

Hanna Malinen

# Toteutuseritelmien laatiminen teräs- ja betonirakenteille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriytyö

28.4.2017

Tekijä(t) Otsikko	Hanna Malinen Toteutuseritelmien laatiminen teräs- ja betonirakenteille
Sivumäärä Aika	61 sivua + 2 liitettä 28.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Toimialajohtaja rakennetekniikka Kari Lomperi, FCG Oy Lehtori Jouni Ruotsalainen, Metropolia AMK
<p>Opinnäytetyön tavoitteena sekä lopputuotoksena oli luoda standardeja sekä eurokoodi-suunnittelua noudattavat toteutuseritelmäpohjat teräs- ja betonirakenteille. Toteutuseritelmäpohjat pyrittiin suunnittelemaan ja laatimaan suunnittelijan käyttöä palveleviksi työvälineiksi. Toteutuseritelmä on suunnittelijan laatima toteutusasiakirja eli asiakirjakokonaisuus, jossa esitetään projektikohtaisesti kaikki rakennetta tai rakenteita koskevat vaatimukset sekä tekniset tiedot. Jokaisen teräs- ja betonirakenneprojektin tulee sisältää toteutuseritelmä.</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantaja on FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:n rakennetekniikan toimintayksikkö, joka on erikoistunut suunnittelemaan rakenteellisesti vaativia rakennuskohteita talonrakennus-, vesihuoltolaitos- ja yhdyskuntarakentamisen kohteisiin. FCG:ltä puuttui yhdenmukainen toteutuseritelmäpohja teräs- ja betonirakenteille, jota suunnittelijat pystyivät hyödyntämään aloittaessaan uuden projektin suunnittelun.</p> <p>Työ toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä, hyödyntäen tutkimusmenetelmänä toimitatutkimusta. Toiminnallinen opinnäytetyö on työelämän kehittämisprojekti, joka tavoittelee käytännön toiminnan kehittämistä, ohjeistamista, opastamista tai organisointia. Työn teoreettinen viitekehys perustuu teräs- ja betonirakenteiden toteutusstandardeihin sekä teräs- ja betonirakenteita käsitteleviin eurokoodeihin. Opinnäytetyön ja toteutuseritelmäpohjien suunnittelussa keskitytään paikallavalettuihin betonirakenteisiin sekä konepajavalmisteisiin teräsrakenteisiin.</p>	
Avainsanat	toteutuseritelmä, standardi, teräsrakenteet, betonirakenteet

Author(s) Title Number of Pages Date	Hanna Malinen Making an execution specification for steel and concrete structures 61 pages + 2 appendices 28.4.2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Kari Lomperi, Head of Business Branch, FCG Design and Engineering Ltd Jouni Ruotsalainen, Senior Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences
<p>The purpose of this thesis was to create document templates for execution specifications for steel and concrete structures, using standards and eurocodes concerning steel and concrete structures. The aim was to create a working tool for the designer.</p> <p>Execution specification is a collection of different documents and drawings drawn by the designer. It includes project-specific qualifications and technical requirements for the structure or structures. An execution specification must be included in every structural steel and concrete project.</p> <p>The thesis project was commissioned by FCG Design and Engineering Ltd. FCG Design and Engineering Ltd specializes in designing structurally challenging construction works in the field of community planning, housing construction and renovation, water supply engineering. FCG was lacking a uniform execution specification template for specification execution that designers could use when starting a new project.</p> <p>The project was conducted as a practise-based thesis, utilising action research as the research method. The theoretical background is based on standards and eurocodes related to steel and concrete structures. The theoretical framework and the document templates for specification execution concentrate on machine-manufactured steel structures and cast-in-situ concrete structures.</p>	
Keywords	execution specification, steel and concrete structure

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Työn tavoitteet ja rajaukset	2
1.3	Lähestymistapa	3
2	Standardien käyttö rakenteiden suunnittelussa	3
2.1	Standardisoinnin tarkoitus ja hyödyt	4
2.2	Eurokoodit rakenteiden suunnittelussa	5
2.3	Standardi SFS-EN 1090-2+A1	6
2.4	Standardit SFS-EN 13670 sekä SFS 5975	8
2.5	Standardit ja eurokoodit käytännön toteutuksessa	9
3	Toteutuseritelmä	10
3.1	Toteutuseritelmän laatiminen teräsrakenteille	11
3.1.1	Yleistiedot	13
3.1.2	Toimitettavat asiakirjat	14
3.1.3	Teräsrakenteiden suunnittelu	15
3.1.4	Toteutusluokkavaatimukset ja toteuttajalta vaadittavat asiakirjat	15
3.1.5	Käytettävät tuotteet	21
3.1.6	Esivalmistus ja kokoaminen	23
3.1.7	Hitsaus	25
3.1.8	Mekaaninen kiinnittäminen	26
3.1.9	Asentaminen	29
3.1.10	Pintakäsittely	30
3.1.11	Geometriset toleranssit	32
3.1.12	Tarkastus, testaus ja korjaaminen	33
3.2	Toteutuseritelmän laatiminen betonirakenteille	35
3.2.1	Kohteen perustiedot	37
3.2.2	Toimitettavat asiakirjat	38
3.2.3	Suunnittelun lähtökohdat	38
3.2.4	Toteutuksen johto	42
3.2.5	Tukirakenteet ja muotit	46

3.2.6	Rauditus	47
3.2.7	Jännitystyöt	49
3.2.8	Betonointi	50
3.2.9	Mittatoleranssit	53
4	Työn toteutuksen vaiheet ja tietoperustan keruu	54
5	Arviointi	56
5.1	Tavoitteiden saavuttaminen	56
5.2	Työn haasteet	56
5.3	Opinnäytetyöprosessin arviointi	58
	Lähteet	59
	Liitteet	
	Liite 1. Toteutuseritelmäpohja teräsrakenteille	
	Liite 2. Toteutuseritelmäpohja betonirakenteille	

## Lyhenteet ja termit

CEN	Euroopan standardisoimisjärjestö
EN	European Standard. Eurooppalainen standardi
FCG	Finnish Consulting Group Oy
ISO	International Standardization Organization
ISO-standardi	Kansainvälinen ISO-järjestön julkaisema standardi
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Suomen standardisoinnin keskusjärjestö
SFS-standardi	Suomalainen SFS-järjestön julkaisema standardi
Toteutuseritelmä	Asiakirjat, jotka sisältävät kaiken tarvittavan tiedon teräs- tai betonirakenteen valmistusta ja asennusta varten
Toteutusluokka	Rakenteiden toteuttamiselle asetettu luokkavaatimus

# 1 Johdanto

## 1.1 Taustaa

Opinnäytetyön toimeksiantaja on FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:n rakennetekniikan toimintayksikkö, joka on osa Finnish Consulting Group -konsernia. Finnish Consulting Group Oy on monialainen konsulttiyritys, jonka palvelut keskittyvät infra-, ympäristö- ja yhdyskuntasuunnitteluun, koulutukseen ja osaamisen kehittämiseen sekä kansainväliseen kehityskonsultointiin. FCG-konsernin toiminta alkoi syyskuussa 2005.[1.]

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:n liiketoiminta muodostuu neljästä päätoiminta-alueesta: infra- ja aluesuunnittelu, kiinteistöt ja talotekniikka, ympäristö ja energia sekä vesihuolto. Suunnittelu-yksikkö on henkilöstömäärältään suurin FCG-konsernin liiketoimintaryhmä. Henkilöstöä on Helsingin Käpylän toimipisteen lisäksi kymmenessä alueellisessa toimipaikassa eri puolilla Suomea. FCG-konsernin rakennetekniikkayksikkö on erikoistunut suunnittelemaan rakenteellisesti vaativia rakennuskohteita mm. talonrakennus-, vesihuoltolaitos- ja yhdyskuntarakentamisen kohteisiin. Asiakkaina on rakennusliikkeitä, hankkeiden rahoittajia ja julkishallinnon toimijoita. [1.]

FCG:ltä puuttui yhdenmukainen toteutuseritelmäpohja teräs- ja betonirakenteille, jota esimerkiksi suunnittelijat pystyisivät hyödyntämään aloittaessaan uuden projektin suunnittelua. Toteutuseritelmän laatiminen on työläs sekä aikaa vievä prosessi. Määräyksien ja standardien viidakosta pitäisi pystyä poimimaan projektien kannalta oleelliset ja velvoittavat määräykset ja tämän jälkeen yhdistää ne vielä kokonaisuudeksi. Jälkikäteen esimerkiksi laadunhallintaa helpottaisi, jos yrityksen sisäiset dokumentit olisi tehty suurimmaksi osaksi samaa mallia noudattaen. Määräyksiä päivitetään jatkuvasti ja muutoksista pitäisi olla aina ajan tasalla. Aikaa säästyisi projektin alkuvaiheessa, jos määräyksien etsimiseen ja päivittämiseen ei tarvitsisi käyttää turhaa aikaa. Pohjien tulisi olla helposti päivitettäviä sekä projektikohtaisesti sovellettavia.

Teräsrakenteiden osalta uusiin yleiseurooppalaisiin vaatimuksiin siirtyminen toteutui koko laajuudessaan 1.1.2017, kun ympäristöministeriön julkaiseman Suomen rakentamismääräyskokoelman ohje Teräsrakenteet 2017 astui voimaan. Teräsrakenteet 2017 -ohje sisältää muun muassa teräsrakenteiden suunnittelustandardien kansalliset liitteet sekä kytkevät ne yhteen teräsrakenteiden suunnittelustandardin SFS-EN 1993 suunnit-

telu- ja toteutusstandardin SFS-EN 1090 kanssa. Suunnittelustandardit SFS-EN 1993 sekä toteutusstandardit SFS-EN 1090 ovat ainoat virallisesti hyväksytyt normijärjestelmät teräsrakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa Suomessa. [ 2.]

Kaikkea rakentamista koskevat määräykset uudistetaan vuoteen 2018 mennessä vuonna 2013 voimaan tulleen maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen (958/2012) mukaisesti. Uudistumisen keskeisenä tavoitteen on selkeyttää rakentamisen säädöksiä sekä tehdä niistä yhtenäisempiä ja ennakoitavampia. Aiempia rakentamismääräyskoelman määräyksiä ja ohjeita voidaan soveltaa kunnes uudet säädökset on annettu. [ 3.]

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Opinnäytetyön tavoitteena ja lopputuotoksena on luoda toteutuseritelmäpohjat teräs- ja betonirakenteille. Jokaisesta teräs- ja betonirakenteita sisältävästä projektista tulee aina laatia projektikohtainen toteutuseritelmä. Toteutuseritelmä on kokoelma rakenteiden valmistusta ja asennusta koskevista vaatimuksista, joka yleensä sisältää erilaisia eritelmiä, asiakirjoja ja piirustuksia. Tarkoituksena on laatia rakennusalan standardeja sekä eurokoodisuunnittelua paremmin mukaileva toteutuseritelmäpohja, jota suunnittelijat pystyvät käyttämään yhdenmukaisesti työssään. Pääosa sisällöstä käsittelee standardeja SFS-EN 1090-2 A1 *Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset* ja SFS-EN 13670 *Betonirakenteiden toteutus*, sekä teräs- ja betonirakenteita käsitteleviä eurokoodeista EN 1992-1-1: *Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt* ja EN 1993-1-1: *Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt*.

Opinnäytetyön ja toteutuseritelmäpohjien suunnittelussa keskitytään paikallavalettuihin betonirakenteisiin sekä konepajavalmisteisiin teräsrakenteisiin. Toteutuseritelmäpohjat pyritään suunnittelemaan ja toteuttamaan suunnittelijan käyttöä palvelevaksi. Tarkoitus on saada toteutuseritelmää sekä betoni- ja teräsrakenteiden toteutusta koskevat määräykset, standardit ja ohjeistukset koottua sekä näiden pohjalta laatia FCG:n suunnittelutoimintoja palvelevat ja toimivat toteutuseritelmäpohjat. Eritelmät on tarkoitus ottaa käyttöön siltä osin kuin FCG sen näkee hyödylliseksi.



### 1.3 Lähestymistapa

Toiminnallinen opinnäytetyö on työelämän kehittämisprojekti, joka tavoittelee käytännön toiminnan kehittämistä, ohjeistamista, opastamista, organisointia tai järjeistämistä. Toiminnallinen opinnäytetyö vastaa sekä käytännöllisiin että teoreettisiin tarpeisiin ja koostuu yleensä kahdesta kokonaisuudesta: toiminnallisesta osuudesta eli produktista sekä opinnäytetyöraportin eli opinnäytetyönprosessin dokumentoinnista ja arvioinnista. Tärkeää on, että toiminnallisessa opinnäytetyössä yhdistyvät käytännön toteutus sekä raportointi tutkimusviestinnän keinoin. Toiminnallisen opinnäytetyön lopullisena tuotoksena on yleensä jokin konkreettinen tuotos. Tämän vuoksi itse raportissa on käsiteltävä konkreettisen tuotoksen saavuttamiseksi käytettyjä keinoja eli teoriaa, jota tuotokseen sovelletaan. Pohjautuen edelliseen, tässä opinnäytetyössä käytetään toiminnallista lähestymistapaa. Itse työn eli raportin tarkoituksena on tutkia teoriaa pohjautuen toteutuseritelmän laatimiseen sekä toteutuksen suunnitteluun ja näiden teoreettisten viitekehysten pohjalta laatia toteutuseritelmäpohjat. [4.]

Ennen kirjoitustyön varsinaista aloitusta tutkitaan kirjallisuuden sekä jo mahdollisesti olemassa olevien toteutuseritelmien ja työselostuksien avulla toteutuseritelmän sisältöä sekä merkitystä rakennusprojektille. Näiden avulla hahmotellaan opinnäytetyön tulevaa rakennetta sekä suunnitellaan alustava sisältö toteutettaville toteutuseritelmä pohjille. Tämän jälkeen tehdään laajempi katsaus työtä koskettavaan teoriaan sekä rajataan teoria sekä lähteet työn kannalta olennaisiin. Keskustelu pyritään muutenkin pitämään avoimena koko opinnäytetyön prosessin ajan, jotta lopputuotoksista saadaan mahdollisimman hyvin yrityksen tarpeita vastaavat.

## 2 Standardien käyttö rakenteiden suunnittelussa

Standardisointi on yhteisten toimintatapojen laatimista. Standardi voidaan määritellä esimerkiksi jonkin organisaation esittämäksi suositukseksi siitä, miten jokin asia tulisi tehdä. Standardit ovat luonteeltaan suosituksia. Niiden käyttö on vapaaehtoista, mutta viranomaiset saattavat edellyttää niiden käyttöä. Julkaistavien asiakirjojen käyttö sekä hyödyntäminen ovat maksutonta, mutta niiden hankkiminen on maksullista. Maksuilla rahoitetaan esimerkiksi Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n ja sen toimialayhteisöjen standardisointityötä. [5.]

Rakennusalan standardisointia tehdään kolmella tasolla: kansallisesti, alueellisesti ja kansainvälisesti. Rakennusalan standardisoinnista vastaavat kansallisella tasolla jokaisen maan standardisointijärjestöt ja kansainvälisellä tasolla näiden yhdessä muodostamat eurooppalaiset *European Committee for Standardization* (CEN) tai maailmanlaajuiset *International Organization for Standardization* (ISO) standardisointikomiteat. Suomessa standardisoinnin vastuullisena järjestönä toimii Suomen standardisoimisliitto SFS ry, joka on samalla CEN:n jäsen. Standardien nimien yhteydessä käytetyt SFS-, EN- ja ISO-kirjainyhdistelmät kertovat organisaation, jossa standardin on vahvistettu. Tunnusyhdistelmä SFS-EN tarkoittaa, että sama standardi on voimassa Suomessa ja Euroopassa. SFS-ISO puolestaan kertoo, että standardi on voimassa Suomessa sekä ISO:ssa, mutta sitä ei ole vahvistettu CEN:ssä. Usein kansallinen standardi on sisällöltään identtinen vastaavan kansainvälisen standardin kanssa tai vain joiltakin pieniltä yksityiskohdiltaan poikkeava. Standardisoinnin painopiste on aiemmin ollut Suomessa ja muissa maissa kansallisessa standardisoinnissa, mutta viimeisen reilun kahdenkymmenen vuoden aikana se on siirtynyt yhä enemmän eurooppalaiseen ja maailmanlaajuiseen standardisointiin. [6.]

Standardit linkittyvät useisiin Euroopan Unionin säädöksiin sekä myös kansallisissa säädöksissä voidaan viitata standardeihin. Monissa kansallisissa sekä EU:n säädöksissä viitataan lukuisiin yksittäisiin standardeihin, jolloin standardi voidaan tehdä viitauksella pakolliseksi tai edellytykseksi säädöksen vaatimukset täyttävästä ratkaisusta. Suomen kansalliset viranomaismääräykset rakentamiselle perustuvat pitkälti eurooppalaisiin standardeihin. Eurooppalaisen standardisoinnin ja ohjauksen periaatteena on, että kansallinen ja eurooppalainen järjestelmä sovitetaan yhteen, jolloin muodostuu yhteensopiva kokonaisuus. Kantavien rakenteiden suunnittelun osalta määräykset perustuvat suunnittelustandardeihin eli eurokoodi-standardeihin sekä näiden kansallisiin liitteisiin. Käytettävien rakennustuotteiden osalta määräykset perustuvat harmonisoituihin tuotestandardeihin sekä näiden viitestandardeihin, joita ovat mm. testaus-, luokittelu-, laskenta- ja työnsuoritusstandardit. [7.]

## 2.1 Standardisoinnin tarkoitus ja hyödyt

Standardit helpottavat viranomaisten, elinkeinoelämän ja kuluttajien jokapäiväistä elämää, lisäävät turvallisuutta, suojelevat ympäristöä sekä yhtenäistävät toimintaa. Standardisointi mahdollistaa, että tuotteet, palvelut ja menetelmät sopivat siihen käyttöön

sekä niihin olosuhteisiin, joihin ne on tarkoitettu. Standardisointi myös varmistaa, että tuotteet ja järjestelmät sopivat toisiinsa sekä toimivat yhdessä. Esimerkiksi kaikki valmistus-, rakennus- sekä asennus-, korjaus- ja huoltotyöt tehdään standardeja noudattaen. Tämän lisäksi tuotteiden, menetelmien tai palveluiden täytyy olla keskenään vaihdettavia. Vaihdettavuus voi koskea tuotteen mittoja sekä toiminnallisia ominaisuuksia. Vaihdettavuus helpottaa eri valmistajien tuotteiden vertailua sekä edistää teknistä kehitystä. [8.]

Standardisoinnista ei hyödy pelkästään teollisuus vaan koko yhteiskunta. Yhteisesti hyväksytyt toimintatavat, käsitteet ja määritelmät nopeuttavat työntekoa, vähentävät virheitä ja väärinkäsityksiä sekä auttavat saavuttamaan entistä parempia lopputuloksia. Standardeilla säädellään myös turvallisuutta, jotta kohtuutonta riskiä ihmisille, eläimille tai ympäristölle ei syntyisi. Esimerkiksi ympäristöä pyritään suojelemaan kohtuuttomilta vahingoilta tuotteen koko elinkaaren ajan, aina raaka-aineen hankinnasta kuljetukseen, tuotteen käyttöön, kierrätykseen ja loppusijoitukseen saakka. [8.] [ 9. s.9.]

## 2.2 Eurokoodit rakenteiden suunnittelussa

Eurokoodit (eurocodes) ovat kantavien rakenteiden suunnittelustandardeja, joiden tarkoituksena on yhdenmukaistaa rakennussuunnittelun menetelmät Euroopan talousalueella. Eurokoodit laatii *CEN* Euroopan komission toimeksiannosta. *Suomen Standardisointiliitto SFS* julkaisee eurokoodit Suomessa. Eurokoodijärjestelmän tavoitteena on eurooppalaisen rakennusteollisuuden kilpailukyvyyn parantaminen sekä Euroopan unionin alueella, että muualla maailmassa. [10. s.21.]

Eurokoodiyhteensopivat säädökset tulivat voimaan Suomessa 1.9.2014., jonka jälkeen suunnittelussa on käytetty eurokoodeja yhdessä ympäristöministeriön vahvistamien kansallisten liitteiden kanssa (National Annex, Na). Jäsenmaat julkaisevat omat kansalliset liitteensä, jolloin eurokoodeja voidaan soveltaa, käyttäen rakennuskohteen sijaintimaan kansallisia liitteitä. Ympäristöministeriö julkaisee Suomen kansalliset liitteet talonrakentamisen osalta ja liikennevirasto siltojen osalta. Eurokoodi-sarja koostuu kokonaisuudessaan 58 osasta, jotka sisältävät muun muassa erilaiset kuormitustarkastelut sekä yksityiskohtaiset ohjeistukset kohteiden suunnitteluun eri rakennusmateriaaleja käyttäen. [11. s.2-3.]

Eurokoodien pääosat ovat:

1. EN 1990 Eurokoodi 0: Rakenteiden suunnitteluperusteet
2. EN 1991 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormitukset
3. EN 1992 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu
4. EN 1993 Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu
5. EN 1994 Eurokoodi 4: Betoni-teräслиittorakenteiden suunnittelu
6. EN 1995 Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu
7. EN 1996 Eurokoodi 6: Muurattujen rakenteiden suunnittelu
8. EN 1997 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu
9. EN 1998 Eurokoodi 8: Rakenteiden suunnittelu kestävyuden suhteen maanjäristyksessä
10. EN 1999 Eurokoodi 9: Alumiinirakenteiden suunnittelu. [11. s.3.]

### 2.3 Standardi SFS-EN 1090-2+A1

Standardi SFS EN 1090-2 + A1, *Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset*, sisältää tekniset vaatimukset teräsrakenteiden toteutukselle eli standardi antaa ohjeita konepajavalmistukseen sekä työmaalla tapahtuvaan toteutukseen. Standardi SFS-EN 1090-2 on toinen osa standardin SFS-EN 1090 kolmesta osasta. Ensimmäinen osa SFS-EN 1090-1 on harmonisoitu tuotestandardi, joka esittää vaatimukset rakenteellisten kokonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Harmonisoitu tuotestandardi tarkoittaa, että valmistaja vakuuttaa CE-merkinnällä rakennustuotteiden ominaisuuksien olevan eurooppalaisten tuotestandardien ja eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaisia. Standardin kolmas osa SFS-EN 1090-3 taas käsittelee alumiinirakenteita koskevia teknisiä vaatimuksia. Kaikkia kolmea standardin osaa on tarkoitus käyttää yhdessä, mutta käytännössä ensimmäistä osaa sovelletaan vain tehdasvalmisteisiin teräskokoonpanoihin. Standardin ensimmäisen osan käyttö edellyttää, että tuotteet on valmistettu standardin SFS-EN

1090-2 mukaisesti. Tämän opinnäytetyön ja teräsrakenteiden toteutuseritelmän osalta keskitytään standardiin SFS-EN 1090-2. [12.]

Euroopan ja sen myötä myös Suomen rakentamisen ja rakenteiden suunnittelun yhtenäistämisen seurauksena teräsrakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa eurokoodit ovat korvanneet aikaisemmat ohjeet. Tämän hetkisten säädöksen mukaan teräsrakenteiden tulee olla suunniteltuna eurokoodin mukaisesti ja valmistuksen on noudatettava SFS-EN 1090-2 standardia. Teräsrakenteita koskevia eurokoodeja ovat SFS-EN 1990, SFS-EN 1991, SFS-EN 1993-2, SFS-EN 1994-2 sekä näiden standardien kansalliset liitteet. Standardi SFS-EN 1090 esittää toteutuksen olevan sarja prosessinomaisia työvaiheita materiaalin tilauksesta valmistukseen, asennukseen ja viimeisenä tarkastukseen. Standardi esittää tarkat vaatimukset teräsrakenteiden toteutukselle. Vaatimukset koskevat myös rakennustyön suorittamista, jonka edellytetään suoritettavan tarvittavalla ammattitaidolla, sekä riittävin varustein ja resurssein toteutuseritelmän sekä standardin SFS-EN 1090-2 mukaisesti. Vaatimusten tarkoituksena on varmistaa rakenteen mekaaninen kestävyys ja vakavuus, käytettävyys sekä ominaisuuksien säilyminen. Standardi sisältää lukuisia viittauksia lähes 200 muuhun viitestandardiin, jotka ovat lueteltuna standardin alussa luvussa 2. Standardin keskeisimpiä rakenteiden toteuttamiseen ja valmistamiseen liittyviä vaatimuksia ovat kuitenkin toteutus- ja toleranssiluokan sekä esikäsitteilyasteen valinta, koska nämä vaikuttavat esimerkiksi konepajavalmituksessa hitsiluokkiin, mekaaniseen kestävyYTEEN, rakenteiden yhteensopivuuteen, pätevyysvaatimuksiin sekä moneen muuhun tekijään ja tätä kautta mahdollisesti koko projektin ja toteutuksen kustannuksiin. [13.] [14. s.11.]

