



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Laura Karjalainen

# Kuivaketju10-toteutuksen kustannukset asuntorakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusinsinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriyö

30.5.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Laura Karjalainen Kuivaketju10-toteutuksen kustannukset asunto- rakentamisessa 34 sivua + 1 liitettä 30.5.2021
Tutkinto	Rakennusinsinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Lehtori Markus Immonen Työmaainsinööri Aila Haavisto
<p>Kosteudenhallinta on viime vuosina noussut keskeiseksi teemaksi rakennusalalla. Kosteusongelmia halutaan ennaltaehkäistä jo rakennusvaiheessa ja tähän hyödynnetään usein niin kutsuttua Kuivaketju10-toimintamallia. Tämän insinööriyön aihe onkin Kuivaketju10- toteutuksen kustannukset asuntorakentamisessa. Tavoitteena on kartoittaa tarkoin määritetyn Kuivaketju10-toimintamallin vaatimusten aiheuttamia taloudellisia vaikutuksia ja helpottaa tulevien hankkeiden tarjouslaskentavaihetta.</p> <p>Teoria on perustettu Kuivaketju10-toimintamallin määrittelemien osa-alueiden ja teorian pohjalle. Itse tutkimustyö on toteutettu selvitystyönä, jossa on hyödynnetty tilaajayrityksen jo valmistunutta ja valmistumassa olevia hankkeita, sekä yrityksen asiantuntevaa henkilöstöä.</p> <p>Tutkimus osoittautui haastavaksi, koska Kuivaketju10-toimintamallin vaatimukset ovat levinneet niin yleiseen käyttöön, että ne voivat myös olla vain kosteudenhallinnasta valvutuneen tilaajan vaatimuksia. On mahdotonta tarkasti rajata, että mitkä vaatimukset tulevat tilaajalta, mitkä urakoitsijalta ja mitkä nimenomaan Kuivaketju10-toimintamallista.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena määriteltiin esimerkkihankkeiden tietojen pohjalta tarkempia hinnoittelurivejä rungon sääsuojaukselle, olosuhdehallinnalle, sekä materiaalien suojaukselle. Lisäksi nostettiin esiin erilaisia riskikohtia kustannusten kannalta, jotka tulisi ottaa huomioon hankekohtaisesti Kuivaketju10-toimintamallin mukaan toteutettavissa hankkeissa.</p>	
Avainsanat	Kuivaketju10, kosteudenhallinta, kustannukset

Author Title Number of Pages Date	Laura Karjalainen Costs of Kuivaketju 10 – execution in residential construction 34 pages + 1 appendices 30 May 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil engineering
Professional Major	Construction Project Management
Instructors	Markus Immonen, Senior Lecturer Aila Haavisto, Constuction engineer (NCC Suomi Oy)
<p>During the last few years, moisture management has arisen as an integral theme in construction industry. To prevent moisture problems already during the construction phase and the so-called Kuivaketju10 operating model is often used for this purpose. The topic of this engineering thesis are the costs of Kuivaketju10 execution in residential construction. The aim is to search the economic impact of the requirements of a specifically defined Kuivaketju10 operating model and to facilitate the bidding phase for future projects.</p> <p>The theory is based on the areas and theoretical knowledge defined by the Kuivaketju10 operating model. The research work itself has been carried out as a study, which has utilized client company's already completed and near-completion projects, as well as the company's expert personnel.</p> <p>The research proved to be challenging, because the requirements of the Kuivaketju10 operating model have become so widespread that they can also be the only requirements of a customer who is aware of moisture control. It is impossible to precisely delimit which requirements come from the customer, which from the contractor and which specifically from the Kuivaketju10 operating model.</p> <p>As a result of the study, more precise pricing lines for the weather protection of the framework, condition management, and material protection were defined based on the data from the example projects. In addition, various risk points were highlighted in terms of costs, which should be considered in projects implemented on a project-by-project basis according to the Kuivaketju10 operating model.</p>	
Keywords	Kuivaketju10, moisture management, cost

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kuivaketju10	2
2.1	Kuivaketju10-toimintamallin käyttöönotto ja tilaajan asema	2
2.2	Riskilista	3
2.3	Koordinaattorin asema ja tehtävät	6
2.4	Vaikutukset suunnitteluun	7
2.5	Työmaatoteutus	8
2.6	Rakennuksen käyttöönottovaihe	8
2.7	Rakennuksen käyttövaihe	9
3	Kuivaketju10-toteutuksen aiheuttamat kustannukset	9
3.1	Suunnitteluvaiheen kustannukset	10
3.2	Toteutusvaiheen kustannukset	11
3.2.1	Perehdytys	11
3.2.2	Kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja	11
3.2.3	Aikataululliset vaikutukset	12
3.2.4	Olosuhdehallinta ja lisätyöt	12
3.3	Käyttöönotto- ja käyttövaiheen kustannukset	14
3.4	Minkälaisiin säästöihin Kuivaketju10-toteutuksella voidaan päästä?	14
4	Esimerkkikohteiden vertailu	15
4.1	NCC:n tarjouslaskennan tämänhetkinen käytäntö tarjouslaskennassa	15
4.2	Projekti 1 pohjatiedot	16
4.3	Projekti 2 pohjatiedot	17
4.4	Projekti 3 pohjatiedot	17
4.5	Kustannusvertailua	17
4.5.1	Kuivaketju10-vaatimuksien vieminen suunnitelmiin	17
4.5.2	Suunnitelmaratkaisuiden vaikutus rungon sääsuojaukseen	19
4.5.3	Rungon sääsuojauksesta aiheutuvat kustannukset	20
4.5.4	Kosteusmittaukset	21
4.5.5	Olosuhdehallinta ja Wiiste-anturit	23
4.5.6	Materiaalien ja rakennusosien suojaus työmaalla	24
4.5.7	Dokumentoinnin tarkkuus	28

4.5.8	Projekteihin määritellyt kohdekohtaiset riskit	30
5	Tulokset	31
6	Yhteenveto	32
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Työmaa 1, 2 ja 3 tarkemmat tiedot (Vain työn tilaajan käyttöön.)	

## Lyhenteet

KHK Kosteudenhallintakoordinaattori

KK10 KK10 eli Kuivaketju10 on toimintamalli rakennustyömaiden kosteudenhallintaan.

KVT Kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja

## 1 Johdanto

Kosteustekniset ongelmat ovat todella yleisiä niin vanhoissa rakennuksissa kuin uudiskohteissakin. Vesi tunkeutuu rakenteisiin pienistäkin aukoista aiheuttaen mm. hometta ja materiaalien haurastumista. Työmaiden kosteudenhallintaan on kuitenkin kehitetty toimintamalli, jota kutsutaan nimellä Kuivaketju 10, eli KK10. Toimintamalli on kehitetty Oulun rakennusvalvonnan kehitystyönä ja nykyisin malli on laajasti käytössä koko Suomessa. Tällä hetkellä Kuivaketju10-toimintamallia valvoo ja ylläpitää Rakentamisen laatu, eli RALA. KK10-toimintamallin ohjeissa on käsitelty eri työvaiheiden kosteudenhallintaa ja annettu tarkat ohjeet esimerkiksi rakenteiden ja rakennusmateriaalien suojaukseen kosteudelta.

Kuivaketju10-toteutuksen vaatimista toimenpiteistä aiheutuu jonkin verran suhteellisia kustannuksia, mutta myös säästöjä. Näistä kustannuksista ei kuitenkaan ole käytettävissä mitään yleistä ohjetta, mikä vaikeuttaa KK10-hankkeiden tarjouslaskentaa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on toimia yleisohjeena tarjouslaskentavaiheessa Kuivaketju10-toteutuksen lisäkustannuksien arvioinnissa asuntorakentamisen toimialan puolella. Työssä perehdytään ensin Kuivaketju10-toimintamallin vaatimuksiin yleisesti, jonka jälkeen pohditaan vaatimusten varsinaisia kustannusvaikutuksia.

Tämän opinnäytetyön tilaajayritys NCC Suomi Oy on yksi johtavia rakennusalan yrityksiä Pohjoismaissa. Yritys hallitsee monimutkaiset rakennusprosessit ja rakentamisen kautta pyrkii vaikuttamaan myönteisesti asiakkaisiin ja yhteiskuntaan. Toimialoina ovat kiinteistökehitys, rakennus- ja infrastruktuurihankkeet, sekä asfaltin ja kiviainesten tuotanto. Opinnäytetyön näkökulma on uudistuotannon asuntorakentamisessa ja tutkimusaineistona käytetään tilaajayrityksen asuntorakennustyömailta, sekä alan ammattilaisten kanssa käydyistä keskusteluista kerättyjä tietoja. Teoriapohja tutkimukselle laaditaan keräämällä aineistoa yleisistä tuotantosuunnittelun tiedoista ja hyödyntämällä tilaajayrityksen toteutuneiden hankkeiden talouslaskennan tietoja Kuivaketju10-toteutukseen liittyen. (1.)

## 2 Kuivaketju10

Rakentamisen kosteustekniset ongelmat ovat valitettavan yleisiä, minkä vuoksi on luotu tarkasti määritelty kosteudenhallinnan toimintamalli, Kuivaketju10. Toimintamallilla pyritään vähentämään kosteusvaurioiden ja -ongelmien riskejä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Kosteudenhallinnan ongelmat pyritään estämään rakentamisen kaikissa vaiheissa ja koko ketju kosteudenhallinnan riskien torjuntaan halutaan todentaa luotettavalla tavalla. (2, s. 1.)

### 2.1 Kuivaketju10-toimintamallin käyttöönotto ja tilaajan asema

Kuivaketju10-toimintamallin käyttöönotto ja hankkeen toteuttaminen sen mukaisesti on aina ensisijaisesti tilaajan, eli rakennushankkeeseen ryhtyvän päätös. Prosessi lähtee käyntiin tilaajan päätöksestä, jonka seurauksena tilaaja osoittaa hankkeelle koulutukseltaan pätevän kosteudenhallintakoordinaattorin. Koordinaattori tulee osoittaa viimeistään suunnitteluvaiheeseen. Tämän jälkeen tilaaja lisää tiedon Kuivaketju10-toimintamallin käytöstä virallisiin suunnittelu- ja urakkasopimukseen. Sopimuksissa täytyy selkeästi ilmaista tieto pakollisena vaatimuksena, ja tilaajan on tullut sopia toimintamallin käytöstä suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa jo tarjouspyyntövaiheen yhteydessä.

Tilaaaja sitoo aina niin kutsuttu huolehtimisvelvollisuus, jonka sisältö on määritelty maankäyttö- ja rakennuslaissa. Huolehtimisvelvollisuuden mukaan tilaajan tulee huolehtia, että hanke suunnitellaan ja toteutetaan ajankohtaisten määräysten ja myönnettyjen lupien mukaisesti. Tilaaajan ollessa epäpätevä valvomaan hanketta, voidaan hankkeeseen ottaa mukaan ulkopuolinen konsultti. Huolehtimisvelvollisuudenkin toteuttamista täytyy ilmetä selkeästi sopimuksissa.

Oleellinen osa tilaajan vastuita on antaa hyvät edellytykset hankkeen toteutukselle. Erityisesti Kuivaketju10-toimintamallille tärkeää on aikataulujen realistisuus. Toimintamalli kuormittaa kaikkia hankkeen osapuolia huomattavasti ja vie paljon työaika. Aikataulujen riittävyys tulisi tarkistaa yhdessä kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa hankkeen jokaisessa vaiheessa. Aikatauluihin vaikuttaa merkittävästi rakennusajan kohta, -paikka, suunnitteluratkaisut ja materiaalivalinnat. (2, s. 2.)



## 2.2 Riskilista

Kuivaketju10-toimintamallin tärkeimmät työkalut ovat kymmenen kohdan riskilista ja sen todentamisohje. Lista on eritelty rakennusten kymmenen merkittävintä kosteusriskiä.

