

Toni Lainekivi

# Työmaakohtainen betonointisuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriytyö

11.4.2019

Tekijä Otsikko	Toni Lainekevi Työmaakohmainen betonointisuunnitelma
Sivumäärä Aika	24 sivua + 1 liite (salainen) 11.4.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Rakennuspäällikkö Ari Kotilainen Lehtori Kimmo Sani
<p>Tämän insinööriyön tehtävänä oli laatia kohdekohtainen betonointisuunnitelma tilaajayrityksen työmaiden betonointitöiden ohjausta varten. Työn tilaajana oli Skanska Talonrakennus Oy. Työn tarkoituksena oli luoda suunnitelmamallipohja, jonka avulla kyetään tarkistamaan työnmaan betonitöiden tila ja kriittiset vaiheet. Betonitöiden suunnittelu työmaalla on yhdistelmä käytännön töitä, tuotannonohjausta ja projektinsuunnittelua, joka vaatii laajaa paneutumista aiheeseen.</p> <p>Työ toteutettiin tutustumalla betonitöitä koskeviin lakeihin, määräyksiin ja työohjeisiin sekä RT-kortteihin. Tämän lisäksi haastateltiin työmaan toimihenkilöitä, jotta voidaan selvittää, millaisia haasteita työmaan betonointitöihin liittyy. Lisäksi tutustuttiin työmaan asiakirjoihin ja suunnitelmiin, kuten laatusuunnitelmiin ja rakennusselostuksiin. Näin saatiin tietoa, millaisia suunnitelmia tarvitaan, ennen kuin betonityöt voidaan aloittaa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kohdekohtainen betonointisuunnitelmapohja sekä ohjeistus pohjan käyttöön.</p> <p>Laadittu betonointisuunnitelma on käytettävissä tilaajanyrityksen intrassa ja sen ajatuksena on taata kustannustehokas, laadukas ja turvallinen betonirakentaminen.</p>	
Avainsanat	Betonointisuunnitelma

Author Title	Toni Lainekeivi Plan For Concrete Works on the Construction Site
Number of Pages Date	24 pages + 1 appendice (suppressed) 11 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Project Management for Construction
Instructors	Ari Kotilainen, Construction Manager Kimmo Sani, Lecturer
<p>The task of this thesis was to create a plan for concrete works on the construction site. The thesis was commissioned by Skanska Talonrakennus Oy. The aim of this thesis was to create a plan that can be used to check critical phases of the concrete works and the current situation of concrete works. Planning of concrete works is a combination of practical work; project management and production control and requires a lot of time to delve into planning.</p> <p>The thesis was carried out by getting familiar with laws related to construction works, regulations, work instructions and building cards. In order to find out what challenges concrete works possessed, clerical workers were also interviewed. Quality plans and construction reports were also reviewed. This gave information about what plans are needed before concrete works can be started.</p> <p>A plan for concrete work on the construction site and instructions for the plan were made as a result of this thesis. The plan is being used in the company and the idea is to guarantee cost-effective, high-quality and safe concrete works.</p>	
Keywords	Concrete plan

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakentamista ohjaavat säädännöt ja määräykset	2
2.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki	2
2.2	Rakennushankkeen suunnittelu ja valvonta	3
2.3	Rakenteiden lujuus ja vakaus	4
3	Tilaajan vaatimukset	5
3.1	Urakoitsijalle asetettavat vaatimukset	5
3.2	Pääsuunnittelijan vaatimukset ja tehtävät	6
3.3	Vaativuusluokat ja toteutusluokat	6
3.4	Rasitusluokat	8
3.5	Betonin puristuslujuus	9
3.6	Säilyvyys ja suunniteltu käyttöikä	10
3.7	Rakennesuunnitelman sisältö	10
3.8	Rakennepiirustukset	11
3.9	Työmaan betonivalut	11
3.9.1	Perustukset	11
3.9.2	Runko	11
3.9.3	Erytyisrakenteet	12
4	Betonointityön suunnittelu	13
4.1	Tuotannosuunnittelu	13
4.2	Vastaavan työnjohtajan tehtävät	14
4.2.1	Vastaavan työnjohtajan kelpoisuusvaatimukset	14
4.2.2	Betonityönjohtajan kelpoisuusvaatimukset	15
4.3	Betonointityönjohtajan tehtävät	17
4.4	Talvibetonointi	18
4.5	Laadunvalvonta	18
4.5.1	Koekappaleet	19
4.5.2	Työsuorituksen laadunvalvonta	19
4.6	Laadunvarmistus	19
5	Työmaakohtainen betonointisuunnitelma	21

5.1	Yleiset tiedot	21
5.2	Tarvittavat suunnitelmat	21
5.3	Kohteen jaottelu	22
6	Johtopäätökset	23
7	Yhteenveto	24
	Lähteet	25
	Liitteet	
	Liite 1. Työmaakohtainen betonointisuunnitelma	

## Lyhenteet

FISE FISE Oy, rakennus-, LVI- ja kiinteistöalalla toimiva henkilöpätevyksiä toteava yritys. Ylläpitää pätevyysrekisteriä ja korjausvirhepankkia.

TTS Työn turvallisuussuunnitelma.

## 1 Johdanto

Opinnäytetyöni tehdään toimeksiantona Skanska Talonrakennus Oy:lle Jätkäsaaren Korttelin työmaalla. Skanska on yksi Suomen suurimmista asuntojen, toimisto- ja tuotantotilojen sekä infrastruktuurin rakentajista ja projektinkehittäjistä. [1.]

Betonitöissä on nykypäivänä kiinnitettävä huomiota laatuun. Viimevuosien betonitöiden ja betonin lujuusongelmien takia betonitöiden suunnitteluun, laatuun ja valvontaan on käytettävä huomattavasti enemmän aikaa ja resursseja. Betonitöiden suunnittelu työmaalla on yhdistelmä käytännön töitä, tuotannonohjausta ja projektin suunnittelua, joka vaatii laajaa paneutumista aiheeseen.

Skanska Talonrakennus Oy:llä on käytössä valukohtainen betonointisuunnitelma, mutta tilaajat ja suunnittelijat ovat alkaneet vaatimaan työmaakohtaista betonointisuunnitelmaa, jollaista Skanskalla ei ole käytössä tällä hetkellä. Betonointisuunnitelma on betonointityön ennakkosuunnittelua, jolla vältetään turhaa työtä, joka johtaisi lisäkustannuksiin. Laadunvarmistamiseksi yrityksillä tulee olla standardisoitu tapa toimia, jotta laatu pysyy tasaisena työmaasta ja kohteesta riippumatta. Näin varmistetaan työn sujavuus, jotta työ saadaan suoritettua minimiajassa ja minimikustannuksin sekä varmistetaan työn turvallinen suorittaminen.

