

LAB-ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Yhdyskuntarakentaminen

Robert Rahunen

## **Digitalisaation hyödyntäminen betonitöissä**

Opinnäytetyö 2020

## Tiivistelmä

Robert Rahunen

Digitalisaation hyödyntäminen betonitöissä, 31 sivua, 3 liitettä

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Yhdyskuntarakentaminen

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: lehtori Heikki Vehmas, LAB-ammattikorkeakoulu, työnjohtaja Marko Mikkola, YIT Suomi Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli arvioida nykyisiä ja mahdollisesti löytää uusia digitaalisia työkaluja betonointiprosessin hallinnan tueksi. Etenevä digitalisaatio näkyy rakennusalalla erilaisina digitaalisina järjestelminä, mutta betonointiin hyödynnettäviä digityökaluja on vähän.

Digitaalisten työkaluja betonityön hallintaan kartoitettiin ja niiden kysyntää selvitettiin Blominmäen jätevedenpuhdistamon työmaalla suoritetun haastattelututkimuksen avulla. Haastattelututkimukseen osallistui työmaan kokeneita betonityönjohtajia ja aluevastaavia.

Haastatteluiden tuloksena selvisi, että digitaalisia työkaluja hyödynnettäväksi betonointiprosessissa on vähän. Haastatteluiden yhteydessä löydettiin mahdollisuus lisätä digitalisaatiota betonityössä kehitettävällä digitaalisella sovelluksella.

Sovelluksen käyttämiseen ja sen tarjoamiin hyötyihin betonointiprosessissa perehdyttiin tarkemmin ja löydettiin sovellukselle toimintoja ja toimintamalleja, jotka voisivat helpottaa betonointiprosessin hallintaa.

Asiasanat: betoni, betonointi, digitalisaatio, betonointipöytäkirja, digitalisuus

## **Abstract**

Robert Rahunen

Utilization of digitalization in concrete work, 31 pages, 3 appendices

LAB University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Infrastructure construction

Bachelor's Thesis 2020

Instructor(s): Mr Heikki Vehmas, Senior Lecturer, LAB University of Applied Sciences; Mr Marko Mikkola, Site foreman, YIT Construction and Building Company

The aim for this thesis was to study digital tools for concrete work management and for its support. In order to find out the existing ones and to find new digital tools, an interview survey was used at the Blominmäki wastewater treatment plant site. Based on the interviews, the functionality of the tools already in use was assessed and new digital solutions were found to facilitate the management of concrete work.

As a result of the interviews, it became clear that there are few digital tools to be utilized in the concreting process. In connection with the interviews, an opportunity was found to increase digitalization with a digital application being developed in concrete work.

The application and its features were studied in more detail during the interviews.

Keywords: concrete, concreting, digitalization, concrete work

## Sisällys

1	Johdanto .....	5
2	Betonityö .....	6
2.1	Betonoinnin ennakkosuunnittelu .....	6
2.2	Betonin valinta .....	7
2.3	Betonin tilaaminen ja vastaanotto .....	9
2.4	Betonin kuljetus- ja siirtokalusto .....	10
2.5	Betonointi ja tiivistys .....	13
2.6	Jälkihoito .....	16
2.7	Betonointityön turvallisuus .....	18
2.8	Betonointi kylmissä olosuhteissa .....	19
2.9	Betonoinnin asiakirjat .....	20
3	Betonityön digityökalujen kartoittaminen .....	21
3.1	Digitalisaation lisääminen ja nykyiset työkalut .....	22
3.2	Digitalisaation lisääminen sovelluksen avulla .....	22
3.3	Sovelluksen ideointi .....	23
3.4	Sovelluksen toimivuus ja yleisimmät ongelmat betonoinnissa .....	23
4	Nykyiset digityökalut .....	23
5	Löydetyt digiratkaisun kehittäminen .....	24
5.1	Sovelluksen käyttö ja ominaisuudet .....	24
5.2	Sovelluksen käyttötarkoitus .....	26
5.3	Sovelluksen hyötyjen arviointi .....	26
5.4	Sovelluksen riskien arviointi .....	27
5.5	Sovelluksen kehittäminen .....	28
5.6	Pohdintaa sovelluksen lisäominaisuuksista .....	29
6	Päätelmät .....	29
6.1	Yhteenveto tutkimuksen tuloksista .....	30
6.2	Pohdintaa digitalisaation mahdollisuuksista .....	30
	Lähteet .....	32

# 1 Johdanto

Betonointi on prosessi, johon kuuluu teknisen työsuorituksen lisäksi paljon työnjohdollisia toimenpiteitä. Työnjohdollisilla toimenpiteillä betonointiprosessissa tarkoitetaan esimerkiksi betonointityön ennakkosuunnittelua, betonin tilausprosessia, betonointipöytäkirjojen laatimista sekä työsuorituksen ja lopputuloksen laadunvalvontaa. Työnjohdolliseksi työksi voidaan lukea kaikki se ei-tekninen työ, jota valmistuva rakenne vaatii valmistuakseen toimivana, virheettömänä rakenteena aikataulussa ja tavoitteellisissa kustannuksissa. Koko rakennusala koskettavassa laajassa ja nopeassa digitalisaatiossa nähdään mahdollisuuksia betonointiprosessin hallinnan sekä työnjohdollisen seurannan ja suunnittelun helpottamiseksi.

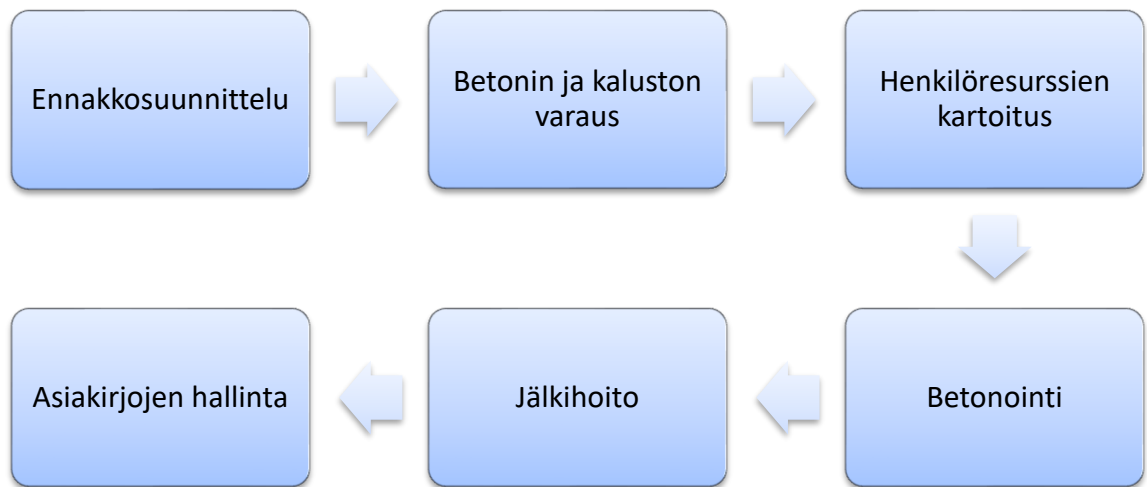
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia etenevän digitalisaation tarjoamia mahdollisuuksia paikallavalettavan betonityön hallintaan sekä kartoittaa etenevän rakennusalan digitalisaation tarjoamia työkaluja. Lisäksi tarkoituksena on tutkia ja arvioida nykyisten, jo käytössä olevien digityökalujen toimivuutta betonityössä. Tässä työssä käydään läpi betonointiprosessi, jotta lukija ymmärtää prosessia, sen kulkua ja sen vaiheita.

Opinnäytetyön tilaajana toimii YIT Suomi Oy. YIT toimii asunto- ja toimitilarakentamisessa sekä infrarakentamisessa. YIT:n toiminta-alue on laaja ja se sisältää Suomen, Venäjän, Baltian maat, Slovakian, Puolan ja Tsekin. (YIT 2019.)

Opinnäytetyön haastattelututkimus suoritettiin Blominmäen jätevedenpuhdistamon työmaalla Espoossa keväällä 2020. Blominmäen jätevedenpuhdistamon työmaalla oli valettu syyskuussa 2019 jo noin 53 900 m<sup>3</sup> betonia, joka on 69 prosenttia työmaalla valettavan betonin määrästä. Työmaalla hyödynnetään esimerkiksi hankkeesta laadittua 3D-tietomallia, joka toimii suunnittelun ja toteuttamisen apuvälineenä. Betonointia suoritetaan päivittäin työmaalla eri puolilla maan alle louhittua luolastoa. (HSY 2019.)

## 2 Betonityö

Tässä kappaleessa tutustutaan paikallavalettavan rakenteen betonityöhön ja käydään läpi sen eri vaiheet työnjohtajan näkökulmasta. Alla olevassa kaaviossa on esitetty betonointiprosessin vaiheet pääpiirteittäin. Työturvallisuutta ja laatua valvotaan koko prosessin ajan.



*Kuva 1. Betonointiprosessin vaiheet ja kulku pääpiirteittäin*

### 2.1 Betonoinnin ennakkosuunnittelu

Teknisesti ja taloudellisesti onnistuneen betonirakenteen valmistuminen varmistetaan huolellisella betonityön ennakkosuunnittelulla. Huolellisella ennakkosuunnittelulla mahdollistetaan sujuva betonityö sekä ehkäistään mahdollisia virheitä ja poikkeamia betonoinnin aikana. Poikkeamien ehkäisyllä varmistetaan rakenteen pitkäikäisyys ja tekninen toimivuus. Ennakkosuunnitteluun kuuluu koko työsuorituksen suunnittelu alusta loppuun. Ennen betonoinnin aloittamista tulee tarkistaa, että kulku betonoitavalle rakenteelle on esteetön ja valittu betonimassan siirtotapa soveltuu valettavaan kohteeseen. Lisäksi on tarkastettava, että betonoinnissa käytettävät työvälineet ja koneet ovat toimivia, niitä on tarpeeksi ja ne ovat

kohteessa ennen työn aloittamista. Ennen valun aloittamista on kerrattava valuryhmän kanssa betonityön suoritukseen oleellisesti liittyvät asiat, kuten rakenteen betonointiin käytettävä työtapa ja aikataulu. (Betoniteollisuus ry a.)