# Kuivaketju10-riskilista:

- |  |   |
|--|---|
| <p><b>1</b> Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita.</p> <p><b>2</b> Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle.</p> <p><b>3</b> Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan.</p> <p><b>4</b> Kosteutta siirtyy ilmansulkukerroksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi.</p> <p><b>5</b> Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin.</p> | <p><b>6</b> Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja.</p> <p><b>7</b> Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet.</p> <p><b>8</b> Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen.</p> <p><b>9</b> Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen.</p> <p><b>10</b> Huonolla ylläpidolla ja huollolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti.</p> |
|--|---|

Kuva 1. Kuivaketju10-toimintamallin riskilista, jonka perusteella suunnitellaan hankekohtaiset toimenpiteet kosteusongelmien ehkäisyyn. (3, s. 4.)

Koko Kuivaketju10-toimintamallin toteuttaminen lähtee riskilistan läpi käymisestä ja päivittämisestä/tarkentamisesta hankekohtaiseksi. Todentamisohjeeseen suunnitellaan riskeille tarkat ohjeet, että millaisilla toimenpiteillä erilaisiin riskeihin varaudutaan. Nämä toimenpiteet määrittävät hyvin pitkälle kustannusten ja säästöjen syntymistä. Tässä osiossa pohditaan millaisia riskikohtaisia kustannuksia Kuivaketju10-toimintamallin käytöstä voi syntyä.

Ensimmäiseksi riskiksi on määritelty rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus, joka voi vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita. Lähtökohtaisesti tämä tarkoittaa suunnittelijoille käytännössä sitä, että maanpinnan pitää kallistaa pois päin rakennuksesta vähintään viisitoista senttimetriä kolmen metrin matkalla, salaoitusjärjestelmän pitää olla kokonaisuudessaan toimiva ja viedä vesi tehokkaasti pois päin rakennuksen luota, sekä rakennukselle tulee suunnitella erillinen pintavesisuunnitelma ja vaihtoehtoinen sadevesijärjestelmä poikkeustilanteiden varalle. Nämä asiat suunnitellaan hyvän rakennustavan mukaisesti aina näin, mutta Kuivaketju10-toimintamallia käyttäessä suunnittelijat ovat eritelleet kohdat vielä erikseen suunnittelijan tarkastuslistaan ja käyvät merkitse-

mässä kohdat todennetuiksi. Työn edetessä urakoitsija käy vielä todentamassa, että toteutus on suunnitelmien mukainen ja toimiva, sekä dokumentoi työvaiheen esimerkiksi valokuvaamalla. Kustannukset tämän riskin osalta ovat työtuntien muodossa. Työtuntien määrä on riippuvainen kaikista tekevästä osapuolista, sekä hankkeen koosta. (8, s. 2.)

Toiseksi riskiksi on määritelty sadevesi ja sen tunkeutuminen ulkoseinärakenteiden sisälle. Tämäkin riski kuormittaa eniten suunnittelijoita. Käytännössä tulee tarkistaa, että ulkoseinärakenteessa on yhtenäinen roiskevedenpitävä pinta tai kerros, jolla estetään veden pääsy rakenteiden läpi, sekä johtaa julkisivun taakse pääsevä vesi hallitusti pois rakenteesta. Suunnittelijoilta tämä vaatii enemmän huomiota detaljikuviin esimerkiksi liitoksista, liittymistä ja läpivienneistä. Tässäkin on suhteellista, että vaatiiko KK10 enemmän detaljikuviä, kuin kohde ilman Kuivaketju10-riskilistan vaatimuksia. Nämäkin kohdat suunnittelijat käyvät merkitsemässä tarkastuslistaan todennetuiksi ja urakoitsija huolehtii todennuksen sitten toteutusvaiheessa. Kustannukset tässäkin ovat työtuntien muodossa. (8, s. 3.)

Kolmanneksi riskiksi on määritelty vesikatteen läpäisevän veden tunkeutuminen aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan. Käytännössä tämä tarkoittaa aluskatteen suunnittelimesta niin vedenpitäväksi, että se toimisi myös ainoana katteena, sekä huolehtia, että sen käyttöön tulee olla vähintään vesikatteen käyttöön pituinen. Suunnittelijoiden tulee ottaa kantaa myös läpivientien ja ylösnostojen vesitiiviiseen toteutustapaan, sekä huomioida tuulenpaineesta aiheutuva sadeveden nousu. Tämän riskin aiheuttamat kustannukset ovat suurimmaksi osaksi työtuntien muodossa, mutta esimerkiksi valitulla suunnitteluratkaisulla ja siihen valituilla materiaaleilla voidaan jonkin verran vaikuttaa kustannuksiin. (8, s. 3.)

Neljänneksi riskiksi on määritelty ilmansulun vuotokohdat; kosteutta voi siirtyä ilmansulkukerroksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne se voi tiivistyä vedeksi. Suunnittelijoiden tulee suunnitella ilmansulun läpiviennit ja liittymät ilmatiiviiksi ja urakoitsija todentaa toimivuuden vielä toteutusvaiheessa. Ilmansulkukerroksen tulisi säilyä ehjänä rakennuksen koko elinkaaren ajan. KK10 määrittää, että liitosdetaljit tulee olla vähintään 1:5 mittakaavassa. Tästäkin tulee useampi kohta suunnittelijoiden tarkastuslistaan todennettaviksi. Todentaminen ja ylimääräisten detaljien tekeminen kerryttää jälleen kustannuksia suunnittelutunteina. (8, s. 4.)

Viidenneksi riskiksi on määritelty väärin mitoitettu ilmanvaihto, joka ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin. IV-suunnittelijan tulee mitoittaa ilmamäärät tarpeeksi suuriksi huomioiden rakennuksen käyttäjämäärät ja käyttötavat, sekä säätää järjestelmä suunnitelmien mukaisesti. Märkätilojen ilmanvaihto tulee suunnitella siten, että märkätilan pinnat kuivuvat noin puolessa tunnissa. Urakoitsija huolehtii käyttöönottovaiheessa tarvittavista mittauksista ja näin todentaa vaatimukset. Mittaukset ovatkin yksi merkittävistä kulueristä Kuivaketju10-toimintamallin todentamisessa. (8, s. 4.)

Kuudenneksi riskiksi on määritelty vesiputkien rikkoutumiset, ja niistä mahdollisesti aiheutuvat laajat vesivahingot. Tätä riskiä pyritään välttämään kaikkien vesiputkien koeponnistamisella ennen peittämistä, sekä asentamalla kaikki käyttövesiputket suoja-putkien sisälle. Koeponnistukset aiheuttavat oman kustannuseränsä, sekä suoja-putkiin liittyy asennus- ja materiaalikuluja, mutta tämä ei varsinaisesti ole pelkästään Kuivaketju10-toimintamallin vaatimus, vaan myös hyvän rakennustavan mukainen toteutustapa. (8, s. 5.)

Seitsemänneksi riskiksi on määritelty märkätilojen pintojen vesitiiveys; huonosti toteutuksessa märkätilassa kosteus voi vaurioittaa ympäröiviä rakenteita. Suunnittelijoille tämä tarkoittaa lattiapintojen korkojen tarkempaa merkintää, käytännössä kaikki kaadot tulee merkitä märkätilakaavioihin tai erilliseen suunnitelmaan. Suunnittelijoiden tulee myös välttää kaikkien ylimääräisten läpivientien sijoittamista märkätilojen pinnoille, sekä sijoittaa välttämättömätkin niin, että vedeneristys saadaan toteutettua tiiviisti. Urakoitsijan tulee ennen vedeneristystä todentaa kaatojen riittävyys ja ennen pintamateriaaleja tarkistaa vedeneristyksen riittävä paksuus kauttaaltaan mittaamalla. Tämä riski aiheuttaa paljon todentamiseen ja dokumentointiin käytettyä tuntityötä suurissa hankkeissa, joissa märkätiloja on kymmeniä tai jopa satoja. (8, s. 5.)

Kahdeksanneksi riskiksi on määritelty kosteiden betonirakenteiden päällystäminen, josta voi aiheutua päällysmateriaalin turmeltuminen. Tämä riski liittyy erityisesti urakoitsijan olosuhdehallintaan; betonin kuivumiselle tulee luoda riittävän hyvät olosuhteet lämpötilan ja ilmankosteuden kannalta. Yleensä tarvitaan paljon lämmitys- ja kuivatuskalustoa, jotta optimaalisiin olosuhteisiin päästään. Kalusto on kallista ostaa, mutta vuokraaminenkin voi nostaa merkittävästi kustannuksia, jos kuivatusajat ovat pitkiä. Kaikkien betonirakenteiden kosteuspitoisuudet tarkistetaan mittauksilla ennen pinnoitusta. Lähtökohtaisesti Kuivaketju10-toimintamalli velvoittaa tekemään kosteusmittauk-

sia enemmän kuin alalla yleisesti käytössä oleva RT-ohjekortti. Lisäksi mittausraporttien tarkkuuteen liittyy lisävaatimuksia. Mittaukset täytyy usein ostaa ulkopuoliselta viralliselta toimijalta, mikä voi nostaa kuluja huomattavasti. NCC käyttää pääsääntöisesti yrityksen sisäisiä työmaapalveluita mittauksiin, mutta tilaaja voi myös vaatia ulkopuolisen mittaajan. (8, s. 6.)

Yhdeksänneksi riskiksi on määritelty materiaalien ja rakenteiden kastuminen ja siitä seuraava rakennuksen vaurioituminen. Tämä riski koskee pääasiassa urakoitsijaa, jolla on vastuu huolehtia materiaalien suojaamisesta ja kuivana pysymisestä. Suunnittelijoiden tulee kuitenkin suunnitella tarvittaessa sääsuojauskeinot rakenteille ja rakennusosille niiden asentamisen jälkeen. Työmailla suositaan lisäksi täsmätoimituksia, jolloin materiaaleja on hillitympi määrä ja suojaaminen helpommin hallittavissa. Täsmätoimitukset lisäävät kuitenkin rahti- ja terminaalikustannuksia, sekä suojaamiseen kuluu paljon materiaaleja, kuten suojamuovia ja pressuja. Kuivaketju10-toimintamalli määrittää myös, ettei kosteudelle alttiita sisätöitä saa tehdä ollenkaan ennen kuin rakennuksen vaippa on ummessa. Tämä pidentää hankkeen toteutusvaiheen aikataulua omalta osaltaan, mutta todennäköisesti lyhentää esimerkiksi betonivalujen kuivumisaikoja myöhemmässä vaiheessa. Kustannuksia kertyy tuntitöiden muodossa suunnittelijoille ja urakoitsijalle, mutta myös materiaalien suojaustarvikkeisiin tulisi varata oma osuus budjetista. (8, s. 6.)

Kymmenenneksi riskiksi on määritelty heikko ylläpito; huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti, mutta varmasti. Tämä riski vaikuttaa lähinnä käyttöönotto- ja käyttövaiheeseen. Käyttöönottovaiheessa tulee laatia huoltokirja, jossa on oma osuus Kuivaketju10-toimintamallin asettamista vaatimuksista. Käyttöaikana rakennusta tulee kuitenkin tarkkailla jatkuvasti, sekä huoltaa ja kunnossapitää huoltokirjan ohjeiden mukaisesti. Huoltokirjan määrittämät toimenpiteet tulee myös todentaa ja dokumentoida Kuivaketju10-toimintamallin mukaisesti. (8, s. 7.)

### 2.3 Koordinaattorin asema ja tehtävät

Kosteudenhallintakoordinaattori on tärkeässä asemassa Kuivaketju10-toimintamallin onnistumisen kannalta. Kosteudenhallintakoordinaattorin valintaan ja tehtäviin vaikuttaa hankkeen vaativuusluokka. Hanke voidaan jaotella vaatimuksiltaan tavanomaiseksi, vaativaksi tai poikkeuksellisen vaativaksi. Koordinaattorin ei tarvitse olla sama hen-

kilö läpi hankkeen, mutta se on kuitenkin suositeltavaa. Vaihtuva koordinaattori voi viivästyttää aikatauluja ja perehdyttäminen hankkeeseen vie resursseja. (4, s. 3.)

Tilaamisvaiheessa kosteudenhallintakoordinaattori huolehtii, että vaatimus Kuivaketju10-toimintamallin käytöstä hankkeessa on esitetty oikein kaikissa lopullisissa sopimuksissa. Lisäksi koordinaattorin tulee arvioida alustavan aikataulun realistisuutta. Suunnitteluvaiheessa kosteudenhallintakoordinaattori tekee tiivistä yhteistyötä suunnittelijoiden kanssa ja varmistaa esimerkiksi riskilistan ja todentamisohjteen oikeaoppisen tarkentamisen toteutumisen. (4, s. 4.)