Opinnäytetyöni tarkoituksena on tuottaa yrityksen käyttöön työmaakohtainen betonointisuunnitelma, joka auttaa suunnittelemaan betonitöitä työmaan laajuudessa. Kohdekohtaisen betonointisuunnitelmapohjan avulla toimihenkilöt saavat paremman kuvan siitä, että minkälaisia betonirakenteita työmaalla tehdään, ketkä ne tekevät ja millaisia vaatimuksia kohteelle on annettu rakenteellisesti ja laadullisesti. Opinnäytetyössäni tutkitaan lakeja, rakentamismääräyksiä, normeja sekä ohjeita ja niiden vaikutusta betonitöiden suunnitteluun. Lisäksi tutkitaan tilaajan ja suunnittelijan antamia vaatimuksia betonoitaville kohteille ja näiden vaikutusta töiden suunnittelussa. Työssä tutkitaan aihetta pääsääntöisesti teoreettisesta näkökulmasta.

## 2 Rakentamista ohjaavat säädännöt ja määräykset

### 2.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslain tarkoituksena on taata edellytykset hyvälle elinympäristölle ja edistää ekologisesti, taloudellisesti sekä kulttuurisesti kestävästä kehityksestä. [6. 1§.]

Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia, että rakennus on suunniteltu ja rakennettu rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Hankkeeseen ryhtyvän on myös huolehdittava, että hankkeen suunnittelijat ja työjohtajat sekä muilla toimivilla ovat kelpoisuusvaatimukset täyttäviä. Heillä tulee olla riittävä asiantuntemus ja ammattitaito. [6. 119§.]

Maankäyttö- ja rakennuslaki säätelee Suomen rakentamista ja kaavoittamista. Laki sisältää säännöksiä rakentamiselle asetettavista yleisistä vaatimuksista sekä luvista ja muista rakentamisen valvonnasta. Rakentamismääräyskokoelma sen sijaan antaa tarkempia rakentamista koskevia määräyksiä ja ohjeita.

Rakentamismääräyskokoelma uudistui 1.1.2018 vuonna 2013 voimaan tulleen maankäyttö- ja rakennuslain mukaiseksi. Uudistuksen tavoitteena oli rakentamista koskevan sääntelyn selkeyttäminen ja vähentäminen. Lisäksi sääntelyä selvennettiin ja soveltamista yhtenäistettiin.

Ympäristöministeriön tehtävänä on ylläpitää Suomen rakentamismääräyskokoelmaa, johon on koottu Maankäyttö- ja rakennuslain nojalla koskevat määräykset sekä ministeriön antamat ohjeet. Rakentamismääräyskokoelmaan voidaan myös koota muiden viranomaisten antamia määräyksiä rakentamisesta. [6. 13§.]

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on koottu olennaiset tekniset vaatimukset rakenteiden lujuudesta ja vakaudesta, paloturvallisuudesta, terveellisyydestä, käyttöturvallisuudesta, esteettömyydestä, meluntorjunnasta ja ääniolosuhteista sekä energiatehokkuudesta.



## 2.2 Rakennushankkeen suunnittelu ja valvonta

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus on suunniteltu ja rakennettu rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn rakennusluvan mukaisesti. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on oltava riittävät edellytykset hankkeen toteuttamiseen. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on lisäksi huolehdittava siitä, että hankkeessa on sellaiset suunnittelijat ja työnjohtajat, jotka täyttävät kelpoisuusvaatimukset.

Viranomaisvalvonta alkaa jo rakennustyön aloittamisesta ja päättyy vasta loppukatselmukseen. Valvonta kohdistetaan viranomaisen päättämiin työvaiheisiin ja kokonaisuuksien kannalta merkittäviin seikkoihin.

Toteutusasiakirjoissa yleensä sisällytetään rakennesuunnittelijan tekemät rakennepiirustukset, SFS-EN 13670:n mukaiset standardit, SFS 5975 mukaiset vaatimukset kuten käytettävät toteutusluokat ja toleranssiluokat sekä muut noudatettavat asiakirjat.

SFS-13670 ja SFS-5975 sisältävät ohjeita toteutusasiakirjojen ja toteutuseritelmän laadinnasta. [6. s. 4.]

Betonirakenteiden rakennesuunnitelmissa esitetään vähintään seuraamusluokka, rasitusluokka, kuormaukset, toteutusluokka ja toleranssiluokka. Betonista tulee ilmoittaa betonin lujuusluokka, betonipeite ja raekoko. Raudoituksista tulee esittää raudoituksen mitat, koot, punokset, mahdolliset kiinnikkeet ja varaukset. Toteutusluokka 3:n rakenteissa ilmoitetaan myös raudoituksen tuenta ja työsaumojen tarkka sijainti ja toteutustapa. Lisäksi ilmoitetaan jälkihoito ja sallitut mittapoikkeamat.

Rakenteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon toteutuksen asettamat vaatimukset. Mikäli raudoitus tai rakenne määritellään vaikeaksi tai erittäin vaikeaksi, tulee se merkitä piirustuksiin tai työselostukseen, jotta voidaan katsoa työn täyttävän työsuoritukselle asetetut vaatimukset. [9. s. 4.]

### 2.3 Rakenteiden lujuus ja vakaus

Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia, että rakennus on suunniteltu ja rakennettu siten, että sen rakenteet ovat lujia ja vakaita ja soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin sekä kestävän suunnittelun käyttöön. Rakennuksen kantavat rakenteet on suunniteltava ja mitoitettava siten, että se perustuu rakenteiden mekaniikan sääntöihin ja yleisesti hyväksytyihin suunnitteluperusteisiin. Rakennuksessa on käytettävä soveltuvia rakennustuotteita.

Rakennus on suunniteltava siten, ettei rakentamisen ja käytön aikainen rasitus aiheuta sortumista, lujutta tai vakautta häiritsevää muodonmuutosta eikä vaurioita rakennuksen muuta osia. [6. 117§.]

### 3 Tilaajan vaatimukset

Tilaaajalla tarkoitetaan osapuolta rakennushankkeessa, joka tarvitsee tarpeitaan tyydyttävän lopputuotteen. Tilaaja voi olla rakennuksen käyttäjä tai hankkeen rahoittava osapuoli, joka vuokraa tilan eteenpäin käyttäjille. [8. s. 32.]

Tilaajan ja pääurakoitsijan yhteistyön koordinointi tapahtuu tilaajan ohjauksessa. Tilaajan tulee olla aloitteellinen yhteisissä tilaisuuksissa ja tiedottaa urakoitsijaa aktiivisesti. Rakennustyön etenemisen kannalta on tärkeää, että pääurakoitsija on oma-aloitteinen ja pyrkii ratkaisemaan ongelmat etukäteen. [10. s. 91.]

Hyvän laadun takaamiseksi tilaaja voi määrittää valvojan edustajakseen laadunvalvontaa varten. Tilaaja voi myös palkata ulkopuoliselta taholta valvonnan. Valvonnan tarkoituksena on ensisijaisesti varmistua, että urakoitsijan tekemä suoritus vastaa asetettuja vaatimuksia ja sopimuksessa sovittuja asioita sekä että urakoitsija on noudattanut hyvää rakentamistapaa.

Tilaajan tulee ilmoittaa kirjallisesti edustajansa ja heidän toimivaltuutensa. Valvojan oikeuksiin ei kuulu ilman erillistä valtuutusta sopia tai määrätä muutoksia urakkaan. Urakoitsija voi kääntyä tilaajan edustajan puoleen urakkasuorituksia koskeissa asioissa niin kuin olisi kääntynyt tilaajan puoleen. Tilaajan edustaja voi antaa määräyksen pienistä ja kiireellisistä muutoksista. [10. s. 94.]

