.  
<[http://www.parma.fi/images/files/downloads/Asennus\\_ja\\_tyomaaohje.pdf](http://www.parma.fi/images/files/downloads/Asennus_ja_tyomaaohje.pdf)>. Luettu 4.12.2014.
- 10 Parma Oy, Ontelolaattojen vesireiät.Verkkodokumentti.  
<[http://www.parma.fi/images/files/downloads/Vesireikamuistutus\\_Parma\\_Oy.pdf](http://www.parma.fi/images/files/downloads/Vesireikamuistutus_Parma_Oy.pdf)>. Luettu 4.12.2014.
- 11 Ansion sementtivalimo Oy, Ontelolaattojen asennuohjeet. Verkkodokumentti.  
<[http://asv.fi/files/documents/pdf/asv\\_ontelolaat\\_asohje\\_net\\_24112011.pdf](http://asv.fi/files/documents/pdf/asv_ontelolaat_asohje_net_24112011.pdf)>. Luettu 16.12.2014.
- 12 Ositum Oy, Homeen terveyshaitat. Verkkodokumentti.  
<<http://www.ositum.fi/index.php?p=Terveyshaitat>>. Luettu 18.1.2015
- 13 Salonen, Joonas. 2013. Ontelovesien paikannus maatutkaluotauksella. Kandidaatintyö. Tampereen teknillinen yliopisto.
- 14 Fise Oy, Rakennusvirhepankki. Verkkodokumentti.  
<<http://www.fise.fi/default/media/www/rakennusvirhepankki>> Luettu 19.2.2015

## Haastatteluiden kysymykset

1. Mitä työmaasi kosteudenhallintasuunnitelmassa on mainittu ala-, väli- ja yläpohjien osalta? Onko ontelolaatoista erikseen mitään huomiota?
2. Onko olemassa niin sanottua poraussuunnitelmaa? Tai omaa suunnitelmaa/tehtävälistaa ontelolaatta-asennuksen valmistelulle, itse asennukselle ja asennuksen jälkeisille töille?
3. Missä vaiheessa ontelolaatat ovat alttiimpia kosteudelle (varastointi tehtaalla, asennus)?
4. Kuinka usein olet huomannut, että elementtitehtaan teettämät vesireiät on täytynyt avata uudelleen tai ne ovat puuttuneet kokonaan vai käydäänkö kaikki automaattisesti avaamassa uudelleen?
5. Oletko miettinyt tehtaan omien vesireikien lisäksi joidenkin suunnitelmien pohjalta omat vesireiät ja missä työn vaiheessa? Kun taso on valmis vai sitten kun runko on kokonaan pystyssä
6. Onko asennuksessa käytössä jokin ohjeistus, onko siinä mainintaa kosteudenhallinnasta?
7. Kuka tekee vesireiät onteloihin työmaalla? Kuka ohjeistaa? Onko dokumentoitu?
8. Mikä pohjaratkaisu (kylpyhuonesyvennykset, parvekekannakointi, varaukset tms.) aiheuttaa useimmiten ongelmia ja miksi?
9. Mitä kehitettävää asennuksen aikaisen suojauksen tai sen jälkeisessä työssä on? Tai pitäisikö kosteuden ehkäisemiseen paneutua jo mahdollisesti ennen asennusta? Pitäisikö vesireiät näkyä jo joissain suunnitelmissa elementtitoimitajan toimesta?
10. Minkä suuruisia resursseja ontelolaattojen tyhjennykseen/kuivattamiseen on käytetty aikaisemmissa kohteissa? Paljonko pitäisi varata resursseja ontelovesien ehkäisyyn/kuivatukseen?
11. Onko runkovaiheen työhön olemassa toimivaa suojausmenetelmää? Mikä?

12. Kuinka hyvin rungosta vastaava työnjohtaja ehtii tekemään työnsä/onko yleensä muita vastuualueita samaan aikaan?
13. Mitä pääkohtia tulisi olla juuri ontelolaattojen kosteudenhallinnan tehtävä/tarkastuslistassa (asennus ja asennuksen jälkeinen työ)?
14. Vapaa sana? Onko mitään muuta tullut mieleen mihinkään?

## Porraskerroskohtainen ontelokuivaussuunnitelma

1. **Poraussuunnitelman tarkistus.** Tehdään saumaraudoitustarkastuksen yhteydessä. Onko suunnitelmasta poikkeavia varauksia tai onko onteloita jouduttu rikkomaan esimerkiksi sähköputkille? Merkinnät oheiseen tasokuvaan. Onko muutoksia, muuta huomioitavaa:

- Kyllä  
 Ei

Tarkastaja: \_\_\_\_\_ Päivämäärä: \_\_\_\_\_

2. **Tehtaan porauskierron on suoritettu.** Porattu oheiseen tasokuvaan merkityt vesireiät ontelolaattojen päissä sekä erikseen merkityissä kohdissa. Merkinnät tasokuvaan, jos porauksia ei voitu tietyissä paikoissa syystä tai toisesta tehdä. Huomiot:

Poraaja: \_\_\_\_\_ Tarkastaja: \_\_\_\_\_ Päivämäärä: \_\_\_\_\_

3. **Toinen porauskierron on suoritettu.** Runko on pystyssä ja vesikatkoa tehdään. Tasoitustöiden alkuun vähintään 8 viikkoa. On varmistuttu siitä että reiät on auki ja onteloiden kuivatusprosessi saadaan viimeistään nyt käyntiin. Huomiot:

Poraaja: \_\_\_\_\_ Tarkastaja: \_\_\_\_\_ Päivämäärä: \_\_\_\_\_

4. **Kosteusmittaukset on suoritettu.** Mittaukset tasokuvaan määritetyistä riskipaikoista. Kuivaukset aloitettava välittömästi. Havaituista ontelokosteuksista kontrollimittaukset viikon kuluttua kuivatuksen aloittamisesta.

vesireikä/laat.	1.mittaus pvm.	kosteus %	tehty toimenpide	2 .mittaus pvm.	kosteus %	todetaan ok?