Kosteudenhallintakoordinaattorin tärkein vastuu on valvoa toimintamallin todennusta ja dokumentointia kosteudenhallinnan kannalta riskialttiiden työvaiheiden aikana. Koordinaattorin tulee myös allekirjoituksellaan hyväksyä todennuksen mukaiset dokumentit. Työmaatarkastukset kuuluvat myös asiaan ja koordinaattorin tuleekin tarvittaessa aina tarkentaa urakoitsijalle Kuivaketju10-toimintamallin vaatimuksia hankkeen eri vaiheissa. Kosteudenhallintakoordinaattori on myös velvoitettu osallistumaan työmaakokouksiin joko tarvittaessa, tai aina, riippuen hankkeen vaatimusluokasta ja näissä informoida myös aliurakoitsijoita ajantasaisista asioista. (4, s. 5.)

Rakennuksen käyttöönottovaiheessa kosteudenhallintakoordinaattori perehdyttää käyttäjät toimintamallin mukaiseen käyttöön ja huoltoon, sekä arvioi hankkeen onnistumista toimintamallin toteutuksen osalta. Arvioinnista muodostetaan virallinen loppuraportti, jonka perusteella RALA voi myöntää kohteelle virallisen Kuivaketju10-statuksen, joka taas voi nostaa kohteen markkina-arvoa. (4, s. 6-7.)

#### 2.4 Vaikutukset suunnitteluun

Hankkeen suunnitteluun vaikuttaa merkittävästi Kuivaketju10-riskilistan sekä todentamisohjteen huomioiminen. Suunnittelijoille ja urakoitsijalle tärkein työkalu suunnittelunohjaukseen on Kuivaketju10-toimintamallin todentamisohje. Todentamisohjeessa on suunnittelijoille ja urakoitsijalle omat tarkastuslistat, joissa on ohjeet riskilistan riskien välttämiseen. Suunnittelijoiden tarkastuslista keskittyy erityisiin suunnitteluratkaisuihin ja urakoitsijan tarkastuslista enemmänkin toimintamallin käytön todennukseen ja dokumentointiin.

Hankkeessa, jossa Kuivaketju10-toimintamalli on käytössä, kuuluu suunnittelijoille riskilistan ja todentamisoikeuden täydentäminen hankekohtaiseksi. Valmiit pohjat ovat yleispäteviä, mutta niihin täytyy tarkentaa toimia ja mahdollisia lisäriskejä huomioiden hankkeen erityispiirteet. Kaavoituksen asettamat vaatimukset, rakentamisaikataulu ja -ajankohta, sekä materiaalivalinnat vaikuttavat kosteusteknisten riskien laatuun ja todennäköisyyteen. Urakoitsijan tarkastuslistan päivittäminen kuuluu myös suunnittelijoiden vastuulle.

Lopputuloksena saadaan hankkeelle erityispiirteet huomioiva riskilista, sekä todentamisoikeus, jotka arvioidaan vielä kaikkien suunnittelijoiden ja kosteudenhallintakoordinaattorin toimesta. Lopulliset dokumentit allekirjoitetaan ja arkistoidaan kaikkien hankkeen osapuolten toimesta.

Seuraavana vaiheena suunnittelijoiden tulee huomioida ja ratkaista riskilistan riskit jo suunnitelmissa, jotta työmaalla voidaan keskittyä vain toteutukseen. Useimmiten tämä ilmenee suunnitelmien lisääntyneenä määränä. Detaljikuviin ja suunnittelijoiden kannanottoja yksityiskohtiin tarvitaan enemmän. Suunnitelmien määrän kasvaessa myös suunnittelijoiden yhteistyön tärkeys korostuu, jotta ristiriidoilta vältyttäisiin. Tämä vaatii enemmän kokouksia ja myös pääurakoitsijan tarkempaa perehdyttämistä suunnitelmiin ja erityisesti kosteusteknisiin ratkaisuihin. (3, s. 2-3.)

## 2.5 Työmaatoteutus

Työmaalla Kuivaketju10-toimintamallin toteutus on aina viime kädessä pääurakoitsijan vastuulla. Pääurakoitsija perehdyttää toimintamallin käytäntöihin kaikki työmaalla työskentelevät ja huolehtii esimerkiksi olosuhdehallinnasta. KK10-toimintamallin käyttö ja eteneminen nostetaan esiin aina työmaakokouksissa ja pääurakoitsijan tehtävänä on todentaa ja dokumentoida toimintamallin toteutuksen onnistumista eri työvaiheissa. (5, s. 1-2.)

## 2.6 Rakennuksen käyttöönotto

Kuivaketju10-toimintamallille oleellista käyttöönottovaiheessa on riittävä aika. Taloteknisten laitteiden säätöihin ja mittauksiin tulee varata riittävästi aikaa, jotta niistä ei ai-

heudu kosteusteknisiä ongelmia pitkällä tähtäimellä. Käyttöönottoaihekin on huomioitu todentamisoheessa ja urakoitsijan tarkastuslistassa. Koordinaattori voi vielä tässäkin vaiheessa puuttua riskien todentamiseen aina sellaisen huomattessaan. (6, s. 2.)

## 2.7 Rakennuksen käyttövaihe

Kuivaketju10-toimintamallin onnistunut käyttö ja todentaminen rakennusprosessin aikana eivät vielä yksinään estä rakennusten kosteusteknisiä ongelmia. Vaikka Kuivaketju10-statuksen voi saada käyttöönottoaiheessa, tulee toimintamallin mukaista toimintaa jatkaa rakennuksen koko elinkaaren ajan. Statuksen säilyttämiseksi rakennus voidaan arvioida uudelleen kahden vuoden kuluttua käyttöönotosta ja sen jälkeen viiden vuoden välein. Statuksen säilyminen ylläpitää rakennuksen markkina-arvoa ja sen avulla omistajan ja käyttäjänkin on helppo ajan tasalla kiinteistön tilasta. (7, s. 2.)

Olellaisena osana kiinteistön käyttöä on kiinteistönhoito ja kunnossapito. Näitä toimenpiteitä varten käyttöönottoaiheessa suunnitellaan kiinteistön käyttö- ja huolto-ohje, eli huoltokirja, jossa käydään yksityiskohtaisesti läpi erityisesti kaikki toimenpiteet kosteusvaurioiden syntymisen estämiseksi. Kuivaketju10-toimintamalli edellyttää huoltokirjaan omaa osiota, jonka suunnittelijat, urakoitsija ja kosteudenhallintakoordinaattori luovat yhdessä. Osioon määritellään riskilistan kaikki sellaiset kohdat, jotka vaikuttavat käyttövaiheeseen, ja niille luodaan tarkat todentamis- ja huolto-ohjeet, sekä määrääjat tarkastuksille. Kaikki toimenpiteet myös dokumentoidaan tulevaisuutta varten. (7, s. 3.)

## 3 Kuivaketju10-toteutuksen aiheuttamat kustannukset

Kuivaketju10-toimintamallin käyttämisestä aiheutuvat kustannukset eivät ole kovinkaan yksiselitteiset. Työmailla on aina tehty ja tullaan tekemäänkin kosteudenhallintaan liittyviä toimia ja aina niistä jonkinlaisia kustannuksia syntyy. Vaikeutena määrittellä nimenomaan KK10 aiheuttamat kustannukset on erottelu siitä, että mitä tehdään vain Kuivaketju10-toimintamallin takia ja mitä tehtäisiin myös ilman toimintamallia.

Tätä opinnäytetyötä varten käytiin keskustelua erään asiantuntijan kanssa, joka toimii kahdessa NCC:n hankkeessa kosteudenhallintakoordinaattorin asemassa. Keskustelussa haettiin erityisesti näkökulmaa siihen, mitä kustannuksia Kuivaketju10-

toimintamallin käyttö tuo lisää. Vastaus oli hyvin yksiselitteinen; toimintamallin käyttö ei tuo hankkeeseen mitään lisää, vaan sen tarkoituksena on ohjata tekemään laatua kosteustekniset asiat huolellisemmin huomioiden. Kyllähän kosteudenhallinta tulee kuitenkin aina ottaa huomioon suunnittelussa, työmaan toiminnassa ja rakennuksen käyttöönotossa, sekä ylläpidossa. KK10 nostaa vain esiin kosteudenhallinnan yleisimpiä ongelmakohtia. Toimintamalli omalla tavallaan pakottaa tekemään tietyt asiat huolellisemmin ja ajatuksen kanssa. Kun hanke suunnitellaan, valvotaan, mallinnetaan ja toteutetaan huolellisesti, niin vältetään todennäköisemmin negatiivisilta yllätyksiltä myös kustannusten kannalta. (8.)

### 3.1 Suunnitteluvaiheen kustannukset

Suunnitteluvaiheessa Kuivaketju10-toimintamalli työllistää suunnittelijoita melko paljon. Ensimmäisenä suunnittelijoiden tulee päivittää ja tarkentaa Kuivaketju10-riskilista hankkekohtaiseksi. Riskit käydään läpi yksitellen ja niihin tarkennetaan riskialteimmat työvaiheet ja suunnitellaan toimenpiteet riskien välttämiseksi.

Tärkeintä suunnitteluvaiheessa on varata suunnittelijoiden työlle tarpeeksi aikaa. Riskilistan päivittäminen, sekä suunnitelmien tarkastus ja yhteensovittaminen kiireessä tekee Kuivaketju10-toimintamallin oikeaoppisesta käyttämisestä mahdotonta. Varsinaista tuntityömäärää on mahdotonta sanoa, koska se riippuu hankkeen vaativuudesta, koosta ja suunnittelijoiden omasta kokemuksesta. Suunnitteluvaiheen kustannukset huomioidaan tarjousvaiheessa itse suunnitelmien määrälaskennassa.

Käytännössä Kuivaketju10-toimintamallin vaatimuksien vieminen suunnitelmiin toteutuu huonosti. Tarjouslaskennassa käytetään usein alustavia suunnitelmia, joihin ei juurikaan ole huomioitu KK10 vaatimuksia. Puutteellisten suunnitelmien takia työmaalla aiheutuu kustannuksia työvaihekohtaisesti pidettävistä suunnitelmakatselmuksista ja niihin käytetystä ajasta. Puutteet joudutaan suunnittelemaan jälkikäteen, mikä voi johtaa aikataulun venymiseen. Lisäsuunnittelu nostaa myös kustannuksia ja urakoitsija joutuu esittämään lisä- ja muutostyölaskuja tilaajalle.



## 3.2 Toteutusvaiheen kustannukset

### 3.2.1 Perehdytys

Toteutusvaiheessa urakoitsijan vastuulla on perehdyttää kaikki työmaalla työskentelevät Kuivaketju10-toimintamalliin ja sen vaatimuksiin. Perehdytys vie huomattavan määrän työaikaa niin perehdytettäviltä, kuin perehdyttäjiltäkin. Työvaihekohtaisissa aloituspalaverissa kokouspöytäkirjaan merkitään oma kohta Kuivaketju10-toimenpiteille koskien kyseistä työvaihetta ja sen kosteusteknisiä riskejä. Aliurakoitsijoidenkin työnjohtajat allekirjoittavat pöytäkirjan ja näin ollen sitoutuvat noudattamaan Kuivaketju10-käytäntöjä. Varsinaisten työntekijöiden saapuessa työmaalle täytyy työmaakohtaiseen perehdytykseen sisällyttää osio Kuivaketju10-toimintamallin käytännöistä ja työntekijät allekirjoituksellaan sitoutuvat noudattamaan käytäntöjä.

### 3.2.2 Kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja

Kuivaketju10-toimintamalli edellyttää nimeämään työmaalle kosteudenhallinnasta vastaavan työnjohtajan. Yleensä työnjohtaja on pääurakoitsijan yrityksestä, mutta tehtävään voidaan palkata myös organisaation ulkopuolinen henkilö. Usein tehtävään ehdotetaan työmaan vastaavaa työnjohtajaa, mutta se ei välttämättä ole paras vaihtoehto toteutuksen kannalta. Kosteudenhallinnasta vastaavalla työnjohtajalla on melko paljon aikaa vieviä työtehtäviä, eikä työmaan vastaavalla työnjohtajalla välttämättä riitä työaika kaikkien tehtävien suorittamiseen huolellisesti.