#### 3.1 Urakoitsijalle asetettavat vaatimukset

Tilaaja määrittää hankkeelle toiminnalliset, tekniset, ja laadulliset vaatimukset sekä arvioi hankkeen laajuuden ja kiireellisyyden. Tilaaja asettaa vaatimukset, jotta rakennus palvelee käyttäjiään asianmukaisella tavalla. [8. s. 32.]

Tilaajan rooli rakennushankkeessa lähtee liikkeelle tilanselvitystarpeesta, eli tilaaja määrittää tarvittavan tilan laajuuden, minkälaista toimintaa kyseisessä tilassa toteutetaan ja minkälaisia taloteknisiä vaatimuksia tilalle määritetään. Tilaaja hankkii projektille yleensä kilpailuttamalla urakoitsijan, joka toteuttaa suunnitellun tilan. Kun vaatimukset rakennettavasta tilasta on tiedossa, voidaan asettaa urakoitsijalle vaatimukset tilan

rakentamiselle. Urakoitsija rakentaa tilan tilaajan antamien suunnitelmien ja vaatimusten mukaisesti. Tilaaja asettaa alustavan aikataulun, eli milloin tila pitää olla käytössä.

### 3.2 Pääsuunnittelijan vaatimukset ja tehtävät

Suunnittelijan tehtäviä ovat arkkitehtisuunnittelu, rakennustekninen suunnittelu, ja teknisten järjestelmien suunnittelu. [7. s. 8.]

Pääsuunnittelijalla on oltava hankkeessa olevan vaativimman suunnittelutehtävän mukainen FISE:n toteama pätevyys. Rakennuksen suunnittelussa tulee olla vastaava pätevä henkilö, joka huolehtii, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat täyttävät sille asetetut vaatimukset. [11. s. 41.]

Pääsuunnittelijan tulee omalta osaltaan varmistaa, että hankkeen tehtäväjako on selkeä ja ettei tehtävälueetelossa ole päällekkäisyyksiä eikä ristiriitaisuuksia. [11. s. 41.]

Rakennesuunnittelija määrittelee tilaajan vaatimusten perusteella betonin lujuusluokat sekä erityisvaatimukset, kuten säänkeston, kemikaalikestävyys, muun erityisvaatimuksen sekä infra- tai siltarakenteen P-lukuvaatimuksen.

Rakennesuunnittelua tekee rakennusalan insinöörit ja diplomi-insinöörit. Rakentamismääräyskokoelma määrittää, että rakennesuunnittelijan on oltava pätevä tehtävän vaatimus huomioon ottaen. FISE:n pätevyysrekisterin avulla voidaan todeta pätevyys. FISE myös järjestää pätevyyskoulutuksia eri rakenteiden suunnittelua varten. [11. s. 38.]

### 3.3 Vaativuusluokat ja toteutusluokat

Kantavissa betonirakenteissa suunnittelutehtävät kuuluvat vaativuusluokkiin vähäinen, tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Vaativuusluokka määräytyy seuraavien vaatimusten perusteella:

- suunnittelutehtävän arkkitehtoniset, toiminnalliset ja tekniset vaatimukset
- rakennuksen ja tilojen käyttötarkoitus

- rakennuksen terveellisyys ja energiatehokkuus
- rakennusfysikaaliset ominaisuudet ja rakennuksen koko
- palokuorma.

Työmaalla valmistettavien betonirakenteiden toteuttamislakat on jaettu kolmeen toteutusluokkaan 1, 2 tai 3. Toteutusluokka 3 on vaativin toteutusluokka. Suunnittelija määrittää valettavan kohteen toleranssit ja toteutusluokan sekä määrittää toteuttamista koskevat vaatimukset suunnitelmiin. [3. s. 181.]

Toteutusluokan valinnassa käytetään standardi SFS-EN 1990 Betonirakenteiden suunnittelunperusteet ja seuraamusluokkien sekä rakenteen käyttöön liittyvien riskitekijöiden perusteella. Toteutusluokat määräytyvät seuraavalla tavalla:

- Seuraamusluokan CC3 rakennukset kuuluvat toteutusluokkaan 3.
- Seuraamusluokan CC2 kuuluvat vähintään luokkaan 2.
- Korkealujuusbetonilla valmistetut rakenteet kuuluvat toteutusluokkaan 3. Korkealujuusbetoniksi katsotaan normaalipainoinen betoni, joka on lujuusluokaltaan suurempi kuin C50/60.
- Sellaiset rakenteet ja rakennusosat, joiden toteutus katsotaan olevan erityisen vaativa tai joiden valmistaminen niiden rakenteellisen toiminnan varmistamiseksi edellytetään erityistä huomiota, kuuluu toteutusluokkaan 3.
- Mikäli rakenteiden suunnittelussa on käytetty toleranssiluokkaa 2 ja pienennettyjä osavarmuuslukuja, kuuluu rakenne toteutusluokkaan 3.

Toteutusluokka määrittelee, dokumentaation ja laadunvalvonnan tason. Toteutusasiakirjoissa on oltava toteutusluokka määritettynä. [2. s. 8.]

Alla olevassa taulukossa on lueteltuna esimerkkejä erilaisista rakennelmista eri seuraamusluokissa. Seuraamusluokka 3:een kuuluu vaativat ja suuret rakennuskohteet tai rakenteet.

Taulukko 1. Seuraamusluokkien määrittely rakennuksille ja rakenteille. [9. s. 9.]

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä rakenteita koskevia esimerkkejä
CC3	<b>Suuret</b> seuraamukset ihmishenkien menetysten <i>tai</i> <b>hyvin suurten</b> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Rakennuksen kantava runko <sup>1)</sup> jäykistävine rakennusosineen sellaisissa rakennuksissa, joissa usein on suuri joukko ihmisiä kuten – yli 8-kerroksiset <sup>2)</sup> asuin-, konttori- ja liikerakennukset – konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot Raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset. Erikoisrakenteet, kuten esimerkiksi korkeat tornit. Luiskat sekä penkereet ja muut rakenteet, jotka sijaitsevat siirtymien haittavai- kutuksille herkissä ympäristöissä erityisesti hienorakeisten maalajien alueilla.
CC2	<b>Keskisuuret</b> seuraamukset ihmishenkien menetysten <i>tai</i> <b>merkittävien</b> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1.
CC1	<b>Vähäiset</b> seuraamukset ihmishenkien menetysten <i>tai</i> <b>pienien tai merkitysettömien</b> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	1- ja 2-kerroksiset <sup>2)</sup> rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä <sup>3)</sup> kuten esim. pienehköt varastot ja maatalouden tuotantorakennukset, joiden pinta-ala on enintään 300 m <sup>2</sup> tai suurin jänneväli enintään 6 metriä. Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa kuten – matalalla olevat terassit ja alapohjat, ilman kellaritiloja – ryömintätillaiset vesikatot, kun yläpohja on varsinainen kantava rakenne – sellaiset ulko- ja väliseinät, ikkunat, ovet ja vastaavat, joihin pääasiassa kohdistuu ilman paine-eroista aiheutuva sivuttaiskuormitus ja jotka eivät toimi kantavan tai jäykistävän rungon osana.