Standardin SFS-EN 1090-2 vaatimukset koskevat kantavia teräsrakennekokoonpanoja, kun käytetään:

- kuumavalssattuja rakenneterästuotteita lujuusluokkaan S700 asti
- kylmävalssattuja muotosauvoja ja muotolevyjä sekä ruostumatonta tai seostamatonta terästä lujuusluokkaan S700
- kuuma- ja kylmämuovatuista austeniittisistä, austeniittis-ferriittisistä ja ferriittisistä teräksistä valmistettuja ruostumattomia terästuotteita
- kuuma- ja kylmämuovattuja rakenneputkia, mukaan lukien standardimittaiset ja tilaustyönä tehdyt muovatut ja hitsaamalla valmistetut rakenneputket. [13. s.7]

Rakenteiden ja rakennusosien vaatimukset ilmaistaan toteutusluokkien EXC avulla. Standardin SFS-EN 1090-2 määräykset ja ohjeistukset koskevat rakenteita, jotka on suunniteltu standardin SFS-EN 1993 soveltuvan osan mukaan sekä standardin SFS-EN 1994 mukaan suunniteltuja teräksen ja betonin liittorakenteen teräsosia. [14. s.11.]

#### 2.4 Standardit SFS-EN 13670 sekä SFS 5975

Kun betonirakenteet suunnitellaan eurokoodien mukaan, käytetään toteutuksen suunnitteluun toteutusstandardia SFS-EN 13670 *Betonirakenteiden toteutus* sekä sen kansallista soveltamisstandardia SFS 5975 *Standardin SFS-EN 13670 käyttö Suomessa*. Standardin SFS-EN 13670 on laatinut CENin tekninen komitea, kun taas standardi SFS 5975 on Suomen Rakennusteollisuus RTT ry:n laatima. Standardi SFS 5975 esittää lisävaatimuksia kansallisella tasolla ja sitä käytetään yhdessä standardin SFS-EN 13670 kanssa. Standardeja sovelletaan betonirakenteiden toteutukseen, jotta saavutettaisiin rakenteen käyttöiän aikainen suunnittelu turvallisuus- sekä käyttökelpoisuustasot. Standardi SFS-EN 13670 pohjautuu eurokoodeihin SFS-EN 1990 sekä SFS-EN 1992. Standardit eivät anna yksityiskohtaisia työohjeita vaan enemmänkin yleisellä tasolla ohjeita ja vaatimuksia vaadituista asiakirjoista, tarkastuksista sekä dokumentoinnista. Standardi SFS-EN 13670 määrittääkin standardille kolme päätavoitetta:

- siirtää suunnittelun aikana esitetyt vaatimukset toteuttajalle, toisin sanoen toimia suunnittelun ja toteutuksen välisenä linkkinä
- esittää toteutuksen standardisoituja teknisiä vaatimuksia, kun tilataan betonirakenteita
- toimia suunnittelijan tarkistusluettelona sen varmistamiseksi, että suunnittelija antaa toteuttajalle kaikki olennaiset rakenteen toteutuksessa tarvittavat tekniset tiedot. [15. s.6.]

Yllä olevien tavoitteiden saavuttamiseksi suunnittelijoiden on tarkoitus laatia asiakirjoja ja piirustuksia, joissa on kaikki tarvittavat tiedot työn toteutuksesta suunnitelmien mukaisesti. Näihin asiakirjoihin viitataan standardissa SFS-EN 13670 termillä *toteutuseritelelmä*. Standardissa jätetään avoimiksi useita asioita, jotka on päätettävä toteutuseritelmissä. [15.]

Standardin SFS-EN 13670 määräyksiä ja ohjeita sovelletaan pysyviin ja väliaikaisiin betonirakenteisiin, liittorakenteisiin sekä betonielementteihin, jotka eivät ole tuotestan-

dardin mukaisia eli CE-merkittyjä. Standardia ei sovelleta rakentamisen aikana apuna käytettäviin betonirakenteisiin eikä sopimusasioihin tai vastuisiin yksilöidyissä toimenpiteissä. Standardin soveltamiseen kuuluu esimerkiksi, että yksittäisten projektien lisävaatimuksia voidaan esittää toteutuseritelmässä sekä kansallisella tasolla kansallisessa liitteessä. [15. s.8.]

## 2.5 Standardit ja eurokoodit käytännön toteutuksessa

Suomen betoniyhdistys on julkaissut betoninormeja sekä kattavaa teknistä ohjeistoa, johon on kirjattu betonia koskevaa niin sanottua hyvää rakentamistapaa jo vuodesta 1977. Tässä opinnäytetyössä on käytetty esimerkiksi betoniyhdistyksen julkaisua Betoninormit 2016 by65, joka sisältää eurokoodeilla suunniteltujen kantavien betonirakenteiden säilyvyysuunnittelua, valmistusta, laadunvalvontaa ja kelpoisuutta osoittavia ohjeita. By65 on myös täydennetty ja täsmennetty standardien SFS-EN 13670, SFS-EN 206 Betoni sekä standardin SFS 7022 Standardin SFS-EN 206 käyttö Suomessa. Oletuksena on, että betonirakenteet suunnitellaan nykyisin eurokoodien mukaisesti. Tätä varten Betoniyhdistys on julkaissut erillisiä oppi- ja käsikirjoja helpottamaan standardien ja eurokoodien ymmärtämistä käytännössä. Näistä esimerkkinä By 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2016. [16. s.3.]

Samaa toimintaa harjoittaa Teräsrakenneyhdistys ry teräsrakenteiden puolella. Teräsrakenneyhdistys on koonnut muun muassa eurokoodistandardin SFS-EN 1993 osat 1, 5, 8 ja 9 kirjasarjaksi, jotka sisältävät sovellutusohjeita, taustatietoa, kommentteja, tulintoja, selvennyksiä, kansallisia liitteitä sekä näiden taustoja. Kirjoissa on esitetty paljon käytännön, toteutuksen ja suunnittelun esimerkkejä. Tässä työssä on sovellettu muun muassa Eurocode 3 -kirjasarjan osia, jotka käsittelevät teräsrakenteiden suunnittelua yleisesti sekä liitoksia. Tämän lisäksi toteutuseritelmä pohjaa teräsrakenteille suunniteltaessa käytettiin Teräsrakenneyhdistyksen laatimaa ohjetta toteutuseritelmän laatimiseksi *Teräsrakenteiden toteuttaminen SFS-EN 1090-2 liite A*. [17.]

Edellä mainittujen lisäksi rakennusalan julkaisutoiminnasta vastaa myös RIL eli Rakennusinsinööriliitto RIL ry. RILin omien sanojen mukaan sen tavoitteena on luoda edellytykset rakennusalan asiantuntijoiden ja opiskelijoiden ammattitaidon kehittämiseen sekä ylläpitämiseen tuottamalla korkeatasoista, eri käyttötarkoituksiin soveltuvaa ja ajan tasalla olevaa ammattikirjallisuutta. Kuuden vuosikymmenen ajan RIL on julkaissut

noin 350 teosta liittyen rakenteiden suunnitteluun, suunnittelukuormiin, korjausrakentamiseen ja saneeraukseen, puu- ja betonirakenteiden suunnitteluun sekä rakennesuunnittelun asiakirjaohjeistuksiin. Tässä opinnäytetyössä olen soveltanut muun muassa RILin julkaisua 229-1-2013 *Rakennesuunnittelun asiakirjaohje*, joka toimi hyvänä opastuksena toteutuseritelmäpohjien sisältöjä suunniteltaessa sekä RIL 202-2011 *Betonirakenteiden suunnitteluhje*, jossa käsiteltiin betonirakenteisiin liittyviä eurokoodeja ja niiden määräyksiä. [18.]

### 3 Toteutuseritelmä

Toteutuseritelmä on suunnittelijan laatima toteutusasiakirja eli asiakirjakokonaisuus, jossa esitetään projektikohtaisesti kaikki rakennetta tai rakenteita koskevat vaatimukset sekä tekniset tiedot. Toteutuseritelmä kokoaa yhteen muun muassa piirustuksissa esitetyt kokonaisuudet, ja se laaditaan piirustusten kanssa toisiaan täydentäväksi kokonaisuudeksi. Osa teknisistä ja projektia koskevista asioista voidaan esittää pelkästään, joko toteutuseritelmässä tai piirustuksissa. Toteutuseritelmään ei ole tarkoituksen mukaista kuvata teknisiä tietoja, jotka ovat loogisempaa ja selkeämpää esittää piirustuksissa. Päällekkäisyyksiä pyritään asioiden esittämisessä välttämään. Tärkeintä on selkeä ja ristiriidaton suunnitelmien sisältö. Toteutuseritelmän on tarkoitus toimia suunnittelijan apuvälineenä tiedon siirtämisessä muille hankkeessa mukana oleville osapuolille sekä varmistaa, että lopputuotos vastaa suunniteltua kokonaisuutta. [19. s.7 ] [20. s.2]

Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista (477/2014) määrää, että kantaville ja jäykistäville rakenteille on laadittava toteutuseritelmä. Toteutuseritelmän tulee olla laadittuna ennen kuin kyseisen rakennusprojektin toteutus voidaan käynnistää. Toteutusta koskevat vaatimukset perustuvat rakenteiden toteutusluokkiin, jotka määritellään toteutuseritelmässä. Toteutusluokan määritystä käsitellään tarkemmin luvussa 2.3.1. sekä 3.1.4. Ympäristöministeriön asetuksen myötä teräs- ja betonirakentamisessa on siirrytty vanhan työselostuksen käyttämisestä toteutuseritelmän käyttöön. Teräsrakenteiden toteutusta käsittelevässä standardissa SFS-EN 1090-2 käytetään jo pelkästään termiä toteutuseritelmä, ja standardin mukaan laadittu toteutuseritelmä korvaa täysin työselostuksen. Myös betonirakenteiden toteutusta käsittelevässä standardissa SFS-EN 13670 käytetään termiä toteutuseritelmä, jolloin toteutuseritelmään on sisällytettävä myös viittaus kyseiseen standardiin sekä sen kansalliseen liitteeseen SFS 5975. To-



teutuseritelmä terminä ei ole kuitenkaan vielä täysin vakiintunut ja monessa yhteydessä saattaa vielä nähdä käytettävän vanhaa työselostusta. Sisällöltään ja tarkoitukseltaan työselostus ja toteutuseritelmä ovat kuitenkin samankaltaiset. Toteutuseritelmän sisällölle on kuitenkin asetettu betoni- ja teräsrakenteisen toteutusstandardeissa vähimmäisvaatimukset. [18. s. 46-48] [20. s.2.]

### 3.1 Toteutuseritelmän laatiminen teräsrakenteille

Teräsrakenteiden toteutuseritelmän tarkoitus on välittää tietoa suunnittelijan tekemistä päätöksistä muille hankkeessa mukana oleville osapuolille. Tarkoituksena on määritellä kohteen rakennustekninen laatu sekä suoritettavat työt. Toteutuseritelmän tulee sisältää ainoastaan kyseiselle projektille sekä kohteelle relevantteja tietoja, sekä tietoa, jota ei pystytä esittämään piirustuksissa tai niihin liitetyissä osaluetteloissa. Toteutuseritelmällä pyritään näin ollen vastaamaan kysymyksiin millä keinoin, minkä laatuksena ja minkä vaatimusten mukaan kohde tulee toteuttaa. Toteutuseritelmässä ei pidä käsitellä asioita, jotka esimerkiksi rakenteen toteutusluokka jo määrittelee. RILin laatiman *Rakennesuunnittelun asiakirjaohjeen* mukaan teräsrakenteiden toteutuseritelmässä tulee esittää muun muassa seuraavat tiedot:

- yleis-, laajuus-, suunnittelu- ja asiakirjatiedot
- työn laajuus: toimituksen laajuuden selvittämiseksi esitetään rakenteet, joita kyseessä oleva työselostus koskee
- rakennejärjestelmä: kuvataan rakennuksen perustamistapa, runkorakenne ja rungon staattinen toimintaperiaate
- teräsrakenteiden suunnittelu: tehtäväjako esitetään urakkaohjelmassa tai työselostuksessa. Mikäli urakkaan sisältyy suunnittelutehtäviä, tulee niistä selvyuden vuoksi aina mainita eritelmässä. Lisäksi esitetään teräsrakenteiden suunnitteluun liittyvät erityisohjeet ja käyttöikämitoituksen asettamat vaatimukset
- materiaalit: esitetään materiaalivaatimukset eri rakenneosille, hitsauslisäaineille ja ruuviliitosten tarvikkeille
- tehdasvalmistus: esitetään noudatettavat standardit ja vaatimukset osien valmistukselle ja hitsaustyölle
- rakenteiden rasitusluokka ja pintakäsittely
- palosuojaus: esitetään palosuojauksen periaatteet

- valmistustoleranssit ja tarkistukset tehtaalla: annetaan mittatarkkuusvaatimukset tehdasvalmisteisille osille ja esitetään tehtävät tarkistukset osille ja hitsausliitoksille
- kuljetus, varastointi ja asennus: esitetään vaatimukset osien kuljetukselle ja asennukselle ja esitetään perustiedot asennussuunnitelman laadintaa varten (asennusjärjestys, ruuvi- ja hitsausliitosten vaatimukset). Lisäksi esitetään vaatimukset asennustoleransseille

jälki- ja viimeistelytyöt: esitetään ohjeet jälki ja viimeistelytyöistä, esim. kuinka mahdolliset vauriot paikataan. [13.] [21. s. 48.]

Standardiin SFS-EN 1090-2 pohjautuen toteutuseritelmä jakautuu yleensä noin kahteentoista lukuun. Toteutuseritelmän luvuissa 1-4 ilmoitetaan yleensä projektin kohdekohtaiset vaatimukset sekä yleistiedot. Näiden lukujen sisältö on rakenteeltaan ja sisällöltään vapaamuotoisempaa ja suunnittelija voi pääsääntöisesti laatia ne projekti- ja kohdekohtaisen tiedotustarpeen mukaan. Toteutuseritelmän luvut 5-12 esitetään yleensä standardin SFS-EN 1090-2 lukujen 5-12 mukaisessa järjestyksessä sekä taulukkomuodossa. Taulukointi helpottaa luettavuutta sekä selkeyttää faktatietojen esittämistä. Toteutuseritelmään tulee myös sisällyttää standardin SFS-EN 1090-2 liitteen A.1 mukaiset projektikohtaiset lisävaatimukset sekä mahdolliset vaihtoehtoiset ratkaisut standardin liitteen A.2 mukaan. [13.] [21.] [s. 48; 22.]

Seuraavissa luvuissa käsitellään FCG:n teräsrakenteiden toteutuseritelmäpohjan sisältöä pääpiirteittäin. Toteutuseritelmäpohja on laadittu pohjautuen standardiin SFS-EN 1090-2. Toteutuseritelmäpohjasta pyrittiin tekemään mahdollisimman laaja ja yleiskattava, jotta sitä pystyttäisiin hyödyntämään mahdollisimman monessa erilaisessa teräsrakenneprojektissa. Projektikohtaisesti eritelmäpohjasta voidaan jättää pois kohtia, jotka eivät kyseistä projektia sisällöltään kosketa. Toteutuseritelmän lukujen numerointi vastaa standardin lukujen numerointia luvusta neljä eteen päin, jotta suunnittelijan olisi helpompi käyttää standardia tukena eritelmäpohjaa täytettäessä. Luvut 1-3 sisältävät yleistä, tärkeää informaatiota, koskien rakennusprojektia, joten niitä voidaan muokata vapaammin projektikohtaisesti. Opinnäytetyön liitteenä (Liite 1) on teräsrakenteiden toteutuseritelmäpohjan sisällysluettelo. Koko eritelmää ei opinnäytetyön yhteydessä julkaistu yrityksen salassapitosyistä.

### 3.1.1 Yleistiedot

Toteutuseritelmäpohjan ensimmäinen kappale sisältää yleensä esitiedot rakennuskohdeesta. Esitiedoissa esitellään rakennuskohde, projektin osapuolet sekä yhteystiedot, kuvataan mahdollisesti rakennejärjestelmä sekä esitetään mahdolliset teräsrakennurakan rajaukset. Tässä kohtaa määritellään myös teräsrakennurakassa noudatettavat ohjeistukset, asiakirjat sekä standardit. Näitä standardeja ja määräyksiä noudatetaan koko projektin ajan. Rakennustyössä on noudatettava projektin aikana voimassa olevia rakentamista koskevia lakeja, asetuksia ja normeja sekä suomalaisten viranomaisten ohjeita ja määräyksiä siltä osin, kuin ne koskevat työmaajärjestelyjä, työturvallisuutta ja rakentamista. Nämä lait ja määräykset voidaan listata toteutuseritelmään. Rakennusprojekteissa piirustukset ja toteutuseritelmä täydentävät toisiaan ja muodostavat yhden kokonaisuuden. Toteutuseritelmässä ei ole tarkoitus esittää asioita, jotka pystytään helpommin esittämään piirustuksissa. Mikäli kuitenkin näissä dokumenteissa on ristiriitaisuuksia, niin yleensä tilaaja yhdessä vastaavan teräsrakennesuunnittelijan kanssa määrittelee, mitä ohjeita noudatetaan.

Toteutuseritelmän luvussa 1 on myös tarkoitus määritellä rakenteen ja rakennustuotteen kelpoisuus, toimittajan laatujärjestelmä ja laatuvaastavat, alihankkijat, poikkeavuuksien ja muutosten käsittelyn toimintatavat sekä työturvallisuusvaatimukset. Teräsrakenneprojektissa käytettävät tuotteet tulevat olla standardin SFS-EN 1090-2 sekä sen viitestandardien mukaisia. Mikäli projektissa käytetään muita tuotteita, on ne mainittava erikseen toteutuseritelmässä sekä esitettävä näiden tuotteiden tarvittavat ominaisuudet. Jos käytettävät tuotteet eivät ole CE-merkitty tai tuotteella ei ole kansallista viranomaisen antamaa tuotehyväksyntää, toimittajan valmistuksen laadunvalvonnasta sovitaan projektikohtaisesti. Teräsrakenneprojektin toteuttajan tulee nimetä projektin laatuvaastava, jolla on riittävä pätevyys ja joka on valmistusyksiköstä riippumaton.

Kaikki käytettävät alihankkijat täytyy ilmoittaa rakennuttajalle ja saada näistä rakennuttajan hyväksyntä. Toteuttaja on vastuussa kaikkien teknisten asiakirjojen ja vaatimusten toimittamisesta alihankkijoilleen.

Havaituista poikkeamista, jotka koskevat rakennuttajan toimittamia asiakirjoja, materiaalityömittuksia tai tuotteita, tulee ilmoittaa välittömästi. Poikkeamat raportoidaan kirjallisesti käyttäen poikkeamaraporttia, ja poikkeaman alaisia materiaaleja. Tuotteita ei saa

käyttää ennen niiden hyväksyntää. Kaikki muutokset, joista aiheutuu kustannuksia rakennuttajalle, vaativat kirjallisen muutostyöraportin ja raportin hyväksynnän rakennuttajan taholta.

Työturvallisuusvaatimukset määritellään yleisesti myös eritelmän ensimmäisessä luvussa. Projektin toteuttajan tulee noudattaa sopimushetkellä voimassa olevia työterveyttä, työturvallisuutta ja ympäristönsuojelua koskevia lakeja ja asetuksia. Tämän lisäksi toteuttajan tulee ottaa huomioon rakennuttajan mahdolliset lisävaatimukset edellä mainittuihin asioihin liittyen. Muut tilaajan vaatimat asiat on ilmoitettava jo tarjouspyyntöasiakirjoissa. Rakennuttaja nimeää projektille päätoteuttajan, joka laatii Valtioneuvoston asetuksen 205/2009 *Asetus rakennustöiden turvallisuudesta* mukaisen rakennustöiden työturvallisuutta koskevan asiakirjan. Tämän jälkeen teräsrakennetoimittajan tulee täydentää kyseinen asiakirja omalta osaltaan. Rakennuttajan nimeämä turvallisuuskoordinaattori vastaa koko rakennushankkeen valmistelu-, suunnittelu- ja toteutusvaiheessa turvallisuuteen ja terveyteen liittyvien toimenpiteiden yhteensovittamisesta.

### 3.1.2 Toimitettavat asiakirjat

Luvussa 2 määritellään, mitä asiakirjoja projektin kussakin vaiheessa tulee luovuttaa. Asiakirjat on tarkoitus listata toteutuseritelmään, jotta ne ovat helposti luettavissa ja löydettävissä ja vaatimukset pystytään tarkistamaan. Standardi SFS-EN 1090-2 ei sisällä tarkkaa listaa vaadittavista dokumenteista. Kuitenkin standardi määrittelee minimivaatimukset laatuasiakirjojen suhteen toteutusluokissa EXC2, EXC3 ja EXC4. Näitä käsitellään tarkemmin luvussa 3.1.4. [13.]

FCG:n toteutuseritelmäpohjan luvussa 2 on tarkoitus määritellä mitä asiakirjoja esimerkiksi teräsrakenteiden toimittajan tulee antaa tilaajalle tarjouspyynnön liitteenä. Yleisimpiä tarjouksen liitteenä toimitettavia asiakirjoja ovat muun muassa todistus tehtaan laadunvalvonnasta, projektiorganisaatiokaavio ja lista alihankkijoista. Toimittajan tulee luovuttaa myös tilaajalle voimassa olevat pätevyystodistukset viranomaisia varten. Ennen valmistuksen aloittamista teräsrakenneprojektin toteuttajan tulee luovuttaa tilaajalle muun muassa laatusuunnitelma, hitsaussuunnitelma ja tarkastussuunnitelma sekä hitsaajien pätevyystodistukset, mielellään kolme viikkoa etukäteen. Ennen asentamisen aloitusta toteuttajan tulee toimittaa tilaajalle asennussuunnitelma sekä toimittajan muun muassa todistukset CE-merkinnöistä, valmisosien tarkastuspöytäkirjat sekä hitsausai-

neiden todistukset. Ennen kuin runkokatselmus tapahtuu, tilaajan tulee saada toteuttajalta asiakirjat muun muassa ruuvikiinnitysten ja -liitosten tarkastuspöytäkirjat sekä todennus toteutusten vastaavan alkuperäisiä suunnitelmia. Dokumenttien määrä teräsrakenneprojektissa vaihtelee paljon urakan laajuudesta riippuen. [23.]