Kosteudenhallinnasta vastaavan työnjohtajan, eli KVT:n tehtäviin kuuluu erilaisten tuotannosuunnitelmien luominen, läpikäyminen KK10-toimintamallin vaatimusten näkökulmasta ja hyväksyttäminen kosteudenhallintakoordinaattorilla. Tällaisia suunnitelmia ovat esimerkiksi kosteudenhallinta-, kosteusmittaus- ja varastointisuunnitelmat, sekä kuivumisaikalaskelmat. KVT käy läpi myös sääsuojasuunnitelman, joka kuitenkin yleensä saadaan aliurakoitsijalta. Suunnitelmien lisäksi KVT:aa kuormittaa erinäisten raporttien tekeminen. KVT toimii yhteyshenkilönä kosteudenhallintakoordinaattorille ja raportoi tälle sovituin aikaväleihin yleisesti toimintamallin toteutumisesta, sekä heti havaitessaan jonkinlaisia poikkeamia kosteudenhallinnassa. KVT:n tärkein tehtävä työmaalla onkin yleisesti valvoa ja varmistaa KK10-toimintamallin toteutuminen. Tähän kuuluu esimerkiksi varmistaa materiaalityöimittämisen saapuminen kuivana työmaalle, materiaalien asianmukaisen sääsuojauksen dokumentointi ja varastointisuunnitelman noudat-

tamisen valvonta. Suurin osa KVT:n työajasta kuluu kuitenkin Kuivaketju10-portaalin päivittämiseen ja siellä määritettyjen tehtävien todentamiseen.

Kaiken tämän lisäksi kasvavissa määrin tilaaja ja kosteudenhallintakoordinaattori voi vaatia käyttämään KK10-todennukseen tietynlaisia kosteusantureita betonivalujen kuivumisen seuraamiseen. Kaikissa työvaiheissa, joissa tehdään betonivaluja, tulee anturi asettaa valuvaiheessa betoniin. Tästä yleensä huolehtii kyseisen työvaiheen työnjohtaja, mutta antureiden kartoitus, luku ja raportointi on KVT:n vastuulla. Kustannuksia nostaa merkittävästi kosteudenhallinnasta vastaavan työnjohtajan työtunnit ja esimerkiksi nämä edellä mainitut kosteusanturit ja niiden lukulaitteisto.

### 3.2.3 Aikataululliset vaikutukset

Aikataululliset vaikutukset Kuivaketju10-toimintamallin käytöstä on hyvinkin suhteelliset. Aikataulua viivästyttää esimerkiksi vaatimus siitä, ettei puuikkunoita saa asentaa ennen kuin rakennuksen vaippa on suojassa vedeltä ja lumelta. Tämä aiheuttaa sen, ettei sisätiloja saada lämpimiksi ennen ikkunoita, eikä päästä aloittamaan sisätöitä. Myöhemmässä vaiheessa kuitenkin, jos esimerkiksi märkätilojen kaatovalut tehtäisiin vesisateessa tai muuten liian kosteassa, niiden kuivumisaika moninkertaistuisi. Tämä taas viivästyttäisi pintamateriaalien asennusta ja lisäisi kuivatuskaluston vuokrakustannuksia.

### 3.2.4 Olosuhdehallinta ja lisätyöt

Betoni alkaa kuivua tehokkaasti vasta lämpötilan ollessa noin 20 °C ja ilman suhteellisen kosteuden ollessa alle 50%. Näiden olosuhteiden saavuttaminen esimerkiksi elementtiasennusvaiheessa on mahdotonta. Kuitenkin heti kun rakennuksen vaippa saadaan umpeen, asennetaan kuivatuskalustot paikoilleen ja aloitetaan rakenteiden kuivattaminen. Kustannusnäkökulmasta tästä aiheutuu paljon asennustyötä ja kaluston vuokrauskuluja.

Olosuhdehallintaa helpottaa huomattavasti rakennuksen sääsuojaaaminen kokonaisuudessaan, eli huputtaminen. Tällöin myös vesikatto- ja julkisivutyöt päästään tekemään sateelta suojassa. Huputtaminen on todella kallista ja itsessään iso työvaihe, mutta voi nopeuttaa hankkeen toteuttamista merkittävästi, kun ikkunat päästään asentamaan

aiemmin ja sitä kautta saadaan sisätilat lämpimiksi. Huputtamisen lisäksi kaikki työmaalle toimitettavat materiaalit tulee suojata, mikäli ne joudutaan varastoimaan sääälle alttiisiin paikkoihin. Tästäkin aiheutuu materiaali- sekä työtuntikustannuksia. Kustannusten erittely nimenomaan KK10 aiheuttamiin kustannuksiin ja työmaan ns. ”tavalliseen” kosteudenhallintaan on kuitenkin haastavaa.

Kuivaketju10-toimintamalli edellyttää mittaamaan betonin kosteutta eri työvaiheissa. Kohteissa, joissa ei KK10-vaatimusta ole, kosteutta mitataan yleensä yhdellä mittauspisteellä märkätilan lattiasta, seinästä ja oleskelutilan lattiasta. KK10 velvoittaa kuitenkin tekemään märkätilan lattian mittaukset ”rypäleinä”, eli mittaamaan kosteuden kolmesta kohdasta yhden sijaan, sekä mittaamaan kosteuden myös joka asunnon ulkoseinästä. Riippuen palvelun tarjoajasta, tämä voi moninkertaistaa mittauksiin kuluvat kustannukset.

Toteutusvaiheessa KVT:n lisäksi Kuivaketju10-toteutus kuormittaa ihan jokaista työmaalla työskentelevää. Jokainen työvaihe tulee todentaa tarkasti valokuvien ja kirjallisten muistioiden avulla. Todennuksen hoitavat yleensä työvaihekohtaiset työnjohtajat. Työmäärä suurissa kohteissa on merkittävä. Suurissa kohteissa esimerkiksi märkätiloja voi olla kymmenistä satoihin ja kaikista näistä tulee tarkastaa ja valokuvata kaatojen toteutuminen, kaatovalun kosteuspitoisuus ja vedeneristeen paksuus. Lisäksi kaikki tiedot tulee viedä Kuivaketju10-portaaliin.

### 3.3 Käyttöönotto- ja käyttövaiheen kustannukset

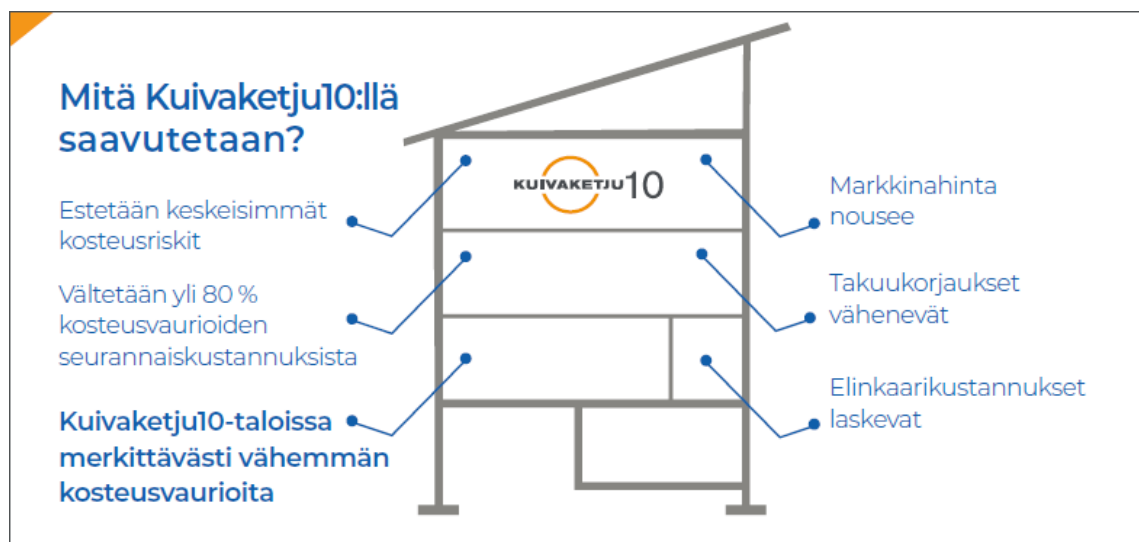
Käyttöönottovaiheessa suurin kuluerä on erilaiset taloteknisten järjestelmien mittaukset. Erityisesti jos säädöt eivät toteudu optimaalisesti ensimmäisellä kerralla ja jotain joudutaan vielä korjaamaan, mittauksia voidaan joutua tekemään enemmän kuin oli alun perin ajateltu. Urakoitsijan tarkastuslistassa on myös vielä käyttöönottovaiheessa todennettavia kohtia.

Käyttöönottovaiheessa suunnittelijoita, urakoitsijaa ja kosteudenhallintakoordinaattoria kuormittaa Kuivaketju10-toteutuksen onnistumisen arviointi. Käyttöönotto- ja käyttövaiheessa yksi konkreettinen kuluerä on Kuivaketju10-statuksen hakeminen.

Hinnoittelu vuonna 2021	
Pientalot	600 €
Tavanomaiset kohteet	1 200 €
Vaativat kohteet	2 400 €
Poikkeuksellisen vaativat kohteet	4 800 €

Kuva 2. RALA on antanut seuraavanlaisen hinnaston Kuivaketju 10 -statukselle.

### 3.4 Minkälaisiin säästöihin Kuivaketju10-toteutuksella voidaan päästä?



Kuva 3. RALAn ylläpitämällä sivustolta [www.kuivaketju10.fi](http://www.kuivaketju10.fi) löytyy yllä oleva kuva, johon on eritelty asioita, jotka saavutetaan Kuivaketju10-toimintamallia käyttämällä. (1.)

Kun estetään keskeisimmät kosteusriskit ja vältetään yli 80% kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksissa, välilliset säästöt ovat merkittävät. Näkymättömiä säästöjä kertyy myös takuukorjausten vähentyessä ja elinkaarikustannusten laskiessa. Elinkaarikustannukset pysyvät hallinnassa ja pienempinä, kun talotekniset järjestelmät, kuten ilmavaihto on säädetty optimaalisella tavalla ja sen toimintaa seurataan huoltokirjan mukaisesti. Konkreettisenä etuna on myös rakennuksen markkinahinnan nousu, erityisesti mikäli kiinteistölle haetaan virallinen Kuivaketju10-status.

Asiantuntijan kanssa käydyssä keskustelussa ilmeni myös, että lähes kaikki säästöt ovat välillisiä. Kuivaketju10-toimintamallin tarkoituksena on avata tilaajan ja urakoitsijan silmiä kosteusteknisten ongelmien osalta, sekä toimia suunnittelijoille muistivälineenä, jotta kosteudenhallinta tulee huomioitua suunnitelmissa. Suurimmat säästöt ilmenevät varmasti vasta takuuvaiheen jälkeen, jolloin kosteusongelmat alkaisivat normaalisti ilmetä. (9.)

#### **4 Esimerkkikohteiden vertailu**

Tässä osiossa vertaillaan kolmea eri NCC:n työmaata, jossa tilaaja on vaatinut Kuivaketju10-toimintamallin mukaista toteutusta. Käydään läpi erilaisia suunnitteluratkaisuita, sekä vertaillaan konkreettisia toimintamallin aiheuttamia kustannuksia. Projektissa 1 ei päädytty hakemaan Kuivaketju10-statusta, joten toteutus ei ole täysin verrannollinen projekteihin 2 ja 3, joissa status on selkeänä tavoitteena. Tämän vuoksi projekti 1 on otettu vertailuun vain suunnitelmaratkaisuiden vaikutusten osalta ja muissa osioissa on keskitytty projekteihin 2 ja 3. Tiedot projekteista on haettu NCC:n omista tietojärjestelmistä, kuten Pro3, Hankintaportaali ja Coolpro. Vertailun tavoitteena on saada hinnoittelurivejä tarjouslaskentaan, sekä nostaa esille mahdollisia riskikustannuksia.