## **Betonityösuunnitelma**

Osana betonoinnin ennakkosuunnittelua laaditaan paikallavalukohteen vaiheista erilliset työsuunnitelmat. Työsuunnitelmat laaditaan raudoituksen, muotin ja betonoinnin osalta. Betonityösuunnitelmassa määritetään kohteessa käytetyn

- betonin ominaisuudet (notkeus, raekoko, lujuusluokka, betonointinopeus)
- betonin siirtotapa (pumppujen sijainnit, aikataulu)
- betoniaseman ja betonin toimitus (kuormien koko, ennakkokokeet)
- betonityö (työkunta, työjärjestys, työnaikaiset tauot)
- talvibetonointi (tarvittava suojaus, lämmitys). (Palonen 2017.)

## **Betonin laatupoikkeamien ehkäisy**

Merkittävässä betonirakenteissa havaittiin laatuongelmia vuonna 2016. Laatuongelmia havaittiin vaativissa infrarakennuskohteissa, joissa pyritään saavuttamaan erittäin korkeaa laatua. Laatuongelmien syiden selvittämiseksi ja tulevaisuudessa niiden välttämiseksi laadittiin selvitys Rakennusteollisuuden toimesta. Selvityksen mukaan työmailla suhtaudutaan betonointiin työnä, jossa työn suorittamiseksi ei vaadita erikoisempaa osaamista. Paikallavalutyö saatetaan haluta suorittaa vain mahdollisimman nopeasti sekä esimerkiksi betonin tiivistämistä muottiin ei suoriteta tarpeeksi hyvin. Laatupoikkeamien ennaltaehkäisemiseksi työmaalla tulisi kiinnittää huomiota jokaisen betonoinnin huolelliseen työsuunnitteluun niin, että samalla arvioitaisiin betonointiin liittyviä laaturiskejä. (Mäkikyrö 2017.)

## **2.2 Betonin valinta**

Rakenteelle määritettyjen ominaisuuksien saavuttamisessa on oleellisessa osassa massan ominaisuudet ja niiden valinta. Betonimassan valinnassa tulee varmistua, että rakenteessa käytettävä betonilaatu on käyttötarkoitukseensa so-

pivaa. Betonin valinta rakenteelle tapahtuu yhdessä rakennesuunnittelijan, työmaan ja betonitoimittajan kanssa. Rakennesuunnittelija määrittää rakenteessa käytettävälle betonimassalle ominaisuudet, joita valmiilta betonirakenteelta vaaditaan (Betoniteollisuus ry b.) Rakennesuunnittelijan betonille määrittämät ominaisuudet ovat

- rakenne – ja lujuusluokka
- betonin rasitusluokka ja suunniteltu käyttöikä
- betonin kiviaineksen maksimiraekoko
- betonipeitepaksuudet ja sallitut mittapoikkeamat
- tarvittaessa muut erityisohjeet (esim. lämmönkehitys)
- telineiden ja muottien purkulujuus
- jännittämislujuus
- toleranssit ja pintaluokat (Betonitekniikan oppikirja BY201 2004, 301.)

Tuoreen betonimassan ominaisuudet, kuten notkeus, maksimiraekoko ja lisäainesten käyttö on riippuvainen betonointikohteesta ja siksi ne määritelläänkin yleensä työmaan toimesta. Työmaalla valittu betoni ei saa kuitenkaan poiketa rakennesuunnittelijan suunnitelmissa määritetystä valinnasta. On tärkeää, että valittu betoni massa on työstettävyydeltään ja ominaisuuksiltaan rakenteeseen sopivaa. (Betonitekniikan oppikirja BY201 2004, 302.) Taulukossa 1 on esitetty betonimassan valintaa ohjaava taulukko eri rakennusosissa.

Rakenne	Lujuusluokka	Suurin raekoko mm	Notkeus sVB
Perustukset	K30 (C25/30)	16, 32	Notkea (S2)
Maanvarainen	K25 (C20/25)	16	Vetelä (S3), Notkea (S2), laatta erillinen, pintavalu
-autotallin laatta	K45 (C35/45)	16	Notkea (S2), autotallin lattiassa tarvitaan kulutuskestävyyttä sekä kykyä kestää auton renkaista tulevaa tiesuolaa
<b>pintabetonilattiat</b>			
-30-50mm	K25 (C20/25)	8, 12	Vetelä (S3)
-50-80mm	K25 (C20/25)	16	Notkea (S2)
kelluvat lattiat (>40mm)	K25 (C20/25)	8, 12, 16	Vetelä (S3), Notkea (S2)
SEINÄT JA	K25 (C20/25)	16	Notkea (S2)
PILARIT			Sisätiloissa olevat seinät ja pilarit
ULKONA OLEVAT RAKENTEET	K37 (C30/37)	8, 12, 16, 32	Notkea (S2), Käytettävä säänkestäviä betonilaatuja

*Taulukko 1 Suositeltavia massan vähimmäisominaisuuksia eri rakennusosissa (Betoniteollisuus ry b)*

### 2.3 Betonin tilaaminen ja vastaanotto

Betonin tilaaminen kohteeseen tulee suorittaa hyvissä ajoin ennen valua, jotta massan vastaanotto työmaalle voi tapahtua suunnitellusti aikataulussa. Betoni tulee tilata kohteeseen viimeistään valua edeltävänä päivänä. Suurissa tai muuten haastavissa betonivaluissa kannattaa tilaus tehdä jo aiemmin, jotta voidaan varmistua betonitoimittajan riittävästä toimituskapasiteetista (Mantila & Petrow 2014, 87.)

Betonia tilattaessa työmaalle tulee mainita

- asiakkaan nimi ja laskutusosoite
- tilaajan nimi ja puhelinnumero
- työmaan osoitetiedot ja kulkureitit valukohteelle
- työmaan yhteyshenkilö ja puhelinnumero
- betonin määrä m<sup>3</sup>
- betonimassan laatu, erikoisvaatimukset ja käyttötarkoitus
- massan lujuusluokka, rasitusluokat, suunnitteluikä
- kiviaineksen maksimiraekoko ja massan notkeus
- betonin toimitusaika ja toimitusnopeus
- toimituskaluston tyyppi ja määrä

- kuorman purkutapa ja – aika (Mantila 2014, 520.)

Massan saapuessa työkohteelle tulee betonityönjohtajan tarkastaa betonitoimitajan kuormakirjoista, että massa on tehdyn tilauksen mukaista. Lisäksi betonimassan kiviaineksen raekoko, massan notkeus sekä mahdollinen betonin erottuminen tulee tarkastaa silmämääräisesti betonityön alkaessa. Jos massa ei ole tilauksen mukaista tai toimituksessa on virheitä, tulee tehdä välittömästi ilmoitus betoniasemalle (Mantila & Petrow 2014, 87.)

Tarvittaessa massasta valetaan koekuutioita työmaalla, joiden testaustuloksia verrataan betoniaseman saamiin tuloksiin betonin puristuslujuuden selvittämiseksi. Testaustuloksien perusteella tulee osoittaa betonin riittävä puristuslujuus pysty- ja vaakarakenteiden lisäksi jäykistävästä betonirakenteista. Tarkastettavat rakenteet ja erät määrittää rakennesuunnittelija (SKOL ry.)

## **2.4 Betonin kuljetus- ja siirtokalusto**

Betonia kuljetetaan työmaalle yleensä pyörintäsäiliöautoilla (Kuva 2), jotka on varustettu valukourulla tai siirtokuljettimella. Pyörintäsäiliöiden kuormakoko vaihtelee yleisimmin välillä 7–9 m<sup>3</sup>.



Kuva 2 Pyörintäsäiliösaauto purkamassa betonikuormaa

Valettavan rakenteen ominaisuuksista ja sijainnista riippuen betonikuorma voidaan purkaa autosta muottiin käyttämällä valukourua tai tarvittaessa käyttämällä erillistä betonin siirtovälinettä. Valukourun käyttö on mahdollista, jos valettava rakenne sijaitsee lähellä maanpintaa tai sen alla ja etäisyys autosta valettavaan rakenteeseen on korkeintaan 3–6 metriä. Työmaalla yleisin betonin siirtotapa on betonin pumppaaminen muottiin autobetonipumpulla (Kuva 3). Autobetonipumppu mahdollistaa betonin siirtämisen työmaalla nopeasti pysty- ja vaakasuunnassa. Autobetonipumpun pystyttäminen vaatii kohteella riittävästi tilaa, jotta autobetonipumpun tukijalat pystytään avaamaan kokonaan. Tukijalkojen käyttö täysin avattuna on pakollista turvallisen työskentelyn takaamiseksi. Lisäksi pystytysalueen maapohjan tulee olla riittävän kantava, jotta pumppaus voidaan suorittaa ilman häiriöitä turvallisesti. (Mantila & Petrow 2014, 88.)

Sisätiloissa betonoitaessa (Kuva 3) on varmistettava, että pumpun puomin avaamiseksi on kohteella riittävästi tilaa. Puomin avaaminen vaatii yleensä tilaa pys-

tysuunnassa noin 5–9 m. Puomin avaamiseen tarvittava tila ja pumpun ulottuvuus vaihtelee pumpputyypeittäin. Pumppauslinjan ulottuvuutta voidaan pidentää putken päähän asennettavilla teräsputkilla tai kumiletkuilla. Ulottuvuutta lisättäessä on myös huomioitava massan ominaisuudet onnistuneen pumppauksen turvaamiseksi. (Mantila & Petrow 2014, 88.) Lisäksi betonia siirrettäessä autobetonipumpulla tulee varmistaa, että pumpun putki on halkaisijaltaan vähintään noin kolme kertaa käytettävän betonimassan kiviaineksen maksimiraekoon kokoinen (Ratu TT 6.19 2010).