### 3.4 Rasitusluokat

Suunnittelija valitsee rasitusluokan rakenteelle seuraavien rasitustekijöiden perusteella:

1. Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio
2. Kloridien aiheuttama korroosio
3. Merivedessä olevien kloridien aiheuttama korroosio
4. Jäätymis/sulamisrasitus
5. Kemiallinen rasitus.

Rasitusluokka valitaan ympäristön olosuhteiden kuvausten mukaisesti. Rakenne voi kuulua myös useampaan rasitusluokkaan. Esimerkiksi luokkaan XF1 kuuluu jäätymis-sulamisrasituksen vuoksi sekä karbonatisoitumisen aiheuttaman korroosion takia luokkaan XC3 tai XC4. Yleensä julkisivut mitoitetaan siten, että ne sopivat rasitusluokkaan XC3 tai XC4. [2. s. 16.]

Rasitusluokat jaetaan rasituksen aiheuttavan syyn mukaan. X0 kuvaa tilannetta, jossa ei ole korroosion tai syöpymisen riskiä. Karbonatisoitumisen vaikutuksesta aiheutuva korroosio kuuluu rasitusluokkiin XC1, XC2, XC3 ja XC4. Muun kuin meriveden kloridien aiheuttama korroosio kuuluu rasitusluokkiin XD1, XD2 ja XD3. Meriveden kloridien aiheuttama korroosio kuuluu rasitusluokkiin XS1, XS2 ja XS3. Jäätymis-sulamisrasitus kuuluu luokkiin XF1, XF2, XF3 ja XF4 sekä kemiallinen rasitus kuuluu luokkiin XA1, XA2 ja XA3. Tarkemmat kuvaukset eri rasitusluokista löytyy kirjasta Betoninormit 2016. [2. s. 17.]

### 3.5 Betonin puristuslujuus

Tutkimalla betonin puristuslujuutta voidaan todeta betonin tarkoituksenmukaisuus. Puristuslujuutta valvotaan ja arvioidaan tuotannon yhteydessä tehtävillä puristuslujuuskokeilla. Puristuslujuudella jaetaan betoni eri lujuusluokkiin. Yleensä puristuslujuus mitataan 28 vuorokauden ikäisenä. [2. s. 36.]

Taulukko 2. Betonin lujuusluokitusta vastaavat lujuudet eri koekappaleilla.

Lujuusluokka	Alin 150 mm x 300 mm lie-riöllä määrätty ominaislujuus [MN/m <sup>3</sup> ]	Alin 150 mm:n kuutiolla määrätty ominaislujuus [MN/m <sup>3</sup> ]	Alin 100 mm:n kuutiolla määrätty ominaislujuus [MN/m <sup>3</sup> ]
C12/15	12	15	15,5
C16/20	16	20	20,6
C20/25	20	25	25,8
C25/30	25	30	30,9
C30/37	30	37	38,1
C35/45	35	45	46,4
C40/50	40	50	51,5
C45/55	45	55	56,6
C50/60	50	60	61,8
C55/67	55	67	69,0
C60/75	60	75	77,2
C70/85	70	85	87,6
C80/95	80	95	97,8
C90/105	90	105	108,2

### 3.6 Säilyvyys ja suunniteltu käyttöikä

Käyttöikä määräytyy rasitusluokan ja ympäristöolosuhteiden mukaan. Rasitusluokan avulla määritetään teräslaji, betonipeitteen paksuus sekä betonia ja toteutusta koskevat vaatimukset.

Teräs- ja muut metalliosat, jotka ovat alttiita korroosiolle tai eivät täytä vaatimuksia, tulee suojata luotettavasti korroosiota vastaan. Rasitusluokissa XC3, XC4, XS2, XS3, XD2 ja XD3 edellä mainitut osat valmistetaan korroosion kestävästä materiaalista. Rasitusluokissa XC3, XC4, XS2, ja XD2 voidaan tehdä tavallisesta teräksestä, mikäli se on suojattu korroosiota vastaan ja niiden suojaus voidaan pitää kunnossa.

### 3.7 Rakennesuunnitelman sisältö

Betonirakenteiden rakennesuunnitelmassa kerrotaan rakenteen suunnitellut tekniset piirteet ja rakenteelle asetettavat kestävyys-, lujuuteen ja mitä rasituksia rakenteen tulee kestää.

Rakennesuunnitelmassa esitetään seuraamusluokka, rasitusluokat ja suunniteltu käyttöikä, joilla esitetään rakenteen lujuudelle asetettavat vaatimukset. Betonipeitteen nimellisarvo ja rasitusluokka antavat rakenteelle kestävyys- ja lujuuteen ulkopuolisia rasitustekijöitä vastaan. Suunnitelmassa esitetään myös palonkestävyysluokka. Palonkestävyysluokka määrittää rakenteelle ajan, jonka sen tulee kestää sortumatta tulipalotilanteessa.

Ominaiskuormat ja kuormaluokka kertoo millaisilla kuormilla valmista rakennetta tullaan kuormittamaan. Tämä sisältää muun muassa mahdolliset koneet ja ihmisten aiheuttamat kuormat.

Suunnitelmassa annetaan rakenteen muodot ja mitat sekä rakenteelle asetettavat toleranssiluokat. Suunnitelmassa esitetään myös työsaumojen sijainnit, mikäli rakenne on liian iso kerralla valettavaksi. Suunnitelmassa esitetään myös kiinnikkeiden ja varausten paikat.



### 3.8 Rakennepiirustukset

Pää- ja työpiirustukset antavat betonirakennukselle muodot sekä mitat. Betonirakenteiden tarkemmat muodot, mitat ja raudoitukset määräytyvät rakennepiirustusten mukaan. Rakenteen muoto määräytyy tasopiirustusten mukaan. Tasopiirustusten lisäksi tarvitaan rakenneleikkauspiirustuksia ja detaljipiirustuksia, jotka tarkentavat jo annettuja suunnitelmia.

Raudoitteet määräytyvät raudoitussuunnitelman mukaisesti. Suunnitelmaa tukemassa ja tarkentamassa on raudoituksen tasopiirustukset ja raudoitusdetaljit. Raudoiteluettelossa luetellaan tarvittavat raudoitteet ja niiden määrä sekä koot.

### 3.9 Työmaan betonivalut

#### 3.9.1 Perustukset

Perustuksissa on monia tapoja toteuttaa perustamistapa. Perustamistapa riippuu maaperästä, radon-tilanteesta ja mahdollisesta kellaritilan tarpeesta. Valettavia paaluja ovat lähinnä teräsbetonipaalu, jossa ontto teräspuutkipaalu lyödään maahan ja valetaan täyteen betonia. Paalujen tai maapohjan stabiloinnin jälkeen valetaan joko anturat tai laattaperustus. Laattaperustuksessa ei välttämättä vaadita paalutusta, mutta hyvin epävaikalla maapohjalla tämä on hyvä tehdä.

Anturoiden jälkeen tehdään perusmuurit, mahdolliset tukimuurit ja peruspilarit. Nämä voivat olla joko paikallavalettuja, mutta muurit ja pilarit voivat olla myös elementtitehtaalla valmistettuja.