### 3.1.3 Teräsrakenteiden suunnittelu

Teräsrakenteiden toteutuseritelmäpohjan kolmas luku käsittelee teräsrakenneprojektin suunnittelua. Tässä kohtaa määritellään esimerkiksi projektikohtainen suunnittelun tehtävänjako ja vastuualueet sekä suunnittelun aikataulu. Teräsrakenteiden suunnittelu tulee tehdä Suomessa voimassa olevien määräysten mukaisesti, noudattaen eurokoodia sekä eurokoodien kansallisia liitteitä. Tässä luvussa myös määritellään projektikohtaisesti mitä osa-alueita teräsrakenteiden suunnittelu sisältää. Osa-alueita voi olla esimerkiksi lujuuslaskelmat, asennuspiirustukset, urakkalaskenta-aineisto sekä muut vastaavat. Myös mahdolliset palosuojavaatimukset sekä perustiedot teräsrakenteiden asentamisesta määritellään tässä kohtaa. Teräsrakenteiden palosuojaukseen käytettävillä tuotteilla tulee olla voimassa oleva tuotehyväksyntä. Tuotehyväksynnän yhteensopivuus paloteknisessä mitoituksessa käytettyihin suunnitteluohjeisiin tulee varmistaa aina projektin rakennesuunnittelijalta. Jos kyseisellä tuotteella ei ole Suomessa voimassa olevaa tuotehyväksyntää, tulee palosuojauksen toteuttajan kustannuksellaan hankkia tuotteelleen tarvittavat kohdekohtaiset hyväksynät viranomaisilta ja rakennesuunnittelijalta. [23.]

### 3.1.4 Toteutusluokkavaatimukset ja toteuttajalta vaadittavat asiakirjat

Toteutuseritelmäpohjan luku 4 käsittelee lyhyesti mitä vaatimuksia teräsrakenteiden toteutukseen liittyy. Luku on jaettu kahteen osaan: valmistusta koskeviin luokkavaatimuksiin, jotka sisältävät toteutusluokan ja esikäsittelyasteen ja geometristen toleransien määrittämisen, sekä toteuttajan asiakirjoihin, joita ovat laatuasiakirjat, laatusuunnitelma sekä toteutuksen asiakirjat. Esikäsittelyasteet on käsitelty tarkemmin luvussa 3.1.10 sekä standardissa ja toteutuseritelmäpohjassa luvussa 10. Geometriset toleranssit on taas käsitelty tarkemmin luvussa 3.1.11 ja myös toteutuseritelmäpohjassa ja standardissa SFS-EN 1090-2 luvussa 11. [13.]

## Toteutusluokat

Teräs- ja alumiinirakenteille valitaan suunnitteluvaiheessa toteutusluokka, joka on luokiteltu kokoelma vaatimuksia, jotka voivat koskea koko rakennuskohdetta, yksittäistä rakenneosaa tai tiettyä yksityiskohtaa, kuten materiaalia tai menetelmää. Toteutusluokan valitsee yleensä pääsuunnittelija, vaikka standardi SFS-EN 1090-2 toteaa, että valinnan tekevät suunnittelija, toteuttaja ja rakennuskohteen omistaja yhteistyössä. Standardin SFS-EN 1090-2 määrittelemät toteutusluokat ovat EXC1, EXC2, EXC3 ja EXC4. Vaatimukset toteutusluokkien sisällä kasvavat siirryttäessä luokasta EXC1 luokkaan EXC4. Yksittäisille rakenteille voidaan tarvittaessa esittää myös useita toteutusluokkia, kun taas yksityiskohdalle tai yksityiskohtien muodostamalle ryhmälle esitetään yleensä vain yksi toteutusluokka. Standardi SFS-EN 1090-2:n mukaan, jos toteutusluokkaa ei ole määrätty tai esitetty, noudatetaan toteutusluokka EXC2:n vaatimuksia. [13. s.19.]

Toteutusluokan määrittäminen on kolmivaiheinen. Valintaan vaikuttavat eurokoodistandardissa SFS-EN 1990 liitteessä B (*Luotettavuuden hallinta rakennuskohteissa*) määritellyt seuraamusluokat (CC) ja standardin SFS-EN 1090-2 liitteen B mukaiset rakenteen käyttö (SC)- sekä tuotantoluokat (PC). Valinnat tehdään alla olevien taulukoiden avulla, jotka on poimittu yllä mainituista standardeista. [24. s.136-138.]

Taulukko 1. Seuraamusluokat [24. s.136-138]

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	<b>Suuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai hyvin suurten</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	<b>Keskisuuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai merkittävien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	<b>Vähäiset</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai pienten tai merkityksettömien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Seuraamusluokka (*Consequence Class, CC*) on jaettu kolmeen alaluokkaan; CC1, CC2 ja CC3. Seuraamusluokka kuvaa rakennusten vaurioitumisen tai sortumisen aiheuttamia taloudellisia-, sosiaalisia- tai ympäristövahinkoja sekä edellä mainituista aiheutuneita hengenmenetyksiä. Seuraamusluokassa CC1 menetykset ovat pieniä tai vähäisiä henkilövahinkojen tai taloudellisten, sekä sosiaalisten ja ympäristövahinkojen suhteen. Esimerkki tällaisesta kohteesta on varastorakennus, jossa ihmisiä oleskelee ainoastaan satunnaisesti. Seuraamusluokassa CC2 henkilövahinkojen määrä nousee

keskisuureksi sekä muiden seuraamusten vaikutukset merkittäviksi. Seuraamusluokka CC2:n kuuluvat esimerkiksi asuin- ja liikerakennukset. Korkeimmassa seuraamusluokassa CC3 seuraamukset henkilövahinkojen, taloudellisten ja ympäristövahinkojen suhteen ovat hyvin merkittäviä. Esimerkkikohteita ovat kaikki julkiset rakennukset, joissa ihmisiä on kerralla suuria määriä, kuten katsomoissa tai konserttisaleissa. Kriteerit seuraamusluokan valintaan on esitetty taulukossa 1. [24. s.136-138.]

Taulukko 2. Käyttöluokat [13. s.103]

Luokat	Kriteerit
<b>SC1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan pääosin vain staattisille kuormituksille (Esimerkki: Rakennukset)</li> <li>– Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille matalan seismisen aktiviteetin perusteella ja luokassa DCL*</li> <li>– Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan nostureista aiheutuville väsytytkuormille (luokka <math>S_0</math>)**</li> </ul>
<b>SC2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan standardin EN 1993 mukaisille väsytytkuormille. (Esimerkkejä: Maantie- ja rautatiesillat, nosturit (luokat <math>S_1 \dots S_9</math>)**, rakenteet, jotka ovat alttiina tuulesta, väkijoukosta tai pyörivästä laitteesta aiheutuville värähtelyille</li> <li>– Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille keskimääräisen tai korkean seismisen aktiviteetin perusteella ja luokissa DCM* ja DCH*</li> </ul>
*	DCL, DCM, DCH: standardin EN 1998-1 mukaisia sitkeysluokkia.
**	Ks. nostureista aiheutuvien väsytytkuormitusten luokittelu standardeista EN 1991-3 ja EN 13001-1.

Rakenteeseen kohdistuvat kuormitukset vaikuttavat käyttöluokan valintaan (*Service Category, SC*). Käyttöluokalla tarkoitetaan olosuhteita sekä erilaisia mahdollisia kuormitustilanteita, joihin rakenne käytön aikana joutuu. Käyttöluokkaan SC1 kuuluvat rakenteet, jotka altistuvat pääasiassa ainoastaan staattisille kuormituksille. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi kaikki rakennukset, jotka eivät seismiseltä vaikutukseltaan sijaitse korkean aktiviteetin alueilla. Toiseen käyttöluokkaan sen sijaan kuuluvat kaikki rakenteet ja osat, jotka altistuvat väsyttävälle dynaamiselle kuormitukselle. Tällaisia rakennuskohteita ovat esimerkiksi maantie- ja rautatiesillat, sekä kaikki rakennukset jotka maantieteelliseltä sijainniltaan kuuluvat korkean seismisen aktiviteetin alueille. Suomi esimerkiksi kuuluu seismiseltä vaikutukseltaan matalan aktiviteetin alueeseen. [13. s.103.]

Taulukko 3. Tuotantoluokat [13. s. 103]

Luokat	Kriteerit
<b>PC1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Terästuotteista valmistetut kokoonpanot, joissa ei ole hitsejä</li> <li>– Hitsatut kokoonpanot, jotka on valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on alempi kuin S355</li> </ul>
<b>PC2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hitsatut kokoonpanot, jotka on valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on S355 tai enemmän</li> <li>– Rakenteellisen toimivuuden kannalta tärkeät kokoonpanot, jotka kootaan hitsaamalla työmaalla</li> <li>– Kokoonpanot, jotka valmistetaan kuumamuovaamalla tai joita lämpökäsitellään valmistuksen aikana</li> <li>– Pyöreistä rakenneputkista valmistetut ristikkokokoonpanot, joissa putkien päitä joudutaan leikkaamaan erityiseen muotoon.</li> </ul>

Tuotantoluokka taas riippuu käytettävästä materiaalista sekä valmistustavasta. Tuotantoluokka jakautuu kahteen alaluokkaan. Ensimmäiseen tuotantoluokkaan kuuluvat kaikki terästuotteet, joissa hitsausta ei ole käytetty valmistusmenetelmänä. Tähän luokkaan kuuluvat myös sellaiset hitsatut kokoonpanot, joiden terästen lujuusluokka on alle 355 MPa eli S355. Toiseen tuotantoluokkaan kuuluvat kaikki loput hitsatut kokoonpanot, joiden terästen lujuusluokka on vähintään 355 MPa. Tuotantoluokkaan PC2 kuuluvat myös kaikki kokoonpanot, jotka valmistetaan hitsaamalla, kuumamuovaamalla tai joita lämpökäsitellään jossain valmistuksen vaiheessa. [13. s.103.]

Taulukko 4. Toteutusluokat [13. s.104]

Seuraamusluokat		CC1		CC2		CC3	
Käyttöluokat		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Tuotantoluokat	<b>PC1</b>	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 <sup>a</sup>	EXC3 <sup>a</sup>
	<b>PC2</b>	<b>EXC2</b>	<b>EXC2</b>	<b>EXC2</b>	<b>EXC3</b>	<b>EXC3<sup>a</sup></b>	<b>EXC4</b>
<sup>a</sup> Toteutusluokkaa EXC4 käytetään kansallisten sääntöjen edellyttämällä tavalla erityisrakenteille tai rakenteille, joiden vaurio voi aiheuttaa äärimmäisiä seuraamuksia.							

Taulukossa 4 on esitetty standardin SFS-EN 1090-2 suositus toteutusluokkamatriisille. Vaatimustasoltaan alhaisin luokka eli EXC1 on karkeasti luokiteltuna tarkoitettu käytettäväksi kohteissa, joissa ihmisiä on ainoastaan satunnaisesti. Toteutusluokka EXC2 on tarkoitettu staattisesti kuormitetuille ja toteutusluokka EXC3 taas dynaamisesti kuormitetuille rakenteille. Vaativinta toteutusluokkaa EXC4 sovelletaan ainoastaan esimerkiksi ydinvoimaloissa sekä muissa vastaavissa erityisen vaativissa kohteissa. Käyttökohde tai kuormitukset eivät kuitenkaan ole ainoa toteutusluokan valintaan vaikuttava tekijä,



vaan valintaan vaikuttavat myös käytettävä materiaali sekä valmistusmenetelmät. [13. s.104.]

Toteutusluokan valinta on yksi keskeisimmistä standardin SFS-EN 1090-2 sekä toteutuseritelmän esittämistä asioista ja sen vaikutus ulottuu valmistukseen aina konepajan valinnoista lähtien. Toteutusluokan valinta vaikuttaa porrastetusti eri toteutusluokkien välillä esimerkiksi tarvittavien asiakirjojen, tunnistettavuuden ja jäljitettävyyden, leikattujen pintojen laatuvaatimusten, hitsausohjeiden, sallittujen hitsausvirheiden, hitsien tarkastuslaajuuden ja esijännitetyjen ruuviliitosten tarkastusmenettelyjen kriteereihin. Liitteet, joista yllä olevat taulukot on poimittu, ovat opastavia, joka tarkoittaa, että jokainen maa voi päättää itse niiden käytöstä. Suomessa taulukoiden käyttö on vakiintunut suunnittelun työkaluksi. Kuitenkin taulukon tuotantoluokkien välisen jaon tekeminen taulukon avulla materiaalin lujuusluokan mukaan on saanut kritiikkiä teräsrakenteiden puolella. Teräsluokka S355 on hyvin yleisessä käytössä ja sen sijoittaminen alempaan tuotantoluokkaan olisi kustannussyistä toivottavaa. [13.]

#### Esikäsittelyasteet

Jotta teräsrakenteiden pinnat soveltuvat maalattaviksi, täytyy pinnan virheellisyyksien korjaamiseksi määritellä esikäsittelyaste. Standardi SFS-EN 1090-2 esittää kolme standardin ISO 8501-3:n mukaista esikäsittelyastetta, P1, P2 ja P3. Esikäsittelyasteen vaatimukset kasvavat siirryttäessä luokasta P1 luokkaan P3. Tässä kohtaa toteutuseritelmäpohjassa määritellään lyhyesti esikäsittelyasteet rakenteille. Pinta- ja esikäsittelyä on käsitelty tarkemmin opinnäytetyön luvussa 3.1.10. [13. s.19.]

#### Geometriset toleranssit

Tässä kohtaa toteutuseritelmäpohjassa on tarkoitus mainita ainoastaan rakenne sekä toleranssityyppi. Vaatimukset määritellään tarkemmin toteutuseritelmäpohjan luvussa 11. Standardi SFS-EN 1090-2 + A1 antaa ohjeita geometristen poikkeamien määrittämiseen tuotantoa varten. Geometriset toleranssit jaetaan kahteen ryhmään, jotka ovat olennaiset toleranssit sekä toiminnalliset toleranssit. Geometristen toleranssien määrittelyä on käsitelty tarkemmin opinnäytetyön luvussa 3.1.11. [13. s.19.]

## Toteuttajan asiakirja

Tässä kohtaa toteutuseritelmäpohjassa esitetään sisältövaatimukset toteuttajan asiakirjoille. Teräsrakenteiden työselostukseen, piirustuksiin, asennustavan suunnitteluperusteisiin sekä suunnittelijan antamiin työkohtaisiin lisäohjeisiin pohjautuen toteuttaja tekee kohteesta hitsaus-, asennus-, laadunvarmistus- ja muut tarpeelliset tuotantosuunnitelmat. Näitä suunnitelmia kutsutaan standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 4.2 mukaan toteuttajan asiakirjoiksi. [13. s.19.]

Standardi SFS-EN 1090-2 määrittelee vähimmäisvaatimukset laatuasiakirjoille kohdassa 4.2.1. Toteutusluokissa EXC2 – EXC4 alla olevat asiat on esitettävä asiakirjoissa:

- organisaatiokaavio ja toteutuksesta vastaavat henkilöt
- noudatettavat menettelytavat, menetelmät ja työohjeet
- työtä koskeva tarkastussuunnitelma
- menettelytavat muutosten käsittelyyn
- menettelytavat poikkeavuuksien käsittelyyn, toimilupapyyntöihin ja laatukiistojen käsittelyyn ja
- ennalta määritetyt kontrollipisteet (hold-point) ja vaatimukset tarkastusten ja testausten suorittamisen varmentamiseen, ja niihin liittyvät luoksepäästävyyttä koskevat vaatimukset. [13. s.19-20.]

Standardi SFS-EN 1090-2 määrittelee myös, että rakennustöiden toteuttamista varten toteuttajan tulee laatia laatusuunnitelma, joka sisältää muun muassa yleisen laadunhallinnan dokumentaation, ennen toteutusta tarvittavat laatuasiakirjat sekä toteutuksen tallenteet, jotka ovat tallenteita suoritetuista tarkastuksista ja tarkistuksista, sertifioinneista tai pätevyystodistuksista. Standardin SFS-EN 1090-2 liitteessä C esitetään standardin SFS-ISO 10005 ohjeisiin perustuvat suositukset laatusuunnitelman tarkistuslistan sisällöksi. Näihin sisältyy muun muassa toteutuseritelmäpohjan luvussa 2 esitetyt toimitettavat asiakirjat. Asennustöiden turvallisuuteen liittyen standardi määrittelee luvussa 4.2.3, että yksityiskohtaisia työohjeita sisältävien menetelmäkuvausten tulee täyttää standardissa kohdissa 9.2 ja 9.3 käsitellyyn asennustyön turvallisuuteen liittyvät tekniset vaatimukset. Vaatimuksien täyttymiset pystytään täyttämään laatimalla näihin vaatimuksiin liittyvät asiakirjat, joita on muun muassa työmaasuunnitelma ja asennus suunnitelma sekä täydentämällä työturvallisuusasiakirjaa. Toteutuksen asiakirjoista standardi mainitsee, että riittävät asiakirjat tulee laatia toteutunutta rakennetta kuvaav-

vaksi tallenteeksi ja osoittamaan, että rakennustyöt on suoritettu toteutuseritelmän mukaisesti. [13. s.20.]

### 3.1.5 Käytettävät tuotteet

Toteutuseritelmäpohjan luku 5 käsittelee teräsrakenteiden toteutuksessa käytettävien tuotteiden ominaisuuksia. Käytettävillä tuotteilla tarkoitetaan kokoonpanon valmistukseen käytettäviä aineita ja tarvikkeita, jotka jäävät pysyvästi kokoonpanoon, esimerkiksi ruostumaton terästuote, kiinnitin tai hitsausaine. Luvussa esitetään vaatimukset muun muassa tuotteiden tunnistamiselle, aineodistuksen esittämiselle ja jäljitettävyydelle, rakenneterästuotteiden paksuustoleransseille, pinnanlaadulle sekä erityisominaisuuksille, teräsvaluille, hitsausaineille, mekaanisille kiinnittimille, tapeille, juotoslaastille sekä siltojen liikuntasauvoille. Tuotteiden tulee olla standardin SFS-EN 1090-2 ja sen viitestandardien mukaisia. Mikäli projektissa käytetään muita tuotteita, kuin standardin määritelmien mukaisia, niiden ominaisuudet tulee esittää tarkemmin toteutuseritelmissä. Muiden tuotteiden käytettävyys tulee selvittää kohdekohtaisesti. Tuotteiden määrittysten ja vaatimusten osalta tulee noudattaa standardia SFS-EN 10021 *Terästuotteiden yleiset tekniset toimitusehdot*. Standardin SFS-EN 1090-2 taulukoissa 2, 3 ja 4 on esitetty mitä standardeja sovelletaan rakenneterästuotteiden teknisiin toimitusvaatimuksiin, mittoihin ja toleransseihin. Lisäksi standardissa esitetään viitestandardit, jotka määrittävät pinnanlaadulle vaatimukset sekä esitetään erityisominaisuuksia koskevat vaatimukset standardin SFS-EN 10160 *Teräsrakenteiden esivalmistus, hitsaus ja testaus* mukaan. [13. s. 20-21.]

Standardin SFS-EN 1090-2 mukaan projektissa käytettävien tuotteiden ominaisuudet tulee dokumentoida niin, että niitä voidaan verrata standardeissa esitettyihin vaatimuksiin. Tuotestandardin vaatimusten täyttyminen tarkistetaan standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 12.2 mukaisesti. Metallituotteilla taas tulee olla taulukossa 5 esitetty standardin SFS-EN 10204 *Metallituotteiden aineodistukset* vaatimusten mukainen aineodistus. [25. s. 40] [26. s. 14-15.]

Taulukko 5. Metallituotteiden ainestodistukset [13. s.21]

Tuote	Ainestodistukset
Rakenneteräkset (taulukot 2 ja 3)	EN 10025-1:n <sup>a, b</sup> taulukon B.1 mukaan
Ruostumattomat teräkset (taulukko 4)	3.1
Teräsvalut	EN 10340:2007:n taulukon B.1 mukaan
Hitsausaineet (taulukko 5)	2.2
Ruuvikokoonpanot	2.1 <sup>c</sup>
Kuumaniittit	2.1 <sup>c</sup>
Kierteittävät ja porautuvat ruuvit ja karaniittit	2.1
Kaarihitsattavat leikkausliittimet	2.1 <sup>c</sup>
Siltojen liikuntasaumot	3.1
Korkealujuusköydet	3.1
Rakenteelliset laakerit	3.1
<sup>a</sup> Rakenneteräksille S355 JR tai J0 vaaditaan ainestodistus 3.1 toteutusluokissa EXC2, EXC3 ja EXC4. <sup>b</sup> EN 10025-1 vaatii, että CEV:n kaavaan sisältyvät aineet tulee esittää ainestodistuksessa. Muihin standardissa EN 10025-2 esitettäviksi vaadittaviin aineisiin kuuluvat myös Al, Nb ja Ti. <sup>c</sup> Jos vaaditaan todistustyyppi 3.1, tämä voidaan korvata valmistuserän tunnuksella.	

Ainestodistus on asiakirja, jolla terästuotteen valmistaja välittää tietoa valmistajalle, esimerkiksi sulatusanalyysiin perustuvan kemiallisen koostumuksen sekä veto- ja iskukokeiden tulokset. Ainestodistuksen eri tyypit ovat 2.1. Laatuvarmuus, 2.2. Koetustodistus, 3.1 Vastaanottotodistus ja 3.2 Vastaanottotodistus. Vastaanottotodistuksissa 3.1 ja 3.2 esitetyt koetulokset perustuvat näytteisiin, jotka on otettu kyseessä olevasta toimituserästä. Ainestodistuksissa 2.1 ja 2.2. tulokset taas voivat olla aikaisemmin valmistetuista samanlaisista tuotteista. Rakenneterästen ainestodistuksen tyyppi riippuu iskusitkeyden testauslämpötilasta sekä myötölujuudesta. Merkintä J0 tarkoittaa, että iskuenergian testauslämpötila on 0 °C ja JR tarkoittaa, että testauslämpötila on +20 °C. Teräslajeille, joita yleisimmin käytetään, ja joiden myötölujuus on pienempi tai yhtä suuri kuin 355 MPa riittää ainestodistus 2.2. Myötölujuudeltaan korkeammille tai alemmassa lämpötilassa testatulle iskuenergialle täytyy ainestodistuksen luokan olla 3.1 tai 3.2. Kuitenkin standardin SFS-EN 1090-2 taulukon 1 alaviittauksessa vaaditaan ainestodistus 3.1 myös toteutusluokassa EXC2, EXC3 tai EXC4 rakenneteräksille S355 JR tai J0 [25. s. 40] [26. s. 14-15.]

Toteutuseritelmän luvussa 5 määritellään myös, vaaditaanko tuotekohtainen jäljitettävyys. Jäljitettävyys voi perustua tietyn valmistusprosessin tuote-erän dokumentoituun tallenteeseen, ellei vaadita jokaisen tuotteen jäljitettävyttä. Tuotteiden jäljitettävyys on

esitetty tarkemmin standardin SFS-EN 1090-2 liitteessä A3 taulukossa A.3. kohdassa 5.2. Esimerkiksi toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 aineiden ja tarvikkeiden tulee olla jäljitettävissä kaikissa vaiheissa vastaanotosta luovutukseen. Toteutusluokissa EXC2, EXC3 ja EXC4 useamman samanaikaisesti materiaalikierrossa olevan eri teräslajin jokainen laji tulee merkitä kyseisen teräslajin osoittavalla merkillä. [13. s. 98-101.]

Toteutuseritelmän luvussa 5 on esitettävä myös teräsvalujen lajit, laatumäärittelyt ja viimeistelyt sekä vaatimukset hitsausaineille. Teräsvalujen tulee täyttää standardin EN 10340 *Steel castings for structural uses* vaatimukset. Lajit, laatuluokat ja tarvittaessa viimeistelytilat tulee esittää yhdessä tuotestandardin sallimien vaatimusten kanssa. Hitsausaineiden osalta vaatimukset esitetään SFS-EN 1090-2 taulukossa 5, jossa esitetään tuotestandardit hitsausaineille. Hitsausaineen tyyppin tulee soveltua aina hitsausprosessille, hitsattavalle aineelle ja hitsausmenetelmälle. Tarkemman hitsausainevalinnan tekee yleensä konepajan hitsausinsinööri tai -koordinaattori. Tarkemmin hitsauksesta on kerrottu luvussa 3.1.7. [13. s. 25.]