*Kuva 3 Autobetonipumppu pystytettynä ja puomi avattuna sisätiloissa*

Kuutiomääriltään pienissä valuissa voidaan käyttää kuljetuspumppuautoja. Kuljetuspumppuautot on varustettu pyörintäsäiliön lisäksi betonipumpulla. Betonimassan kuljettamisen lisäksi kuljetuspumppuautolla on mahdollista kuljettaa betoni työmaalle ja pumppaamaan sen muottiin betonointikohteessa. Yleisin kuormakoko kuljetuspumppuautoissa on 5 m<sup>3</sup>. Kuljetuspumppuauton käyttö on suositeltavaa, jos sen oma kuormakapasiteetti riittää valun suorittamiseen. Jos kuljetuspumppuauton betonikuorma ei riitä valun suorittamiseen, on sille myös mahdollista ajaa lisäkuormia pyörintäsäiliöautoilla. (Mantila & Petrow 2014, 88.) Taulukossa 2 on esitetty betonikaluston valintaa ohjaava taulukko eri rakennusosille.

BETONOINTIKALUSTON VALINTATAULUKKO		Betonointikalusto					
		Pumppu	Nostoastia	Hihna	Valukouru	Dumpperi	Kottikärryt
Rakennusosa	Perustasanturat	X	X	X	X	(x)	(x)
	Perusmuurit	X	X	X	(x)		(x)
	Seinät	X	X				
	Pilarit	X	X				
	Palkit	X	X	(x)			(x)
	Ala-, väli- ja yläpohjaholvit	X	X	(x)			(x)
	Liitto- ja kuorilaatat	X	X	(x)			(x)
	Maanvaraiset laatat	X	X	X	X	X	(x)
	Kelluvat betonilattiat	X		(x)			(x)
	Pintabetonivalut (paksuus 60...80 mm)	X		(x)			(x)
	Pintabetonivalut (paksuus 30...60 mm)	X					(x)
	Pintabetonivalut (paksuus < 30 mm)	X					

Taulukko 2 Betonointikaluston valintaa ohjaava taulukko eri rakennusosille (Rakennusteollisuus RTT ry)

## 2.5 Betonointi ja tiivistys

Betonia valettaessa muottiin tulee varmistua siitä, että betonimassa pysyy tasa-laatusena betonoinnin aikana. Betonimassaa tulee valaa muottiin siten, että muotti täyttyy tasaisesti ja tasapaksuina kerroksina (Betonitekniikan oppikirja BY201 2004, 317.) Betonin valaminen muottiin tulee suorittaa matalalta kohtisuoraan alas pudottaen ilman, että massaa valutetaan muotin pintaa vasten. Massan liian korkealta pudottaminen tai valaminen muottia vasten saattaa aiheuttaa massasta veden ja kiviaineksen erottumista. Seinärakenteita betonoitaessa on syytä kiinnittää huomiota valukerroksien korkeuksiin (Kuva 4), jotta betonoinnista aiheutuvat muottipaineet eivät pääse kasvamaan liian suuriksi. (Betoniteollisuus ry c.)



*Kuva 4 Seinän nousunopeuden seuranta työmaalla. Vasemmalla puolella suunniteltu kellonaika ja jäljellä oleva valettava korkeus. Oikealla puolella toteutunut aika ja jäljellä oleva valukorko.*

Betonimassan tiivistäminen muottiin tulee olla huolellista ja järjestelmällistä. Huolellinen tiivistäminen avulla poistetaan massasta ylimääräistä ilmaa ja mahdollistetaan massassa sijaitsevien kiviainesrakenteiden hakeutuminen lähelle toisiaan. Betonia tiivistämällä saadaan massasta juoksevaa, jolloin se levittyy muottiin ja ympäröi rakenteen raudoituksen. Betonin tiivistysominaisuudet riippuvat massan notkeudesta. Notkeat betonimassat tarvitsevat vähemmän tiivistämistä. (Betonitekniikan oppikirja BY201 2004, 322–323.)

### **Tiivistyskaluston valinta**

Betonia tiivistetään erilaisilla täryttimillä. Tiivistämiseen käytettävän täryttimen valinta tehdään sen käyttö- ja vaikutustapansa perusteella. Erilaisia täryttimiä ovat

pinta-, sauva- ja muottitärtyttimeet. Tiivistyskaluston valinnassa on varmistettava, että valittu tiivistysmenetelmä on riittävä valunopeuteen nähden, jotta massa onnistutaan tiivistämään kauttaaltaan tasaisesti. (Betonitekniikan oppikirja BY201 2004, 323.) Taulukossa 3 on esitetty tiivistämiskaluston valintaa ohjaava taulukko eri rakennusosille.

<b>BETONIN TIIVISTYSKALUSTO</b>					
<b>BETONIMASSAN TIIVISTYSKALUSTON VALINTATAULUKKO</b>		<b>Betonimassan tiivistyskalusto</b>			
		<b>Tärysauva</b>	<b>Tärypalkki</b>	<b>Tärysilta</b>	<b>Muottitärtytin</b>
<b>Rakennusosa</b>	Perustusanturat	X			
	Perusmuurit	X			(x)
	Seinät	X			(x)
	Pilarit	X			(x)
	Palkit	X			(x)
	Ala-, väli- ja yläpohjaholvit	X			
	Liitto- ja kuorilaatat	X			
	Maanvaraiset laatat (paksuus > 200 mm)	X			
	Maanvaraiset laatat (paksuus 150...200 mm)	X		X	
	Maanvaraiset laatat (paksuus < 150 mm)	X	X	X	
	Kelluvat betonilattiat	(x)	X		
	Pintabetonivalut (paksuus 80...120 mm)	(x)	X	X	
	Pintabetonivalut (paksuus < 80 mm)	(x)	X		

Taulukko 3 Betonin tiivistyskaluston valintaa ohjaava taulukko eri rakennusosille (Rakennusteollisuus RTT ry.)

### Sauvatärtytin

Yleensä betonin tiivistämiseen käytetään sauvatärtytintä. Sauvatärtytintä voidaan käyttää tiivistämisvälineenä lähes kaikissa valuissa, mutta ohuiden pintavalujen käyttöön sitä ei suositella. Sauvatärtyttimellä massaa tiivistettäessä tulee kiinnittää huomioita sauvan asentoon, pistoväleihin ja –syvyyteen sekä tärtytysaikaan. Tavallisin pisto väli on 40–50 cm syvyydeltään 15–20 cm. Tärtytysaika vaihtelee betonimassan notkeuden sekä sauvatärtyttimen tehon mukaan. Yleisesti sopiva tärtytysaika betonin tiivistämiseksi sauvatärtyttimellä on 10–20 sekuntia. (Rakennusteollisuus RTT ry.)

## **Tärypalkki ja tärysilta**

Tärypalkkia tai tärysiltaa voidaan käyttää ohuiden laattojen tai pintavalujen täryttämiseen. Tärypalkilla on mahdollistaa saavuttaa nopeampi työskentelynopeus verrattuna sauvatäryttimeen. Tärypalkkia tai tärysiltaa käytettäessä betonin tiivistämiseen on huolehdittava, että tiivistäminen etenee tarpeeksi hitaasti, jotta massa ehtii tiivistyä kauttaaltaan. Tärypalkin tai tärysilan käyttöä paksuissa laattarakenteissa ei suositella, sillä niiden tärytysvaikutus ei välttämättä ulotu syvälle massaan, jolloin laatan pohjalla oleva betoni jää puutteellisesti tiivistyneeksi. (Rakennusteollisuus RTT ry.)

## **Muottitärytin**

Muottitäryttimet ovat muottiin kiinnitettäviä täryttimiä, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi paikallavalettavissa korkeissa ja ohuissa seinärakenteissa. Muottitäryttimien käyttö on korkeissa rakenteissa suositeltavaa, sillä korkeiden rakenteiden tiivistäminen sauvatäryttimellä on työlästä. (Rakennusteollisuus RTT ry.)

## **2.6 Jälkihoito**

Valetun betonirakenteen jälkihoitomenetelmät ovat riippuvaisia rakenteen ominaisuuksista ja rakenteessa käytetyn betonin laadusta. Menetelmä on myös riippuvainen betonointikohteen ympäröivistä olosuhteista, kuten ilman lämpötilasta. Kovettuakseen betoni tarvitsee kosteutta, sillä massan nopea kuivuminen lisää betonin halkeiluriskiä. Halkeilun ennalta ehkäisemiseksi valetun rakenteen jälkihoito on aloitettava heti betonoinnin jälkeen. Jälkihoitoaika on lyhimmillään kolme vuorokautta betonoinnin päättymisestä. Jos rakenne altistuu kemiallisten tai fyysikaalisten rasitusten alaiseksi, on jälkihoitoaika kyseisillä rakenteilla pidempi. Jälkihoidon päätyttyä, betoni kutistuu massasta haihtuneen veden seurauksena. Huolellisella jälkihoidolla varmistetaan rakenteelle kutistumisesta aiheuttamien jännitysten kestäminen ja varmistetaan riittävän vetolujuuden kehittyminen betonille. Jälkihoitomenetelmiä ovat mm. betonipinnan kastelu, pinnan peitto suoja muovilla tai nestemäisten ruiskutettavien jälkihoitoaineiden käyttö. (Betoniteollisuus ry d.)

Jälkihoitoaika on oleellinen osa myös betonirakenteen käyttöiän mitoittamisessa. Betonirakenteen laskennallisessa käyttöiän mitoittamisessa on jälkihoidolle määritetty oma kerroin. Jos jälkihoidon päättyessä rakenne ei ole saavuttanut tarvittavaa lujuutta nimellislujuudestaan eikä jälkihoitoa ole suoritettu Betoninormit 2016 mukaisesti, lyhentää jälkihoitokerroin rakenteen suunnittelukäyttöikää pitkän iän rakenteilla. (Johansson & Mannonen 2016, 150.)

### **Kastelu**

Betonipinnan kastelu jälkihoitomenetelmänä varmistaa rakenteelle sen vaatiman kosteuden kovettumisen takaamiseksi. Kastelua ei kuitenkaan voida käyttää esimerkiksi kylmissä olosuhteissa, sillä viileä vesi rakenteen pinnalla jäähdyttää lämpimän betonin pintaa ja voi aiheuttaa lämpötilaeroista johtuvaa halkeilua. (Betoniteollisuus ry d.)