#### 3.9.2 Runko

Rungon valuihin vaikuttaa se valmistustapa. Rakenteet voidaan valmistaa elementtitehtaalla valmiina osina, tai rakenteet voidaan tehdä paikallavaluna. On myös mahdollista tehdä kantava rakenne paikallavaletuista rakenteista ja elementtirakenteista.

Paikallavaluna voidaan tehdä käytännössä mitä tahansa rakenteellisia ratkaisuja. Runko voidaan valmistaa paikallavaletuista kantavista seinistä, pilareista ja holvivaluista. Eikantavia seiniä voidaan tarvittaessa myös valmistaa.

Elementtirakentamisessa paikallavalamisen määrä on huomattavasti pienempi, ja painottuu lähinnä saumavaluihin. Elementtien pysty- ja alasaumavaluissa elementtien väliset raot raudoitetaan ja valetaan umpeen. Tarvittaessa tehdään holvivaluja mahdollisten suurempien aukkojen umpivalamiseen.

### 3.9.3 Erityisrakenteet

Työmaalla suoritetaan useita erityisvaluja, jotka ovat joko normaalista poikkeavia tai haasteellisempia kuin tavalliset valut. Näitä on esimerkiksi väestönsuojat, joissa rakenne tulee olla kaasutiivis. Myös erilaiset konsolit ja viemärin ääniloukut ovat erityisvaluja.

## 4 Betonointityön suunnittelu

Betonitöiden ennakkoon suunnittelu on sekä teknisesti ja taloudellisesti perusteltavaa. Huolellisen suunnittelun avulla vältetään turha työ, joka johtaa yleensä turhiin lisäkustannuksiin. Hyvällä suunnittelulla varmistetaan myös työn sujuvuus, jolloin työn tekeminen onnistuu minimiajassa sekä minimikustannuksin.

Työmaakohtaisessa betonointipöytäkirjassa on hyvä luetella työmaan eri valukohteiden tiedot.

### 4.1 Tuotannosuunnittelu

Tuotannosuunnittelun päämäärä on toteuttaa hanke tai sen osa sopimusasiakirjojen mukaan. Onnistuneella tuotannosuunnittelulla varmistetaan hankkeen tai sen osien tavoitteiden ja vaatimusten saavuttaminen. Tuotannonohjauksella voidaan myös ohjata suunnittelutarpeita ja tarvittaessa ensisijaistaa tiettyjä suunnitelmia hankkeen sujuvoittamiseksi.

Tuotannosuunnittelun alkuvaiheessa tehdään toteutuksen ajallinen suunnittelu eli aikataulu. Aikataululla varmistetaan hankkeen valmistuminen määräajassa sekä tarkastetaan mahdollisia risteäviä työvaiheita. Aikataululla myös voidaan organisoida töitä niin tuotannon kuin toimihenkilöiden osalta.

Tuotannosuunnittelun avulla voidaan myös ohjata, suunnitella ja ajoittaa hankintoja sekä suorittaa kustannushallintaa. Jottei aiheutuisi ylimääräisiä kuluja tai viivästyksiä aikatauluun, tulee hankinnat ajoittaa siten, että ne ovat varastossa mahdollisimman vähän aikaa. Ideaalitulanteessa tavara nostetaan suoraan kuorma-auton lavalta lopulliseen paikkaansa.

Tuotannosuunnittelulla voidaan myös ohjata laatua. Asettamalla vaatimuksia laadunvalvonnalle ja varmistamiselle taataan laadukas ja vaatimukset täyttävä lopputuote. Laatu on myös hyvin lähellä turvallisuutta, ja tuotannonohjauksella voidaan luoda oikeanlainen työturvallisuuden ilmapiiri sekä vaadittavat työturvallisuusasiakirjat.

Tuotannosuunnittelussa voidaan laatia aikataulu- ja resurssisuunnittelua tukevia ja täydentäviä erityissuunnitelmia, joilla täsmennetään ja selkeytetään vaativampia erityistöitä. [7. s. 64.]

Betonirakenteiden tuotannosuunnittelussa esitetään vähintään seuraavat asiakirjat:

- tarvittavat toteutuspiirustukset
- työvaihesuunnitelmat kuten betonointisuunnitelma
- muut laatuasiakirjat.

Betonointisuunnitelma tarvitaan kaikissa toteutusluokan 2 ja 3 rakenteissa. [9. s. 7.]

#### 4.2 Vastaavan työnjohtajan tehtävät

Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava, että viranomaiskatselmukset tehdään asianmukaisissa työvaiheissa, työmaalla on käytettävissä tarvittavat piirustukset ja erityissuunnitelmat sekä muut tarkastusasiakirjat, tarvittavat selvitykset riskillisistä vaiheista, riskien ja haittojen välttämiseksi on ryhdytty toimenpiteisiin ja että puutteiden ja virheiden johdosta on ryhdytty toimenpiteisiin. [6. 73§.]

Vastaavan työnjohtajan tai erikseen nimetyn työnjohtajan tulee valvoa rakenteiden toteuttamisen aikana, että rakenteen valmistusta ja betonielementtejä koskevia suunnitelmia noudatetaan ja että työstä on laadittu kaikki asiaankuuluvat dokumentit. Vastaava työnjohtaja myös vastaa siitä, että betonityön lopputulos vastaa asetettuja teknisiä ja muita laatuvaatimuksia. Lisäksi hän vastaa työn turvallisuudesta ja kustannustehokkaasta toteutuksesta.

##### 4.2.1 Vastaavan työnjohtajan kelpoisuusvaatimukset

Vastaavan työnjohtajan pätevyyden todentaa rakennusvalvonta. Vastaavalla työnjohtajalla kelpoisuusvaatimuksena on:

- vaativassa ja tavanomaisessa työnjohtotehtävässä tehtävään soveltuva rakentamisen tai tekniikan alan korkeakoulututkinto, aiempi ammatillisen korkea-asteen tutkinto tai sitä vastaava tutkinto. Lisäksi hänellä tulee olla riittävästi työkokemusta kyseisen alan työnjohtotehtävissä.
- vähäisessä työnjohtotehtävässä voi toimia henkilö, jolla ei ole aiemmin mainittua tutkintoa, mutta jolla on muutoin tehtävään tarvittavat edellytykset.

Poikkeuksellisen vaativissa työnjohtotehtävissä työnjohtajan kelpoisuusvaatimukset ovat samat kuin tavanomaisissa työnjohtotehtävissä, mutta työkokemusta ja perehtyneisyyttä vaaditaan. [6. 122§.]

Vastaava työnjohtaja tai erikseen nimetty erityisalan työnjohtaja valvoo rakentamisen aikana, että betonirakenteiden valmistamisen ja betonielementtien asennustyön suunnitelmia ja ohjeita noudatetaan ja tarvittavat dokumentit laaditaan. [9. s. 8.]

Mikäli havaitaan, että toteutuksen aikana rakenne tai yksityiskohta ei täytä vaatimuksia, mitkä on esitetty toteutusasiakirjoissa, tulee selvittää poikkeamien esiintymiskohdat sekä syyt. Siten voidaan selvittää, onko kyseinen poikkeama hyväksyttävissä ilman korjaamista. Tarvittaessa tehdään laskemat siitä, että saavutetaan tarvittava varmuustaso. Mikäli poikkeamaa ei voida hyväksyä ilman korjaamista, on korjaaminen tehtävä tarvittavassa laajuudessa. [9. s. 8.]