Mekaanisten kiinnittimien osalta toteutuseritelmän luvussa 5 on esitettävä muun muassa käytettävien ruuvien ja muttereiden lujuusluokat. Mekaaniset ominaisuudet tulee esittää seostamattomista ja seostetuista teräksistä valmistetuille ruuvikokoonpanoille, joiden halkaisija ylittää standardeissa EN ISO 898-1 ja EN 20898-2 esitetyt arvot, austeniittisista ruostumattomista teräksistä valmistetuille ruuvikokoonpanoille, joiden halkaisija ylittää standardeissa EN ISO 3506-1 ja EN ISO 3506-2 esitetyt arvot sekä austeniittis-ferriittisille ruuvikokoonpanoille. Ruuvikokoonpanojen tulee olla standardin EN 15048-1 mukaisia. [13. s. 26-28.]

### 3.1.6 Esivalmistus ja kokoaminen

Toteutuseritelmäpohjan luvussa 6 käsitellään kokoonpanossa käytettävien teräsrakenteiden leikkaamista, muotoilua, reikien tekoa ja kokoamista koskevat vaatimukset. Rakenteellinen terästyö tulee tehdä standardin SFS-EN 1090-2 kohdassa 10 esitettyjen vaatimusten mukaan ja noudattamalla standardin kohdassa 11 esitettyjä toleransseja. Teräskokoonpanojen jokaisen osan tai jokaisen samanlaisten osien pakkauksen tulee olla tunnistettavissa valmistuksen jokaisessa vaiheessa. Toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 valmiit kokoonpanot tulee olla yhdistettävissä ainestodistuksiin. Tilanteen mukaan tunnistaminen voi tapahtua valmistuserän tai osan koon ja muodon perusteella tai perustua kestävien tunnistemerkintöjen käyttöön. Tunnisteet eivät saa aiheuttaa vahin-

koa rakenteelle. Toteutuseritelmässä on esitettävä muun muassa alueet, joilla tunnusmerkintöjä ei sallita tai merkinnät eivät saa näkyä valmiissa rakenteessa. Merkintäkohta valitaan yleensä siten, ettei se ole liitospintojen alueella eikä alueilla, jotka jäävät näkyviin. [13.]

Käsittelyä ja varastointia koskien standardi antaa ohjeita taulukossa 8. Taulukossa on esitetty perusohjeita käsittelyä ja varastointia koskevista varotoimenpiteistä, joilla voidaan estää pintavaurioiden ja muodonmuutosten syntymistä. Varotoimenpiteitä on esimerkiksi kokoonpanojen suojaaminen vaurioilta nostokohdissa, varastoinnin aikana tarvittava tukeminen pysyvien muodonmuutosten välttämiseksi, veden kerääntymisen välttäminen rakenteisiin ja suolapitoisessa, kosteassa ulkoilmassa tapahtuvan varastoinnin välttäminen. [13. s. 31.]

Leikkaukselle standardi määrittää useita vaatimuksia, jotka koskevat geometrisiä toleransseja, pintojen kovuutta ja vapaiden reunojen tasaisuutta. Standardin mukaan tunnettuja ja hyväksyttäviä leikkausmenetelmiä ovat sahaaminen, mekaaninen leikkaus, laserleikkaus, vesisuihkutekniikat ja polttoleikkaus. Leikkauspintojen toleranssit määritellään standardista EN ISO 9013 ja vaatimukset määräytyvät toteutusluokittain. Esimerkiksi toteutusluokassa EXC1 hyväksytään leikatut reunat, joissa ei ole merkittävää epäsäännöllisyyttä edellyttäen, että kuona poistetaan. Standardin taulukossa 9 esitetään vaatimukset muille toteutusluokille. [13. s. 32-33.]

Terästen muotoilua koskien standardi SFS-EN 1090-2 esittää vaatimuksia liittyen kuumamuovaukseen, kuumalla oikaisuun ja kylmämuovausmenetelmiin. Muotoiluun luetaan taivuttaminen, oikaiseminen, kokoonpuristaminen ja takominen. Standardi määrittelee, että terästä voidaan taivuttaa, puristaa kokoon tai takoa vaadittuun muotoon kuuma- tai kylmämuovausprosesseilla edellyttäen, että teräksen ominaisuudet eivät heikkene työstettävälle materiaalille asetettujen vaatimusten alapuolelle. [13. s. 33-35.]

Toteutuseritelmäpohjan luku 6 käsittelee myös rei'itystä. Tässä kohtaa määritellään muun muassa reikien mitat, ruuvien ja niveltappien reikien toleranssit ja reikien tekeminen. Standardin luku 6 käsittelee reikien tekoa liitosten mekaanisille kiinnittimille ja niveltapeille. Nimellisvälysten ruuvit ja niveltapit, joita ei ole tarkoitettu soviteliitoksiksi, tulee olla standardin SFS-EN 1090-2 taulukon 11 mukaisia. Nimellisväly määritetään standardin mukaan seuraavasti:

- pyöreille rei'ille reiän nimellishalkaisijan ja ruuvien nimellishalkaisijan ero
  - pidennetyille rei'ille reiän pituuden tai leveyden ja ruuvien nimellishalkaisijan ero.
- [13. s. 36]

Taulukossa käytetään rei'ille termejä normaali, ylisuuri, lyhyt ja pitkä. Reiän luokittelu "normaaliksi" tai "ylisuureksi" määräytyy reiän nimellismitan ja käytetyn ruuvien nimellismitan perusteella. Pidennettyjen reikien käsitteet "lyhyt" ja "pitkä" liittyvät esijännitettyjen ruuvien rakenteellisessa suunnittelussa käytettyyn kahteen reikätyyppiin. Näitä käsitteitä voidaan käyttää myös esijännittämättömien ruuvien välyksien määrittämiseen. Kiinnittimien tai niveltappien reiät voidaan tehdä poraamalla, lävistämällä, laser-, plasma- tai muulla polttoleikkauksella. Toteutusluokat vaikuttavat tässäkin kohtaa reikien tekotapaan. Toteutuseritelmässä on määriteltävä muun muassa, esitetäänkö reiän halkaisijalle muita toleransseja, kuin standardin mukaisia. [13. s. 36.]

Standardi SFS-EN 1090-2 antaa useita esimerkkejä aukkojen sisäkulmien pyörityksille. Sisäkulmiksi standardi määrittelee kulmat, joissa kylkien välinen avoin kulma on pienempi kuin 180°. Sisäkulmat ja kolot tulee pyörittää standardin mukaan vähimmäispyörityssätein, joihin vaikuttaa taas toleranssiluokat. Toteutusluokissa EXC2 ja EXC3 vähimmäispyörityssäde on 5mm ja toteutusluokassa EXC4 10mm. [13. s. 36-37.]

Toteutuseritelmässä on määriteltävä vaatimukset kokoonpanojen kokoamiselle. ja edellytetäänkö koeasennusta sekä, jos edellytetään, niin missä laajuudessa. Standardin SFS-EN 1090-2 mukaan kokoonpanojen kokoaminen tulee tehdä toleransseille esitettyjä vaatimuksia noudattaen sekä erilaisten metallien kosketus toisiinsa tulee estää sähkökemiallisen korroosion välttämiseksi. Koeasennus tarkoittaa, että riittävä määrä koko rakenteen osakokoonpanoja liitetään yhteen sopimisen varmistamiseksi. Osakokoonpanojen yhteen sopiminen osoitetaan koeasennuksella, jos yhteen sopiminen ei ole osoitettavissa mallinuksilla tai mittauksilla. [13. s. 39.]

### 3.1.7 Hitsaus

Toteutuseritelmäpohjan seitsemäs luku käsittelee hitsausta. Standardi SFS-EN 1090-2 käsittelee hitsausta todella laajasti. Se esittää vaatimuksia muun muassa hitsausprosesseille ja -menetelmille, hitsauksen esivalmistuksen ja suorituksen hyväksymiskriteereille sekä ruostumattomien terästen hitsaamiselle. Standardi ohjeistaa, että hitsaus tulee suorittaa standardin EN ISO 3834 soveltavan osan tai standardin EN ISO 14554

vaatimusten mukaan. Toteutusluokka on hitsauksessakin merkittävässä osassa, sillä se määrittelee mitä standardin EN ISO 3834 osaa hitsauksen vaatimuksiin sovelletaan. Esimerkiksi rakenteisiin, jotka kuuluvat toteutusluokkaan EXC1 käytetään standardin osaa 4, joka sisältää peruslaatuvaatimukset. Toteutusluokille EXC3 ja EXC4 käytetään taas standardin osaa 2, joka käsittelee kattavia laatuvaatimuksia. Standardin EN ISO 3834 on standardin SFS-EN 1090-2 tärkein viitestandardi, joka käsittelee hitsauksen laatuvaatimuksia. Standardi on jaettu kuuteen osaan. Standardin osassa 1 määritetään laatuvaatimustason valintaperusteet, osissa 2-4 taas eri vaatimustasoja, osassa 5 eri vaatimustasoilla vaadittavia dokumentteja ja osassa 6 standardin käyttöönottoon liittyviä ohjeistuksia. Standardi EN 1090-2 esittää lisävaatimuksia ja tarkennuksia standardiin EN ISO 3834 nähden, joten standardit siis täydentävät toisiaan, mutta eivät myöskään poissulje toisiaan. Standardit muun muassa esittävät hitsaussuunnitelman sisällölle käsiteltäviä kohtia, esittävät vaatimuksia hitsausmenetelmien hyväksymiselle sekä määrittävät pätevyysvaatimukset hitsaushenkilöstölle. Hitsaajille ja hitsausoperaattoreille on määritelty pätevyysvaatimukset kaikissa toteutusluokissa. Hitsareilla tulee olla standardin EN 287-1 ja operaattoreilla standardin EN 1418 mukainen todistus pätevyydestä. Toteutusluokka määrittää hitsien hyväksymiskriteerit. Esimerkiksi toteutusluokalle EXC2 on määritelty standardin EN ISO 5817 mukainen hitsiluokka C muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. [13. s. 40-44.]

Toteutuseritelmässä tulee määritellä hitsauksen osalta muun muassa alueet, joille ei sallita tilapäishitsejä, tilapäiskiinnitysten käyttö toteutusluokissa EXC3 ja EXC4, kolopiena- ja tulppahitsien reikien mitat, muita hitsityyppejä koskevat vaatimukset, hitsien geometriaa ja muotoa koskevat lisävaatimukset sekä pinnan viimeistely ruostumattomien terästen hitsausvyöhykkeellä. [13. s. 40-44.]

### 3.1.8 Mekaaninen kiinnittäminen

Toteutuseritelmäpohjan luvussa kahdeksan määritellään vaatimukset mekaaniselle kiinnittämiselle, joka koskee muun muassa ruuvikokoonpanojen käyttöä, soviteruuveja, kuumaniittausta, ohutlevykokoonpanojen kiinnittämistä sekä ruostumattomien terästen kitkasyöpymistä ja kiinnileikkautumista. Tässä kohdassa esitetään konepajassa ja työmaalla tapahtuvaa kiinnittämistä koskevat ohjeet mukaan lukien muotolevyjen kiinnittäminen. Standardi jakaa ruuvit esijännittämättömiin- ja esijännitettyihinkokoonpanoihin. Esijännittämättömien ruuvikokoonpanojen on oltava standardin EN 15048-1 ja esijännitettyjen standardin EN 14399 eri osien mukaisia. Standardin mukaan rakenteelli-



sen ruuvin nimellishalkaisijan tulee olla vähintään 12 mm. Eurokoodi 3 (EN 1993-1-8 *Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 8. Liitokset.*) jakaa ruuvikiinnitykset viiteen eri luokkaan. Leikkausvoiman rasittamat kiinnitykset jaetaan ruuvikiinnitysluokkiin A, B ja C ja vetovoiman rasittamat ruuviluokkiin D ja E. Luokat A-C koskevat siis tapauksia, joissa leikkausvoima kohdistuu kiinnitykseen ruuvin vartta vastaan kohtisuorassa suunnassa ja luokat D sekä E koskevat tapauksia, joissa ruuvin varteen aiheutuu ruuvin varren suuntainen vetorasitus. Alla olevassa standardin SFS-EN 1993-1-8 taulukossa 6 on esitetty ruuvikiinnitysluokat sekä niiden mitoitus koskevat tarkastukset.

Taulukko 6. Ruuvikiinnitysluokat [27. s. 23]

Luokka	Ehto	Huomautuksia
<b>Leikkausvoiman rasittamat kiinnitykset</b>		
A Reunapuristustyyppinen kiinnitys	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Esijännitystä ei vaadita. Kaikki lujuusluokat 4.6...10.9.
B Käyttörajatilassa liukumisen kestävä kiinnitys	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Esijännitetyt lujuusluokkien 8.8 tai 10.9 ruuvit. Liukumiskestävyys käyttörajatilassa, ks. 3.9.
C Murtorajatilassa liukumisen kestävä kiinnitys	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Esijännitetyt lujuusluokkien 8.8 tai 10.9 ruuvit. Liukumiskestävyys murtorajatilassa, ks. 3.9. $N_{net,Rd}$ ks. 3.4.1(1)c).
<b>Vetovoiman rasittamat kiinnitykset</b>		
D Esijännittämätön ruuvi	$F_{l,Ed} \leq F_{l,Rd}$ $F_{l,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Esijännitystä ei vaadita. Kaikki lujuusluokat 4.6...10.9. $B_{p,Rd}$ ks. taulukko 3.4.
E Esijännitetty ruuvi	$F_{l,Ed} \leq F_{l,Rd}$ $F_{l,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Esijännitetyt lujuusluokkien 8.8 tai 10.9 ruuvit. $B_{p,Rd}$ ks. taulukko 3.4.
Vetovoiman mitoitusarvoon $F_{l,Ed}$ lasketaan mukaan vipuvaikutus, ks. 3.11. Ruuvit, joihin kohdistuu sekä leikkaus- että vetovoima tarkistetaan lisäksi taulukon 3.4 mukaiselle yhteisvaikutukselle.		

Esijännittämättömine ruuvien kiristämisestä standardi SFS-EN 1993-1-8 määrää, että kiinnitettävät kokoonpanot tulee liittää tiiviisti yhteen. Jokainen kokoonpano tulee saattaa vähintään tiukkaan kiristykseen, mutta ylikiristämistä on varottava erityisesti lyhyillä ruuveilla M12 ruuveilla. Esijännitettyjen ruuvien kohdalla standardi antaa paljon yksityiskohtaisemmat vaatimukset kiristämiselle. Nimelliseksi esijännitysvoimaksi on määritetty  $F_{p,c}$  Standardin mukaan esijännitystä voidaan käyttää liukumiskestävyuden varmistamiseen, seismisten alueiden kiinnityksiin, parantamaan väsytykskestävyyttä, toteutusta varten tai parantamaan laatua esimerkiksi pitkäaikaiskestävyyttä. Kyseistä esijännitysvoimaa tulee standardin mukaan käyttää kaikissa esijännitettävissä liukumisen

kestävissä kiinnityksissä ja muissakin esijännitetyissä kiinnityksissä, ellei pienempää esijännitysvoimaa erikseen esitetä toteutuseritelmässä. Eurokoodissa mainitaan, että vaikka esijännitystä ei hyödynnetä liukumiskestävyysien laskennassa, esijännityksen taso voidaan esittää kansallisessa liitteessä, jos esijännitystä vaaditaan toteuttamisen tai laadun takia (1993-1-8. s.23). Suomen kansallisessa liitteessä esijännitysvoima on määritelty kaavalla,

$$F_{p,c} = 0,7 * f_{ub} * A_s$$

jossa  $f_{ub}$  ruuvin aineen nimellismurtolujuus ja  $A_s$  on ruuvin jännityspoikkipinta-ala. Kaava on sama kuin on esitetty standardissa SFS-EN 1090-2. Suomen kansallinen liite suosittelee myös käytettäväksi vain ruuvin lujuusluokkia 8.8 ja 10.9, joiden  $F_{p,c}$  arvot on esitetty esimerkkinä alla olevassa taulukossa 7. [27. s. 25] . [13. s. 57.]

Taulukko 7.  $F_{p,c}$ :n arvot [kN] [27. s. 25]

Lujuusluokka	Ruuvin halkaisija (mm)							
	12	16	20	22	24	27	30	36
8.8	47	88	137	170	198	257	314	458
10.9	59	110	172	212	247	321	393	572

Standardin SFS-EN 1090-2 mukaan liitoksen liukumisen estäviä esijännitettyjä ruuveja tulee käyttää esimerkiksi leikkausvoiman kuormittamisissa liitoksissa, joihin kohdistuu isku, värähtely tai vaihtuvasuuntainen kuormitus. Esijännitettävien liitosten kosketuspintojen pinta-alat tulee esittää myös standardin mukaan toteutuseritelmässä. Kosketuspinnat tulee esivalmistaa siten, että vaadittu kitkakerroin saavutetaan. Kitkakerroin tulee yleensä määrittää standardin SFS-EN 1090-2 liitteen G mukaisella kokeella. [13. s. 56-58]

Standardi SFS-EN 1090-2 määrittelee myös vertailuarvon laskentatavan vääntömomentille.  $M_{r,i}$  arvo määritetään jokaiselle ruuvi-mutteri yhdistelmälle. Kyseinen laskentakaava huomioi kiristysmenetelmien k-luokan, jonka perusteella voidaan tarvittava kiristysmomentti laskea alle olevalla kaavalla.

$$M_{r,2} = k_m * d * F_{p,C}$$

Kaavassa vääntömomenttia merkitään  $M_{r,n}$ , k-luokkaa  $k_m$  ja ruuvin halkaisijaa  $d$ . K-luokka huomioi toimitustilaisten ruuvikokoonpanojen pinnoitus- ja voitelutilan mukaisen kitkan ja k-luokat ilmoitetaan standardin taulukossa 20. Esimerkiksi jos käytetään kiristysmenetelmänä vääntömomenttimenetelmää, k-luokka on tällöin K2. [13. s. 58.]

Standardissa SFS-EN 1090-2 määritetään myös ruuvien, mutterien ja aluslaattojen lujuusluokkien sopivat yhdistelmät. Esimerkiksi lujuusluokaltaan 8.8 ruuvin kanssa käytetään vähintään luokan 8 mutteria sekä kovuudeltaan 200 HV olevaa aluslevyä. Standardissa esitetään myös ohjeistuksia muun muassa aluslevyjen käytöstä, mutterin vapaasta kiertymisestä sekä sovitelevyjen käytöstä. Esimerkiksi aluslaattojen käytöstä mainitaan, että ne voivat pienentää metallisten pinnoitteiden paikallisia vaurioita erityisesti, kun pinnoitteet ovat paksuja. Mutterien kiertymisen osalta standardi määrää, että mutterin tulee kiertyä vapaasti sen kanssa yhteen kuuluvassa ruuvissa. Kiertyminen voidaan tarkastaa helposti käsin kiertämällä. Kaikki mutteri-ruuvi kokoonpanot, joissa mutteri ei kierry vapaasti, tulee hylätä. [13. s. 58-63.]

### 3.1.9 Asentaminen

Toteutuseritelmäpohjan luvussa 9 esitetään vaatimukset asentamiselle ja muille työmaalla suoritettaville töille. Työmaalla tehtävä esivalmistus, hitsaus, mekaaninen liittäminen ja pintakäsittely tulee tehdä standardin SFS-EN 1090-2 kohtien 6, 7, 8 ja 10 vaatimuksia noudattaen. Rakenteen tarkastamisessa ja hyväksymisessä tulee myös noudattaa standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 12 vaatimuksia. Standardin luku käsittelee erityisesti rakennusolosuhteita, asennusmenetelmiä, työmaamittauksia, tukia, työmaa työskentelyä, sovitusta ja linjausta. Esimerkiksi asentamista ei saa aloittaa ennen kuin rakennuskohde täyttää turvallisuuteen liittyvät, standardin luvussa 9.2 esitetyt, tekniset vaatimukset. Muun muassa työmaalle pääsy ja siellä liikkuminen täytyy olla valvottua, työmaatoimintojen turvallisuuteen vaikuttavat maaperäolosuhteet täytyy olla tutkittuna ja tiedossa sekä työmaan ja sen ympäristön erityiset ympäristö- ja ilmasto-olosuhteet tiedossa. [13. s.64-68.]

Toteutuseritelmässä tulee määritellä muun muassa viitelämpötila mittojen asettamiselle työmaalla ja teräsrakenteiden mittauksille, tukien tarkastusten kriteerit, asennuspiirus-

tuksien sisältö, koeasennusten vaatimukset sekä vaaditaanko korkeissa rakennuksissa jännityksen poistamista jäykistävästä rakenteista asennuksen edetessä. Tukien tila ja sijainti tulee tarkistaa standardin SFS-EN 1090-2 mukaan silmämääräisesti sopivaa mittausmenetelmää käyttäen ennen kuin asennus voi alkaa. Jos tuet eivät kelpaa asentamiseen, tulee ne korjata ennen asentamisen aloittamista. Poikkeavuudet tulee aina dokumentoida. Asennuspiirustukset tulee laatia standardin kohdan 6.2.1 mukaan. Standardi määrittelee muun muassa, että piirustuksissa tulee esittää tukien paikat ja kokoonpanojen kokoaminen yhdessä toleranssivaatimusten kanssa sekä kaikki asentamisessa rakenteen stabiiliuden ja henkilöstön turvallisuuden varmistamiseksi tarvittavat tilapäisiä teräsrakenteita tai muita tilapäisiä rakenteita koskevat yksityiskohdat ja järjestelyt. [13. s. 64-68.]

### 3.1.10 Pintakäsittely

Tässä toteutuseritelmäpohjan kohdassa esitetään vaatimukset, joita noudatetaan, kun valmistusvirheitä sisältävät teräspinnat sekä hitsatut ja työstetyt pinnat, valmistetaan maaleilla ja vastaavilla tuotteilla tapahtuvaa pinnoittamista varten. Tietyn pinnoitejärjestelmän käytön huomioon ottavat vaatimukset tulee standardin SFS-EN 1090-2 mukaan esittää erikseen. Korroosion estoa käsitellään tarkemmin standardin liitteessä F, joka on myös liitetty teräsrakenteiden toteutuseritelmäpohjaan. Standardin EN 1090-2 luku 10 keskittyy erityisesti hitsattujen ja työstettyjen kohtien pintakäsittelyyn. [13. s.72-73.]

Kuten jo luvussa 3.1.4 todettiin, jotta teräsrakenteiden pinnat soveltuvat maalattaviksi, täytyy pinnan virheellisyyksien korjaamiseksi määritellä esikäsittelyaste. Standardi SFS-EN 1090-2 esittää kolme standardin ISO 8501-3:n mukaista esikäsittelyastetta, P1, P2 ja P3. Esikäsittelyasteen vaatimukset kasvavat siirryttäessä luokasta P1 luokkaan P3. Luokka P1 vastaa kevyttä esikäsittelyä tai vähimmäisesikäsittely, joka katsotaan tarpeelliseksi ennen maalin levittämistä, kun taas luokka P3 erittäin perusteellista esikäsittely, jolloin pinnalla ei ole merkittäviä näkyviä virheellisyyksiä. Toteutusluokan tavoin esikäsittelyaste voi koskea koko rakennetta, rakenteen osaan tai tiettyä yksityiskohtaa. Rakenteelle voidaan myös esittää useita esikäsittelyasteita, mutta yksityiskohdalle tai yksityiskohtien ryhmälle esitetään yleensä vain yksi esikäsittelyaste. [13. s.19]

Esikäsittelyasteet liittyvät korroosioneston odotettuun käyttöikään ja ympäristön määräämään rasitusluokkaan. Seuraavaksi esitetyssä taulukossa on esitetty valintaperusteet esikäsittelyluokalle.

Taulukko 8. Esikäsittelyaste [13. s. 73]

Korroosioneston odotettu käyttöikä <sup>a</sup>	Rasitusluokka <sup>b</sup>	Esikäsittelyaste
>15 vuotta	C1	P1
	C2 ... C3	P2
	Yli C3	P2 tai P3, kuten esitetty
5...15 vuotta	C1...C3	P1
	Yli C3	P2
< 5 vuotta	C1...C4	P1
	C5...Im	P2
<sup>a, b</sup> Korroosioneston odotetun käyttöiän ja rasitusluokan osalta viitataan tapauskohtaisesti standardeihin EN ISO 12944 ja EN ISO 14713-1.		