### **Peittäminen**

Peittäminen jälkihoitomenetelmänä on hyvä tapa varmistaa rakenteelle riittävä kosteus kovettumisen varmistamiseksi. Huolellisesti ja heti betonoinnin päätyttyä suoritettuna peittämisen ansiosta rakenteesta haihtuva kosteus tiivistyy muovin ja pinnan väliin. Peittäminen estää betonin plastisten kutistumishalkeamien syntyminen ja pitää betonin kovettumisen vaatiman kosteuden optimaalisena. Muovikalvolla suojaamalla voidaan betonipinta suojata esimerkiksi sateelta, jolloin se estää vesikerroksen kertymisen betonipinnalle. (Betoniteollisuus ry d.)

### **Nestemäiset jälkihoitoaineet**

Jälkihoitoon voidaan käyttää myös nestemäisiä jälkihoitoaineita. Betonin pinnalle suihkutettava nestemäinen jälkihoitoaine muodostaa valetun rakenteen pinnalle kalvon, joka ei läpäise kosteutta. Jälkihoitoaineen lisäksi betonipinta suojataan yleensä myös peittämällä. Jälkihoitoaineita käytettäessä on tiedostettava, että aineiden tehokkuuksissa on eroja. Ennen aineen käyttöä on varmistettava valmistajalta tai myyjältä jälkihoitotuotteen ominaisuudet. Lisäksi esimerkiksi maalauksella tai pinnoituksella viimeisteltävien betonipintojen osalta on varmistettava, haihtuuko jälkihoitoaine betonin pinnalta vai joudutaanko se mahdollisesti poista-

maan tarpeeksi hyvän tartuntapinnan takaamiseksi pinnoitteelle. (Betoniteollisuus ry d.) Taulukossa 4 on esitetty jälkihoitotavan valintaa ohjaava taulukko eri rakennusosille. (Betoniteollisuus ry d.)

RAKENNUSOSIEN JÄLKIHOITOTAVAN VALINTATAULUKKO		Jälkihoitotapa					
		Esijälkihoitoina	Jälkihoitoina	Kastelu vedellä	Muovikalvo	Suojapeitteet	Eristepeitteet (Talvibetonointi)
Rakennusosa	Ruiskubetonoidut rakennusosat ja pinnat			X	X	X	(x)
	Perustusanturat			(x)		X	X
	Perusmuurit			(x)		X	X
	Seinät			(x)	X	X	X
	Pilarit			(x)	X	X	X
	Palkit			(x)	X	X	X
	Ala-, väli- ja yläpohjaholvit	X	X	(x)	X	X	X
	Liitto- ja kuorilaatat	X	X	(x)	X	X	X
	Maanvaraiset laatat (paksuus > 120 mm)	X	X	(x)	X	X	X
	Kelluvat betonilattiat	X	X		X	X	X
	Pintabetonivalut	X	X		X	X	X

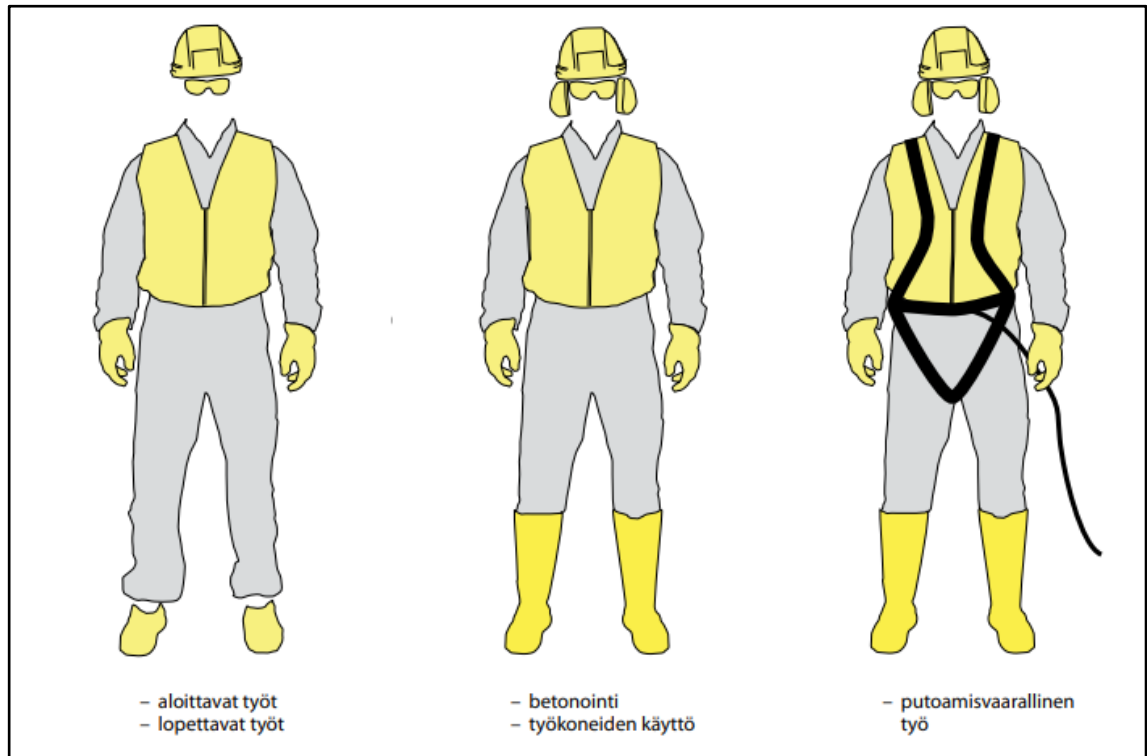
Taulukko 4. Jälkihoitotavan valintaa ohjaava taulukko eri rakennusosille (Rakennusteollisuus RTT ry.)

## 2.7 Betonointityön turvallisuus

Betonin kanssa työskentelevien tulee varmistua riittävästä suojaruustuksesta. Betoni saattaa aiheuttaa kosketuksessa iholle palovamman tyyppisiä kudonvaurioita. Lisäksi betonimassaa käsittelevien on käytettävä riittävää silmäsuojaa. Betonimassan jouduttua silmään, on silmä pestävä välittömästi vedellä. (Ratu 0403, 2012) Työnjohtajan tulee varmistua ennen betonoinnin aloittamista siitä, että betonointiin osallistuvat henkilöt tuntevat betonin turvallisen käsittelytavan ja tuntevat betonityöhön yleisesti liittyvät vaaratekijät. Betonityössä käytettävät suojavaälineet ovat

- kypärä
- suojalasit
- käsineet
- pitkälahkeiset housut
- polvisuojamat, mikäli työ vaatii polvistumista betoniin

- varvas- ja naulaanastumissuojatut kumisaappaat (Mantila 2014, 511.)



*Kuva 5 Henkilökohtainen suojarustus betonityössä (Ratu 0403, 2012)*

## **2.8 Betonointi kylmissä olosuhteissa**

Kylmissä olosuhteissa betonoitaessa betonimassan kovettumisreaktio, sitoutuminen ja jäykistyminen hidastuvat, jolloin betonimassan lujuudenkehitys on hitaampaa. Kylmissä olosuhteissa betonin lujuuden kehittymistä hallitaan lämpötilojen seurannalla. Tuoreen ja kovettuvan betonimassan lämpötilan seuranta suoritetaan rakenteen kohdista, joihin kohdistuu suurin rasitus ja joissa voidaan olettaa lämpötilan olevan alimmillaan. Yksittäisten mittaustulosten tarkkailu ei tarjoa riittävän kattavaa tietoa betonin lämmönkehityksestä, joten työmailla automaattisesti lämpötiloja taltioivien tallentimien käyttö on yleistynyt. Tallentimien eli dataloggereiden avulla voidaan selvittää rakenteen lämmönkehittymistä vuorokausi- tai jopa viikkotasolla. Dataloggerit tuottavat mittaustuloksista lämpötilan kehittymistä kuvaavan käyrän suunnitteluohjelmiin, jonka avulla voidaan laskea valetussa rakenteessa käytetyn betonin kehittämä lujuus eri ajankohdissa. (Vuorinen 2017.)

Toimenpiteet talvibetonoinnin suunnittelemiseksi ja talvibetonointisuunnitelman laatimiseksi tulee aloittaa, jos voidaan olettaa, että betonointi tai sen osa ajoittuu kylmiin olosuhteisiin. Talvibetonointisuunnitelma on laadittava, jos vuorokauden keskilämpötila alittaa +5°C asteen lämpötilan. (Talvibetonointityöohje, 1.)

## **2.9 Betonoinnin asiakirjat**

Tässä kappaleessa perehdytään betonoinnissa käytettäviin asiakirjoihin. Asiakirjojen hallinta on oleellinen osa betonityötä ja sen laadunvalvontaa. Erilaisia asiakirjoja betonityössä ovat esimerkiksi betonointisuunnitelma – ja pöytäkirja, pumppun pystytysasiakirjat sekä erilliset betonitoimittajan kuormakirjat.

### **Betonointisuunnitelma**

Betonointisuunnitelma laaditaan osana betonoinnin ennakkosuunnittelua. Betonointisuunnitelman avulla pyritään ennaltaehkäisemään mahdollisia virheitä betonityön paikallavalurakenteen valmistumisen aikana. Huolellinen ennakkosuunnittelu betonoinnissa mahdollistaa paikallavalurakenteen valmistumisen aikataulussa minimikustannuksin. (Betoniteollisuus ry a.)

Betonointisuunnitelmaan sisältyy

- Muottisuunnitelma
- Raudoitustyösuunnitelma
- Betonityösuunnitelma (Palonen 2017.)

Talvibetonointisuunnitelmaa laatiessa tulee huomioida, että betonointi kylmissä olosuhteissa voi olla hitaampaa, joten betonoinnin suorittamiseksi on varattava enemmän aikaa. Rakenteelle määritettyjen ominaisuuksien saavuttamiseksi betonoinnin suunnittelu on aloitettava tarpeeksi ajoissa. Betonoinnin suunnittelussa kylmissä olosuhteissa on kiinnitettävä huomiota

- muottiin
- suojaukseen
- lämmitykseen
- betonimassan ominaisuuksiin ja laatuun
- työtekniikkaan

- rakenteen jälkihoitoon. (Talvibetonointityöohje, 1.)