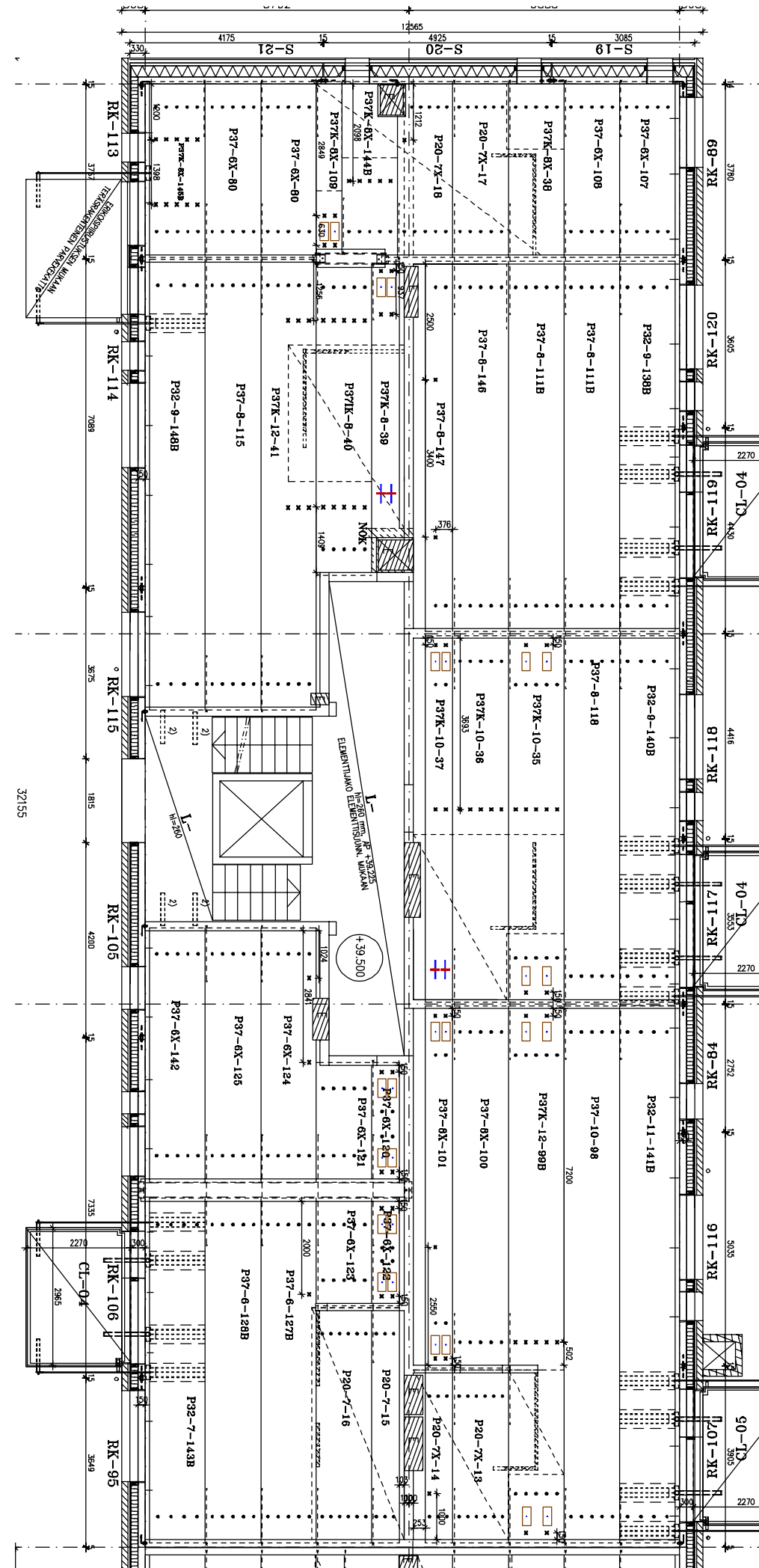
Mittaaja: \_\_\_\_\_ Tarkastaja: \_\_\_\_\_ Päivämäärä: \_\_\_\_\_

5. **Tasoituksen käynnistyslupa on annettu.** Huomautettavaa alueista, joita ei päästä vielä tasoittamaan.

Tarkastaja: \_\_\_\_\_ Päivämäärä: \_\_\_\_\_

6. **Tasoituksen jälkeinen tarkastuskierron.** Jos kosteutta on ilmennyt, kuivatus välittömästi. Paikkaus kun todettu kuivaksi. Huomiot:

Tarkastaja: \_\_\_\_\_ Päivämäärä: \_\_\_\_\_



### Poraussyvyyydet

Laatta	Pituus	Ø
P37	340mm	12mm
P32	290mm	12mm