#### 4.2.2 Betonityönjohtajan kelpoisuusvaatimukset

Betonirakenteiden työnjohtajan pätevyys perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin ja työnjohtajan pätevyysvaatimus määritellään rakennusluvassa (tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa). [14.]

Betonityönjohtajan tulee suorittaa opintoja voidakseen hakea pätevyksiä betonitöiden johtamiseen (ks. taulukko 3). Opinnot koostuvat rakennustekniikasta, rakentamisen tuotantotekniikasta ja projektinhallinnasta. Opintojen määrä vaikuttaa betonityönjohtajan luokkaan.

Betonityönjohtaja, valmisbetonityönjohtaja ja elementtitehtaan betonityönjohtaja sekä betonilaborantti voi hakea pätevyyttä FISE Oy:stä aina seitsemäksi vuodeksi kerrallaan.

FISE Oy toteaa myös muita betonirakentamisen pätevyksiä, kuten: betonijulkisivutyönjohtaja, betonielementtien asennustyönjohtaja, betonilattiatyönjohtaja ja betonirakenteiden korjaustyönjohtaja. [3. s. 182.]

Taulukko 3. Betonityönjohtajan pätevyysvaatimukset.

LUOKKA	TUTKINTO	OPINNOT
<b>Tavanomainen</b>	Kyseiseen työnjohtotehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu ammattikorkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään teknikon tasoinen. Taikka on hankkinut muuten osoitetut vastaavat tiedot.	<p>Kyseistä työnjohtotehtävää käsittelevät opintosuoritukset, joiden yhteismäärä on vähintään 50 op:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• opinnot rakennustekniikassa sisältäen rakenteiden mekaniikkaa (väh. 4 op), betonirakentamista ja betoniteknologiaa (väh. 7 op), rakennusfysiikkaa (väh. 3 op)</li> <li>• rakentamisen työmaa- ja tuotantotekniikassa (väh. 8 op)</li> <li>• projektinhallinnassa ja -johtamisessa, aikataulusuunnittelussa sekä hanketaloudessa (väh. 8 op)</li> </ul>
<b>Vaativa</b>	Kyseiseen työnjohtotehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään teknikon tutkinnon tasoinen.	<p>Kyseistä työnjohtotehtävää käsittelevät opintosuoritukset, joiden yhteismäärä on vähintään 60 op:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• opinnot rakennustekniikassa sisältäen rakenteiden mekaniikkaa (väh. 7 op), betonirakentamista ja betoniteknologiaa (väh. 10 op), rakennusfysiikkaa (väh. 3 op)</li> <li>• rakentamisen työmaa- ja tuotantotekniikassa (väh. 10 op)</li> <li>• projektinhallinnassa ja -johtamisessa, aikataulusuunnittelussa sekä hanketaloudessa (väh. 10 op)</li> </ul>
<b>Poikkeuksellisen vaativa</b>	Kyseiseen työnjohtotehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään insinöörin tutkinnon tasoinen.	<p>Kyseistä työnjohtotehtävää käsittelevät opintosuoritukset, joiden yhteismäärä on vähintään 70 op:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• opinnot rakennustekniikassa sisältäen rakenteiden mekaniikkaa (väh. 10 op), betonirakentamista ja betoniteknologiaa (väh. 15 op), rakennusfysiikkaa (väh. 3 op)</li> <li>• rakentamisen työmaa- ja tuotantotekniikassa (väh. 12 op)</li> <li>• projektinhallinnassa ja -johtamisessa, aikataulusuunnittelussa sekä hanketaloudessa (väh. 12 op)</li> </ul>

#### 4.3 Betonointityönjohtajan tehtävät

Betonityön johtajalla tulee olla toteutusta ja rakenteiden vaativuutta vastaava pätevyys. Rakenteiden valmistuksesta vastuu kuuluu betonityönjohtajalle. Betonityönjohtajan on oltava itse paikalla tai muilla keinoilla varmistettava, että oleellisten työvaiheiden aikana työ toteutetaan suunnitelmien mukaisesti ja ammattitaidolla. Betonityönjohtajan tulee tarkistaa jokainen työvaihe sekä laatia työmaan laatusuunnitelman mukaiset tarkastusasiakirjat ja allekirjoittaa ne. [2. s.56.]

Ennen kuin betonityö voidaan aloittaa, täytyy varmistaa, että valukohde on valmis. Valukohteessa tulee olla raudoitukset sekä muotit valmiina, jotta betoni voidaan valaa. Valukohde tulee olla rakennesuunnittelijan sekä kohteen valvojan tarkastama ja hyväksymä.

Valupäivän olosuhteet tulee tarkistaa ja selvittää, sataako vettä, mikä on päivän lämpötila sekä tehdäänkö valu hämärässä. Valukohteen sijainti vaikuttaa siltä, millä kalustolla valu tehdään. Yleisin tapa on betoniautolla ja betonipumpulla, mutta esimerkiksi ontelolaattojen saumavalut on helpompi tehdä nosturilla ja nostoastialla. Lopuksi on hyvä tarkistaa betonoitavan rakenteen betonimäärä.

Ennen valutyön aloittamista laaditaan Työn turvallisuussuunnitelma (TTS), alustava betonointipöytäkirja sekä selvitetään, kuinka monta henkilöä betonointityössä on. Betonointipöytäkirjaa täydennetään työn edetessä tai työn valmistuessa. Kulkureitit betonoitavaan kohteeseen tulee varmistaa sekä riittävä valaistus, mikäli valu tehdään hämärässä. Betonipumpun tai betoniauton purkupaikat tulee selvittää ja varmistaa, että pohja pitää kaluston alla. Lopuksi suunnitellaan betonointityöhön sopiva valunopeus.

Valutyön kriittisimpiä vaiheita on betonityössä tulevat liian pitkät tauot. Tämä on ongelma kesäisin, kun betoni kuivuu nopeammin ja seinävaluissa, joissa yhtenäisen rakenteen valaminen on tärkeää.

Laadukkaan lopputuloksen takaamiseksi betonista tehdään koekuutiot, joilla tutkitaan betonin puristuslujuus. Tällä varmistetaan, että betoni on riittävän vahvaa ja rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukainen. Valupäivänä otetaan huomioon valupäivän olosuhteet. Esimerkiksi lattiavalussa ei saa sataa vettä. Betonivalun jälkeen tulee muistaa jälkihoito, varsinkin kesällä liian nopeasti kuivuva betoni halkeilee helposti. [6.]

#### 4.4 Talvibetonointi

Talvibetonoinniksi sanotaan sellaista betonointia, joka tapahtuu alle +5°C:n lämpötilassa. Kylmän sään takia betonin sitoutuminen hidastuu ja pakkanen voi vaurioittaa vastabetonoituja rakenteita. Jotta talvella betonointi voidaan toteuttaa ja rakenteen suunnitelmien mukainen kovettuminen saavuttaa, tulee betonoinnissa käyttää sopivia ja soveltuvia talvibetonointimenetelmiä. Talvibetonointi vaatii jokaisen suoritusvaiheen huolellista suunnittelua ja talven aiheuttamisen lisävaatimusten huomioonottamista. [13. s. 103.]