Talvibetonoinnin suunnittelu aloitetaan betonin lämmön- ja lujuudenkehitys laskelmilla, joiden toteutumista seurataan betonoinnin edetessä rakenteen lämpötilan seurannalla. Nykyisillä suunnitteluohjelmilla voidaan tuottaa luotettavia laskelmia betonin lujuuden- ja lämmönkehityksestä. Laskelmat auttavat tarvittavan suojaus- ja lämmitysmenetelmän valinnassa. (Talvibetonointityöohje, 1.)

### **Betonointipöytäkirja**

Betonointipöytäkirja (Liite 1) on laadunvalvontaraportti, johon kirjataan kaikki huomiot ja poikkeamat betonityön aikana tai heti sen päätyttyä. Pöytäkirjaa on täytettävä huolellisesti betonoinnin ja jälkihoidon ajalta. Betonointipöytäkirjaan kirjataan huomiot betonoinnin lisäksi muoteista, raudoituksesta, koekappaleista sekä jälkihoidosta. (Sahlstedt ym. 2013, 53.) Betonointipöytäkirjassa mainittavia asioita ovat

- Kohteen perustiedot
- Tiedot raudoituksesta
- Tiedot muoteista
- Betonimassan tiedot
- Tiedot betonoinnista
- Koekappaleet
- Jälkihoitotapa ja -aika (Betonitekniiikan oppikirja BY201 2004, 210.)

## **3 Betonityön digityökalujen kartoittaminen**

Betonoinnissa käytettävien digityökalujen kartoittamiseen ja arviointiin käytettiin haastattelututkimusta. Haastattelututkimus suoritettiin YIT:n Blominmäen jätevedenpuhdistamon työmaalla maalisi- ja toukokuun aikana. Haastattelututkimuksessa haastateltiin työmaan betonityönjohtajia ja aluevastaavia. Haastatteluiden lisäksi käytiin työnjohtajien sekä aluevastaavien kanssa keskustelua betonoinnin digitalisoimisesta sekä mahdollisista digityökaluista. Haastatteluiden tavoitteena oli kartoittaa betonoinnissa käytettäviä nykyisiä ja uusia digitaalisia työkaluja sekä

pohtia mahdollisuutta lisätä digitalisaatiota prosessissa. Haastatteluiden ja keskusteluiden tuloksena löydettiin useita mahdollisia tapoja lisätä digitalisaatiota betonityössä. Haastatteluissa esitetyt kysymykset esitetään tämän opinnäytetyön liitteenä. (Liite 3)

### **3.1 Digitalisaation lisääminen ja nykyiset työkalut**

Työnjohtajat kokevat, että lisäämällä digitalisaatiota betonityössä voitaisiin ehkä tukea ja helpottaa prosessia, riippuen mahdollisen työkalun ominaisuuksista ja soveltuvuudesta. Yleensä digityökalut ovat joko liian monimutkaisia tai ne eivät niinkään palvele työmaan toimijoita. Työnjohtajien mukaan digitalisaatio ei näy tällä hetkellä prosessissa juuri mitenkään. Digitalisaatiota hyödynnetään lähinnä kokonaisuuksien havainnointiin sekä betonin lujuudenkehityksen seurantaan. Työnjohtajien mukaan esimerkiksi tietomalleja käyttämällä voidaan hahmottaa kokonaisuuksia, mutta esimerkiksi valuun tarvittavien betonikuutioiden laske- mista ei käytetä, koska kaikilla mallinnusohjelmistoilla mallit eivät välttämättä päi- vity automaattisesti, jos suunnitelmapiirustuksiin tehdään muutoksia. 3D-mallin lisäksi kaikki työmaan toteutussuunnitelmat ja revisiot löytyvät projektin digitaali- sesta projektipankista.

### **3.2 Digitalisaation lisääminen sovelluksen avulla**

Betonityönjohtaja Miikka Sunion mielestä digitalisaatiota voitaisiin lisätä proses- sissa esimerkiksi sellaisen digitaalisen sovelluksen avulla, joka toimisi betoni- työnjohtajan apuvälineenä koko betonointiprosessin ajan. Sovellusta ja sen toi- mivuutta pohdittiin haastatteluiden yhteydessä käydyissä keskusteluissa työnjoh- tajien sekä aluevastaavien kanssa. Työnjohtajat ja aluevastaavat suhtautuvat mahdolliseen sovellukseen betonityön tukena lähinnä positiivisesti. Digitaalista sovellusta oltaisiin valmiita käyttämään tai ainakin kokeilemaan. Edellytyksenä kuitenkin se, että sovellus olisi mahdollisimman yksinkertainen ja helppokäyttöi- nen. Osa työmaan työnjohtajista suhtautui mahdolliseen sovellukseen epäillen sen toimivuutta ja sen tuomaa lisäarvoa prosessissa.

### **3.3 Sovelluksen ideointi**

Haastatteluiden avulla pyrittiin selvittämään, mitä ominaisuuksia sovelluksessa tulisi olla. Työnjohtaja Miikka Sunion mielestä kehitettävä sovellus voisi toimia esimerkiksi yksinkertaisena digitaalisena tarkastus – ja muistilistana ennen betonoinnin aloittamista. Sovelluksen avulla olisi myös mahdollista helpottaa esimerkiksi dokumentointia ja pöytäkirjojen laatimista. Sovelluksen ominaisuuksiin perehdytään tässä opinnäytetyössä myöhemmin. Lisäksi tarkistuslistasta on laadittu esimerkki tämän työn liitteeksi. (Liite 2)

### **3.4 Sovelluksen toimivuus ja yleisimmät ongelmat betonoinnissa**

Työnjohtajien ja aluevastaavien mielestä sovellus voisi tukea ja helpottaa kokonaisuudessaan betonointiprosessia, sekä vähentää betonointiprosessiin liittyvää työnjohdollista työtä, kuten esimerkiksi asiakirjojen hallintaa. Työnjohtajien mukaan betonointiprosessissa yleisimmät ongelmat liittyvät yhteystietojen puutteeseen, lattiakaivojen korkoasemiin tai betonilaattojen kaatoihin. Myös betonointipöytäkirjojen täyttäminen ja hallinta paperisena vie paljon aikaa. Työnjohtajat ja aluevastaavat kokevat, että sovelluksen avulla voitaisiin ennalta ehkäistä ongelmia betonoinnissa sekä mahdollisesti säästää aikaa ja vaivaa pöytäkirjojen hallinnassa. Työnjohtajien ja aluevastaavien mielestä toimivalla sekä helppokäyttöisellä sovelluksella voitaisiin tukea betonityön prosessia ja parantaa sen yleistä laatua.

## **4 Nykyiset digityökalut**

Haastatteluiden perusteella voidaan todeta, että nykyisiä digityökaluja betonityöhön ei juurikaan ole tai niitä ei käytetä. Digitalisaatiota hyödynnetään työmaalla betonityössä lähinnä betonin lujuudenkehityksen seurantaan sekä esimerkiksi valettavien rakenteiden kokonaisuuksien havainnoimiseen tietomallien avulla. Osa työmaan työnjohtajista täyttää betonointipöytäkirjoja Excel-muodossa, jotka sitten syötetään pilvipalveluun. Tämän lisäksi betonointipöytäkirjoja hallitaan myös manuaalisesti paperisena versiona. Työmaalla olisi mahdollista täyttää ja käyttää betonointipöytäkirjoja digitaalisessa muodossa, mutta näin ei kuitenkaan työmaalla toimita yleisesti. Esimerkiksi Congrid Oy (Ent. Kira-digi) toi markkinoille

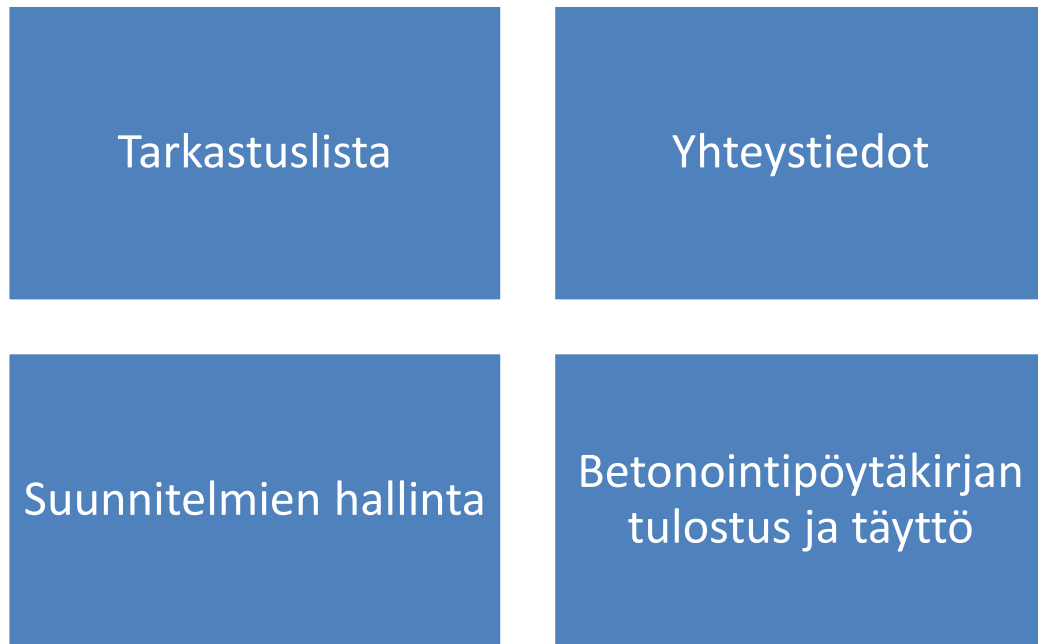
digitaalisen betonointipöytäkirjan vuonna 2019. Digitaalinen betonointipöytäkirjan tarkoituksena on korvata työmaalla betonointipöytäkirjojen hallinnan paperi- ja Excel-muodossa tallettaen laaditut pöytäkirjat digitaalisesti yhteen paikkaan. Digitaalisuuden avulla pyritään helpottamaan pöytäkirjojen hallintaa sekä edistämään tiedonkulkua betonitoimittajien ja rakennustyömaiden välillä. Digitaalisessa muodossa oleva pöytäkirja tarjoaa mahdollisuuden seurata tiedonkulkua järjestelmässä reaaliaikaisesti, jolloin mahdollisiin poikkeamiin on nopeampi reagoida (Cogrid 2019.) Haastatteluiden perusteella selvisi, että digitaalisen pöytäkirjan hallinnassa nähdään mahdollisuuksia, mutta pöytäkirjojen hallinta digitaalisesti on jäänyt vain kokeilutasolle. Osan haastateltavien mielestä digitaalisen betonointipöytäkirjan käyttöönotto tai kokeilujakso työmaalla koko työmaan henkilöstön käyttöön vaatisi, että työmaalla tehtäisiin selkeä päätös, joka tekisi digitaalisen pöytäkirjan käytöstä pakollista.