Taulukossa esiintyvät rasitusluokat on määritelty standardista SFS-EN ISO 12944-2 *Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 2*, kohdassa 5.1.1, jossa ilmastoympäristöt on luokiteltu kuuteen ilmastorasitusluokkaan:

- C1 hyvin lievä
- C2 lievä
- C3 kohtalainen
- C4 ankara
- C5-I erittäin ankara (teollisuus)
- C5-M erittäin ankara (meri). [28.]

Standardin SFS-EN ISO 12944-2 on määritelty ylläolevan esikäsittelyasteen taulukon ympäristöluokitukset veteen upotetuille ja maanalaisille rakenteille. nämä jakautuvat kolmeen alla olevaan luokkaan:

- Im1 makeat vedet
- Im2 meri- tai murtovesi
- Im3 maaperä. [28.]

Taulukossa esitettävät vaatimukset eivät koske ruostumattomia teräksiä, joiden pinnan puhtaudelle asetettavat vaatimukset tulee esittää erikseen. Jollei esikäsittelyastetta ole määritelty, tulee toteutusluokille EXC2, EXC3 ja EXC4 noudattaa vähintään luokan P1 vaatimuksia. [28.]

Toteutuseritelmässä tulee määritellä pintakäsittelyn osalta muun muassa tietyn pinnoitusmenetelmän käytöstä johtuvat vaatimukset, pintojen esikäsittelyaste tai korroosioneston odotettu käyttöikä ja rasitusluokka, vaaditaanko korroosionestoa, vaaditaanko tiivistyshitseille silmämääräisen tarkastuksen jälkeen muuta tarkastusta, sekä voidaan kosketuspinnat ja aluslaattojen alapuoliset pinnat jättää käsittelemättä. Mikäli rakennetta on tarkoitus käyttää lyhytaikaisesti tai ympäristössä, jonka syövyttävyyden on vähäinen, korroosionestoa ei tarvita mekaanisen kestävyuden tai stabiiliuden vuoksi. Jos hitsien ainoa tehtävä on tilan tiivistäminen, tarkastetaan hitsit silmämääräisesti. Mahdollisesti vaadittavat lisätarkastukset tulee esittää erikseen toteutuseritelmässä. Standardin SFS-EN 1090-2 liitteessä F todetaan, että sellaiset alueet ja pinnat, joiden luokse on vaikea päästä asennuksen jälkeen, käsitellään ennen asentamista. [22.]

### 3.1.11 Geometriset toleranssit

Standardi SFS-EN 1090-2 + A1 esittää vaatimuksia geometrinen poikkeamien määritykseen tuotantoa varten. Standardi jakaa geometriset toleranssit kahteen ryhmään: *olennaisiin toleransseihin sekä toiminnallisiin toleransseihin*. Olennaiset toleranssit vaikuttavat valmiin rakenteen mekaaniseen kestävyteen ja stabiiliuteen, kun taas toiminnalliset toleranssit vaikuttavat muiden rakenteiden yhteensopivuuteen sekä liitosten ulkonäköön. Toiminnalliset toleranssit jaetaan vielä alaluokkaan 1 ja 2, joista luokka 2 on vaativampi. Toleranssiryhmien raja-arvoja erilaisille rakenteille on lueteltu useita standardin SFS-EN 1090-2 + A1 liitteessä D. Kaiken kaikkiaan standardin reilusta 200 sivusta toleransseja käsitellään noin 60 sivun verran, mikä on noin kolmasosa koko standardin laajuudesta. [13. s.76-78.]

Standardin SFS-EN 1090-2 mukaan toiminnallisina toleransseina voidaan käyttää joko standardin liitteen D.2 *Toiminnalliset toleranssit* mukaisia arvoja tai vaihtoehtoisia kriteerejä. Vaihtoehtoisiksi kriteereiksi on luokiteltu standardin EN ISO 13920 mukaisia yleistoleransseja, esimerkiksi pituudelle ja kulmasuureille luokkaa C ja suorudelle, tasomaisuudelle ja yhdensuuntaisuudelle luokkaa G. Määritelmät olennaisille toleransseille löytyvät standardin liitteestä D.1. *Olennaiset toleranssit*. Esimerkiksi mikäli konepaja valmistaa profiileja hitsaamalla, noudatetaan liitteen D mukaisia toleransseja. [13. s.122.]

### 3.1.12 Tarkastus, testaus ja korjaaminen

Tässä toteutuseritelmäpohjan kohdassa esitetään laatuasiakirjoihin tai laatusuunnitelmaan sisältyviin laatuvaatimuksiin liittyvät tarkastusta ja testaamista koskevat vaatimukset. Suoritettuihin töihin kohdistuvat tarkastukset, testaukset ja korjaukset tulee tehdä toteutuseritelmän mukaisesti noudattaen standardissa SFS-EN 1090-2 esitettyjä laatuvaatimuksia. Standardi määrittelee, että tarkastaminen ja testaaminen tulee tehdä etukäteen laaditun suunnitelman mukaan käyttäen dokumentoituja menettelytapoja. Standardi sekä rakennuttaja määrittelevät, mitä asioita tulee tarkastaa toteutuksen yhteydessä. Toteuttaja taas esittelee suunnitelmassa käytännön toimenpiteet, niiden tekijät, kirjaamistavan sekä muut yksityiskohdat. Standardin SFS-EN 1090-2 mukaan tarkastussuunnitelman pääkohdat tulee esittää jo tilauksen teon yhteydessä. [13.]

Standardin SFS-EN 1090-2 määrittelee vaatimukset hitsauksen tarkastuksille. Ennen hitsausta sekä hitsauksen aikana tehtävät tarkastukset on esitetty standardin luvussa 7 sekä viitestandardin EN ISO 3834 hitsausta käsittelevässä osassa, joka määräytyy toteutusluokan perusteella. Luvussa 12 taas esitetään hitsauksen jälkeistä tarkastusta koskevat vaatimukset. Hitsejä tarkastellaan rikkomattomalla aineenkoetuksella (NDT), johon kuuluu muun muassa silmämääräinen tarkastus, sekä rikkovalla aineenkoetuksella. Rikkovan aineenkoetuksen menetelmiä standardi ei edellytä käytettäväksi. Standardin mukaan hitsit tulee tarkastaa ennen hitsatun alueen pintakäsittelyä. Silmämääräinen tarkastus tulee tehdä hitsauksen jälkeen ennen kuin hitsatulle alueelle tehdään mitään muuta NDT-tarkastusta. Standardin mukaan päittäishitseille käytetään yleensä aineenpaksuudesta riippuen ultraäänitarkastusta (UT) tai radiografista tarkastusta (RT) ja pienahitseille tunkeumaneste- (PT) tai magneettijauhetarkastusta (MT). Kaikki hitsit tulee standardin mukaan tarkastaa silmämääräisesti koko pituudeltaan. Mikäli pintavirheitä havaitaan, tarkastetuille hitseille tulee suorittaa tunkeumaneste- tai magneettijauhetarkastus. Toteutusluokan EXC1 hitseille ei standardin mukaan vaadita muuta kuin silmämääräinen tarkastus, ellei toteutuseritelmässä toisin vaadita. Muissa tapauksissa rikkomattoman aineenkoetuksen laajuus vaihtelee toteutusluokan ja hitsityypin mukaan. Laajuudet esitetään alla olevan standardin taulukon 9 mukaisesti. [13. s.82-83.]

Taulukko 9. Muun kuin silmämääräisen NDT-tarkastuksen laajuus [13. s.83]

Hitsin tyyppi	Konepaja- ja työmaahitsit		
	EXC2	EXC3	EXC4
Poikittaiset päittäishitsit ja osittain läpihitsatut päittäishitsit, joihin kohdistuu vetojännitys:  $U \geq 0,5$  $U < 0,5$	10 %  0 %	20 %  10 %	100 %  50 %
Poikittaiset päittäishitsit ja osittain läpihitsatut hitsit:  ristiliitoksissa  T-liitoksissa	10 %  5 %	20 %  10 %	100 %  50 %
Poikittaiset pienahitsit, joihin kohdistuu vetoa tai leikkausta:  Kun $a > 12$ mm tai $t > 20$ mm  Kun $a \leq 12$ mm ja $t \leq 20$ mm	5 %  0 %	10 %  5 %	20 %  10 %
<b>IA1</b> Läpihitsatut pitkittäiset hitsit nosturin kannattajien uuman ja ylälaipan välissä:	10 %	20 %	100 %
Muut pitkittäiset hitsit ja jäykisteiden hitsit	0 %	5 %	10 % <b>&lt;A1</b>
<p>HUOM. 1 Kokoonpanon akselin suuntaiset hitsit katsotaan pitkittäisiksi. Kaikki muut katsotaan poikittaisiksi.</p> <p>HUOM. 2 <math>U</math> = hitsien hyväksikäyttöaste kvasistaattisluontoisille kuormille. <math>U = E_s / R_{s1}</math>, missä <math>E_s</math> on hitsin suurin kuormavaikutus ja <math>R_{s1}</math> on hitsin kestävyys murtorajatilassa.</p> <p>HUOM. 3 Suureet <math>a</math> ja <math>t</math> viittaavat pienahitsin <math>a</math> mittaan ja liitettävien materiaalien enimmäispaksuuteen.</p>			

Taulukon 9 mukaisen tarkastuksen tarkoitus on vahvistaa, että käynnissä oleva tuotanto tuottaa vaatimusten mukaisia hitsejä. Taulukossa esitetyt prosenttiluvut koskevat tarkastuksen laajuutta hitsattua liitosta kohden. Esimerkiksi toteutusluokassa EXC2 taulukko esittää tarkastuslaajuuden hitsityypeittäin. Ensimmäinen taulukon rivi käsittelee vetojännityksen alaisia poikittaisia tai osittain läpihitsattuja päittäishitsejä. Taulukon mukaan luokan EXC2 hitsit, joihin kohdistuva vetojännitys on yli 50% täytyy tarkastaa 10% laajuudelta. Muut poikittaiset päittäishitsit tulee standardin mukaan tarkastaa 10% laajuudella ristiliitoksissa sekä 5% laajuudella T-liitoksissa. Käytettävä tarkastusmenetelmä valitaan standardin EN 12062 liitteen C perusteella. NDT-tarkastajilla tulee olla standardin EN 473 tason 2 mukainen pätevyys. Standardi SFS-EN 1090-2 määrää, että tarkastus voidaan aloittaa hitsin koosta riippuen viimeistään 24 tunnin kuluttua hitsausen suorittamisesta. Lisäksi standardi SFS-EN1090-2 asettaa erityisvaatimuksia viidelle ensimmäiselle samaa uutta hitsausohjetta (WPS) käyttävälle hitsattujen hitsien tarkastukselle. Standardin mukaan tarkastuslaajuus tulee olla niille taulukkoarvoihin



verrattuna kaksinkertainen. Tämän lisäksi vähimmäistarkastuspituudeksi ohjeistetaan 900 mm sekä arviointikriteerinä käytetään standardin EN ISO 5817 määrittämää hitsiluokkaa B. Näiden erityisvaatimusten tarkoituksena on varmistaa, että standardin mukaisia hitsausohjeistuksia käyttäen voidaan hitsata vaatimusten mukaisia hitsejä. [13. s.82-83.]

Mekaanisen kiinnittämisen osalta standardi SFS-EN 1090-2 asettaa vaatimuksia muun muassa esijännittämättömien ruuviliitosten tarkastamiselle. Standardin mukaan esijännittämättömillä mekaanisilla kiinnittimillä tehdyt kiinnitykset tulee tarkastaa silmämääräisesti ruuvien asentamisen jälkeen, kun rakenne on oikaistu paikallisesti. Kiinnittämistä tarkastetaan, että niissä on täysi määrä ruuveja sekä kiristämisen osoittavan merkinnän olemassaolo. Pintakäsittelyä ja korroosionestoa koskien standardi määrää, että rakenne tulee tarkastaa ennen korroosionestoa standardin kohdan 10 mukaisten vaatimusten suhteen. Korroosionesto taas tulee tarkastaa standardin liitteen F mukaisesti. Asennetun rakenteen sijainnin tarkastus tulee suorittaa standardin mukaan tihennyspisteistön suhteen. Mittauksia ei kuitenkaan tarvitse dokumentoida toteutusluokassa EXC2, mutta toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 tarkastuksesta on laadittava vaatimusten mukainen tarkastusasiakirja. Asennetun rakenteen kunto taas tarkastetaan kaikkien vääntymisestä tai ylisuurista jännityksistä kertovien merkkien havaitsemiseksi. Lisäksi varmistetaan, että kaikki tilapäiset kiinnitykset poistettu tyydyttävällä tavalla tai ne ovat esitettyjen vaatimusten mukaisia. [13. s.85-87.]

Standardin perusidea tarkastamisen suhteen on, että tuotteiden ylimääräiseltä testamiselta vältyttäisiin. Tämä edellyttää, että edellisestä valmistusvaiheesta saadaan tarvittavat asiakirjat, jotka todistavat vaatimustenmukaisuuden täyttymisen. Tämä koskee erityisesti esimerkiksi ainestodistuksia. Mikäli materiaalin toimittajalla on luovuttaa ainestodistukset tuotteista, ei niitä tarvitse uudestaan testata. [13.]

### 3.2 Toteutuseritelmän laatiminen betonirakenteille

Betonirakenteiden toteutuseritelmä on asiakirjat, joka sisältää kaikki piirustukset, tekniset tiedot ja vaatimukset tietyn rakennushankkeen toteuttamiseen sekä kuvaukset kaikista käytettävistä tuotteista ja mahdolliset tuotteiden käyttöä koskevat vaatimukset. Tiedot esitetään piirustuksissa tai toteutuseritelmässä päällekkäisyyksien välttämiseksi. Betonirakenteiden toteutuseritelmä ei siis välttämättä ole yksi asiakirja vaan koottu ko-

konaisuus kaikista toteutuksessa tarvittavista suunnittelijan toteuttajalle toimittamista asiakirjoista. Betonirakenteiden toteutuseritelmässä on esimerkiksi esitettävä käytettävät toteutusluokat, mahdolliset erityistoleranssit sekä pinnan laatuvaatimukset. Standardi SFS-EN 13670 sisältää toteutuseritelmaan sisältyvien tietojen tarkistuslistan, joka on esitetty liitteessä A taulukossa A.1 RILin asiakirjaohjeessa on tiivistetty ja listattu standardin vaatimukset, ja sen mukaan betonirakenteiden toteutuseritelmän tulisi sisältää ainakin seuraavat asiat:

- rakennejärjestelmä: rakennuksen runkojärjestelmä, jäykistys ja rakentamisen logistiikkaan vaikuttavat tiedot
- laatuvaatimukset: yleiset laatuvaatimukset, palo- ja äänitekniset vaatimukset
- mittatarkkuus ja toleranssit: käytettävät toleranssit suunnittelussa ja rakentamisessa
- materiaalivaatimukset: betonin, terästen, kiinnitysosien ym. laatuvaatimukset materiaalien osalta
- käyttöikämitoituksen perusteet: suunnittelussa ja rakentamisessa tarvittavat käyttöikämitoituksen perusteet
- vaatimukset betonipinnoille: vaatimukset muoteille ja valmiille betonipinnoille tarvittaessa rakennusosittain
- työn suoritus: yleiset suoritusvaatimukset (muotit tukirakenteineen, rauditus, hitaus), tartunnat, varaukset ja installaatiot, betonointi, työsaumat, lämpökäsittely ja talvibetonointi, jälkihoito ja viimeistelytyöt
- runkorakenteiden ohjeet: vaatimukset rakennusosittain ja erityisohjeet, mikäli jotkin rakennusosat niitä vaativat, esim. muottien suhteen
- laadunvalvonta: laadunvalvonnan sisältö ja perusteet
- kelpoisuuden toteaminen: kelpoisuuden toteamisen sisältö ja perusteet, esim. koekappaleiden koestussuunnitelman laatiminen. [21. s.46] [16. s.10-11.]

Toteutuseritelmä tulee sisältää standardin SFS-EN 13670 mukaan viittaukset rakentamispäikällä rakennuskohdetta koskevista kansallisista säännöistä. Ennen kuin rakennuskohteen yhdenkään osan toteutus aloitetaan, on toteutuseritelmän oltava valmis ja osapuolten saatavilla. Toteutusstandardi SFS-EN 13670 tai sen kansallinen liite SFS 5975 ei anna yksityiskohtaisia ohjeita toteutuseritelmän laatimiseen vaan yleisellä tasolla ohjeita vaadituista asiakirjoista, tarkastuksista ja dokumentoinnista. [29. s.6-8.]

Seuraavissa luvuissa käsitellään FCG:n betonirakenteiden toteutuseritelmäpohjan sisältöä pääpiirteittäin. Toteutuseritelmäpohja on laadittu pohjautuen standardiin SFS-EN 13670 sekä sen kansalliseen liitteeseen SFS 5975. Toteutuseritelmäpohjasta pyrittiin tekemään mahdollisimman laaja ja yleiskattava, jotta sitä pystyttäisiin hyödyntämään mahdollisimman monessa erilaisessa betonirakenneprojektissa. Projektikohtaisesti eritelmäpohjasta voidaan jättää pois kohtia, jotka eivät kyseistä projektia sisällöltään kosketa. Toteutuseritelmän lukujen numerointi vastaa standardin lukujen numerointia luvusta neljä eteen päin, jotta suunnittelijan olisi helpompi käyttää standardia tukena eritelmäpohjaa täytettäessä. Luvut 1-3 sisältävät myös betonien osalta yleistä, tärkeää informaatiota, koskien rakennusprojektia, joten niitä voidaan muokata vapaammin projektikohtaisesti. Opinnäytetyön liitteessä (Liite 2) on betonirakenteiden toteutuseritelmäpohjan sisällysluettelo. Koko eritelmää ei opinnäytetyön yhteydessä julkaistu yrityksen salassapitosyistä.

### 3.2.1 Kohteen perustiedot

Betonirakenteiden toteutuseritelmäpohjan ensimmäinen kappale sisältää esitiedot rakennuskohteesta, aivan kuten teräsrakenteidenkin eritelmäpohja. Esitiedoissa esitellään rakennuskohde, projektin osapuolet sekä yhteystiedot, kuvataan mahdollisesti rakennejärjestelmä sekä esitetään mahdolliset teräsrakennearakan rajaukset. Tässä kohtaa määritellään myös betonirakennearakassa noudatettavat ohjeistukset, asiakirjat, standardit sekä rakenteisiin liittyvät erityisvaatimukset. Standardin SFS-EN 13670 mukaan lisävaatimuksia tai erilaisia vaatimuksia tukee harkita ja tarvittaessa esittää, kun käytetään esimerkiksi kevytkiviainesbetonia, erityistekniikoita tai innovatiivisia suunnitelmia. Perustiedoissa esitetään myös vaatimukset betonirakenneosille, joita mahdollisesti käytetään apuna rakentamisen aikana. [29. s. 8.]

Rakennusprojekteissa piirustukset ja toteutuseritelmä täydentävät toisiaan ja muodostavat yhden kokonaisuuden. Toteutuseritelmässä ei ole tarkoitus esittää asioita, jotka pystytään helpommin esittämään piirustuksissa. Mikäli kuitenkin näissä dokumenteissa on ristiriitaisuuksia, niin yleensä tilaaja yhdessä vastaavan teräsrakennesuunnittelijan kanssa määrittelee, mitä ohjeita noudatetaan. [29.]

Toteutuseritelmän luvussa 1 on myös tarkoitus määritellä alihankkijat sekä työturvallisuusvaatimukset. Laki tilaajan selvitysvelvollisuudesta ja vastuusta ulkopuolista työvoimaa käytettäessä (1233/2006) määrää, että kaikki käytettävät alihankkijat täytyy

ilmoittaa tilaajalle eli rakennuttajalle ja saada näistä rakennuttajan hyväksyntä. Toteuttaja on vastuussa kaikkien teknisten asiakirjojen ja vaatimusten toimittamisesta alihankkijoilleen. Työturvallisuusvaatimukset määritellään yleisesti toteutuseritelmän tässä kohtaa, lähinnä mihin vaatimukset pohjautuvat. Projektin toteuttajan tulee noudattaa sopimushetkellä voimassa olevia työterveyttä, työturvallisuutta ja ympäristönsuojelua koskevia lakeja ja asetuksia. Tämän lisäksi toteuttajan tulee ottaa huomioon rakennuttajan mahdolliset lisävaatimukset edellä mainittuihin asioihin liittyen. Muut tilaajan vaatimat asiat on ilmoitettava jo tarjouspyyntöasiakirjoissa. [30.]

### 3.2.2 Toimitettavat asiakirjat

Myös luku 2 betonirakenteiden toteutuseritelmäpohjassa on identtinen sisältövaatimuksiltaan teräsrakenteiden eritelmäpohjan kanssa. Luvussa 2 määritellään, mitä asiakirjoja projektin kussakin vaiheessa tulee luovuttaa. Asiakirjat on tarkoitus listata toteutuseritelmään, jotta ne ovat helposti luettavissa ja löydettävissä ja vaatimukset pystytään tarkistamaan. Standardi SFS-EN 13670 ei sisällä tarkkaa listaa vaadittavista dokumenteista. Betonirakenteiden toteutuseritelmäpohjaan kuuluvaa dokumentointia käsitellään enemmän luvussa 3.2.4. [23.]

### 3.2.3 Suunnittelun lähtökohdat

Betonirakenteiden toteutuseritelmäpohjan kolmas luku käsittelee betonirakenneprojektin suunnittelua. Tässä kohtaa määritellään projektikohtainen rakennesuunnittelun vaativuus ja suunnitelmien laadunvarmistus, suunnittelun tehtävänjako, vastuualueet, suunnittelun aikataulu, seuraamusluokat, luotettavuusluokat, käyttöikämitoitus, rasitusluokat sekä paloluokka ja palonkestovaatimukset. Betonirakenteiden suunnittelu tulee tehdä Suomessa voimassa olevien määräysten mukaisesti, noudattaen eurokoodeja sekä eurokoodien kansallisia liitteitä. Tässä luvussa myös määritellään projektikohtaisesti mitä osa-alueita betonirakenteiden suunnittelu sisältää. Osa-alueita voi olla esimerkiksi lujuuslaskelmat, asennuspiirustukset, urakkalaskenta-aineisto sekä muut vastaavat. [29.]

Standardi SFS-EN 13670 edellyttää, että kaikki rakentamiseen liittyvä työ suoritetaan riittävän ammattitaitoisesti, oikeilla välineillä ja riittävillä resursseilla. Standardi SFS-EN 13670 ei aseta suunnittelulle ja toteutukselle ja valvonnalle henkilöpätevyys- tai -

kelpoisuusvaatimuksia tai luokituksia. Tehtävien vaativuusluokat ja kelpoisuusvaatimukset määritellään maankäyttö- ja rakennuslaissa MRL 120§. Tarkemmat kelpoisuusvaatimukset löytyvät ympäristöministeriön ohjeesta YM2/601/2015. Esimerkiksi ympäristöministeriön ohjeessa esitetään, että pääsuunnittelijan tehtäviin kuuluu muun muassa hankkeen aikataulusta ja suunnittelusta vastaaminen. Betonityönjohtajalla tulee olla toteutusluokkaa vastaava pätevyys ja suunnittelijalla taas seuraamusluokkaa vastaava pätevyys. [29.] [31.] [32.]

