



Otto Miettinen

Teräsrakennesuunnittelun aloittaminen yrityksessä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

6.5.2021

Tiivistelmä

Tekijä:	Otto Miettinen
Otsikko:	Teräsrakennesuunnittelun aloittaminen yrityksessä
Sivumäärä:	32 sivua + 0 liitettä
Aika:	6.5.2021
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine:	Koneensuunnittelu
Ohjaajat:	Yliopettaja Jyrki Kullaa Suunnittelu- ja tuotantojohtaja Eero Laitinen, Avetak Oy

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Avetak Oy. Työn tarkoituksena oli tutkia ja selvittää teräsrakenteiden rakennesuunnitteluun liittyvät vaateet ja tarpeet, joita rakennesuunnittelusta seuraa yritykselle, suunnittelijalle ja suunnitteluohjelmistoille. Sekä selvittää teräsrakennesuunnittelua koskevat standardit ja ohjeet, sekä rakennesuunnittelussa syntyvät asiakirjat ja niiden sisältö.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia kattava analyysi teräsrakennesuunnittelun aloittamiseen liittyvistä asioista. Opinnäytetyön lähteinä käytettiin Suomen Rakennusinsinöörien Liiton laatimia rakennesuunnitteluohjeita, Teräsrakenneyhdistyksen Eurocode-3 kirjasarjaa, sekä FISE:n materiaaleja.

Työn tuloksena syntyi kattava analyysi rakennesuunnittelun aloittamiseen liittyvistä asioista.

Avainsanat: Rakennesuunnittelu, teräsrakenteet

Abstract

Author: Otto Miettinen
Title: Initiation of Steel Structure Design in a Company
Number of Pages: 32 pages + 0 appendices
Date: 6 May 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical Engineering
Professional Major: Machine Design
Instructors: Eero Laitinen, Head of Design and Production
Jyrki Kullaa, Principal Lecturer

The thesis was commissioned by Avetak Oy. The purpose of the thesis was to study and clarify the requirements and needs related to the structural design of steel structures the company, the designer, and the design software. In addition, the objective was to find out and examine the required standards and instructions for steel structure design and their content.

The aim of the thesis was to prepare an extensive analysis of the various issues related to starting the steel structure design process. The main sources of the thesis were the Finnish Association of Civil Engineers, the Eurocode 3 book series of the Finnish Constructional Steelwork Association, and FISE's materials.

The result was a comprehensive analysis of the issues related to the starting phase of the structural design process.

Keywords: Structural design, steel structures

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	8
1.1	Avetak Oy	8
1.2	Opinnäytetyön tavoite	8
2	Yleistä	9
2.1	Teräsrakentaminen	9
2.2	CE-merkintä	9
2.3	Toteutusluokat	10
2.4	Seuraamusluokat	10
2.5	Käyttöluokat	11
2.6	Tuotantoluokat	12
2.7	Toteutusluokan muodostuminen	12
2.8	Suunnittelutehtävien vaativuusluokat	12
2.9	Uudisrakentaminen	13
2.10	Korjausrakentaminen	14
2.11	Suunnittelijan kelpoisuusvaatimukset	14
2.12	Suunnitteluasiakirjat	15
2.13	Suunnitteluasiakirja ja niihin kohdistuvia vaatimuksia	16
2.14	Tietokonelaskennassa käytettävien ohjelmien vaatimukset	16
3	Teräsrakennesuunnittelu	16
3.1	Laskenta	18
3.2	Kuormitukset	19
3.3	Tietokonelaskenta	19
3.4	Dokumentointi	20
3.5	Revisionhallinta	20
3.6	Suunnitelmien arkistointi	20
3.7	Laskelmat ja niiden sisältö	21
3.8	Työselostus	23
3.9	Rakennustapaselostus	23
3.10	Teräsrakenteiden työselostus ja toteutuseritelmä	24
3.11	Teräsrakenteiden pintakäsittely	24

3.12	Pintakäsittelytekniikat ja pintakäsittelyn valinta	26
3.13	Palosuojamaalauksen tekninen suunnittelu	27
3.14	Palosuojamaalauksen tekninen toteutus	28
4	Yhteenveto	28
4.1	Teräsrakennesuunnittelun vaateet	28
4.2	Suunnitteluohjelmat	30
5	Loppupäätelmät	31
	Lähteet	31

Lyhenteet

ARK	Arkkitehdin piirustus
BIM	Building Information Model (rakennuksen tietomalli)
CAD	Computer Aided Design (tietokoneavusteinen suunnittelu)
CC	Consequence Class (seuraamusluokka)
CE-merkintä	Eurooppalainen tuotteiden hyväksymismenettely vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi
CFD	Computational Fluid Dynamics (numeerinen virtausdynamiikka)
EXC	Execution class (toteutusluokka)
FEM	Finite Element Method (elementtimenetelmä)
GEO	Geosuunnitelma
LCA	Life Cycle Assessment (tuotteen elinkaarianalyysi)
LCC	Life Cycle Costing (elinkaarikustannus-laskelma)
LVI	Lämpö-, vesi ja ilmastointijärjestelmäpiirustus
PC	Production Category (tuotantoluokka)
RAK	Rakennessuunnittelijan piirustus

SC

Service Category (käyttöluokka)

1 Johdanto

1.1 Avetak Oy

Insinööriyön tilaajana toimi Avetak Oy, joka on teknologia- ja rakennusteollisuuden sopimusvalmistaja, joka omana tuotantona valmistaa kantavia teräsrakenteita, sisäänkäyntikatoksia, teräsaitoja ja -portaita, laiterunkoja sekä teknisentilan moduuleita. Avetak Oy on perustettu vuonna 2015. Toukokuussa 2020 päättyneellä tilikaudella Avetak Oy:n liikevaihto oli 1,5 miljoonaa euroa, sekä se työllisti täysipäiväisesti 9 henkilöä.