## **5 Löydetyt digiratkaisun kehittäminen**

Haastatteluiden tuloksena löydettiin mahdollisuus lisätä digitalisaatiota betonityössä digitaalisen mobiilisovelluksen avulla. Tässä luvussa perehdytään sovelluksen käyttöön ja sen ominaisuuksiin sekä pohditaan sovelluksen tuomaa lisäarvoa prosessissa ja sen eri vaiheissa.

### **5.1 Sovelluksen käyttö ja ominaisuudet**

Sovellusta käytettäisiin työnjohtajan toimesta työnjohtajan henkilökohtaisella mobiililaitteella tai tabletilla. Mobiililaitteeseen ladattava sovellus mahdollistaisi sovelluksen käytön työmaalta käsin betonityönjohtajan toimesta. Sovellus olisi käytölliittymältään mahdollisimman yksinkertainen ja helppokäyttöinen työkalu, jota käytettäisiin koko betonointiprosessin aikana. Sovellukseen kirjattaisiin pidetyt tarkastukset, kuten raudoitus ja muottitarkastukset sekä niissä tehdyt huomiot korjauksineen ja päivämäärineen. Sovellukseen tallennettua tietoa voitaisiin tarkastella tietokoneelta reaaliajassa esimerkiksi aluevastaavan ja valvojan toimesta. Kuvaan 6 on koottu sovelluksen tärkeimmät ominaisuudet työnjohtajien mielestä.



*Kuva 6. Ominaisuuksia, joita sovellukselta haluttaisiin.*

### **Digitaalinen tarkistuslista**

Sovelluksen yksi pääominaisuus olisi toimia yksinkertaisena digitaalisena tarkistuslistana (Liite 2). Tarkistuslistan avulla voitaisiin varmistua ennen betonointia siitä, että työalue on esteetön ja siisti, tarvittavat tarkastukset on tehty, mahdolliset kaiteet ja telineet ovat kunnossa, työkohteella on sähköä, työkohde on valaistu sekä varmistaa, että työkohteella on kaikki betonoinnissa tarvittavat työvälineet. Tarkistuslistan avulla voitaisiin ennaltaehkäistä mahdollisia virheitä, jotta betonointi pystyttäisiin suorittamaan suunnitellusti ja turvallisesti ilman poikkeamia. Työnjohtaja kävisi tarkastamassa betonointikohteen ennen valua esimerkiksi edeltävänä päivänä hyödyntäen digitaalista tarkistuslistaa ja jatkaisi täyttämistä betonoinnin alkaessa. Sovelluksesta olisi mahdollista tulostaa siihen täytetyt tiedot suoraan betonointipöytäkirjaan (Liite 1), mikä vähentäisi pöytäkirjojen laatimisen työmäärää betonoinnin jälkeen ja helpottaisi kokonaisuudessaan pöytäkirjojen hallintaa. Sovelluksesta olisi mahdollista tulostaa betonointipöytäkirjaan betonoinnin aloitus- ja lopetusajankohta, käytetyn massan tiedot, tiedot muotti- ja raudoitustarkastuksista, arvioidut ja toteutuneet betonimäärät, käytetyt tiivistysvälineet, tiedot käytetystä jälkihoitomenetelmästä ja -ajasta sekä mahdolliset häiriöt betonoinnin aikana.

## **Yhteystiedot**

Sovelluksen avulla olisi myös mahdollista hallita kaikkia betonointiin liittyvien osapuolien, kuten esimerkiksi betoniaseman, betoniauton ja betonipumppuauton kuljettajan sekä valutoimikunnan yhteystietoja. Yhteistietojen löytyessä samasta paikasta, olisi niitä helppo hallita kiireessä, joka on hyvinkin yleistä betonoinnin alkaessa (Sunio 2020).

## **Toteutussuunnitelmat**

Sovelluksesta voisi löytyä myös kaikki valettavaan rakenteeseen liittyvät suunnitelmat, kuten tiedot rakenteessa käytettävästä betonimassasta sekä kaikki rakenteeseen liittyvät piirustukset (Sunio 2020). Suunnitelmien syöttäminen sovellukseen voisi tapahtua manuaalisesti tietokoneen avulla tai mahdollisesti sovellus pystyisi hakemaan itse valettavan rakenteen suunnitelmat projektissa käytettävästä projektipankista. Sovelluksessa voisi olla esimerkiksi myös betonointiohjeita, joita voisi käydä läpi valutoimikunnan kanssa ennen valua, turvaten onnistuneen ja turvallisen betonoinnin.

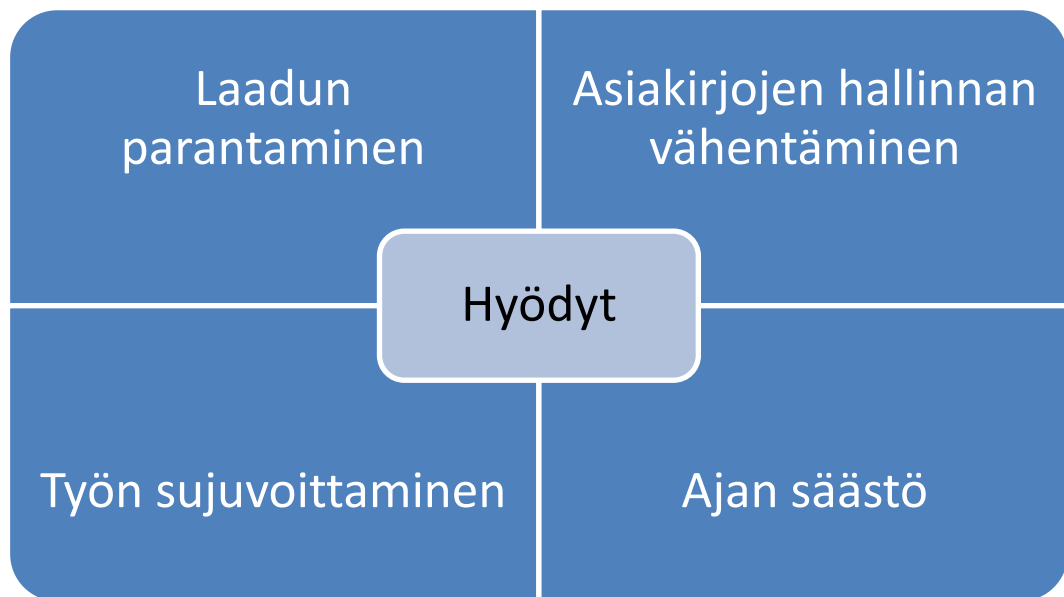
### **5.2 Sovelluksen käyttötarkoitus**

Sovelluksen tarkoitus olisi toimia työnjohtajan apuvälineenä ja yksinkertaisena muistilistana. Digityökalun avulla olisi mahdollista turvata betonoinnin onnistuminen ja pienentää valuvirheiden mahdollisuutta. Sovelluksen tarkoitus olisi olla helppokäyttöinen ja tarjota työnjohtajalle helppo työkalu betonointiprosessin hallintaan. Sovelluksen avulla olisi mahdollista vähentää betonointiprosessin manuaalista työtä ja säästää aikaa.

### **5.3 Sovelluksen hyötyjen arviointi**

Sovelluksen käyttö betonointityön ohessa lisäisi työn etenemisen seuranta ja tarkkailua, joka parantaisi betonirakentamisen laatua. Sovellus tarjoaisi työnjohtajalle tukea työn ennakkosuunnitteluun, joka on tärkeässä osassa taloudellisesti ja teknisesti onnistuneen betonirakenteen valmistumista. Digitaalisen tarkastuslistan avulla työnjohtaja voi varmistaa, että kaikki betonointia edeltävät työt ja tarkastukset on tehty. Sovelluksen käytön avulla olisi mahdollista vähentää betonointiin liittyvää työnjohdollista työtä, kuten pöytäkirjojen täyttöö ja skannaamista,

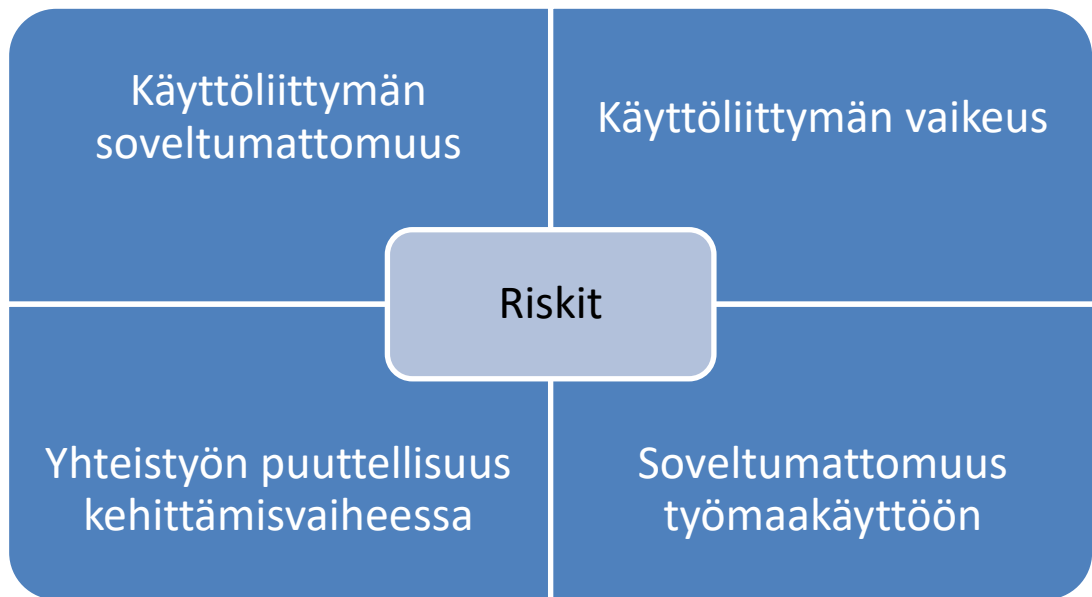
johon kuluu paljon aikaa. Kuvaan 7 on koottu yhteenveto sovellukselta halutuilta hyödyiltä betonityön tueksi.