##### **4.1 NCC:n tarjouslaskennan tämänhetkinen käytäntö tarjouslaskennassa**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on toimia tarjouslaskentavaiheen ohjeena NCC:n tulevia hankkeita ajatellen. Olennaista on tutustua myös yrityksen tämänhetkiseen toimintamalliin ja siihen, miten KK10 on tähän mennessä huomioitu laskentavaiheessa. NCC:n tuotantoinsinööri antoi asiantuntijalausuntonsa nykyisistä käytännöistä.

Kuivaketju10-toimintamallin kustannuksien laskentaan ei ole tällä hetkellä minkäänlaista tarkastuslistaa, vaan kustannuksia pyritään huomioimaan työmaan yleis- ja yhteiskustannuksissa. Valmiita hinnoittelurivejä, joissa KK10 otetaan enemmän huomioon, ovat esimerkiksi:

- Pressukatos rakennusmateriaalien ulkovarastointia varten
- Ikkuna- ja oviaukkojen muovitus rungon aikana ennen ikkunoiden asennusta (puuikkunoita ei asenneta ennen kuin vesikatto on vedenpitävä)
- Julkisivutelineet ja vesikaton sääsuoja, jonka laskemisessa hyödynnetään yleensä viimeisintä asuntorakentamisen työmailla tehtyä vuokrasopimusta.

Tärkeää on kuitenkin muistaa, että monet kustannukset ovat hankekohtaisia ja voivat olla myös esimerkiksi pelkästään kosteusasioista valveutuneen tilaajan tahtotila, eikä välttämättä suoraan Kuivaketju10-toimintamallin määrittelemä vaade. NCC:n asuntorakentamisen työmaille lasketaan esimerkiksi aina hinnoittelurivit ontelolaattojen kuivatuskalustolle, sekä kosteudenerotinkalustolle riippumatta siitä onko työmaalla käytössä KK10 vai ei, koska ne kuuluvat NCC:n omiin laadunvarmistustoimenpiteisiin. Lisäksi suurin osa kuluista tulee jo suunnitelmista ja niistä on vaikea eritellä, että mitä Kuivaketju10-toimintamalli on tuonut lisää suunnitelmiin vai olisiko suunnitelmat tehty samalla tavalla ilman KK10-vaatimusta. (10.)

#### 4.2 Projektin 1 pohjatiedot

Projektin 1 sisältää kolme erillistä rakennusta, talot A, B ja C. Talo A on viisikerroksinen lamelli- ja luhtitalon yhdistelmä, ja talot B ja C ovat molemmat kolmikerroksisia porrashuoneettomia pienkerrostaloja. Asuntoja on yhteensä 86 ja huoneistoalaa 4937 m<sup>2</sup>. Pihakannen ja osittain A talon alle sijoitettiin pysäköintihalli. Tontin raivaus ja pinta-maan poisto on aloitettu maaliskuussa 2018 ja kohde on luovutettu huhtikuun lopussa 2020.

#### 4.3 Projektin 2 pohjatiedot

Projektin 2 sisältää kaksi neliportaista ja viisikerroksista kerrostaloa, sekä niiden välisen sisäpihan. Toisessa talossa on 82 (5336 as<sup>m</sup>) asuntoa ja toisessa 81 (5028 as<sup>m</sup>) asuntoa. Kohde on pääasiassa elementtirakenteinen ontelolaattavälipohjalla. Kummassakin talossa on oma IV-konehuone rakennusten katoilla. Projektin maanrakennustyöt on aloitettu syyskuussa 2019 ja hanke on suunniteltu luovutettavaksi kokonaisuudessaan toukokuussa 2022.

#### 4.4 Projektin 3 pohjatiedot

Projektin 3 sisältää yhden 5-7-kerroksisen ja 4-portaisen sekä yhden 5-kerroksisen ja 5-portaisen kerrostalon. Korkeammassa talossa on asuntoja 111 kpl (5975 as<sup>m</sup>), liiketiloja 4 kpl (447 m<sup>2</sup>) ja matalammassa asuntoja on 97 kpl (5627,5 as<sup>m</sup>). Kohde on pääasiassa elementtirakenteinen, mutta rakennuksessa on myös paikallavalukaistoja ja paikallavalupalkkeja. Kohteessa on tärinäeristetyt perustukset ja tuulettuva alapohja. Projektin maatyöt ovat alkaneet lokakuussa 2019 ja koko hankkeen lopullinen luovutus on suunniteltu syyskuulle 2022. Rakennusaika on noin kolme vuotta.

#### 4.5 Kustannusvertailua

##### 4.5.1 Kuivaketju10-vaatimuksien vieminen suunnitelmiin

Kuivaketju10-toimintamalli asettaa suunnittelijoille tiukat vaatimukset suunnitteluun. Kustannustehokkainta olisi, jos vaatimukset saataisiin vietyä jo alustaviin suunnitelmiin ennen tarjouslaskentavaihetta. Usein tämä ei kuitenkaan toteudu.

Projektissa 2 suunnitelmista vastaa yhtenäinen suunnittelijaryhmä, joka toimii arkkitehdin alaisuudessa. Projektissa 3 kaikkien suunnittelijoiden kanssa on tehty erilliset suunnittelusopimukset, mikä on aiheuttanut paljon risteävyyksiä ja puutteita suunnitelmiin. Suunnitelmia käydään läpi aina työvaihekohtaisissa suunnitelmakatselmuksissa ja kaikista huomioista ja muutoksista tehdään merkintä suunnitelmakatselmustaulukoon. Projektissa 2 huomioita on 173 kappaletta ja projektissa 3 kohtia on kertynyt jo 445. Näistä tietenkään kaikki eivät johdu yksinään KK10-vaatimuksista, mutta kertoo, kuinka paljon suunnittelijoiden yhteistyö merkitsee.

Alla olevaan taulukkoon on arvioitu suunnitelmakatselmuksissa KK10-vaatimukseen liittyvien asioiden läpikäymiseen käytettyä aikaa. Voidaan huomata työtunteja kertyvän huomattavat määrät, mikäli suunnittelijaryhmä on rikkonainen ja puutteita paljon.

Taulukko 1. Suunnitelmakatselmuksiin käytetty työaika taulukoituna. (15.)

	Maanrakennus- ja perustusvaihe		Runko		Vesikatto ja julkisivu		Sisätyövaihe	
	2	3	2	3	2	3	2	3
Projektit	2	3	2	3	2	3	2	3
Käytetyt työtunnit	1h	10h	1h	18h	1h	16h	1h	8h
Henkilömäärä	4hlö	2hlö	4hlö	3hlö	4hlö	3hlö	4hlö	3hlö
Työtunnit yhteensä	4h	20h	4h	54h	4h	48h	4h	24h

Projektissa 2 työvaihekohtaisiin katselmuksiin on käytetty aikaa kokonaisuudessaan vain 2-3 h/työvaihe, mutta projektissa 3 pelkästään KK10-vaatimusten läpikäymiseen on kulunut moninkertainen määrä työtunteja. Katselmuksia on jouduttu tekemään ensin sisäisesti urakoitsijan työtiimin kesken ja uudelleen vielä suunnittelijoiden ja kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa.



Huomioitavaa on kuitenkin se, että projektissa 2 rakennusaikaa on jäljellä vielä lähes vuosi ja projektissa 3 yli vuosi. Sisävaiheissa Kuivaketju10-vaatimuksia on kuitenkin huomattavasti vähemmän, joten voidaan olettaa, ettei suunnitelmakatselmuksissa jouduta käyttämään enempää aikaa KK10-toteutuksen läpikäymiseen.

#### 4.5.2 Suunnitelmaratkaisuiden vaikutus rungon sääsuojaukseen

Kaikki kohteet sijoittuvat Etelä-Suomeen ja rakennusajat sijoittuvat kaikkiin vuodenaikoihin. Kun lähdettiin vertailemaan näitä kolmea hanketta, suurimmaksi eroksi muodostui se, että työmaa 1 toteutettiin kokonaan ilman rakennusten huputusta, kun taas työmailla 2 ja 3 rakennukset huputettiin kauttaaltaan. Tämä on varmasti suurin ero kustannusmielessä.

Projekti 1 toteutettiin Kuivaketju10-toimintamallin vaatiman rungon vesitiiveyden osalta siten, että puiset vesikattoelementit (puu- ja kermityöt) tehtiin jo maassa, ja betonisen kattoelementtirungon valmistuttua vesikattoelementit nostettiin suoraan holville. Projektissa 1 käytettiin valmista kattoelementtiä, kun taas projekteissa 2 ja 3, katot ovat papurakenteisia ja valettiin paikan päällä. Turunen kommentoi myös, että vesikaton elementtiratkaisulla voidaan saada elementit jopa nopeammin paikoilleen, kuin väliaikainen huppu. Kustannusmielessä ainakin projektin 1 A-talo oli huomattavasti edullisempaa toteuttaa kattoelementteinä, vaikka elementtiratkaisu toikin lisäkustannuksia lisäsuunnittelun ja nostojen vaatiman järeämmän kattorakenteen vuoksi. (11.)

Projektissa 1 myös julkisivut eristettiin kovalla eristeellä tai käytettiin valmiita sandwich-elementtejä, jolloin julkisivutöidenkään sääsuojaus ei ollut välttämätöntä. Projekteissa 2 ja 3 julkisivut taas eristettiin pehmeällä eristeellä, joka vaatii kuivat asennusolosuhteet, eli käytännössä aina hupun. Projektin 1 A-talossa paikalla muurattua julkisivua oli niin vähän, ettei telineistä siinäkään kohtaa olisi ollut suurta etua. B- ja C-taloissa julkisivut taas olivat kokonaan paikalla muurattuja, joten niissä telineistä ja hupusta olisi voinut olla enemmän hyötyä ja näin ollen huputtomuus ei tuonut niihin yhtä suurta säästöä, kuin A-talossa. (11.)

#### 4.5.3 Rungon sääsuojauksesta aiheutuvat kustannukset

Molemmissa projekteissa on päädytty toteuttamaan Kuivaketju10-toimintamallia huputtamalla rakennukset kokonaisuudessaan sääsuojan alle elementtiasennusvaiheen loputtua. Rungon sääsuojauksen kustannukset ovat nykypäivänä todella korkeat ja vievät ison osan työmaan budjetista.

Taulukko 2. Ajankohtaisten talousennusteiden pohjalta arvioitu kokonaiskustannus sääsuojauksesta esimerkkiprojekteissa 2 ja 3. Riskivaraus on laskettu mukaan.

PROJEKTI	2	3
Sääsuojan kokonaishinta-arvio	515 000€	700 000€
Sääsuojan hinta-arvio bruttoneliölle	49,69€/brm2	58,09€/brm2

Voidaan huomata projektin 2 kustannusten jäävän noin 14% pienemmiksi, kuin projektin 3 kustannukset. Erinäiset suunnitteluratkaisut, sekä sääsuojan suunnitteluratkaisut voivat kuitenkin tuottaa ongelmia ja näin ollen nostaa sääsuojan lisäkustannuksia. Tarjouslaskennassa hyödynnetään sääsuojan osalta tällä hetkellä viimeisintä voimassa olevaa vuokrasopimusta. Kannattavampaa olisi kuitenkin hyödyntää viimeisimpien huputtujen hankkeiden todellisuudessa toteutuneita kustannuksia, sillä virhemarginaali sääsuojan kustannuslaskennassa on tällä hetkellä melko suuri. (15.)

Esimerkiksi projektissa 2 IV-konehuone toteutettiin kokonaan elementtirakenteisena ja se asennettiin ennen sääsuojaa, kun taas projektissa 3 konehuone on toteutettu Paroc-elementteinä, jotka asennetaan vasta hupun alla. Paroc-elementit ovat säälle hyvin herkkiä kevyitä sandwich-elementtejä, jotka asennettiin piennosturilla sääsuojan sisällä. Ongelmia kuitenkin ilmeni sääsuojauksen korkeuden kanssa, kun nosturin toiminnalle ei ollut varattu riittävästi korkeutta. Näin ollen sääsuojaa jouduttiin jälkikäteen muokkaamaan korkeammaksi ja tästä aiheutui lisäkustannuksia. Lisäksi IV-

konehuoneen asennusten aikana jouduttiin nostamaan vesikatolle melko paljon tarvikkeita asennuksia varten ja jokainen nosto vaati hupun avauksen. Jokainen hupun avaus nostaa sääsuojan kustannuksia vähintään 1580 € riippuen vuodenajasta, avauksen koosta ja ajallisesta pituudesta. (15.)