Betonirakenteiden seuraamusluokat määritellään standardin SFS-EN 1990 liitteessä B. *Luotettavuuden hallinta rakennuskohteissa*, kuten teräsrakenteidenkin kohdalla. Seuraamusluokat olivat:

- CC3 Suuret seuraamukset – esim. pääkatsomot, konserttitalot
- CC2 Keskisuuret seuraamukset – esim. Asuin- ja liikerakennukset
- CC1 Vähäiset seuraamukset – esim. maa- ja metsätaloussrakennukset

Luotettavuusluokka taas määräytyy seuraamusluokkien ja luotettavuusindeksin  $\beta$  arvojen avulla.  $\beta$ :n arvot on esitetty seuraavana esitetyssä standardin SFS-EN 1990 liitteen B taulukossa:

Taulukko 10. Luotettavuusindeksi  $\beta$  vähimmäisarvot [24. s.136-138]

Luotettavuusluokka	Indeksin $\beta$ vähimmäisarvot	
	1 vuoden tarkastelujakso	50 vuoden tarkastelujakso
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

Luotettavuusluokka määrittää kuormakertoimen  $K_{FI}$ , joka tulee huomioida kuormien yhdistelykaavoissa. Käyttörajatila- tai väsytystarkastelussa kerrointa ei huomioida. Seuraamusluokan perusteella luotettavuusluokka määräytyy alla olevan mukaisesti:

- CC3 → RC3 → KFI = 1,1
- CC2 → RC2 → KFI = 1,0
- CC1 → RC1 → KFI = 0,9

Luotettavuusluokka vaikuttaa valvontatasoon ja toteutuksen aikaiseen tarkastuksentaan. Luokitukset valvonnalle ja tarkastukselle määrittyvät suoraan seuraamusluokan mukaan, esimerkiksi luokassa CC3 valvontataso on DSL3 sekä tarkastamistaso IL3. Tasolla DSL1 riittää suunnittelijan itse suorittama normaali tarkastus ja valvonta, kun taas tasolla DSL3 vaaditaan kolmannen osapuolen suunnittelemaa laajempaa tarkastamista ja valvontaa. [24. s.140.]

By65 määrittelee, että suunnittelukäyttöikä on rakennukselle tai rakennuksen osalle määritelty käyttöikä vaatimus. Rakenteiden tulee lujuuden, käytettävyyden sekä stabiiliuden osalta kestää vaaditut käyttöikävaatimukset ilman kohtuuttomia ylläpitotoimenpiteitä. Käyttöikä saavutetaan kiinnittämällä huomiota materiaalivalintoihin, rakenneratkaisuihin, toteuttamiseen, laadunvalvontaan, tarkastamiseen ja vaatimusten mukaisuuteen. Normaalisti suunnittelukäyttöikä oletetaan saavutettavan 95 %:n todennäköisyydellä. Ohjeistusta suunnittelukäyttöikä määrittämiseen antavat Betoninormit 2016 by65 liitteen 4 taulukossa L4.3 sekä standardi ISO 15686-1 liitteen B taulukossa B.1. Betoninormit 2016 by65:ssä on esitetty kaksi tapaa käyttöikämitoitukseen:

- taulukkomitoitus, 50 ja 100 vuotta, by65 taulukot 2.3 sekä 3.8 ja 3.9
- laskennallinen mitoitus, 50-200 vuotta, standardin ISO 15686-1 mukaan, sekä by65 liitteen 3 mukaan.

Suunniteltu käyttöikä voi olla eripituinen eri rakenneosille. Yleensä vaaditaan pidempi käyttöikä rakenteilta, joiden korjaaminen on kallista tai vaikeaa. Vanhassa rakennuksessa taas julkisivu uusitaan todennäköisesti aikaisemmin kuin esimerkiksi perustukset. Alla olevassa taulukossa on esitetty esimerkkejä suunnitellusta käyttöiästä erilaisille rakenteille ja rakennuksille. [16. s.15.]

Taulukko 11. Esimerkkejä rakennusten ja rakennusosien suunnittelukäyttöikä viitteistä [33. ]

Suunnitellun käyttöiän luokka	Viitteellinen suunniteltu käyttöikä (vuosia)	Esimerkkejä
1	10	Tilapäisrakenteet <sup>(1)</sup>
2	10...25	Vaihdettavissa olevat rakenteen osat, esim. nosturiratapalkit, laakerit
3	15...30	Maatalous- ja vastaavat rakennukset
4	50	Talonrakennukset ja muut tavanomaiset rakenteet
5	100	Monumentaaliset rakennukset, sillat ja muut maa- ja vesirakennuskohteet

<sup>(1)</sup> Sellaisia rakenteita tai niiden osia, jotka voidaan purkaa uudelleen käytettäväksi, ei pidetä tilapäisinä.

Tässä kohtaa toteutuseritelmäpohjaa määritellään myös rasisitusluokat. Standardin SFS-EN 206 osan 4.1 mukaan rasisitusluokan määrittää rakenteen altistuminen kemiallisille tai fysikaalisille rasituksille. Betoninormit 2016 by65 mukaan suunnittelija valitsee rakenteen rasisitusluokan seuraavien rasisitustekijöiden suhteen:

- karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio → X0
- kloridien aiheuttama korroosio → XC/XS
- merivedessä olevien kloridien aiheuttama korroosio → XD
- jäätymis- /sulamisrasitus → XF
- kemiallinen rasitus → XA

Rakenne voi kuulua useampaan rasisitusluokkaan samanaikaisesti. Esimerkiksi julkisivurakenteet kuuluvat jäätymis-/sulamisrasituksen mukaan luokkaan XF1 sekä karbonatisoitumisesta aiheutuvan korroosion suhteen luokkaan XC3 tai XC4. By65 taulukossa 2.1 on esitetty vaihtoehdot rasisitusluokan valinnalle. Standardin SFS-EN 206 taulukossa F.1 on esitetty betonin koostumuksen ja ominaisuuksien suositeltavat raja-arvot. Rasisitusluokkien perusteella valittu betonin lujuusluokka ja koostumus varmistavat rakenteiden säilyvyyden sekä vaikuttavat suunnitellun käyttöiän saavuttamiseen. [16. s.16-18.]

Palosuoja-vaatimukset sekä perustiedot betonirakenteiden asentamisesta määritellään toteutuseritelmässä tässä kohtaa. Betonirakenteiden palosuojaukseen käytettävillä tuotteilla tulee olla voimassa oleva tuotehyväksyntä. Tuotehyväksynnän yhteensopivuus paloteknisessä mitoituksessa käytettyihin suunnitteluohjeisiin tulee varmistaa aina projektin rakennesuunnittelijalta. Jos kyseisellä tuotteella ei ole Suomessa voimassa olevaa tuotehyväksyntää, tulee palosuojauksen toteuttajan kustannuksellaan hankkia tuotteelleen tarvittavat kohdekohtaiset hyväksynnät viranomaisilta ja rakennesuunnittelijalta. [29.]

Toteutuseritelmäpohjassa tässä kohtaa määriteltävä paloluokka ja palonkestovaatimukset määräytyvät Rakentamismääräyskokoelman RakMk E1 (*Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudelle*) sekä standardin SFS-EN 1991-1-2 (*Eurokoodi 1. Rakenteiden kuormat. Osa 1-2*) mukaan. RakMk E1 mukaan rakennukset jaetaan kolmeen paloluokkaan: P1, P2 ja P3. Esimerkiksi luokassa P1 rakennuksen oletetaan kestävä palossa sortumatta ja luokassa P3 ei aseteta erityisvaatimuksia palonkestävyyden suhteen. Rakentamismääräyskokoelma E1:n mukaan paloluokan määrittävät käyttötapa, palokuorma, kerrosluku, korkeus, kerrosala ja henkilömäärä. [34.]

Paloluokka määrittää palo-osastoinnin enimmäisalan. Esimerkiksi asuinrakennukset osastoidaan pääosin huoneistoittain ja muut tilat pinta-alan mukaan. Kantavien ja osastoivien rakennusosien palonkestävyysvaatimus ilmoitetaan seuraavilla merkinnöillä: kantavuus (R), tiiveys (E) ja eristävyys (I). Numerot kirjain yhdistelmien perässä ilmoittavat palonkestävyyssajan minuutteina (15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240). Pääsuunnittelija määrittelee paloluokan ja osastointivaatimuksen, jonka jälkeen rakennesuunnittelija valitsee rakennetyypit näiden vaatimusten mukaisesti. Rakentamismääräyskokoelman E1 sisältää useita taulukoita, joita käytetään paloluokan sekä palonkestovaatimusten määrittämiseen. Esimerkiksi taulukko 6.2.1 sisältää kantavien rakenteiden luokkavaatimukset kantavuuden osalta ja taulukko 7.2.1 taas osastoivien osalta. [34.]

#### 3.2.4 Toteutuksen johto

Toteutuseritelmäpohjan luvussa 4 käsitellään muun muassa tarkemmin toteutuksen johdon työvälineitä dokumentoinnin sekä laadunhallinnan näkökulmasta. Tässä kohtaa käsitellään myös määräyksiä, joita esimerkiksi toteutuseritelmän sisältöä kohtaan on asetettu standardissa SFS-EN 13670 sekä esitetään vaadittavat dokumentaation laajuudet, laadunhallinnan ja tarkastuksen keinot sekä toimenpiteet poikkeamatapauksis-



sa. Jotta koko rakennusprosessi etenee suunnitellun mukaisesti, standardin SFS-EN 13670 mukaan rakenteen koko suunnitteluaineisto on oltava saatavilla koko projektin ajan. Projektijohdon tulee myös valvoa rakennuskohdetta, mikä mahdollistaa vaatimukset täyttävien rakenteiden toteutuksen. Työmaan johto vastaa rakennuskohteen organisoinnista, mikä mahdollistaa laitteiden ja koneiden oikean ja turvallisen käytön, vaadittavan materiaalien laadun, rakenteen vaatimustenmukaisen toteutuksen ja turvallisen käytön rakennuskohteen luovutukseen asti. Standardissa edellytetään myös, että työ suoritetaan riittävän ammattitaitoisesti, oikeilla välineillä ja riittäväillä resursseilla, jotta työ on toteutuseritelmän vaatimusten mukaista. [29. s.11-12.]

Oletuksena on, että toteuttaja täyttää kansallisten sääntöjen ja standardien vaatimukset, jotka koskevat esimerkiksi laadunhallintaa, henkilöstön pätevyyttä, rakentamisen terveys- ja turvallisuusnäkökohtia sekä ympäristönäkökohtia. Standardi SFS-EN 13670 määrää, että ennen rakennuskohteen minkään osan toteutuksen aloittamista kyseisestä osasta on toteutuseritelmän oltava valmis ja saatavilla. Standardi myös listaa liitteessä A tarkemmin mitä kohtia toteutuseritelämään on sisällytettävä. FCG:n toteutuseritelmäpohja on laadittu sisältämään vähintään kaikki liitteen A vaatimat kohdat. Standardin mukaan toteutuseritelmästä tulee esimerkiksi löytyä aina viittaus standardiin SFS-EN 13670 sekä kansalliseen liitteeseen SFS-EN 5975. Hieman ristiriitaisuutta löytyy vielä standardin sisällöstä, koska se esittää, että toteutuseritelämään on sisällytettävä myös työselostus. Toteutuseritelmä ja työselostus nykyään käsittävät saman asian, joten tässä kohtaa standardin ohjeistusta on hankala ymmärtää sisällön puolesta. Standardin liitettä A on hyvä käyttää ohjeistuksena ja luonnoksena toteutuseritelmän sisältöä suunniteltaessa. Liitteeseen on muun muassa lueteltu taulukon muodossa kaikki standardin kohdat, jotka eritelämään täytyy sisällyttää sekä esitetty täsmennyksiä, mitä juuri kyseessä olevasta standardin kohdasta eritelämään täytyisi sisällyttää ja mihin kysymyksiin toteutuseritelmän täytyisi antaa vastaus. Dokumentointivaatimukseen sisältyy myös standardin SFS-EN 13670 perusteella laatusuunnitelma, jonka vaatimukset on esitettävä toteutuseritelmissä, jos sellainen vaaditaan. Suunnitelma voi olla yleiskattava, jota täydennetään tarpeen tullen eri vaiheiden tai toimintojen suunnitelmilla. [29. s.12-13.]

Laadunhallinnan keskeisiä osia ovat valvonta ja tarkastukset. Laadunhallinnan vaatimukset määrittävät rakenteiden toteuttamiselle käyttämällä standardin SFS-EN 13670 määrittämiä toteutusluokkia. Laadunhallinnan taso perustuu rakenneosan tai rakenteen tärkeyteen sekä toteutuksen kriittisyyteen rakenneosan tai rakenteen tehtävän täyttä-

misen kannalta. Toteutusluokka tulee määritellä toteutuseritelmässä. Myös betonirakenteiden kohdalla toteutusluokka saattaa kohdistua kokonaiseen rakenteeseen, rakenteen osaan tai toteutuksessa käytettyyn materiaaliin tai jopa teknologiaan. Työmaalla valmistettaville betonirakenteiden toteuttamiselle asetetut vaatimukset jaetaan kolmeen toteutusluokkaan, toteutusluokan 3 ollessa vaativin. Toteutusluokat valitaan standardin SFS-EN 1990 liitteen B, seuraamusluokkien sekä rakenteen käyttöön ja toteutukseen liittyvien riskitekijöiden perusteella. Esimerkiksi toteutusluokkaa 1 käytetään vain rakenteille, joiden vaurioitumisen seuraukset ovat vähäisiä tai merkityksettömiä. Toteutusluokka määrittelee hyvin pitkälti, minkälaisia tarkastusmenetelmiä rakenteelle tai osalle tulee käyttää. [29. s. 13-13] [16. s.8.]

Toteutuseritelmässä tulee määritellä myös riittävät tarkastusten soveltamisalat standardin SFS-EN 13670 taulukon 2 ja sekä standardin kansallisen liitteen SFS-EN taulukon 3 -FI perusteella, jotka on myös esitetty seuraavaksi. Mikäli todetaan, että soveltamisalat eivät ole riittävät, esitetään toteutuseritelmässä lisävaatimuksia näille.

Taulukko 12. Toteutuksen tarkastuskohteet [29. s.14]

Kohde	Toteutusluokka 1	Toteutusluokka 2	Toteutusluokka 3
Telineet, muotit ja tukirakenteet	Kohdan 5 vaatimusten mukaisesti		
Valuun tulevat osat	Kohdan 5.6 vaatimusten mukaisesti		
Betoniteräsrudoitus	Kohdan 6 vaatimusten mukaisesti		
Jännerudoitus	Ei sallittu tässä luokassa	Kohdan 7 vaatimusten mukaisesti	
Betonin työmaakuljetus, valu ja jälkihoito	Kohdan 8 vaatimusten mukaisesti		
Betonelementtien asennus	Kohdan 9 vaatimusten mukaisesti		

Taulukossa 12 on ohjeistettu, minkä standardin kohdan määräyksiä kyseessä olevan tarkastuksen kohteen suhteen noudatetaan. Esimerkiksi telineiden, muottien ja tukirakenteiden kohdalla tulee noudattaa standardin SFS-EN 13670 kohdan 5 *Tukirakenteet ja muotit* asettamia määräyksiä ja ohjeistuksia rakenteiden tai osien vaatimusten tarkastuksen suhteen. [29. s.14.]

Taulukko 13. Tarkastuksen tyyppi ja dokumentointi [29. s.15]

	Toteutusluokka 1	Toteutusluokka 2	Toteutusluokka 3
Tarkastuksen tyyppi	Silmämääräinen tarkastus ja satunnaisia mittauksia	Silmämääräinen tarkastus ja tärkeimpien rakenneosien systemaattinen tai säännöllinen mittaus	Silmämääräinen tarkastus  Kaikkien kantavuuden ja säilyvyyden kannalta merkittävien rakenneosien yksityiskohtainen tarkastus
Tarkastuksen tekevä osapuoli	Oma valvonta	Oma valvonta Rakenteen toteuttajan menettelytapojen mukainen tarkastus Mahdollisesti toteutuseritelmässä lisävaatimuksia Kohteen toteutusorganisaation ulkopuolisen henkilön toteuttama tarkastus toteutuseritelmän määrittelemässä laajuudessa	Oma valvonta Rakenteen toteuttajan menettelytapojen mukainen tarkastus Toteutuseritelmässä lisävaatimuksia Kohteen toteutusorganisaation ulkopuolisen henkilön ja/tai ulkopuolisten, rakennuttajan määrittelemien henkilöiden toteuttama tarkastus toteutuseritelmän määrittelemässä laajuudessa
Laajuus	Kaikki työvaiheet	Oma valvonnan lisäksi kaikkien työvaiheiden järjestelmällinen ja säännöllinen tarkastus	Oma valvonnan lisäksi kaikkien työvaiheiden järjestelmällinen ja säännöllinen tarkastus
Tarkastusraportti	Vaaditaan. Toteutusluokassa 1 riittää rakennustyön tarkastusasiakirja.		
Toteutuneet mitat	Ei vaadita	Toteutuseritelmän mukaan	

Taulukossa 13 taas määritellään toteutusluokakohtainen tarkastusentyyppi ja dokumentointi. Taulukkoa on laajennettu kansallisessa liitteessä tarkastuksien osapuolien kohdalla. Standardin SFS-EN 13670 liitteessä B kohdassa 4.3.3 annetaan myös lisäohjeistusta toteutuksen tarkastuksen suhteen sekä tarkastussuunnitelman sisällön suhteen. Esimerkiksi tarkastussuunnitelmassa tulee jokaiselle tarkastuspisteelle määritellä muun muassa viittaukset standardiin ja toteutuseritelmään, tarkastus-, seuranta- ja testausmenetelmä sekä vastaava tarkastaja. tarkastussuunnitelma voidaan laatia yhteenvetotaulukkona, jossa on esitetty viitteet tarkastusmenettelyihin sekä -ohjeisiin, joissa esitetään tarkastuksen, seurannan ja testauksen yksityiskohdat. Liitteessä myös tarkennetaan toteutusluokkinen vaatimuksia tarkastuksen laajuudelle. Esimerkiksi toteutusluokassa 1 tarkastuksen voi tehdä työn suorittanut henkilö. Toteutusluokassa 2 tarkastuksessa on oma valvonnan lisäksi sisäinen järjestelmällinen ja säännöllinen tarkastus, johon kuuluu kiinteät rutiinit työn suorittaneessa yrityksessä eli toisin sanoen sisäinen järjestelmällinen tarkastus. Toteutusluokassa 3 voidaan vaatia oma valvonnan ja sisäisen järjestelmällisen tarkastuksen lisäksi riippumatonta tarkastusta toiselta yritykseltä, joka on kansallisten sääntöjen tai toteutussuunnitelman mukainen. Tarkastuksien suorittaminen materiaalien ja tuotteiden osalta on ohjeistettu standardin taulukossa 1, mutta liitteen B kohdan 4.3.3 ohjeistukset pätevät myös materiaalien ja tuotteiden tarkastukseen samalla tavalla. Tarkastukset ja hyväksymistestaukset tässä kohtaa

koskevat tuotteita, joissa ei ole CE-merkintää tai kolmannen osapuolen varmentamista. [29. s.14/s.39.]

Standardi SFS-EN 13670 määrittelee toimenpiteet poikkeamatapauksille. Standardin mukaan, jos havaitaan poikkeama vaatimuksissa, on ryhdyttävä tarkoituksenmukaisiin toimenpiteisiin, jotta varmistetaan rakenteen suunniteltu toiminta. Seuraavat asiat standardi määrää tarkastettavaksi alla luetellussa järjestyksessä:

1. poikkeamien seuraukset jatkototeutukseen ja sopivuuteen suunniteltuun käyttötarkoitukseen
2. tarvittavat toimenpiteet, joilla rakenneosa saadaan hyväksyttäväksi
3. rakenneosa, jota ei voida korjata, hylkäämisen ja korvaamisen tarpeellisuus.

Kuten teräsrakenteiden kohdalla, myös betonirakenteiden osalta poikkeamat raportoidaan kirjallisesti käyttäen poikkeamaraporttia, ja poikkeaman alaisia materiaaleja. Tuotteita ei saa käyttää ennen niiden hyväksyntää. Kaikki muutokset, joista aiheutuu kustannuksia rakennuttajalle, vaativat kirjallisen muutostyöraportin ja raportin hyväksynnän rakennuttajan taholta. [29. s.15.]

### 3.2.5 Tukirakenteet ja muotit

Tässä toteutuseritelmäpohjan kohdassa esitetään vaatimukset tukirakenteille ja muotteille. Standardi SFS-EN 13670 esittää vaatimuksia muun muassa materiaaleille, tukirakenteiden sekä muottien suunnittelulle ja asennukselle, erikoismuotteille, muottien valuun jääville osille sekä muottien ja tukirakenteiden purkamiselle. Perusvaatimuksina määritellään, että tukirakenteet ja muotit sekä niiden tuet ja perustukset on suunniteltava ja rakennettava niin, että ne kestävät kaikki niille kohdistuvat rasitukset rakennusprosessin aikana. Tukirakenteiden ja muottien oletetaan myös olevan riittävän jäykkiä, jotta rakenteelle määriteltyjen toleranssien täytyminen varmistetaan. Standardin mukaan tukirakenteiden, muottien ja jälkituennan toiminta tai purkaminen ei saa heikentää tai vahingoittaa pysyvien rakenteiden muotoa, toimintaa, ulkonäköä ja säilyvyyttä. Näiden lisäksi standardi velvoittaa, että tukirakenteiden ja muottien on täytettävä standardin SFS-EN 13670 vaatimukset tai muottien ja tukirakenteiden on osoitettava muulla tavoin olevan sopivia suunniteltuun käyttöön. [16. s.57] [29. s.15-16.]

Tukien ja muottien suunnittelussa huomioon otettavat kuormat määräytyvät standardin SFS-EN 1990, sekä eurokoodistandardin SFS-EN 1991-1-6 mukaan. Toteutuseritelmässä on esitettävä, mikäli vaaditaan erillinen suunnitelma tukirakenteiden suunnittelulle ja asennukselle. Suunnitelma sisältää suunnitteluparametrit tai suunnitteluluokan sekä siinä on esitettävä väliaikaisten rakenteiden asennus- ja purkumenetelmät mukaan lukien jälkituennat. Suunnitelmassa on myös määriteltävä vaatimukset käsittelylle, sovittamiselle, tarkoitukselliselle esikorotukselle, kuormitukselle, kiilojen poistamiselle sekä purkamiselle. Tukirakenteiden suunnittelussa on huomioitava betonoinnin aikana sekä sen jälkeen tapahtuvat muodon muutokset, jotta nuoren betonin halkeilu voidaan estää. Muottien suunnittelun osalta suunnitelmassa on kuvattava muottien tuenta-, asennus- ja purkumenetelmät. Näiden lisäksi määritellään vaatimukset käsittelylle, sovittamiselle, raudoitusterästen sitomiselle, tarkoitukselliselle esikorotukselle, kuormitukselle, kiilojen poistamiselle ja purkamiselle. Standardin vaatii, että muottien on pidettävä betoni vaaditussa muodossa, kunnes betoni on kovettunut riittävästi. Muotit ja tukirakenteet eivät saa estää betonin kimmoista muodonmuutosta jälkijännityksen aikana. Toteutuseritelmässä on määriteltävä, mikäli valmiilta pysyvältä rakenteelta vaaditaan erityistä pinnan laatua sekä mikäli valmis pysyvä rakenne tarvitsee väliaikaista tuentaa. [16. s.57] [29. s.14-17.]

Muottien ja tukirakenteiden osalta standardissa esitetään muun muassa, että tukirakenteita, jälkituentaa ja muotteja ei saa poistaa, ennen kuin betoni on saavuttanut riittävän lujuuden. Standardin kansallinen liite SFS-EN 5975 määrittää, että tukirakenteen saa purkaa, kun betonin lujuus on vähintään 60% nimellislujuudesta, ellei toteutuseritelmässä toisin ole esitetty. Purkaminen on suoritettava siten, että rakenteeseen ei kohdistu iskuja, ylikuormitusta eikä pysyvä rakenne vaurioitu. Kun rakenteessa on jälki- tai uudelleentuenta, purkamisjärjestys on esitettävä menetelmäkuvauksessa tai toteutuseritelmässä. Mikäli muotti on osa jälkihoitojärjestelmää, purkamisen ajoituksessa on otettava huomioon kohdan standardin SFS-EN 13670 kohdan 8.5 vaatimukset jälkihoitolle ja suojaamiselle. Standardin SFS-EN 13670 liite C sisältää opastavia ohjeita tukirakenteisiin ja muotteihin liittyen. [16. s.57] [29. s.14-17.]