*Kuva 7 Sovellukselta halutut hyödyt betonityön hallintaan*

#### **5.4 Sovelluksen riskien arviointi**

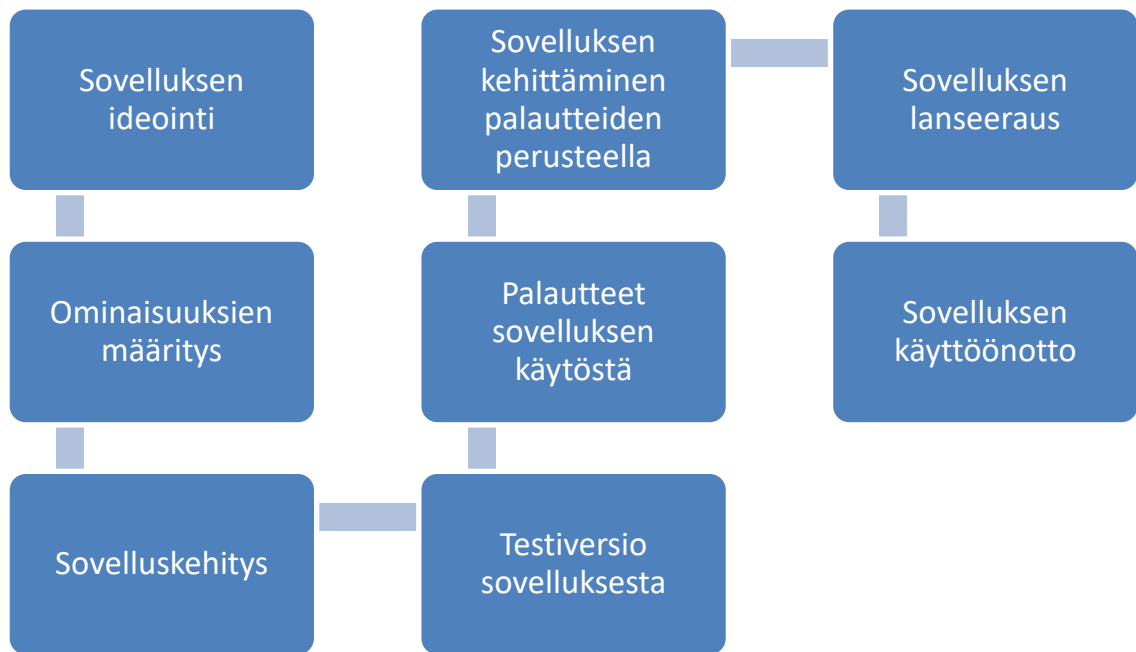
Sovelluksen mahdolliset riskit liittyvät lähinnä sen käyttöliittymän vaikeuteen, soveltumattomuuteen työmaakäyttöön ja kehittämisvaiheen yhteistyön puutteeseen. Varsinkin, jos sovellukselta haluttaisiin esimerkiksi ominaisuus tilata betonia suoraan kohteeseen, vaatisi sovelluksen kehitysvaihe tiivistä yhteistyötä ja kokeilunhalua betonitoimittajilta ja työmailta. Lisäksi sovelluksen tulisi pysyä ja päivittyä reaaliajassa, jotta esimerkiksi betoniasema pystyisi vahvistamaan tehdyn betonitilauksen ja vahvistetusta tilauksesta välittyisi tieto myös työnjohtajan matkapuhelimeen. Kuvaan 8 on koottu sovelluksen käyttöönottamiseen liittyviä riskejä.



*Kuva 8 Sovelluksen käyttöönottamiseen ja kehittämiseen liittyvät riskit*

### **5.5 Sovelluksen kehittäminen**

Sovellusta kehitettäessä tulisi kiinnittää erityistä huomiota siihen, että sen käyttäminen olisi helppoa ja yksinkertaista. Sovelluksen tulisi toimia Android- ja iOS-käyttöjärjestelmissä mahdollistaen sovelluksen käyttämisen mobiililla tai tabletilla. Sovelluksen laatimisen edellytyksenä on, että se olisi laadittu yhteistyössä betonityönjohtajien kanssa, jotta voitaisiin varmistua, että sovellus soveltuisi mahdollisimman hyvin työmaakäyttöön. Sovelluksen ollessa kehitysvaiheessa, olisi siitä hyvä saada kokeiluversio eri rakennusalan toimijoiden käyttöön. Kokeiluversion jälkeen olisi mahdollista kartoittaa sovelluksen ominaisuuksien toimivuus betonityössä sekä kartoittaa mahdolliset puutteet. Kuvaan 9 on koottu sovelluksen kehittämisen oleelliset vaiheet.



*Kuva 9 Sovelluksen kehittämisen vaiheet pääpiirteittäin*

## 5.6 Pohdintaa sovelluksen lisäominaisuuksista

Sovellusta kehittämällä voitaisiin digitalisoida monia betonityön osa-alueita. Esimerkiksi olisi kätevää, jos betonimassan voisi tilata sovelluksen avulla. Lisäksi pumppujen ja autojen varaus voisi onnistua sovelluksen avulla (Antikainen 2020). Betonimassan tilaaminen sovelluksen avulla vaatisi sovelluksen kehittämis- ja käyttöönottovaiheessa yhteistyötä betonitoimittajien ja -asemien välillä. Jos työmaalla tapahtuu betonointia useassa paikassa samanaikaisesti, voisi sovellusta kehittää niin, että sen avulla olisi mahdollista tarkastella työmaalla sijaitsevan betonointikaluston, kuten betoniautopumppujen ja betoniautojen arvioituja työskentelyaikoja sekä sijaintia. Tämä helpottaisi useiden betonointien hallintaa sekä helpottaisi pumppujen ja autojen hallintaa tapauksessa, jossa samaa pumppua käytetään työmaan sisäisesti eri valuissa. Lisäksi mahdollisesti betonitoimittajien kuormakirjoja olisi helppo hallita sähköisesti betonointipöytäkirjojen lisäksi, joka vähentäisi työtä paperisten pöytä- ja kuormakirjojen hallinnassa.

## 6 Päätelmät

Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta betonityön hyödyntävän hyvin vähän digitaalisia työkaluja. Tutkimuksen perusteella on selvää, että uusille digityökaluille

olisi kysyntää ja niissä nähdään mahdollisuuksia prosessin tukemiseksi ja helpottamiseksi. Tässä luvussa tehdään yhteenveto haastattelututkimuksen tuloksista ja pohditaan yleisesti mahdollisuuksia digitalisaation hyödyntämiseen ja lisäämiseen betonityössä.

## **6.1 Yhteenveto tutkimuksen tuloksista**

Haastatteluiden vastausten yhteenvetona voidaan todeta, että paikallavalurakentamisen digitalisoimiselle on kysyntää. Digitalisaation lisäämisellä betonointiprosessissa voitaisiin vähentää turhaa työtä sekä helpottaa betonityön hallintaa. Betonityön digitalisaation lisääminen kuitenkin vaatii, että kehitettävät digityökalut betonointiin olisivat helppokäyttöisiä ja laadittu niin, että ne palvelisivat työmaan henkilökuntaa. Digitalisaatiota voitaisiin hyödyntää betonityössä prosessin ja laadun hallintaan lisäämällä prosessiin digitaalista seuranta ja dokumentointia. Digitaalinen dokumentointi ja seuranta voisi parhaimmillaan vähentää betonityössä manuaalisen dokumentoinnin määrää, jolloin itse teknisen työsuorituksen valvontaan ja hallintaan jäisi enemmän aikaa. Työnjohdollisen työn lisäksi digitalisuutta voitaisiin lisätä myös työn suorittamisen tueksi.