#### 4.5.4 Kosteusmittaukset

Kosteusmittausten avulla varmistetaan, että betonivalu on riittävän kuiva ennen päällystämistä. Mittauksesta laadittava dokumentti, kosteusmittausraportti, toimii todistuksena siitä, että betoni on ollut riittävän kuiva ennen päällystystöitä. Suurissa kohteissa betonin päällystettävyyssmittaukset tehdään yleensä porareikämenetelmällä. Se on RT103333 kortin mukainen ja kustannustehokas mittaustapa etenkin suurissa rakennuksissa. Mittauspisteiden määrät ja sijainnit ovat riippuvaisia kohteen laajuudesta ja rakenteista. Ne valitaan yleensä yhdessä työmaan kanssa siten, että aikaansaadaan kohteelle riittävän kattava otanta.

Kaikissa esimerkkiprojekteissa mittaukset suoritettiin nimenomaan porareikämenetelmällä ja yhden mittauspisteen sijasta kaikkien kohteiden KHK vaati mittaukset rypäleinä vedoten Kuivaketju10-toimintamallin vaatimuksiin ja riskiin numero 8 kosteiden betonipintojen päällystämisestä. Mittaukset tuli myös tehdä jokaisesta tilasta erikseen. Ilman KK10-vaatimuksia voitaisiin tyytyä mittamaan kosteutta paljon laajemmilta alueilta ja vain yhdellä mittauspisteellä.

NCC:n omiin laadunvarmistustoimenpiteisiin kuuluu kuitenkin vaatimus huonekohtaisista mittauksista. NCC:n asuntorakentamisen kohteissa kosteus mitataan aina kylpyhuoneen lattiasta ja seinästä, sekä mahdollisesti parkettipohjista. KK10-kohteissa tehdään mittaukset kylpyhuoneiden lattioista rypäleinä, sekä mitataan myös ulkoseinien kosteudet huoneistokohtaisesti.

Kosteusmittaukset tulevat NCC:lle edullisemmiksi heidän käyttäessä oman yrityksen sisäisiä työmaapalveluita. Viimeisen kolmen vuoden aikana mittauspisteiden määrä on karkeasti kolmikertaistunut pääkaupunkiseudun asuntorakentamisen kohteissa. Eräässä NCC:n 80 asunnon kohteessa vuonna 2018 tehtiin noin 350 mittausta. Projektin 3 toisessa 97 asunnon talossa mittauksia tullaan kokonaisuudessaan tekemään noin tuhat kappaletta. Lisäksi mittaustulosten raportointiin on asetettu huomattavasti tarkempia vaatimuksia, kun raportit täytyy hyväksyttää kosteudenhallintakoordinaattorilla.

Aiemmin NCC:n työmaapalvelut pystyivät toimittamaan kolmen työmaan mittausraportit päivässä, mutta tällä hetkellä yhdenkin työmaan kosteusmittausraportointiin saattaa kulua kaksitoista työtuntia. Euromäärällisiä kustannusvaikutuksia ei voida tarkalleen määrittellä, koska työmaapalveluita ei erikseen laskuteta työmaakohtaisesti. (13.)

Vertailuna tutkittiin kosteusmittauspalveluita tarjoavan Polygon Oy:n hankkeiden hintaeroja sellaisten kohteiden välillä, joissa mittaukset tehtiin joko yhdellä mittauspisteellä tai rypäleenä. Polygonilla kosteusmittaushinnoittelu perustuu aina kohdekohtaiseen tarjoukseen, eikä heilläkään ole mittauspiste- tai tuntikohtaista hinnastoa. Hinnoittelumalli on kuitenkin rakennettu niin, että käyntikohtainen mittauspistemäärä vaikuttaa lopulliseen hintaan. Mikäli tarkastellaan Polygonilla nyt käynnissä olevia kohteita niin lisämittapisteiden kustannusvaikutus on noin 10-25% kosteusmittaus urakan kokonais hinnasta. (14.)

Kustannuksiin vaikuttaa kuitenkin merkittävästi projektinhallinnan onnistuminen. Jos kosteusmittauksien kanssa kiirehditään ja niitä teetetään liian aikaisin, ennen kuin betonivalu on edes rakennusfysikaalisessa tarkastelussa voinut saavuttaa riittävän kuivuuden, joudutaan mittauksia uusimaan moneen kertaan. Tämä tietysti aina moninkertaistaa mittauksiin varattuja kustannuksia. Yleisimmissä tapauksissa rakenteiden kuivaustapa on väärä vallitsevaan tilanteeseen nähden. Esimerkiksi monet työmaat käyttävät talviaikana paljon kondenssikuivureita, vaikka sisäilman kosteus on hyvinkin alhainen ja väärä toimenpide aiheuttaa turhia kustannuksia. Kun rakenteet eivät kuivu odotetulla tavalla ja uusintamittauksia tehdään kiireessä, niin pelkästään kosteusmittausten hinta voi kasvaa yli 50% edellä mainitusta toteutuneista hinnoista. Kerrannaisvaikutuksien ovat vielä suuremmat. Panostamalla projektinhallintaan, suunniteluun ja kohteen oikeisiin kuivumisolosuhteisiin, voivat kosteusmittauskulut jäädä hankkeessa hyvinkin maltilliseksi.

#### 4.5.5 Olosuhdehallinta ja Wiiste-anturit

Projekteissa 2 ja 3 olosuhdehallinta, sekä betonin kuivumisen seuranta on toteutettu Wiiste-antureiden avulla. Wiisteen langattomat SolidRH SH1 -anturit ovat suomalaista patentoitua teknologiaa ja ne soveltuvat hyvin betonin kuivumisen ja suhteellisen kosteuden muutosten seurantaan. Olosuhdehallintaa ja kuivumisen seuranta varten tehdään ensin mittaussuunnitelma Realia-ohjelmistolla, jonka jälkeen antureita asennetaan jokaiseen valuun. Anturit käydään lukemassa säännöllisesti ja mittaustiedot siirretään Realia-järjestelmään. Järjestelmästä KVT voi käydä siirtämässä raportit Kuivaketju10-portaaliin. (12.)

Wiisteen SodiRH-anturin hintaluokka on sama kuin yhden porareikämittauksen, mutta mittausraportteja voidaan hakea rajoittamaton määrä. Tämä vähentää huomattavasti porareikämenetelmällä tehtyjen kosteusmittausten määrää, koska mittausten ajoittaminen oikein on huomattavasti helpompaa. Antureita on asennettu projekteissa 2 ja 3 yksi yhtä valukertaa kohden, sekä joitakin lisäantureita hankaliin kohtiin, kuten delta-palkkien yhteyteen. (12.)

Olosuhdehallintaan on valittu molemmissa projekteissa Wiisteen Wireless olosuhdevahti EH1 WAN, joka on siirrettävä olosuhdevahti. Se seuraa ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Projekteissa 2 ja 3 on KHK:n, tilaajan ja urakoitsijan kesken sovittu, että olosuhdevahteja asennetaan yksi jokaiseen rappuun. Näin ollen niitä on projektissa 2 yhteensä kahdeksan kappaletta ja projektissa 3 yhteensä yhdeksän kappaletta.

Esimerkkiprojekteihin saatiin Rentalta tarjous Wiiste-laitteistoista. Olosuhdevahdit ja antureiden lukulaitteet ovat vuokrattavissa, mutta itse anturit ovat myyntitavaraa.

Tarjoushinnat:

- Olosuhdevahti 0,80€/vrk/kpl
- Antureiden lukulaite 3,60€/vrk/kpl
- Anturi 67,05€/kpl
- Olosuhdemittausten perustamiskustannus 120€.

Taulukko 3. Wiisteen antureiden ja olosuhdevahtien, sekä muiden tarvikkeiden kustannukset arvioituna koko hankkeiden ajalle.

PROJEKTI	2	3
<b>KOKONAISSUMMA</b>	7095,85 €	9221 €
<b>KUSTANNUKSET BRUTTO-NELIÖTÄ KOHDEN</b>	0,69 €/brm <sup>2</sup>	0,77 €/brm <sup>2</sup>

Yllä olevasta taulukosta voidaan huomata kustannusten olevan projekteissa 2 ja 3 melko lähellä toisiaan, eroavaisuus on alle 12%. Projektissa 2 antureita on 65 kappaletta ja projektissa kolme 83 kappaletta. Projektissa 3 on suuremmat paikallavalueet, mikä ilmenee tarvittavien antureiden suurempana määränä. Kustannuksiin on arvioitu luku-laitteiden ja olosuhdevahtien vuokrakustannukset hankkeiden sopimusaikataulujen mukaisesti. Riskikustannuksia olosuhdehallinnalle ei ole otettu huomioon.

#### 4.5.6 Materiaalien ja rakennusosien suojaus työmaalla

Molemmassa projekteissa 2 ja 3 on määritetty, että ulkovarastoinnissa materiaalit tulee varastoida irti maasta, sekä varmistaa riittävä ilmavaihto peitteiden alla. Kaikki suojaus-toimenpiteet on esitetty kosteudenhallinta- ja varastointisuunnitelmassa. Materiaalien suojaukseen on käytetty työmailla rakennusmuovia, sekä pressuja. Oletetaan, että molempien hankkeiden ollessa jo sisävalmistusvaiheessa, ei uusia pressuja sääsuojaukseen tarvitsisi enää ostaa tai vuokrata, ja kustannukset voidaan määrittellä jo nyt, vaikka projektit ovat vielä toteutusvaiheessa. Riskikustannuksia ei ole lisätty tähän osioon.

Taulukko 4. Materiaalien suojaustarvikkeet työmaalla.

PROJEKTI	2	3
Pressuihin ja muoveihin käytetty kokonaissumma	7927,51 €	5854,96 €
Pressuihin ja muoveihin käytetty summa brutto-neliötä kohden	0,77 €/brm <sup>2</sup>	0,49 €/brm <sup>2</sup>

Yllä olevasta taulukosta voidaan huomata, että kustannukset ovat projektissa 2 jopa 57% korkeammat kuin projektissa 3. Suurimpana erona projekteissa käytetyissä suojausmateriaaleissa on se, että projektissa 2 on pyritty vuokraamaan lähes kaikki pressut, kun taas projektissa 3 ne on ostettu omaksi. Vuokratuissa pressuissa on se vaara, että ne unohdetaan palauttaa, jolloin vuokratustannukset jäävät pyörimään, vaikka pressut eivät olisikaan käytössä. Lisäksi projektissa 2 vuokrattuja pressuja oli mennyt rikki, jolloin ne on jouduttu joka tapauksessa lunastaa työmaan omaksi. Lunastushinnat ovat huomattavasti korkeammat, kuin normaalit ostohinnat ja lunastettuihin pressuihin olikin kulunut yli 2000 €. Jo tämä yksinään selittää suojausmateriaalien hintaeron esimerkkiprojektien välillä.

Työmailla suositaan lähtökohtaisesti aina täsmätoimituksia, koska pienemmän materiaalmäärän hallinnointi on helpompaa. Suuria massoja on vaikea varastoida ja ne vievät paljon tilaa nykypäivän pieniltä tonteilta. Projekteissa 2 ja 3 on määritelty Kuivaketju10-portaaliin, että työmailla tulee suosia täsmätoimituksia työmaavarastoinnin sijaan, sekä materiaalit tulee olla sääsuojattuna jo kuljetuksessa. KVT:n tulee aina todentaa, että työmaalle toimitetut materiaalit ovat saapuessaan kuivia. Lähtökohtaisesti tämä tarkoittaa enemmän rahtikuluja, kun materiaaleja toimitetaan pienemmissä erissä. Kustannuksia muodostuu myös tuotteiden säilyttämisestä terminaalissa.