### 3.2.6 Raudoitus

Toteutuseritelmäpohjan luku 6 käsittelee raudoitusta. Standardi SFS-EN 13670 esittää vaatimuksia raudoituksen suhteen koskien esivalmistettuja sekä työmaalla tehtyjä raudoituksia. Standardissa käsitellään vaatimuksia koskien materiaaleja, raudoituksen

taivutusta, katkaisua sekä kuljetusta ja varastointia, hitsausta sekä asennusta. Standardin liite D antaa lisää opastavia ohjeistuksia raudoitukseen. Betoninormit 2016 by65 ohjeistaa myös raudoitustöiden suhteen.

Standardin SFS-EN 13670 mukaan betoniterästen on oltava toteutuseritelmän vaatimusten mukaisia. Ominaisuudet on testattava ja dokumentoitava standardin EN 10080 mukaisesti. Tämä koskee myös raudoituksena käytettävää ruostumatonta terästä. Raudoitus voidaan luokitella myös käyttöpaikalla voimassa olevan kansallisen standardin mukaisesti. Jokaisen tuotteen tulee olla selkeästi tunnistettava. [29. s.17-18.]

By65 mukaan betoniterästankoja, valmiiksi koottuja raudoitteita ja hitsattuja raudoitusverkkoja tulee kuljettaa ja käsitellä varastoinnissa ja asennettaessa, niin ettei niihin synny pysyviä muodonmuutoksia. Työmaalla raudoitteiden valmistus rajoittuu yleensä terästen taivuttamiseen tai katkaisuun. [16. s.58.]

Standardin SFS-EN 13670 kansallisessa liitteessä SFS-EN 5975 kerrotaan, että raudoitteiden mittatoleranssit esitetään kahdessa luokassa, joiden tunnuksat ovat N ja E. Luokat on määritelty standardissa EN 1267 tarkemmin. Jollei toteutuseritelmässä ole muuta sovittu, voidaan olettaa, että raudoitteille sovelletaan kyseisen standardin normaaliluokkaa, jonka tunnus on N. Standardin SFS 1267 liitteessä A esitetään Suomessa yleisesti käytössä olevat taivutustyyppit ja raudoitteiden taivutusmittojen määrittämisperiaatteet. Standardin SFS-EN 13670 vaatimusten mukaan taivutus on tehtävä yhdellä kerralla, ellei käytössä ole automaattista taivutuskonetta. Taivutustelojen pienimmät sallitut halkaisijat on määritelty esimerkiksi by65 taulukossa 3.11. Esimerkiksi, jos tanko on halkaisijaltaan 16 mm tai pienempi, taivutustelan vähimmäishalkaisija taivutuksille, koukuille ja lenkeille on 4,5 x tangon halkaisija. [16. s.58] [29. s.18-19.]

Kansallisessa liitteessä SFS-EN 5975 tarkennetaan lisää vaatimuksia hitsauksen kohdalla. Betoniterästen hitsausliitokset jaetaan voimaliitoksiin ja kiinnitysliitoksiin. Voimaliitokset ovat liitoksia, joilla on voimia siirtävä funktio valmiissa rakenteessa, kun taas kiinnitysliitosten tarkoitus on pitää raudoitus koossa työn aikana. Valmiissa rakenteessa kiinnitysliitoksilla ei ole enää mitään tehtävää. Suurin osa betoniterästen liitoksista on kiinnitysliitoksia, voimaliitoksia käytetään esimerkiksi betoniterästen ankkurointiin. Terästen hitsaaminen työmaalla on olosuhteiden takia vaativaa ja haastavaa. Hitsauskohdat tulee suojata hitsaustyön ajaksi tuulelta ja kosteudelta. Mikäli työkohteen lämpötila alittaa -5 °C tai

ympäristö on poikkeuksellisen kostea, tulee hitsattava teräs esikuumentaa. Sopiva esikuumentuksen tavoitelämpötila on yleensä noin +50 °C. Hitsaaminen tehdään hitsaustyöstä vastaavan työnjohtajan hyväksymien ohjeiden mukaan ja hitsaustyöstä vastaavan henkilön tulee valvoa liitosten laatua silmämääräisesti ja pistokokeenomaisesti. Toteutuseritelmässä voidaan toteutusluokan 3 kohdalla edellyttää kiinnityshitsausten tarkastus standardin SFS-ENISO 17660-2 mukaan. [16. s.63] [29. s.19.]

Asennuksen suhteen standardi SFS-EN 13670 esittää, että raudoitus on asennettava noudattaen toteutuseritelmää, jossa on esitettävä betonipeitteen, tankojaon, saumojen, jatkosten, limityspituuksien ja muun raudoituksen muodon ja sijainnin yksityiskohdat. Erityistä huomiota on kiinnitettävä raudoituksen ja betonipeitteen pienten reikien kohdissa, joita ei ole otettu huomioon rakennesuunnittelussa. Määritetty betonipeite tarkoittaa nimellisarvoa  $C_{nom.}$ , joka muodostuu peitteen vähimmäisarvon ja suunnittelussa huomioon otettavan mittapoikkeaman summasta. Raudoitus on asennettava noudattaen standardin SFS-EN 13670 sisältämiä toleransseja. [29. s.19.]

### 3.2.7 Jännitystyöt

Toteutuseritelmän luku 7 käsittelee jännitystyitä. Standardi SFS-EN 13670 vaatimukset koskevat esijännitetyjä betonirakenteita, mukaan lukien esijännitetyt sekä jälkijännitetyt tartunnalliset tai tartunnattomat rakenteet. Jännitystyöt ovat vaativuudeltaan haastavia. Sekä suunnittelijoilta että urakoitsijoilta edellytetään erikoisosaamista sekä -kalustoa. Toteutus edellyttää erityistä huolellisuutta sekä tarkkaa työnohjausta, varsinkin kun se tehdään yhtä aikaa muiden rakennustöiden kanssa. Jännitystyön ansiosta pilareiden tarve vähenee sekä siltojen kansien rakenteista pystytään valmistamaan perinteisen rakentamistapaan nähden hoikempia. Jännittämisen etuja on myös rakenteiden halkeilemattomuus sekä sen myötä vesitiiveys sekä säilyvyysominaisuuksien parantuminen. Standardi olettaa, että työn suorittavat riittävän kokeneet erikoisyrietykset. Toteutuseritelmässä tulee määritellä lisävaatimuksia koskien betonirakenteiden jälkijännitysjärjestelmien asennusta sekä erikoisyrietyksen ja sen henkilökunnan pätevyyttä. [16. s.81] [29. s.19-20.]

Jännitystyön aikana betonin lämpötilan on oltava vähintään + 5 °C. Ympäristön lämpötilan tulee olla vähintään -10 °C. Kylmän rakenteen jännitystyö vaatii erityistä huolelli-

suutta, koska jännevoiman tasaantuminen vie aikaa. Jännitystöistä on laadittava jännityssuunnitelma, joka sisältää muun muassa seuraavia asioita:

- asennuspiirustus
- jännitysvoimat ja -venymät
- suunnitelman mukaiset ankkurointiliukumat ja niiden toleranssit
- betonin lujuus jännitystyön eri vaiheissa.

Jännitystyöstä pidetään myös pöytäkirjaa, johon merkitään muun muassa jännemene- telmän nimi, jänteiden tyyppi ja koko, jänteiden pituudet, jännitysvoimat sekä toteutu- neet venymät [16. s.82].

Kansallisen liitteen SFS-EN 5975 mukaan tartunnallisten ja tartunnattomien jänteiden venymille suositellaan seuraavia toleransseja:

- samassa poikkileikkauksessa oleville jännepunoksille  $\pm 3$  %
- yksittäiselle jännepunokselle  $\pm 5$  %.[35. s.5.]

Mikäli todellisten venymien poikkeamat lasketuista venymistä ovat toleranssialueen ulkopuolella, tulee jännitystyö keskeyttää ja suunnittelijan kanssa selvittää syyt poik- keamiin sekä määritellä jatkotoimenpiteet. Jännityspään häntiä ei saa katkaista ennen kuin suunnittelija on hyväksynyt jännitystyön. Jänneterästen ei tulisi olla kosketuksissa maaperään tai altistua sateelle. Jänneteräkset tulee varastoida ensisijaisesti suljetuissa tiloissa, joissa ilman suhteellinen kosteus on alle 60 %. Suojaputkissa olevat valmiit jänteet tulee myös suojata päistään kosteuden tunkeutumiselta ja kondensoitumiselta sekä tukea sellaisin välein, jotka eivät heikennä suojaputkien vakavuutta ja tiivyyttä. Standardin SFS-EN 13670 liite E antaa lisää opastavia ohjeistuksia jännitystöihin liittyy- en. [16. s.82] [35. s.5.]

### 3.2.8 Betonointi

Toteutuseritelmän kahdeksanteen lukuun on tarkoitus koota projektikohtaiset tiedot koskien betonitöitä. Käytettävä betoni määritellään standardin EN 206-1 mukaisesti. Standardissa EN 12620 karkeat kiviainekset määritellään kiviaineksina, joiden kiviain- neksen todellinen maksimi raekoko  $D \geq 4$  mm. Betoni, jonka kiviaineksen maksimi rae-



koko on 4 mm, ei välttämättä täytä standardin SFS-EN 1992 suunnitteluoletuksia, mikä takia tarvitsee määrittää vaatimus, että maksimi raekoko on suurempi kuin 4 millimetriä. Standardin SFS-EN 13670 kansallinen liite SFS-EN 5975 määrittelee, että kiivaineksen ylänimellisraja saa olla enintään 40% rakenteen paksuudesta ottaen huomioon myös raudoituksen asettamat vaatimukset. [29. s.24] [35. s.5.]

Toteutuseritelmässä on esitettävä, vaaditaanko betonointisuunnitelma. Betonointityösuunnitelman tulee sisältää seuraavat kohdat:

- muotit ja niiden tukirakenteet
- raudoitus, raudoituksen tuenta, jatkokset ja betonipeitteet
- jako betonointiosiin
- liikunta- ja työsaumat
- betonointimenetelmä, betonin siirrot, tiivistäminen, betonointinopeus ja työsaumat
- aikataulu, betonimenekki, työnjohto, henkilövahvuus, työvuorot, laadunvarmistustoimenpiteet
- materiaalien ja toteutuksen tarkastukset ja tallenteet
- jälkihoito, lujuuden ja muiden ominaisuuksien kehityksen seuranta, muottien ja tukirakenteiden purkaminen
- talvityöhön, lämpökäsittelyyn ja eritysmenetelmiin liittyvät toimenpiteet
- työturvallisuus. [16. s.66.]

Mikäli toteutuseritelmässä vaaditaan, on tehtävä betonoinnin alkutestaus koevaluilla. Näiden testien tulokset on dokumentoitava ennen toteutuksen aloittamista. Standardit velvoittavat, että kaikkien valmistelutöiden on oltava tehtynä, tarkastettuna ja dokumentoituna ennen valamisen aloittamista toteutusluokan vaatimusten mukaisesti. Työsaumat on valmistettava toteutuseritelmän vaatimusten mukaisesti sekä niiden on oltava puhtaita ja kostutettuja. Betonimuotissa ei saa olla epäpuhtauksia, jäätä, lunta tai seisovaa vettä. Jos betoni valetaan maaperää vasten, on tuore betoni suojattava maaineen sekoittumiselta. Maaperän, kallion, muotin tai rakenne osan lämpötila ei saa aiheuttaa betonin jäähtymistä ennen kuin betoni on riittävän lujaa kestämään jäähtymisen vaikutukset. Rakenneosat eristetään maaperästä vähintään 50 mm suojabetonikerroksella. Toteutuseritelmässä tulee määritellä tarpeen mukaan ympäristön lämpötilat,

joiden ylittyessä on suunniteltava varotoimenpiteet betonin suojaamiseksi haittavaikutuksilta. [16. s.68-69] [29 s.24-25.]

Standardin SFS-En vaatimusten mukaan tuoreen betonin vastaanottotarkastuksen tulee sisältää kuormakirjan tarkastus ennen kuorman purkamista. Betoni tarkastetaan silmämääräisesti kuorman purkamisen aikana. Kuorman purkaminen on pysäytettävä, mikäli betonin ulkonäkö kokemuksen perusteella arvioituna ei ole tavanomaista. Tuoreen betonin haitalliset muutokset, kuten erottuminen, vedenerottuminen tai muut mahdolliset muutokset, on pyrittävä minimoimaan kuormauksen, kuljetuksen, kuorman purkamisen ja työmaakuljetuksen aikana. Mikäli toteutuseritelmässä vaaditaan, otetaan testausta varten näytteitä valupaikalla tai valmisbetonista toimitushetkellä. [16. s.68-69] [29 s.24-25.]

Betonimassa sijoitetaan muotteihin niin, että massa tulee kauttaaltaan tiivistetyksi. Betonimassan pudotuskorkeus ei saa aiheuttaa betonimassan erottumista. Betonimassaa tiivistäessä tulee ottaa huomioon seuraavat by65 määrittämät ohjeet:

- palkin ja laatan valukerroksen tulee olla enintään 500 mm
- massan notkistaminen helpottaa tiivistystä, mutta myös nesteytetty betoni on tärytettävä, tosin kevyemmin kuin jäykempi massa
- erottumisvaaran vuoksi massaa ei pidä siirtää täryttämällä
- massan pudotuskorkeus rajataan valuputkella korkeintaan yhteen metriin, itse-tiivistyvällä betonilla suurempi pudotuskorkeus on sallittu
- jälkitärytys poistaa plastisen painuman aiheuttamia ongelmia esimerkiksi poikkeileikkausten muutosten ja yläpinnan raudoituksen kohdalla
- jälkitärytys lisätiivistää betonia, mutta se on tehtävä ennen betonin sitoutumista. [16. s.70.]

Betonia on jälkihoidettava ja suojattava varhaisessa vaiheessa plastisen kutistumisen minimoimiseksi, riittävän pintalujuuden varmistamiseksi, haitallisilta sään vaikutuksilta, jäätymiseltä sekä haitalliselta värähtelyltä, iskulta tai vauriolta. Betonin jälkihoito voidaan suorittaa esimerkiksi kastelemalla, käyttämällä jälkihoitoainetta, jättämällä muotit paikoilleen tai käyttämällä lämmöneristettä. Betonipinnan lämpötila ei saa laskea alle 0 °C:een ennen kuin betonin pinnan puristuslujuus on vähintään 5 MPa. Standardi SFS-EN 13670 määrittää betonointityölle jälkihoitoluokat, jotka on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Jälkihoitoluokat [29. s.16]

	Jälkihoitoluokka 1	Jälkihoitoluokka 2	Jälkihoitoluokka 3	Jälkihoitoluokka 4
Aika (tuntia)	12 <sup>a</sup>	Ei käytetä	Ei käytetä	Ei käytetä
Kovettumisaste prosentteina määritellystä 28 vrk:n ominaispuristuslujuudesta	Ei käytetä	35 %	50 %	70 %
<sup>a</sup> Edellyttäen, että sitoutuminen kestää korkeintaan 5 tuntia ja betonin pintalämpötila on vähintään 5 °C.				

Esimerkiksi rasitusluokkiin X0 ja XC1 sovelletaan jälkihoitoluokkaa 3 ja muissa kuin luokissa XF2 ja XF4 jälkihoitoluokkaa 4. Rakenteita, jotka kuuluvat rasitusluokkiin XF2 ja XF4 tai joilta edellytetään erityistä kulutuskestävyyttä, tulee jälkihoitaa kunnes betoni on saavuttanut 80 % nimellislujuuden. Jälkihoitoluokat on määriteltävä toteutuseritelmissä. Standardi SFS-EN 13670 antaa lisäohjeistusta jälkihoitoon liitteessä F, jossa esimerkiksi taulukossa F.1 esitetään jälkihoidon minikesto jälkihoitoluokassa 2. Jälkihoidon ja muottien purkamisen jälkeen kaikki pinnat tulee tarkastaa toteutusluokan mukaisesti vaatimustenmukaisuuden toteutukseksi. [35. s.5.]

### 3.2.9 Mittatoleranssit

Toteutuseritelmän kymmenes luku käsittelee mittatoleransseja. Standardi SFS-EN 13670 määrittelee, että valmiin rakenteen on oltava suurimpien sallittujen toleranssien sisällä, jotta vältetään haittavaikutukset kestävyys, toimivuuden ja rakenneosien yhteensopivuuden osalta. Poikkeamat määritellyissä toleransseissa on tarkastettava. Standardi jakaa toleranssit kahteen luokkaan. Toleranssiluokka 1 vastaa vaatimuksiltaan normaalitoleransseja. Standardin kohdissa 10.4 -10.6 esitetyt luokan 1 toleranssit toteuttavat standardin EN 1992 suunnitteluoletukset sekä vaaditun varmuustason, kun käytetään standardin EN 1992-1-1:2004 kohdassa 2.4.2.4 esitettyjä materiaaliosavarmuuslukuja. Toleranssiluokka 2 taas on ensisijaisesti tarkoitettu käytettäväksi standardin SFS-EN 1992-1- liitteessä A esitettyjen pienennettyjen materiaaliosavarmuuslukujen kanssa. Jos rakenteen suunnitteluun on käytetty toleranssiluokkaa 2, kuuluu rakenteen toteutus toteutusluokkaan 3. [16. s.83] [29. s.29-30.]

Toteutuseritelmissä on mahdollista esittää vaatimuksia erityistoleransseille, jolloin on esitettävä myös muutokset standardissa SFS-EN 13670 esitettyihin sallittuihin poikkeamiin, mitä rakenneosia erityistoleranssit koskevat ja onko käytettävä laatikkoperiaatetta. Standardi esittää laatikkoperiaatteen määrittämisiksi, että kaikki

rakenteen pisteet ovat määritelty teoreettisen sijainnin sisällä kaikissa suunnissa sallitun poikkeaman tarkkudella. Käytettäessä tätä periaatetta on suositusarvo  $\pm 20$  mm. Mikäli mittapoikeamalle on esitetty erilaisia vaatimuksia, käytetään velvoittaa standardi käyttämään tiukinta toleranssia. [16. s.83] [29. s.29-30] [35. s.6.]

Standardi SFS-EN 13670 esittää toleranssiluokat sekä poikkeamatyypit taulukkomuodossa. Taulukoituna löytyy pilarien ja seinien sallitut rakenteelliset poikkeamat, palkkien ja laattojen poikkeamat, poikkileikkauksien poikkeamat sekä liitteestä G lisäohjeistusta perustuksien ja kaikkien edellämainittujen rakenteiden sallittuihin poikkeamiin. Liitteen G toleransseja voidaan käyttää, mutta standardin kansallinen liite SFS-EN 5975 suosittelee noudattamaan rakenteiden käytettävyyden, asennusyhteensopivuuden tai ulkonäön kannalta Suomessa käytössä olevia toleranssija, kuten esimerkiksi Suomen Betoniyhdistyksen julkaisuja by40 *Betonirakenteiden pinnat* tai by47 *Betonirakentamisen laatuohjeet*. Standardi SFS-EN 13670 ei määrittele veden alle valettujen rakenneosien toleransseja. [16.] [29.]

#### **4 Työn toteutuksen vaiheet ja tietoperustan keruu**

Opinnäytetyöprosessi alkoi kesäkuussa 2016 tutkimuksen aiheen ja työn tavoitteiden määrittelyllä. Projektille määrättiin ohjaajat koulun ja yrityksen puolesta sekä pidettiin tarvittavat aloituspalaverit. Alkuvaiheessa Finnish Consulting Group (FCG), perusteli tarpeen opinnäytetyön toimeksiannolle ja aiheelle. FCG:ltä puuttui yhdenmukainen toteutuseritelmäpohja teräs- ja betonirakenteille, jota suunnittelijat voisivat hyödyntää aloittaessaan uuden projektin suunnittelua. FCG toiveiden mukaisten eritelmäpohjien tulisi olla helposti päivitettäviä sekä projektikohtaisesti sovellettavia yleiskattavia ja monipuolisia työkaluja.

Ennen työn varsinaista aloitusta tutkittiin rakennusalan kirjallisuutta, standardeja, määräyksiä ja ohjeistuksia sekä paria vanhaa toteutuseritelmää, jotka olin onnistunut samaan luettavaksi. Näiden avulla pystyttiin hahmottelemaan opinnäytetyön tulevaa rakennetta sekä laadittiin alustava sisältö opinnäytetyölle sekä toteutuseritelmille. Monien eri standardien ja määräysten soveltaminen ja ymmärtäminen ovat erityisen tärkeää projektin toteutuksen suunnittelutyössä, ja työni yksi keskeisimmistä tarkoituksista oli selvittää juurikin tätä määräysten ja standardien viidakkoa. Keskustelin myös useampaan kertaan yrityksen ohjaajan kanssa eritelmien sisältöön liittyvistä seikoista ja yritin

parhaani mukaan tätä kautta avata toteutuseritelmien tärkeyttä rakennusprojektille. Tässä vaiheessa tehtiin myös rajaukset toteutuseritelmien sisältöihin. Tämän jälkeen tehtiin laajempi ja syvällisempi katsaus rakenteiden toteutuksen suunnittelua koskeviin standardeihin ja määräyksiin sekä rajattiin teoria sekä lähteet työn kannalta olennaisiin. Tietoperustan rajaaminen oli yllättävän haasteellista, koska tässä vaiheessa oli vielä hieman vaikea hahmottaa lopullisten toteutuseritelmien sisältö ja mitä kaikkea liittyy toteutuseritelmän laatimiseen käytännössä. Koska työn tarkoituksen oli keskittyä sekä teräs- että betonirakenteisiin, täytyi teoriaisuudessa keskittyä toteutuseritelmien laatimiseen melko yleisellä tasolla. Syvempi pohdinta ja tutkiminen olisi aiheuttanut viitekehysten paisumisen. Teoria haluttiin kuitenkin pitää mahdollisimman monipuolisena, joten siinä keskityttiin tutkimaan toteutuseritelmien sisältöä pääpiirteittäin.

Ensimmäinen teoriaosuus painottuu standardien merkitykseen rakennusalalla. Standardeja ja niiden merkitystä on käsitelty raportissa melko yleisellä tasolla, jotta teoriaosuus pystyttiin pitämään kohtuuden rajoissa ja pystyttiin keskittymään enemmän toiseen teoriaosuuteen, eli itse toteutuseritelmien sisältöön, joka on työn tarkoituksen kannalta olennaisempi. Toinen teoriaosuus, joka siis perustuu toteutuseritelmän ja toteutuseritelmäpohjien laatimiseen ja sisältöön, oli huomattavasti vaikeampi rajata, kuin ensimmäinen. Jokaisesta kohdasta olisi voinut esimerkkeineen kirjoittaa paljonkin yksityiskohtaisempaa ja syvällisempää pohdintaa sekä taustatietoa, mutta opinnäytetyö olisi kohtuuttomasti laajentunut. Jos aiheeksi olisi valittu esimerkiksi vain betonirakenteiden toteutuseritelmäpohjan laatiminen, olisi teoriassa pystytty keskittymään paljon syvällisemmin ja laajemmin tähän. Tässä vaiheessa lähdekritiikki oli erityisessä asemassa.

Teoriaan perehtymisen jälkeen aloitettiin opinnäytetyön kirjallisen osuuden sekä toteutuseritelmien toteutus. Kirjoitustyön rinnalla jatkettiin kuitenkin teorian tutkimista aina tarpeen tullen. Niin raporttia kuin eritelmäpohjia laadittaessa pidettiin mielessä projektin lähtökohdat ja työn rajaukset. Tärkeää oli myös muistaa FCG:n tarpeet, jotta eritelmäpohjat sisältäisivät kaiken oleellisen ja tarvittavan tiedon. Eritelmäpohjiin täytyi tehdä useita oletuksia suunnittelun ja rakenteiden osalta, jotka eivät varmasti päde kaikissa tulevaisuuden projekteissa. Monta asiaa olisi varmasti voinut eritelmäpohjiin tehdä toisin tai tarkentaa vielä enemmän, mutta työn laadun ja pituuden kannalta välillä oli pakko tehdä jyrkkiäkin rajauksia. Uskon, että eritelmäpohjat toimivat ainakin hyvinä malleina, joista on helpompi ja nopeampi lähteä työstämään projektikohtaista työkalua.