#### 4.5 Laadunvalvonta

Betonirakenteiden suunnitelmanmukaisuutta ja kelpoisuutta varmistetaan valmistuksen valvonnalla ja tarkastuksilla. Työmaalla määritellään laadunvalvonnan vaatimukset ja laajuus toteutusasiakirjoissa esitetyillä toteutusluokilla. Toteutusluokissa 2 ja 3 vaaditaan työmaalla saatavilla olevaa laatusuunnitelmaa.

Tuotantovaiheessa valvonta kohdistetaan muotti- ja tukirakenteisiin, joissa isoimmat ongelmakohdat kohdistuvat niiden lujuuteen, tiiveyteen, tukevuuteen ja puhtauteen sekä raudoituksiin ja jännitystöihin, joissa tarkastetaan raudoitusten oikeellisuus suunnitelmiin nähden. Muoteissa voi olla lisäksi erilaisia tartuntoja ja pulttiryhmiä sekä sähkö- ja LVI-laitteita, joiden sijainti on varmistettava.

Betonointivaihetta ennen ja sen aikana tarkistetaan kuormakirjoista betonin oikeellisuus, joka selviää rakennesuunnitelmista. Betonityön aikana keskitytään betonimassan sijoittamiseen tasalaausena ja riittävän ohuina kerroksina. Betonia saa lisätä korkeintaan 0,5 metrin kerroksina. Tämän lisäksi keskitytään oikeaoppiseen tiivistämiseen, jossa massa muuttuu hetkellisesti juoksevammaksi ja tiivistyy painovoiman vaikutuksesta.

Betonointivaiheen jälkeen suoritetaan pinnan viimeistely esimerkiksi hiertämällä pinta taiseksi tai haluttuun korkoon ja jälkihoito. Jälkihoidossa vuodenajasta riippuen tarvitaan peitteitä tai lämpöpeitteitä sekä pinnan kastelua tai jälkihoitokäsittelyä. Jälkihoitovaihe on kriittinen vaihe ja vaatii erityistä huomiota suunnitellun laadun varmistamiseksi.



Tarkastukset suoritetaan silmämääräisesti. Toteutusluokassa 2 tarkastuksia täydennetään tärkeimpien rakenneosien mittauksilla. Tarkastukset dokumentoidaan siten, että työsuorituksen kulku voidaan tarvittaessa tarkistaa myös jälkikäteen. [2. s. 95.]

Betonin lujuudenkehitystä seurataan esimerkiksi lämpötilan mittausten tai koekappaleiden avulla. Näin varmistetaan betonin lujuus ja tarvittaessa jäätymislujuus, muottien purkamislujuus sekä jännitettyjen rakenteiden jännitysajankohdan määrittäminen. [2. s. 103.]

#### 4.5.1 Koekappaleet

Puristuslujuus on tärkein ominaisuus, kun arvioidaan betonin vaatimuksenmukaisuutta. Valukohteeseen tuodusta betonista voidaan ottaa koekappaleita näytteenottosuunnitelman mukaisesti. Koekappale valetaan lieriön tai kuution muotoiseen muottiin, ja kappaleen puristuslujuus mitataan sopivassa testauslaboratoriossa. Testi suoritetaan 28 vuorokautta kovettuneelle betonille. Puristuslujuutta mitattaessa tulee käyttää Betonistandardin mukaisia testaamismenetelmiä, koska niiden tarkkuus ja toistettavuus on tutkittu. [4.]

#### 4.5.2 Työsuorituksen laadunvalvonta

Betonityönjohtajan vastuulla on valvoa rakenteiden valmistuksen aikana, että muotit ja niiden tukirakenteet, raudoitustyöt, betonityöt, betonielementtien asennus ja saumaus, jännitystyöt ja mittatarkkuudet ovat annettujen ohjeiden mukaiset ja että niistä laaditaan asiaankuuluvat tallenteet. Tallenteet voivat olla sähköisinä tai paperisina.

#### 4.6 Laadunvarmistus

Urakoitsija ottaa huomioon jo tarjoustaan laatiessaan urakka-asiakirjoissa esitetyt laadunvarmistusmenettelyt. Urakoitsijan tulee esittää selvitys laadunvarmistuksesta. Urakoitsija laatii lopullisen tarkastusasiakirjan ja täydentää sitä viranomaisten ja muiden osapuolien esittämien ehdotusten mukaan. Urakoitsijan tulee luoda laatukansio hankkeen alussa, johon sitten kootaan hankkeen laadunvarmistusta koskevat dokumentit. Muut urakoitsijat huolehtivat omista laadunvarmistustoimista ja työturvallisuuteen liittyvistä tarkastuksista. Mikäli laadusta tai aikataulusta löytyy poikkeamia, niistä tiedotetaan rakennuttajaa,

valvojaa ja muita tarvittavia osapuolia. Urakoitsijoiden tulee hyväksyttää tuotemallit, toimittajat ja aliurakoitsijat rakennuttajalla. Suunnitelmat tarkastutetaan ja hyväksytetään rakennuttajalla. [12. s.2.]

## 5 Työmaakohtainen betonointisuunnitelma

Työmaakohtaisen betonointisuunnitelman käyttö on perusteltua. Mitä aiemmin betonitöitä voidaan alkaa suunnittelemaan, sitä enemmän on aikaa reagoida mahdollisiin suunnitelmapuutteisiin tai valuun liittyviin erityispiirteisiin. Suunnitelman avulla voidaan jo ennakoon suunnitella tulevia betonitöitä ja tunnistaa mahdolliset vaativat ja hankalat valut sekä tarkistaa, onko suunnitelmat jo tehty vai puuttuuko jotain tarvittavia suunnitelmia. Betonointisuunnitelmassa tulee kertoa myös laatuvaatimukset. Työmaan erityispiirteet tulee ottaa huomioon ja erikoisbetonivalut tulee luetella. Aikataulu on hyvä olla tiedossa.

Liitteenä oleva työmaakohtainen betonointisuunnitelma on ilmoitettu tilaajayrityksen toimesta salaiseksi, joten se on jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

### 5.1 Yleiset tiedot

Työmaakohtaisessa betonointisuunnitelmassa on kohteen tiedot kuten työnumero ja osoite, vastaavan mestarin tiedot ja pätevyudet, betonointityönjohtajien tiedot sekä pätevyudet ja suunnittelijoiden tiedot. Suunnitelmaan laitettiin myös tilaajan/rakennuttajan tiedot sekä valvojan tiedot. Suunnitelmapohjaan lisättiin myös maininta laatusuunnitelmasta.

### 5.2 Tarvittavat suunnitelmat

Betonointisuunnitelmaan on laitettu eri rakennusosille maininta vaativuusluokasta, työselityksistä, pohjakuvista, leikkauksista, rakennetyypeistä, raudoituksista ja seuraamusluokista. Näin havaitaan mahdolliset puutteet suunnitelmissa ja betonointisuunnitelmapohjaa voidaan täydentää tarvittaessa. Lisäksi suunnitelmassa on työmaan eri vaiheissa olevat betonivalut, valukohteet ja niihin liittyvät suunnitelmat.