## **6.2 Pohdintaa digitalisaation mahdollisuuksista**

Digitalisaatiota olisi mahdollista hyödyntää useilla betonityön osa-alueilla. Digitalisaation avulla olisi mahdollista uudistaa esimerkiksi muottityö sekä betonoinnissa käytettävien työvälineiden hallinta. Muottityössä muotteja voitaisiin digitalisoida esimerkiksi antureilla, jotka voisivat helpottaa valupaineiden sekä nousunopeuksien hallintaa ja seuraamista. Digimuoteilla voitaisiin esimerkiksi kerätä dataa applikaatioon, joka raportoi nousunopeudet ja tarkat betonoinnin aloitus- ja lopetusajankohdat betonointipöytäkirjaan. Digimuottien käyttö voisi helpottaa myös esimerkiksi muottikierron hallintaa muotteihin asennettavilla paikantimilla. Paikantimien avulla voitaisiin selvittää muottien sijainti ja olisi esimerkiksi hyödyllinen työkalu suurissa betonirakennuskohteissa, joissa muotteja käytetään paljon. Digityökalujen avulla voitaisiin kerätä dataa myös esimerkiksi betonoinnissa käytettävistä työvälineistä, kuten esimerkiksi sauvatäryttimistä. Digitalisoimalla betonoinnissa käytettäviä työkaluja voitaisiin seurata ja kerätä tietoja esimerkiksi tärytysajasta sekä työvälineiden sijainnista sekä niiden kunnosta. Seuraamalla

tärytysaikoja ja työskentelyä digitaalisesti voitaisiin parantaa betonirakentamisen laatua sekä ennaltaehkäistä mahdollisia valuvirheitä rakenteissa. Digitalisoimalla betonin tilausprosessia ja pumppujen varaamista, voitaisiin lisätä tiedonkulkua toimijoiden välillä sekä helpottaa prosessia kokonaisuudessaan. Digitaalisen tilauksen ja varaamisen ansiosta voitaisiin ennaltaehkäistä mahdollisia virheitä tilausprosessin aikana. Tilaamalla massa ja betonoinnissa käytettävä kuljetus- ja pumppauskalusto voitaisiin varmistua siitä, että massa on tilauksen mukaista, kuljetuskalustoa on tarpeeksi ja niiden kuormakoot ovat aikatauluun ja rakenteen ominaisuuksiin sopivia. Tilausprosessin päivittyessä reaaliaikaisesti olisi helppo hallita betoniautojen kuormakokoja ja näin varmistaa esimerkiksi seinän nousunopeuden pysymisen tasaisena ja suunnitelmien mukaisena.

Digitalisaation lisääminen betonitöissä vaatii oikeastaan vain innovatiivisia ideoita. Lähes kaikilla betonointiprosessin vaiheilla ja osa-alueilla olisi mahdollista hyödyntää ja lisätä digitalisaatiota. Digitalisaatiota voitaisiin pyrkiä lisäämään prosessiin esimerkiksi uusien ohjelmistojen ja digitaalisten työkalujen kokeilujaksoilla, joissa betonityönjohtajilla ja muulla rakennusalan henkilöstöllä olisi mahdollisuus tutustua uuteen tekniikkaan ja uusiin digityökaluihin rauhassa. Digitalisaatio etenee rakennusalalla nopeasti ja varmasti jo lähitulevaisuudessa nähdään uusia ja innovatiivisia ratkaisuja myös betonityön saralla.

## Lähteet

Antikainen, I. 2020. Työnjohtaja. YIT. Espoo. Haastattelu 3.4.2020

Betoniteollisuus ry a. Betonointisuunnitelma. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/betonointisuunnitelma/> Luettu 23.3.2020.

Betoniteollisuus ry b. Betonityypit ja oikean betonin valinta. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/betonityypit-ja-oikean-betonin-valinta/> Luettu 31.3.2020.

Betoniteollisuus ry c. Betonointi. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/betonointi/> Luettu 2.4.2020

Betoniteollisuus ry d. Jalkihoito. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/jalkihoito/> Luettu 2.4.2020.

By 201. Betonitekniikan oppikirja 2004. Suomen Betoniyhdistys ry. 2005. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Congrid Oy 2019. Congrid lanseerasi digitaalisen betonointipöytäkirjan. <http://blog.congrid.fi/congrid-lanseerasi-digitaalisen-betonointip%C3%B6yt%C3%A4kirjan>) Luettu 6.5.2020

Helsingin seudun ympäristöpalvelut 2019. Urakoitsijan kuulumisia Blominmäen jätevedenpuhdistamon työmaalta. <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/vesihuolto/jatevedenpuhdistus/blominmaki/rakentaminen-etenee/Documents/Kuukausitiedote%20Blominm%C3%A4ki%209-2019.pdf> Luettu 26.5.2020

Johansson, K. & Manninen, R. 2016. Suomen Betoniyhdistys ry. by 65 Betoninormit. 2016. Helsinki: BY-koulutus Oy.

Mantila, A & Petrow, S. 2014. Lattiabetonin valinta. ([https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1403\\_76-89.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1403_76-89.pdf)) Luettu 31.3.2020.

Mantila, A. 2014 Rakentajain kalenteri. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Mäkikyrö, T. 2017. Betonirakentamisen laatuketju kuntoon. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/laatu/2017-betoniselvitys/betonirakentamisen-laatuketju-kuntoon-loppuraportin--tiivistelma-ja-toimenpidesuosituksset.pdf> Luettu 27.5.2020.

Palonen, M. 2017. Betoniseminaari. Betonin laadunvarmistaminen työmaalla. [https://www.ril.fi/media/2017/2017-jasenyys/4\\_markopalonen.pdf](https://www.ril.fi/media/2017/2017-jasenyys/4_markopalonen.pdf) Luettu 14.4.2020.

Rakennusteollisuus RTT ry. Betonityömaaohje. <http://www.rudus.fi/Download/23937/Betonityomaahje.pdf> Luettu 31.3.2020

Ratu 0403. 2012. Betonointi. Menekit ja menetelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy

Ratu TT 6.19. 2010 Betonin pumppauksen ympäristö – ja turvallisuusopas. Helsinki: Rakennusteollisuus.

Rudus Oy. Talvibetonointityöohje. <https://www.rudus.fi/Download/23938/Talvibetonointity%C3%B6ohje.pdf> Luettu 1.6.2020.

Sahlstedt, S., Koskenvesa, A., Lindberg, R., Kivimäki, C., Palolahti, T. & Lahtinen, M. 2013. Talvibetonointi. <https://www.rudus.fi/Download/23829/Talvibetonointikirja%202013.pdf> Luettu 29.5.2020.


SKOL ry 2017. Betonin vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen talonrakennuskohteissa. [http://skolry.fi/sites/skol/files/skol\\_ohje\\_betonin\\_vaatimuksenmukaisuus\\_030317.pdf](http://skolry.fi/sites/skol/files/skol_ohje_betonin_vaatimuksenmukaisuus_030317.pdf) Luettu 26.5.2020.

Sunio, M. Toimitusjohtaja. MisuCon Oy. Espoo. Haastattelu 1.4.2020

Vuorinen, P. Betonointi kylmissä olosuhteissa. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120603.pdf> Luettu 26.5.2020

YIT 2019. Vuosiesite. [https://www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2019/yit\\_vuosiesite\\_2019\\_fi.pdf](https://www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2019/yit_vuosiesite_2019_fi.pdf) Luettu 2.6.2020

# Liite 1

		<b>BETONOINTIPÖYTÄKIRJA</b>		<b>NRO:</b>	
<b>URAKOITSIJA:</b> YIT Infra Oy			<b>PROJEKTI:</b>		
			<b>TYÖNUMERO:</b>		
			<b>RAUDOITUSTARKASTUS:</b>		
			<b>LAUDOITUSTARKASTUS:</b>		
<b>BETONITYÖNJOHTAJA:</b>			<b>BETONILABORANTTI:</b>		
<b>BETONOITU OSA:</b>			<b>PVM:</b>		
BETONIN LUJUUS JA RAKENNELUOKKA / P-LUKU _____ MASSAN NOTKEUS _____ BETONIN TOIMITTAJA _____ ILMAN LÄMPÖTILA JA SÄÄ (°C) _____ BETONIMASSAN LÄMPÖTILA (°C) _____					
		<b>SUUNNITELTU</b>		<b>TOTEUTUNUT</b>	
<b>BETONINNIN ALKAMINEN JA PÄÄTTYMINEN:</b>		Alkaa	Päätyy	Alkaa	Päätyy
<b>BETONIMÄÄRÄ (eri laadut):</b> [ teor. m <sup>3</sup> / tod. m <sup>3</sup> ]					
<b>BETONOINTINOPEUS:</b> (nousunopeus) [ m <sup>3</sup> / h ]					
<b>TIIVISTÄMISVÄLINEET:</b>					
<b>BETONOINTITYÖKUNTA:</b>					
<b>JÄLKIHOITO JA JÄLKIHOITOAIKA:</b>					
<b>BETONIN LÄMPÖTILAN</b>		1			
<b>SEURANTA SEKÄ LUJUUDEN</b>		2			
<b>KEHITYKSEN ARVIOINTI:</b>		3			
		4			
		5			
		6			
(tarvittaessa liitteet)					
<b>LIIKUNTASAUMOJEN SAHAUS:</b>					
<b>KOEKAPPALEET:</b> (tunnukset, näyttenottoaikat)					
<b>HÄIRIÖT, SÄÄN MUUTOKSET:</b> Toimenpiteet					
<b>MUUT TIEDOT, LIITTEET:</b>					
<b>AIKA JA PAIKKA:</b>		<b>BETONITYÖNJOHTAJAN ALLEKIRJOITUS:</b>		<b>TARKASTANUT:</b>	

## Liite 2

Täytä tämä tarkistuslista ennen betonoinnin aloittamista.				
Betonityön tarkistuslista			Laatija:	Laatijan nimi
Tarkastettava	OK	EI OK	Lisätiedot/huomioitavaa	
Työalueen esteettömyys				
Työvälineet				
Valaistus				
Sähkö				
Alueella vesipiste				
Telineet/Kaiteet				
Suojavarusteet				
Työturvallisuus				
Raudoitus			Tarkastettu:	
			Tarkastaja:	
Muotti			Tarkastettu:	
			Tarkastaja:	

### **Liite 3**

#### **Haastatteluiden kysymykset**

1. Koetko, että lisäämällä digitalisaatiota betonityössä voitaisiin tukea ja helpottaa prosessia?
2. Miten digitalisaatio näkyy prosessissa nyt, näkyykö?
3. Osaatko arvioida nykyisiä digityökaluja ja niiden toimivuutta, jos niitä on?
4. Missä ja miten digitalisaatiota voitaisiin mielestäsi lisätä?
5. Digitaalinen sovellus betonoinnin helpottamiseksi, käyttäisitkö, mielipide?
6. Mitä sen pitäisi sisältää ja miten sen avulla voitaisiin helpottaa prosessia?
7. Arvioi sovelluksen toimivuus ja sen tuoma lisäarvo prosessissa?
8. Yleisimmät ongelmat betonointiin liittyen ja mihin ne liittyvät? Voisiko ennaltaehkäistä digitalisaation avulla?
9. Voitaisiko digityökalujen avulla esimerkiksi parantaa betonirakentamisen laatua?