## 5 Arviointi

Arvioinnin tavoitteena tutkimuksessa on tiedon ja ymmärryksen lisääminen kohteena olevasta toiminnasta. Lähtökohtana ovat kokemukset, joiden pohjalta opitaan ja pyritään kehittämään toimintaa. [36.]

### 5.1 Tavoitteiden saavuttaminen

Projekti kokonaisuudessaan onnistui päätavoitteessaan. Sain laadittua FCG:lle kaksi toteutuseritelmäpohjaa, oman toteutuseritelmäpohjan teräsrakenneprojekteilte sekä toisen eritelmäpohjan betonirakenneprojekteilte. Omasta mielestäni tein parhaani omaan osaamiseeni nähden ja eritelmäpohjista syntyi mahdollisimman laajat ja helppolukuiset työkalut. Tarkoituksena oli luoda rakennusalan standardeja sekä eurokoodisuunnittelua paremmin mukailevat toteutuseritelmäpohjat, joita suunnittelijat pystyvät käyttämään yhdenmukaisesti työssään. Eritelmäpohjat pohjautuvat suurilta osin standardeihin SFS-EN 1090-2+A1 ja SFS-EN 13670 ja sen kansalliseen liitteeseen SFS 5975.

Projektin edetessä pidin koko ajan päällimmäisenä mielessä, että eritelmäpohjat olisi tarkoitus ottaa oikeasti käyttöön yrityksen tulevissa projekteissa. Tämä piti huolen, että työhön panostus oli projektin ajan kohdallaan. Todellisen työelämän työkalun luominen yrityksen käyttöön ei ollut helppo prosessi, varsinkin kun käytännön kokemus suunnittelutehtävissä oli kohdallani vielä varsin vähäistä. Uskon kuitenkin, että yhteistyön avulla saatiin eritelmä pohjista alun suunnitelmien mukaiset.

### 5.2 Työn haasteet

Haastavinta koko projektissa oli alkuun pääseminen, koska prosessia kokonaisuutena oli vaikea hahmottaa. Näin isoa projektia on melko hankala tai ainakin haasteellista tehdä muun opiskelun ja työn ohella. Opinnäytetyön tekijältä vaaditaan hyviä organisointi ja ajanhallinta taitoja, jo pelkästään projektin keston ja laajuuden takia. Suurimaksi haasteeksi projektin aikana muodostuikin ajanhallinta. Hyvänä kakkosen tuli itse työn rajaaminen. Koska opinnäytetyön aiheena laadittiin kaksi erillistä toteutuseritelmää, projektista muodostui melkoisen suuritöinen. Opinnäytetyön aiheeksi olisi riittänyt

hyvin pelkästään toinen toteutuseritelmistä. Tällöin itse raportista olisi pystynyt keskittymään intensiivisemmin esimerkiksi betonirakenteisiin ja näiden toteutuksen suunnitteluun. Viitekehys olisi saattanut olla kompaktimpi ja toteutuseritelmääkin olisi pystynyt viilamaan ja hienosäätämään enemmän koko projektin ajan.

Opinnäytetyöprojektin alussa standardien ymmärtämiseen ja läpikäymiseen kului paljon aikaa. Yhdessä standardissa saattoi olla useita satoja viittauksia muihin viitestandardeihin, joten aikaa kului myös löytäessä kaikki olennainen tieto. Toteutuseritelmät oli tarkoitus laatia siten, että jokaisessa eritelmän kohdassa olisi selkeä viittaus, mistä löytyy tieto ja määräykset juuri tuohon kyseiseen kohtaan liittyen. Teräs- ja betonirakenteiden toteutusta koskevilla standardeilla, standardien luvuissa viitataan monesti kyseiseen standardiin liittyvään toiseen viitestandardiin. Tällöin luonnollisesti täytyi lukea myös tuo kyseinen viitestandardi ja etsiä sieltä tieto, joka mahdollisesti juuri tähän kyseiseen kohtaan liittyi, sekä tulkita ja ymmärtää se, ennen kuin pystyin tekemään toteutuseritelmäpohjaan viittauksen lähteeseen, josta tärkein tieto löytyy. Standardien tekstit eivät ole helppolukuisinta, koska ne ovat tyyliltään hyvin teknistä ja teksti on välillä hankalasti ymmärrettävää ja jopa epäloogista. Varmasti kokeneempi suunnittelija tai aiheeseen enemmän perehtynyt henkilö olisi osannut helpommin ja nopeammin tulkita standardien määräyksiä ja veloitteita sekä yhdistää ne oleelliseen käytännön tietoon. Oma osaamiseni tähän projektin aiheeseen ja työmäärään nähden toi omat haasteensa koko prosessiin, mutta onneksi ymmärrys ja tietomäärä hieman karttuivat projektin edetessä. Suurena apuna toimivat Teräsbetonyhdistyksen, Betonyhdistyksen ja RILin laatimat ohjeistukset, joista löytyi helpommin ymmärrettävää ohjeistusta moneen toteutuseritelmän kohtaan liittyen.

Projektia aloitettaessa en ollut koskaan nähnyt tai lukenut toteutuseritelmää. Termi itsessään oli kyllä opintojen yhteydessä tuttu, mutta konkreettista mallia toteutuseritelmästä en ollut koskaan todellisuudessa selannut läpi. Toteutuseritelmään liittyen ei spesifiä tietoa paljon ole tarjolla. Ohjeistuksia ja suosituksia löytyy nimenomaan standardien muodossa, mutta konkreettista ohjetta toteutuseritelmän laatimiseen ei ole tarjolla. FCG:ltä sain yhden vanhan projektin yhteydessä käytössä olleen toteutuseritelmän luettavaksi, mutta luonnollisesti tämän projektin tarkoituksena ei ollut tuota mallia kopioida. Täytyi siis suuri määrä tietoa, määräyksiä, veloitteita, standardeja ja ohjeistuksia käydä läpi, joiden pohjalta pystyin mahdollisimman laajat ja helposti ymmärrettävät eritelmäpohjat laatia.

### 5.3 Opinnäytetyöprosessin arviointi

Opinnäytetyöprosessi ei edennyt toimintasuunnitelmassa laaditun aikataulun mukaan. Alussa laadittu aikataulu osoittautui turhan optimistiseksi. Vaikka kirjallisen raportin osalta aikataulu pettikin syistä, joihin itse en pystynyt vaikuttamaan, olen tyytyväinen, että sain pidettyä aikataulusta kiinni yrityksen kohdalla. Eritelmät valmistuivat ajallaan, alku syksystä 2016. Jos hallitsemattomia vastoinkäymisiä ei olisi matkan varrella tullut, ja olisin pystynyt keskittymään projektiin täysipäiväisesti edes lyhyen aikaa, uskon, että koko projekti olisi pystynyt valmistumaan pari kuukautta aikaisemmin. Kaiken kaikkiaan projektin suunnitteleminen ja läpivienti opettivat taas erittäin paljon projektityöskentelystä ja kuinka haasteellista se loppujen lopuksi on. On asioita ja ongelmia joita ei vain pysty ennakoimaan, mutta jotenkin niistä vain täytyy selviytyä. Kuitenkin opinnäytetyön aiheen tärkeys FCG:lle ja sen ajankohtaisuus pitivät motivaatiota yllä prosessin ajan.

Loppujen lopuksi itse opinnäytetyöprojekti oli erittäin haastava, monipuolinen ja opettavainen. Opinnäytetyöraportin laatiminen oli yllättävän vaivatonta, kun kirjallisuus ja lähteet olivat tiedossa. Toteutuseritelmien tekeminen taas tuotti enemmän turhautuneita tunteja. Projektin alun odotukset eivät vastanneet ihan sitä mitä työnteke todellisuudessa oli. Monenlaisia yllätyksiä ja ongelmia tuli vastaan ja niiden ratkaiseminen saattoi viedä paljon tehokasta työaikaa, varsinkin kun selkeätä vastausta tai ratkaisua ei meinannut löytyä mistään. Työt ja muu opiskelu hankaloittivat työhön keskittymistä täysipäiväisesti, vaikka loppujen lopuksi kirjoitustyöhön ei paljon aikaa kulunut. Sen sijaan teorian, varsinkin standardien spesifien asioiden ymmärtämiseen ja omin sanoin tulkitsemiseen, saattoi kulua turhauttavan paljon aikaa. Yllättävintä oli, että kun kirjoitustyön vauhtiin pääsi, haastavinta olikin lopetus.

Kaiken kaikkiaan olen tyytyväinen omaan työpanokseeni ja itsenäiseen työskentelyyni. Loppujen lopuksi sain mielestäni laadittua laajat kokonaisuudet toteutuseritelmäpohjista ja viittauksia niistä ei varmasti jäänyt puuttumaan. Eritelmät varmasti toimivat ainakin hyvinä pohjina tuleville todellisille työkaluille ja niitä on tästä helppo lähteä päivittämään ja muokkaamaan erilaisia projekteja palveleviksi.



## Lähteet

- 1 Finnish Consulting Group 2016. FCG Sunnittelu ja tekniikka. Luettavissa: [http://www.fcg.fi/fin/palvelut/suunnittelu\\_ja\\_tekniikka/](http://www.fcg.fi/fin/palvelut/suunnittelu_ja_tekniikka/). Luettu 3.7.2016
- 2 Ympäristöministeriö 2017. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Teräsrakenteet ohjeet, 2017. Suomen rakentamismääräyskokoelma.
- 3 Ympäristöministeriö 2017. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Luettavissa: <http://www.ymp.fi/rakentamismaaraykset>. Luettu: 2.2.2017
- 4 Vilka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Tammi. Jyväskylä.
- 5 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2016. Standardi tutuksi. Luettavissa: [http://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi](http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi). Luettu: 29.11.2016
- 6 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2016. SFS, EN, ISO? Luettavissa: [http://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi/sfs\\_en\\_iso](http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/sfs_en_iso). Luettu: 30.11.2016
- 7 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2016. Standardien suhde muihin asiakirjoihin. Luettavissa: [http://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi/standardien\\_suhde\\_muihin\\_asiakirjoihin](http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/standardien_suhde_muihin_asiakirjoihin). Luettu: 30.1.2017
- 8 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2016. Mihin standardeja tarvitaan? Luettavissa: [http://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi/mihin\\_standardeja\\_tarvitaan](http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/mihin_standardeja_tarvitaan). Luettu: 30.1.2017
- 9 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2013. SFS-käsikirja 1. Standardit ja standardisointi. 8.painos. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
- 10 Ympäristöministeriö 2011. Rakennusalan standardisointiselvitys 2011. Kotka. Suomen Rakennusmedia OY.
- 11 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2014. Eurokoodit. EN-standardit. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
- 12 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2016. Teräsrakenteiden toleranssit ja asentaminen. Luettavissa: [https://www.sfs.fi/files/1481/SFSEN1090toleranssit\\_netti.pdf](https://www.sfs.fi/files/1481/SFSEN1090toleranssit_netti.pdf). Luettu: 2.11.2016

- 13 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2008. SFS-EN 1090-2+A1. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto ry.
- 14 Teknologiateollisuus ry & Teräsrakenneyhdistys ry & Metsta ry 2016. Teräskoonpanojen CE-merkintä. Julkaisumonistamo Eteläranta Oy.
- 15 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010. SFS-EN 13670. Betonirakenteiden toteutus. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto ry.
- 16 Suomen Betoniyhdistys ry 2016. Betoninormit 2016, by65. Helsinki. BY-Koulutus Oy.
- 17 Teräsrakenneyhdistys 2017. Eurocode 3-kirjasarja. Luettavissa: <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/toiminta/kirjat-ja-julkaisut/eurocode-3-kirjasarja/>. Luettu: 31.3.2017
- 18 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL 2017. Julkaisut. Luettavissa: <http://www.ril.fi/fi/julkaisut.html>. Luettu: 31.3.2017
- 19 Liikennevirasto 2014. Standardin SFS-EN 1090-2 soveltamisohje. Teräsrakenteiden toteutus. Helsinki. Liikennevirasto. Taittorakenneyksikkö
- 20 Ympäristöministeriö 2013. Asetus kantavista rakenteista, luonnos. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 21 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL 2013. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. RIL 229-1-2013. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.
- 22 Teräsrakenneyhdistys ry 2010. Teräsrakenteiden toteuttaminen. Ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi. Helsinki. Teräsrakenneyhdistys ry.
- 23 Teräsrakenneyhdistys ry 2013. Teräsrakenteiden toteutuseritelmämalli. Helsinki. Teräsrakenneyhdistys ry.
- 24 Suomen Standardisoimisliitto ry 2006. SFS-EN 1990+A1+AC. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto ry.
- 25 Suomen Standardisoimisliitto ry 2004. SFS-EN 10204 Metallituotteiden ainestodistukset. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto ry.
- 26 Suomen Standardisoimisliitto ry 2017. Terässtandardit. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto ry.

- 27 Suomen Standardisoimisliitto ry 2005. SFS-EN 1993-1-8. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-8: Liitosten mitoitus. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto ry.
- 28 Suomen Standardisoimisliitto ry 1998. SFS-EN 12944-2. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 2. Ympäristöolosuhteiden luokittelu. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto ry.
- 29 Suomen Standardisoimisliitto ry 2010. SFS-EN 136070. Betonirakenteiden toteutus. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto ry.
- 30 Finlex 2017. Laki tilaajan selvitysvelvollisuudesta ja vastuusta ulkopuolista työvoimaa käytettäessä (1233/2006). Luettavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20061233>. Luettu: 28.2.2017
- 31 Finlex 2017. Maankäyttö- ja rakennuslaki (5.2.1999/132). Luettavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>. Luettu: 28.2.2017
- 32 Edilex 2017. Ympäristöministeriön ohje rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta. Luettavissa: [https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/ym\\_ohje\\_2\\_601\\_2015.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/ym_ohje_2_601_2015.pdf). Luettu: 28.2.2017
- 33 Elementtisuunnittelu.fi 2017. Säilyvyys. Luettavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/rakenteellinen-toiminta/sailyvyys>. Luettu: 1.4.2017
- 34 Ympäristöministeriö 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Luettavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37126/E1\\_2011-fi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37126/E1_2011-fi.pdf). Luettu: 1.4.2017
- 35 Suomen Standardisoimisliitto ry 20011. SFS 5975. Betonirakenteiden toteutus. Standardi SFS-EN 13670 käyttö Suomessa. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto ry.
- 36 Anttila, P. 2008. Proseduraaliset tutkimusmenetelmät. Luettavissa: [www.ulapland.fi/includes/file\\_download.asp?deptid=17678&fileid=8140&file=20060307131011.pp](http://www.ulapland.fi/includes/file_download.asp?deptid=17678&fileid=8140&file=20060307131011.pp). Luettu: 13.3.2017

## Toteutuseritelmäpohja teräsrakenteille



KOHDE XXX

### **Kohde xxx**

Teräsrakenteiden toteutuseritelmäpohja



1.9.2016

**Sisällysluettelo**

1	TIETOJA KOHTEESTA/YLEISTIEDOT .....	3
1.1	Rakennuskohteen kuvaus .....	3
1.1	Projektin osapuolet ja yhteystiedot .....	3
1.2	Noudatettavat ohjeet ja standardit.....	3
1.3	Rakenteen tai rakennustuotteen kelpoisuus .....	4
1.4	Toteuttajan laatujärjestelmä ja laatuvaatimukset .....	4
1.5	Alihankkijat.....	4
1.6	Poikkeavuudet ja muutosten käsittely .....	4
1.7	Työturvallisuusvaatimukset.....	5
2	TOIMITETTAVAT ASIAKIRJAT .....	5
2.1	Tarjouspyyntöaineisto .....	5
2.2	Asiakirjat viranomaisia varten .....	5
2.3	Toimitettavat asiakirjat ennen valmistuksen aloittamista .....	5
2.4	Toimitettavat asiakirjat ennen asentamista .....	5
2.5	Toimitettavat asiakirjat ennen runkokatselmusta tai luovutusta .....	6
3	TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU .....	6
3.1	Perustiedot teräsrakenteiden suunnittelusta .....	6
3.2	Perustiedot teräsrakenteiden asentamisesta.....	6
4	TOTEUTUSLUOKKAVAATIMUKSET JA TOTEUTTAJALTA VAADITTAVAT ASIAKIRJAT .....	6
4.1	Valmistusta koskevat luokkavaatimukset.....	6
4.1.1	Toteutusluokat.....	6
4.1.2	Esikäsittelyasteet.....	7
4.1.3	Geometriset toleranssit.....	7
4.2	Toteuttajan asiakirjat .....	7
4.2.1	Laadunvarmistuksen asiakirjat.....	7
4.2.2	Laatusuunnitelma .....	7
4.2.3	Asennustöiden turvallisuus .....	7
4.2.4	Toteutuksen asiakirjat .....	7
5	KÄYTETTÄVÄT TUOTTEET .....	8
6	ESIVALMISTUS JA KOKOAMINEN .....	15
7	HITSAUS.....	22
8	MEKAANINEN KIINNITTÄMINEN .....	30
9	ASENTAMINEN.....	35
10	PINTAKÄSITTELY .....	39
11	GEOMETRISET TOLERANSSIT .....	41
12	TARKASTUS, TESTAUS JA KORJAAMINEN .....	44



**Teräsrakenteiden  
toteutuseritelmäpohja**

2 (54)

1.9.2016

**Liitteet**

Liite 1: [Liite F- Korroosionesto] ..... 1

## Toteutuseritelmäpohja betonirakenteille



KOHDE XXX

### **Kohde xxx**

Betonirakenteiden toteutuseritelmäpohja



1.9.2016

**Sisällysluettelo**

1	KOHTEEN PERUSTIEDOT.....	4
1.1	Rakennuskohteen kuvaus .....	4
1.1.1	Rakenteen erityisvaatimukset.....	4
1.1	Projektin osapuolet ja yhteystiedot .....	4
1.2	Noudatettavat ohjeet ja standardit.....	4
1.3	Alihankkijat.....	5
1.4	Työturvallisuusvaatimukset.....	6
2	TOIMITETTAVAT ASIAKIRJAT.....	6
2.1	Toteutusasiakirjat.....	6
2.2	Tarjouspyyntöaineisto .....	6
2.3	Asiakirjat viranomaisia varten .....	6
2.4	Toimitettavat asiakirjat ennen valmistuksen aloittamista .....	6
2.5	Toimitettavat asiakirjat ennen asentamista .....	6
2.6	Toimitettavat asiakirjat ennen runkokatselmusta tai luovutusta .....	6
3	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT.....	6
3.1	Rakennesuunnittelun vaativuus ja suunnitelmien laadunvarmistus .....	6
3.2	Suunnittelun tehtävänjako .....	6
3.3	Suunnittelun aikataulu .....	6
3.4	Seuraamusluokat.....	6
3.5	Luotettavuusluokat .....	7
3.6	Käyttöikämitoitus .....	7
3.7	Rasitusluokat .....	7
3.8	Paloluokka ja palonkestovaatimukset .....	7
4	TOTEUTUKSEN JOHTO .....	7
4.1	Yleistä.....	7
4.2	Dokumentaatio.....	8
4.2.1	Toteutuseritelmä.....	8
4.2.2	Laatusuunnitelma .....	8
4.2.3	Toteutuksen tallenteet .....	9
4.2.4	Erytystallenteet .....	9
4.3	Laadunhallinta.....	9
4.3.1	Toteutusluokat.....	9
4.3.2	Materiaalien ja tuotteiden tarkastus.....	9
4.3.3	Toteutuksen tarkastus .....	10
4.4	Toimenpiteet poikkeamatapauksissa .....	10
5	TUKIRAKENTEET JA MUOTIT.....	10



1.9.2016

5.1	Perusvaatimukset .....	10
5.2	Materiaalit .....	10
5.2.1	Yleistä .....	10
5.2.2	Muotiniirrotusaineet .....	10
5.3	Tukirakenteiden suunnittelu ja asennus .....	11
5.4	Muottien suunnittelu ja asennus .....	11
5.5	Erikoismuotit.....	11
5.6	Muottien kiinnitysosat, varaukset ja valun jäävät osat .....	12
5.6.1	Yleistä .....	12
5.6.2	Väliaikaisten syvennysten ja reikien korjaaminen .....	12
5.6.3	Varaukset .....	12
5.7	Muottien tukirakenteiden purkaminen .....	12
6	RAUDOITUS .....	13
6.1	Yleistä .....	13
6.2	Materiaalit .....	13
6.3	Raudoituksen taivutus, katkaisu, kuljetus ja varastointi .....	14
6.4	Hitsaus.....	14
6.5	Asennus .....	15
7	JÄNNITYSTYÖT .....	15
7.1	Yleistä .....	15
7.2	Esijännityksessä käytettävät materiaalit .....	15
7.2.1	Jälkijännitysjärjestelmät .....	15
7.2.2	Suojaputket .....	16
7.2.3	Jänneteräkset ja muut jännemateriaalit .....	16
7.2.4	Ankkurikappaleet ja varusteet .....	16
7.2.5	Jänteiden tuet .....	16
7.2.6	Sementtipohjainen injektointilaasti.....	16
7.2.7	Rasva, vaha ja muut tuotteet .....	16
7.3	Kuljetus ja varastointi .....	16
7.4	Jänteiden ja jänneraudoitteiden asennus .....	16
7.4.1	Tartuntajänteet.....	17
7.4.2	Jälkijännitetyt tartuntajänteet.....	17
7.4.3	Sisä- ja ulkopuoliset tartunnattomat jänteet.....	17
7.5	Jännittäminen .....	17
7.5.1	Tartuntajänteet.....	17
7.5.2	Jälkijännitetyt tartuntajänteet.....	17
7.5.3	Sisä- ja ulkopuoliset tartunnattomat jänteet.....	18
7.6	Suojaustoimenpiteet (injektointi, ravaus) .....	18



1.9.2016

7.6.1	Tartuntajänteet.....	18
7.6.2	Jälkijännitetyt tartuntajänteet.....	18
7.6.3	Sisä- ja ulkopuoliset tartunnattomat jänteet.....	18
7.6.4	Injetointi.....	18
7.6.5	Rasvaus.....	18
7.6.6	Tiivistys.....	18
8	BETONOINTI.....	18
8.1	Betonin määrittely.....	18
8.2	Betonointia edeltävät toimenpiteet.....	19
8.3	Tuoreen betonin toimitus, vastaanotto ja työmaakuljetus.....	19
8.4	Betonin valu ja tiivistäminen.....	19
8.4.1	Yleistä.....	19
8.4.2	Kevytkiviainesbetoni.....	19
8.4.3	Itsetiivistyvä betoni.....	19
8.4.4	Ruiskubetoni.....	20
8.4.5	Liukuvalu.....	20
8.4.6	Vedenalainen betoni.....	20
8.5	Jälkihoito ja suojaaminen.....	20
8.6	Betonoinnin jälkeiset toimenpiteet.....	20
8.7	Liittorakenteiden betonointi.....	21
8.8	Pinnan laatu.....	21
9	MITTATOLERANSSIT.....	21
9.1	Yleistä.....	21
9.2	Viitejärjestelmä.....	22
9.3	Perustukset.....	22
9.4	Pilarit ja seinät.....	22
9.5	Palkit ja laatat.....	22
9.6	Poikkileikkauset.....	22
9.7	Pintojen ja reunojen suoruus.....	23
9.8	Reikien ja tartuntaelinten toleranssit.....	23

## Liitteet

Liite 1: [Kirjoita liitteen nimi].....	1
Liite 2: [Kirjoita liitteen nimi].....	1