Palvelu	Asiakashinta Pasila € (alv 0%) SVH
<b>Toimitus- ja Kuljetuspalvelut</b>	
<b>Rahti</b>	
Pk-jakelu (kehä 5 alueella toimituksen perushinta €/toimitus)*	157,00
Sisältää aina kellonaikapurun, nosturiauton ja päältäpurun max. Täysperävaunu	
Yöjakelu (22-06)	75,00
Täsmä-hallinnointi/toimitus	83,00
Lava (EUR,FIN)	6,00
Erikoislava	10,02
Rullakko	3,00
Pitkä tavara (yli 7m)	12,00
Muu Suomi hinnoitellaan tapauskohtaisesti	
<b>Kuljetuksen lisäpalvelut</b>	
Purkupaikkalisä (lisäpurkupaikat €/paikka)	40,63
Odotustaksa (alkava 30 min.) alkaa 1h purkuajan ylittyessä.	49,00
Hälytyslisät (kerta)	200,00
<b>Kantopalvelu kuljetuksen yhteydessä</b>	
Kantopalvelu (h/hlö)	50,00
<b>Palautuspalvelu</b>	
Palautus terminaaliin varastoitavaksi	200,00
Pakkausjätteen poisienti toimituksen yhteydessä	Sovittava kohteen mukaan erillistarjouksella
<b>Varastointipalvelut</b>	
<b>Tilat</b>	
<b>Varastointi(/nippu/lava/vrk)</b>	
Peruslava (EUR, FIN...)	0,75
Erikoislava	1,20
Pitkä tavara yli 7m	1,25
Rullakko	0,75
<b>Varastointiajat</b>	
Perusvarastointiaika 0-4 vko	Perustaksa, yllä olevien vrk-hintojen mukaan.
Lisävarastointiaika +4 vko, poikkeustapauksissa	Sovittava tapauskohtaisesti
<b>Tavaran käsittely</b>	
Terminaalikäsittely (sisältää vastaanoton, kuorman tarkistuksen)/nippu/lava kpl	3,50
Säänsuojaus huputus	7,00
Lavojen yhdistely/setitys h	45,00
Erikseen sovittavat lisätyöt h	45,00
Lavaveloitus (terminaalista lisälavat toimitukseen)	7,50

Kuva 4. Yllä on Kesko Oyj:n hinnasto projekteille 2 ja 3, josta voimme nähdä, että terminaalis- sa varastoitavien materiaalien säänsuojaus maksaa seitsemän euroa lavaa/nippua kohden. Esimerkkikohteissa tästäkin aiheutuvat lisäkustannukset nousevat nopeasti tuhansiin euroihin hankkeiden koon vuoksi.



Riski numero yhdeksän koskien materiaalien ja rakenteiden kastumisesta aiheutuvaa rakennuksen vaurioitumista on Kuivaketju10-toimintamallin näkyvin osa työmaalla. Se työllistää jokaisessa työvaiheessa KVT:aa, työvaihekohtaista työnjohtajaa, sekä rakennustyöntekijöitä. Alla on vielä listattuna kaikki projekteissa 2 ja 3 määritellyt suunnittelu-tehtävät koskien materiaalien suojausta kastumiselta:

- Suositetaan työmaan logistiikan suunnittelussa täsmätoimituksia materiaalin työmaavarastoinnin sijaan.
- Määritellään, kuinka materiaalit tulee suojata niiden kuljetuksen aikana. Vaatimukset kosteudenhallintaselvityksessä.
- Esitetään viitearvot toimitettavien puutavaroiden sallitulle kosteuspitoisuudelle.
- Pakollisen varastoinnin osalta tehdään varastointisuunnitelma, jossa huomioidaan materiaalien erilaiset olosuhdevaatimukset.
- Ulkovarastoinnissa materiaalit tulee varastoida irti maasta sekä tulee varmistaa riittävä ilmanvaihto esimerkiksi peitteiden alla. Vaatimus esitetty kosteudenhallintaselvityksessä. Toimenpiteet esitetään kosteudenhallintasuunnitelmassa.
- Esitetään herkkien materiaalien, kuten sahatavaran sekä seinä- ja kattolevyjen, varastointi siten, että kostea ulkoilma ei vaurioita materiaaleja. Vaatimus esitetty kosteudenhallintaselvityksessä. Toimenpiteet esitetään kosteudenhallintasuunnitelmassa.
- Esitetään ohjeistus valettujen betonirakenteiden päälle varastoitavasta materiaalista. Varastoitava materiaali ei saa kastua betonin vaikutuksesta, eikä estää betonin kuivumista. Toimenpiteet kosteudenhallintasuunnitelmaan.
- Sovitaan, kuinka menetellään, jos materiaali on päässyt kastumaan. Suunnittelija tekee arvion siitä, täytyykö materiaali uusia vai voiko sen kuivata ja miten kuivaaminen tulee suorittaa. Toimenpiteet kosteudenhallintaselvityksen vaatimusten mukaisesti.
- Kaikki putket ja ilmanvaihtokanavat varusteineen, eristeet, toimilaitteet ym. talotekniset asennukset suojataan työnaikaiselta kosteudelta sekä tasoite-, maali ym. roiskeilta. Likaantuneet ja vaurioituneet asennukset puhdistetaan tai vaihdetaan.
- Suunnitellaan hormielementtien suojaus rakennusaikana siten, ettei elementtien kastumista pääse tapahtumaan.

Näiden tehtävien lisäksi projektissa 2 on määritelty yhteensä neljätoista ja projektissa 3 viisitoista kohtaa rakenteiden suojaamisesta jo suunnitteluvaiheessa.

#### 4.5.7 Dokumentoinnin tarkkuus

Kuivaketju10-toimintamalli, tilaaja ja urakoitsija asettaa aina omat vaatimukset työvaiheiden dokumentoinnille. NCC on viime vuosina lisännyt paljon dokumentoinnin tasoa, sillä se helpottaa takuu- ja korjaustöitä huomattavasti. Projekteissa 2 ja 3 tilaaja on asettanut tarkan tehtävälisan dokumentoitavista osa-alueista, mutta Kuivaketju10-toteutus tuo oman lisänsä listaan. Alla on esitetty kuvat projektien tehtävälisöjen osuuksista, jotka tulevat kokonaan KK10-vaatimuksista ja ovat täten kustannuserä dokumentointiin käytettyjen työtuntien muodossa.

Kosteudenhallinnan tehtävälista	Tyyppi	Tilaaja				Urakoitsijat				Suunnitt.						K		
		Projektipäällikkö	Työmaavaloija	LVI-avaloija	Sähköavaloija	VTJ	Kovtj	Iv-tj	Sähkö	Pääsuunnittelija	ARK	RAK	LVI	SAH	GEO		Miessuunnittelija	Kosteudenhallintakoordinaattori
<b>Projekti 2</b>																		
Pohjakatselmus ennen täyttöjä ja salaojia.						v												
Kapillaarikatkon mallikatselmus	malli					v												
Kapillaarikatkon kapillaarinen veden nousukorkeus	hyväksyntä					v												
Kapillaarikatkon mallikatselmus	malli					v												
Vesikatkon korkeusasemien ja kaatojen tarkastus	mittaus/ko					v												
Mallikatselmus kattokaivo	malli					v												
Mallikatselmus ulkoseinän ja yläpohjan liittymästä	malli					v												
Varastointisuunnitelma																		
Kuivumisajalaskelmat rakennetyypeittäin						v												
Sisätilojen olosuhdeseuranta	seuranta					v												
Pinnoituslupa	hyväksyntä					v												
Vesivahinkojen raportointi						v												
Sääsuojaussuunnitelma						v												
Käyttö- ja huolto-ohjeen kuivaketju10 osio						v												
Pintavaaitus mittauspöytäkirjoineen						v												
Korkeustasojen mittaus rakennuksen nurkkapisteissä ja 3 m:n etäisyydellä nurkista						v												

Kuva 5. Projektin 2 tehtävälista.

Kosteudenhallinnan tehtävälista	Tyyppi	Tilaaja				Urakoitsijat				Suunnitt.						K		
		Projektipäällikkö	Työmaavaloija	LVI-avaloija	Sähköavaloija	VTJ	Kovtj	Iv-tj	Sähkö	Pääsuunnittelija	ARK	RAK	LVI	SAH	GEO		Miessuunnittelija	Kosteudenhallintakoord.
<b>Projekti 3</b>																		
Pohjakatselmus ennen täyttöjä ja salaojia	katselmus																	
Mallikatselmus kapillaarikatkon	malli																	
Kapillaarikatkon kapillaarinen veden nousukorkeus	hyväksyntä																	
Kapillaarikatkon mallikatselmus	malli																	
Vesikatkon korkeusasemien ja kaatojen tarkastus	mittaus/ko																	
Mallikatselmus kattokaivo	malli																	
Mallikatselmus ulkoseinän ja yläpohjan liittymästä	malli																	
Varastointisuunnitelma																		
Kuivumisajalaskelmat rakennetyypeittäin																		
Sisätilojen olosuhdeseuranta	seuranta																	
Pinnoituslupa	hyväksyntä																	
Vesivahinkojen raportointi																		
Sääsuojaussuunnitelma																		
Käyttö- ja huolto-ohjeen kuivaketju10 osio																		
Pintavaaitus mittauspöytäkirjoineen																		
Korkeustasojen mittaus rakennuksen nurkkapisteissä ja 3 m:n etäisyydellä nurkista																		

Kuva 6. Projektin 3 tehtävälista.

Työmaalla dokumentointi kuormittaa merkittävästi työvaihekohtaisia työnjohtajia ja kosteudenhallinnasta vastaavaa työnjohtajaa. Työvaihekohtaiset erot ovat suuria, sillä KK10-toimintamalli lisää dokumentoinnin tarkkuutta vain riskialttiisiin työvaiheisiin. Myös työnjohtajakohtaisella työtehokkuudella on tietysti oma vaikutus.

Taulukko 5. Taulukkoon on koottu arvioita työnjohtajien dokumentointiin keskimäärin käytettäviä työtuntimääriä viikossa.

Työnjohtajakohtainen työvaihekokonaisuus	Viikossa dokumentointiin käytetyt työtunnit (keskimääräinen arvio)
Kipsiväliseinät, kylpyhuoneiden valut ja etuputsi laatoitusta varten, sekä tasoitus- ja maalaustyöt	10h
Vedeneristys, laatoitus, pintabetonilattiat ja muuratut väliseinät	24h
Pintabetonilattiat, kipsiväliseinät	3h
Ikkuna-asennukset, alakatot, saunojen eristeet	2h

Kaikkien dokumenttien, kuten mallikatselmusten, mittaustietojen ja osakohteentarkastusten vieminen Kuivaketju10-portaaliin on lisätyö, joka kerryttää KVT:n työtunteja merkittävästi jo ihan viikkotasolla. Kokonaisuudessaan KVT:n tehtäviin projektikohtaisesti kuluu noin 8h, eli yksi työpäivä viikossa.

#### 4.5.8 Projekteihin määritellyt kohdekohtaiset riskit

Projektissa 1 ei käytetty Kuivaketju10-portaalia, eikä haettu virallista Kuivaketju10-statusta. Projekteissa 2 ja 3 statusta kuitenkin haetaan ja portaali on aktiivisessa käytössä. Portaaliin on määritelty kohdekohtaisia riskejä Kuivaketju10-toteutuksen yleisen riskilistan jatkeeksi.

Projektissa 2 on kaksi ylimääräistä riskiä. Riskiksi numero 11 on määritelty ”Liittymät eri vaiheessa valmistuviin rakenteisiin ja rakennuksiin”. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rakentamisen aikaisessa sääsuojauksessa huomioidaan eri liikuntasuomien alueiden rajoilla eri aikaan valmistuvat rakenteet, erityisesti vesikattorakenteet. Riski on pyritty huomioimaan työmaan sääsuojauksuunnitelmassa, jonka KHK on allekirjoittanut ja urakoitsija huolehtii sen toteutumisesta. Kustannuksia tämä riski nostaa jälleen työtuntien muodossa.