Talvella tapahtuvasta betonoinnista on lisätty maininta sekä maininta lämpötilan seurannan tarpeesta, jotta työnjohto pystyy varautumaan talvibetonointiin liittyviin haasteisiin. Lämpötilan seuranta voidaan myös tarvita talvibetonoinnin ulkopuolella oikeanlaisen lujudenkehityksen varmistamiseksi.

### 5.3 Kohteen jaottelu

Työmaakohtaisessa betonointisuunnitelmassa on jaoteltu kohde työvaiheisiin, jolloin voidaan tarkemmin kuvata kohteeseen tulevia valuja. Jakoperiaate on perustusvaihe, runkovaihe ja sisätyövaihe. Perustusvaiheessa on lueteltu valettavat paalut, anturat, tukimuurit ja laattaperustukset. Runkovaiheessa on lueteltuna paikallavaletut rakenteet, kuorivalut sekä elementtirakentamisessa tulevat saumavalut. Jokaisen eri vaiheen rakenteet luetellaan ja tarkistetaan suunnitelmat ja mahdolliset puutteet. Mikäli jotain tiettyä rakennetta ei ole, suunnitelmajohdossa voidaan käsin lisätä tarvittavat rakenteet.

Suunnitelmaan on lisätty laadunvalvonta ja laadunvarmistus, kuten koekappaleiden määrä ja määrättyt laatuvaatimukset betoniin liittyen sekä lujuuden saavutusajat.

Erikoisrakenteet, kuten väestönsuojat ja ääniloukut voidaan lisätä käsin suunnitelmaan.

## 6 Johtopäätökset

Tätä opinnäytetyötä tehdessä huomasin, että tuotannonohjaukseen liittyvä tieto on hyvin hajautettuna ja vaikeasti koottavissa. Tuotannonohjaus on monimutkainen ja sekava kokonaisuus ja toivon, että tämän opinnäytetyön lopputulos auttaa hahmottamaan sitä paremmin. Mielestäni tällä työllä sai paremman kuvan tarvittavista asiakirjoista ja dokumenteista. Rakennusalan lait, määräykset ja ohjeet ovat hyvin vaikeaselkoisia ja vaatisivat vielä lisää aikaa ja etenkin käytännön kokemusta, jotta niistä saisi selkeän kokonaisuuden.

Olisi mielenkiintoista nähdä opinnäytetyö, joka olisi esimerkiksi keskittynyt vain rakennusalan lakeihin. Useampi ymmärrettävä ja tiivis työ tukisivat toisiaan ja auttaisivat yhdessä ymmärtämään paremmin tuotannonohjauksen eri osa-alueita.

Betonointisuunnitelmaa voisi jatkokehittää kattamaan laajemmin työmaan betonitöitä koskevia asiakirjoja, jolloin pystyttäisiin luomaan erään kaltainen dokumenttipankki, josta löytyy niin suunnitelmat, ohjeet, pöytäkirjat ja laadunvalvonnan dokumentit. Tätä pankkia täydennetään työmaan edetessä ja hankkeen lopussa sitä voitaisiin hyödyntää työmaan työmaakansioiden täyttämässä.

## 7 Yhteenveto

Skanska Talonrakennus Oy:llä on käytössä valukohtainen betonointisuunnitelmapohja, muttei sellaista betonointisuunnitelmapohjaa, jossa tarkastellaan betonitöitä työmaan mittakaavassa. Työn tuloksena luotiin Skanska Talonrakennus Oy:n käyttöön työmaa-kohtainen betonointisuunnitelmapohja. Suunnitelmapohjan luomisessa keskityttiin elementtirakenteiseen asuinkerrostaloon. Huomioon otettiin betonivalut eri työvaiheissa sekä mahdolliset eritysrakenteet, kuten väestönsuojat. Betonityöt jaettiin eri työvaiheille, koska eri työvaiheissa on erilaisia valuja, ja osa niistä toteutetaan eri ohjeilla.

Suunnitelmapohjassa selvitettiin betonointiin vaikuttavat tekijät, kuten lainsäädäntö, määräykset, ohjeet ja tilaajan sekä suunnittelijan vaatimukset. Lisäksi selvitettiin urakoitsijan työnjohtoon kohdistuvat vaatimukset koulutuksen ja pätevyyksien osalta.

Suunnitelmapohja laadittiin Excel-pohjalle, koska Excelillä pystytään tekemään hyvin monipuolisesti erilaisia taulukoita ja lomakkeita. Suunnitelmapohja muokattiin vastaamaan tilaajayrityksen graafista ohjetta värimaailman ja logojen suhteen. Pohja tehtiin mahdollisimman yksinkertaiseksi ja selkeäksi, jotta sen käyttäminen olisi mahdollisimman mutkatonta. Pohja jaettiin yleiseen tietoon kohteesta, perustusvaiheeseen, runkovaikheeseen ja sisätyövaiheeseen.

Suunnitelman avulla voidaan tarkastella työmaan betonitöitä kohteen laajuudessa, ja varmistaa, että tarvittavat suunnitelmat löytyvät, työnjohtajat ovat riittävän päteviä tekemään vaaditut betonityöt sekä tarkistaa mahdolliset vaativat valut työmaalla.

## Lähteet

1. Skanska asuntorakentaminen. Verkkosivusto. Skanska-konserni. <https://www.skanska.fi/palvelut/rakentamispalvelut/asunnot/> Luettu 3.1.2019.
2. Suomen Betoniyhdistys ry 2016: Betoninormit 2016 BY 65. BY-Koulutus Oy, Vaasa.
3. Suomen Betoniyhdistys ry 2018: Betonitekniikan Oppikirja 2018 BY 201. BY-Koulutus Oy, Vaasa.
4. Finnsementti. Verkkosivusto. <https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/betonin-lujuus/> Luettu 3.1.2019.
5. Skanska Talonrakennus Oy: vanhemman työnjohtajan Mauritz Vacklinin sähköpostihaastattelu 11.12.2018.
6. Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Annettu 5.2.1999.
7. Tampereen teknillinen korkeakoulu ja Rakennustieto Oy 1997: Rakennushankkeen tuotannosuunnittelu ja -ohjaus. Gummerus Kirjapaino, Saarijärvi.
8. Vuorela, V., Urpola, J. & Kankainen, J.: Johdatus Rakentamistalouteen. Jasur Oy, Espoo.
9. Ympäristöministeriö: Suomen Rakentamismääräyskokoelma: Rakenteiden lujuus ja vakaus, betonirakenteet. Annettu 20.12.2016.
10. Kankainen, J., Junnonen, J. 2014: Urakoitsijan sopimusasiat. Tammerprint Oy, Tampere.
11. Suomen Betoniyhdistys ry 2013: Betonirakentamisen laatuohjeet 2013 BY 47. BY-Koulutus Oy, Helsinki.
12. Rakennustieto Oy 2009: RATU S-1224: Rakennushankkeen laadunvarmistustoimenpiteet.
13. Uusitalo, J., Ihanamäki, J., Rajala, R. & Vallin, O: BY205 Betonityöt. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
14. Skanska Talonrakennus Oy: vastaavan työnjohtajan Marko Koikkalaisen sähköpostihaastattelu 22.3.2019.

## **Työmaakohtainen betonointisuunnitelma**