Projektiin 2 ja 3 on molempiin määritelty yhdeksi ylimääräiseksi riskiksi työmaa- ja sääolosuhteiden hallinta. Projektissa 2 tämä on riski numero 12 ja projektissa 3 riski numero 11. Riskiä on tarkennettu kolmella alaotsikolla. Ensimmäisessä kohdassa on määritetty, että kaikki kaivannot on pidettävä jatkuvasti kuivana pumppaamalla. Kaivantojen kuivana pidosta aiheutuu pumppujen vuokrakustannukset, sekä tietysti työtunteja. Toisessa kohdassa on määritetty, että työmaavesien ohjauksessa on noudatettava Helsingin kaupungin työmaavesiohjetta. Tässäkin kertyy työtunteja niin urakoitsijalle, kuin kosteudenhallintakoordinaattorillekin. Nämä molemmat vaatimukset on esitetty kosteudenhallintaselvityksessä ja toimenpiteet kosteudenhallintasuunnitelmassa. Kolmannessa kohdassa on määritetty, että tuuliolosuhteet tulee huomioida sääsuojauksuunnitelmassa ja rakennesuunnittelijan tulee tarkastaa laskelmat. Sääsuojauksuunnitelma tulee yleensä aliurakoitsijalta, mutta KVT ja KHK tarkastaa sen. Tämä kohta kuitenkin asettaa vaatimuksen myös rakennesuunnittelijalle. (16.)

## 5 Tulokset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on toimia tarjouslaskennan yleisohjeena tulevien asuntorakentamisen Kuivaketju10-toimintamallin mukaan toteutetuissa hankkeissa. Esimerkkikohteiden avulla tehdyn tutkimuksen perusteella voidaan määrittää tarkempia hinnoittelurivejä tarjouslaskentaan, sekä nostaa esille mahdollisia riskikustannuksia, jotka tulee arvioida hankekohtaisesti.

Bruttoneliömäärällinen hinta voitiin määrittää rungon sääsuojaukselle, Wiiste-laitteistolla toteutetulle olosuhdehallinnalle, sekä rakennusmateriaalien suojaustarvikkeille. Nämä rivit eivät kuitenkaan tule suoraan Kuivaketju10-toimintamallin vaatimuksesta, vaan voivat olla vain kosteudenhallinnasta valveutuneen tilaajan tahtotila. Alle on kuitenkin taulukoitu keskiarvoinen hinta näille osa-alueille tutkimuksen esimerkkiprojektien pohjalta. Tuloksissa tulee huomioida, että sääsuojan kustannukset sisältävät telineet, sekä riskivarauksen, mutta olosuhdehallinnassa ja materiaalien suojaustarvikkeissa riskivarausta ei ole erikseen lisätty. Sääsuojan kohdalla kustannusten arvioinnissa tulee huomioida julkisivun monimuotoisuus nostavasti.

Taulukko 6. Esimerkkihinnittelurivejä tarjouslaskentaan.

<b>Sääsuoja (sis. telineet)</b>	56,27 €/brm <sup>2</sup>
<b>Wiiste-olosuhdehallinta</b>	0,73 €/brm <sup>2</sup>
<b>Materiaalien suojaustarvikkeet</b>	0,63 €/brm <sup>2</sup>

Kosteusmittauksille ei voitu määrittää tarkkoja kustannuksia, mutta huomion arvoista on se, että jos hankkeessa tilaaja ei hyväksy urakoitsijan omaa mittauspalvelua niin rypälemittausten hintavaikutus voi olla jopa 15-25% mittausurakan kokonaissummasta. Lisäksi ilman Wiisteen tai vastaavan järjestelmän kautta tehtävää kuivumisen seurantaan voi kosteusmittausurakan kustannukset moninkertaistua, jos mittauksia joudutaan tekemään moneen kertaan.

Kuivaketju10-toimintamallin aiheuttamat kustannukset ovat todella suhteellisia ja hankkeesta riippuvaisia. Kustannuksia muodostuu eniten työtuntien muodossa, mutta tarkemmin tehdyn työn positiiviset vaikutukset hankkeen kokonaiskustannuksiin jäävät herkästi piiloon. Toimintamallin mukaisten suunnitelmaratkaisujen vieminen suunnitelmiin tulisi huomioida tarkasti jo tarjouslaskentavaiheessa. Mikäli suunnittelijaryhmä on toisistaan irrallinen ja suunnitelmat keskeneräisiä, riskivarausta tulisi suurentaa. Lisäksi huputuksen tarpeellisuus tulee huomioida tarkasti, sillä sen kustannukset nostavat välillisesti monia muitakin kustannuksia, esimerkiksi työmaalogistiikkaan liittyen. Rungon sääsuojaus vaikeuttaa esimerkiksi materiaalien nostamista rakennuksen sisälle jälkikäteen, mutta rungon mukana nostetut materiaalit nostavat suojauskuluja muovien, presujen ja tuntitöiden muodossa. Täsmätoimitusten kustannukset täytyy myös huomioida työvaihekohtaisissa rahtikuluissa, sekä väliterminaalin varastointikuluissa.

Kuivaketju10-toteutus tulisi myös huomioida työmaalle tarvittavien työnjohtajien määrässä. Dokumentointi vie suuren osan erityisesti kosteudenhallinnasta vastaavan työnjohtajan viikkotunneista, mutta kuormittaa myös työvaihekohtaisia työnjohtajia. Työvoimaresurssien riittävyys tulee varmistaa Kuivaketju10-vaatimuksen omaavissa hankkeissa. Lisäksi kohdekohtaiset lisäriskit tulisi olla tiedossa ennen tarjouslaskentaa, jotta niidenkin aiheuttamat mahdolliset kustannukset voidaan huomioida.

## 6 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena on kartoittaa nykypäivänä laajasti käytetyn Kuivaketju10-kosteudenhallinnan toimintamallin aiheuttamia kustannuksia ja säästöjä, jotta toimintamallin vaatimukset osattaisiin ottaa tulevaisuudessa paremmin huomioon uusien hankkeiden tarjouslaskentavaiheessa. Työssä selvitettiin ensin mitä Kuivaketju10-toimintamalli varsinaisesti tarkoittaa ja minkälaisia vaatimuksia se asettaa hankkeille. Teoriaperustan pohjalta tutkittiin, aiheutuuko vaatimuksista kustannuksia tai säästöjä. Tutkimus osoittautui haastavaksi, sillä Kuivaketju10-toimintamalli ei varsinaisesti tuo hankkeisiin juurikaan uutta, vaan se nostaa esiin työvaiheita, jotka tulee toteuttaa entistä paremmin ja tarkemmin. Lähes kaikki Kuivaketju10-vaatimukset kuuluvat myös kosteudenhallinnasta valveutuneen tilaajan tai urakoitsijan laadunvarmistustoimenpiteisiin jossain määrin. Toimintamalli saattaa vain asettaa laadunvarmistustoimenpiteille astetta tiukemmat rajaukset.

Tutkimusosiossa vertailtiin tilaajayrityksen NCC Suomi Oy:n kolmea erilaista hanketta. Yksi oli jo päättynyt hanke, jossa tilaaja vaati Kuivaketju10-toimintamallin mukaista toteutusta, mutta ei hakenut virallista KK10-statusta. Toinen ja kolmas esimerkkihanke on tällä hetkellä toteutusvaiheessa olevia hankkeita, joissa Kuivaketju10-statusta aiotaan hakea ja hankkeet on kokonaisuudessaan toteutettu sen mukaisesti. Hankkeissa aiheutuneita kustannuksia kartoitettiin teorian tiedon pohjalta ja kustannusvaikutuksia löytyi.

Rungon sääsuojaukselle, Wiiste-antureilla toteutetulle olosuhdehallinnalle ja rakennusmateriaalien suojaustarvikkeille onnistuttiin määrittelemään tarkat kustannukset bruttoneliötä kohti. Lisäksi saatiin selvitettyä prosentuaalinen kustannusvaikutus kosteusmittauksille tilanteisiin, joissa Kuivaketju10-toimintamalli vaatii enemmän mittapisteitä hankkeisiin. Nämä vaikutukset saadaan suoraan vietyä tarjouslaskentavaiheeseen.

Muilla Kuivaketju10-toimintamallin vaatimilla osa-alueilla hintavaikutus näkyy enemmänkin työtuntien muodossa. Suuri kuormitus Kuivaketju10-toimintamallin käytöstä osuu suunnittelijoille. Suunnittelijoiden tarkastuslista voi olla todella pitkä ja yksityiskohmainen. Listan tekemiseen, tarkentamiseen ja todentamiseen todella kuluu arvokasta työaika. Urakoitsijalle jää myös paljon todennettavaa toteutus- ja käyttöönotto vaiheeseen. Suurin osa kohdista on kuitenkin sellaisia, jotka kokenut suunnittelija, urakoitsija ja tilaaja ottavat huomioon ja huolehtii joka tapauksessa, myös ilman KK10-vaatimusta. Kuivaketju10-toimintamallin mukainen todentaminen ja dokumentoiminen on työlästä ja aikaa vievää, mutta toisaalta pitää ottaa huomioon, kuinka paljon se sitten säästää aikaa ja rahaa pitkällä tähtäimellä. Vaatimusten onnistunut vieminen suunnitelmiin ja tarkempaan dokumentointiin käytetty aika on hyvin riippuvainen työmaan henkilöstöstä ja hankkeen luonteesta. Nämä osiot tulee tarjouslaskentavaiheessa huomioida riskivaruudessa ja henkilöstöresursseissa hankekohtaisesti.

Kuten aiemmin jo todettiin; Kuivaketju10-toimintamalli ei tuo varsinaisesti mitään lisää. Sillä vaan nostetaan ongelmakohtat esiin ja saadaan aikaan laadullisesti huolellisempaa rakentamista. Suurin osa mahdollisista kustannuksista onkin suhteellisia, koska toimintamallin mahdollistamat säästöt ovat väistämättömät. Kun kosteus ei pääse rakenteisiin toteutusvaiheessa, kosteusvaurioiden riski myöhemmässä vaiheessa pienee merkittävästi. Tarkempi dokumentointi sen sijaan säästää urakoitsijaa, sekä tilaajaa riitatilanteilta esimerkiksi takuu- ja korjausvaiheessa.

Tutkimusta voisi jatkaa ja tarkentaa tutustumalla kahteen luonteeltaan samanlaiseen hankkeeseen, jossa toisessa on käytössä Kuivaketju10-toimintamalli ja toisessa ei. Näin saataisiin selkeää informaatiota nimenomaan KK10-toimintamallin vaikutuksista. Tätä työtä voidaan kuitenkin hyödyntää hyvin tarjouslaskennassa, erityisesti riskikulu-  
jen arvioinnissa.



## Lähteet

1. <http://kuivaketju10.fi/>, luettu 3.5.2021
2. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen_150313.pdf), luettu 3.5.2021
3. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Suunnittelu\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Suunnittelu_150313.pdf), luettu 3.5.2021
4. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori_150313.pdf), luettu 3.5.2021
5. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/04/Kuivaketju10-Työmaatoteutus\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/04/Kuivaketju10-Työmaatoteutus_150313.pdf), luettu 3.5.2021
6. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Käyttöönotto\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Käyttöönotto_150313.pdf), luettu 3.5.2021
7. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Käyttö\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Käyttö_150313.pdf), luettu 3.5.2021
8. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf), luettu 3.5.2021
9. Kehiakehi, Virpi. Kosteudenhallintakoordinaattori, asiantuntija, A-insinöörit, Helsinki. Keskustelu 4.5.2021.
10. Kiiveri, Mikko. Tuotantoinisinööri, NCC Suomi Oy, Helsinki. Sähköpostikeskustelu 19.4.2021.
11. Turunen, Simo. Työmaainsinööri, NCC Suomi Oy, Helsinki. Sähköpostikeskustelu 10.5.2021.

12. [https://www.wiiste.com/uploads/gAK0t4ri/RT\\_kortti\\_Wiiste\\_kosteudenhallintajarjestelma.pdf](https://www.wiiste.com/uploads/gAK0t4ri/RT_kortti_Wiiste_kosteudenhallintajarjestelma.pdf)
13. Riku Ryyänen, Kosteusmittaukset, Työmaapalvelut, NCC Suomi Oy. Keskustelu 26.5.2021.
14. Rautio, Niko. Palvelupäällikkö, rakenteiden kosteudenmittaaja, rakennusten lämpökuvaaja ja Fise-pätevöitynyt kosteusvaurioiden korjaustyönjohtaja, Polygon Finland Oy. Sähköpostikeskustelu 17.5.2021.
15. Aila Haavisto, työmaainsinööri ja Elina Kinnunen, projekti-insinööri. NCC Suomi Oy. Keskustelu 20.5.2021.
16. Hankekohtainen Kuivaketju10-portaali. 15.5.2021