Avetak Oy:n palvelut jakautuvat neljään osa-alueeseen, jotka ovat konepaja-, moduuli- ja TI-FA-tuotanto sekä suunnittelupalvelut. Konepajatuotanto tarjoaa CE-merkittyjä teräsrakenteita toteutusluokkaan EXC-2 asti, laiterunkoja, painesäiliöitä sekä pintakäsittelyinä märkä- ja pulverimaalausta. Moduulituotanto tarjoaa talotekniikkamoduuleita. TI-FA-tuotanto valmistaa kiinteistön julkisivuihin liittyviä teräksisiä portaita, aitoja, portteja ja kaiteita. Suunnittelupalvelu tarjoaa tuotekehitystä, menetelmäsuunnittelua, 3D-mallintamista sekä konepajakuvien piirtämistä.

1.2 Opinnäytetyön tavoite

Tässä opinnäytetyössä on kerätty yhteen teräsrakennesuunnittelun aloittamiseen liittyviä tärkeitä seikkoja, jotka helpottavat ja nopeuttavat teräsrakennesuunnitteluprosessin käyttöönottoa. Lisäksi esitetään teräsrakennesuunnittelun yritykselle asettamista velvoitteista, teräsrakennesuunnittelijan pätevyysvaatimukset, sekä esitetään kootusti teräsrakennesuunnittelun vaatimat asiakirjat ja standardit.

Avetak Oy:n on määrä aloittaa kantavien teräsrakenteiden rakennesuunnittelu vuoden 2021 aikana. Aikaisemmin kantavien teräsrakenteiden rakennesuunnit-

telu on ostettu ulkopuoliselta taholta. Palvelun ostaminen ulkopuoliselta on kustannustehotonta, koska rakenteesta joudutaan luomaan useita 3D-malleja sekä piirustuksia, jolloin suunnittelun kustannukset karkaavat korkeammaksi. Yhtiön sisäisellä rakennesuunnittelulla voidaan prosessia suoraviivaistaa, joka näkyy lyhyempinä läpimenoaikoina, sekä se kehittää ja monipuolistaa yhtiön sisäistä osaamista.

2 Yleistä

2.1 Teräsrakentaminen

Teräsrakenteet koostuvat teräksisistä ja ruostumattomasta teräksestä valmistetuista rakenteista. Noin 20 % Suomen rakennuksista on teräsrunkoisia. Teräsrakenteita käytetään pääsääntöisesti suurissa avoimissa tiloissa, silloissa, julkisivuissa ja katoissa. Teräsrakentamisella pystytään tekemään suuria avoimia tiloja, joissa ei ole toimintaa haittaavia pilareita keskellä, myöskin näissä etuina on muokattavuus, joka nousee esiin esimerkiksi varastoissa tai liikerakennuksissa. Moniin muihin rakenteisiin verrattuna teräsrakentamisella saavutetaan rakenteiden kompakti koko, jotka pystytään valmistamaan konepajalla valmiiksi, jolloin asennusvaihe rakennuspaikalla jää lyhyeksi.

2.2 CE-merkintä

Teräsrakenteet kuuluvat CE-merkinnän piiriin, joka tarkoittaa sitä, että tuote täyttää sitä koskevien EU:n direktiivien vaatimukset, sekä sitä koskevat vaatimukset ovat tutkittu. CE-merkintä on luotu helpottamaan tavaroiden vapaata liikkuvuutta Euroopan sisämarkkinoilla, ja se on pakollinen tietyissä tuoteryhmissä kuten esimerkiksi: henkilösuojaimissa, leluissa, koneissa ja sähkölaitteissa. Rakentamisessa CE-merkintä kattaa sillat, kaiteet, portaat, tornit, mastot, säiliöt, nosturiradat, konepedit ja kantavat teräsrakenteet. [1. S. 16-18.]

CE-merkintäoikeuden saamiseksi edellytetään jonkin ilmoitetun laitoksen varmennustodistusta. Varmennustodistus edellyttää standardin SFS-EN 1090-1

asettamien vaatimusten täyttämistä. CE-merkintä on tullut pakolliseksi teräsrakenteissa 1.7.2013 alkaen. Vaatimusten täyttymistä valvotaan vuosittaisilla auditoinneilla, joiden idea perustuu jatkuvan kehityksen toimintamalliin. [1. S.16-18.]

2.3 Toteutusluokat

Teräsrakenteiden valmistaminen on jaettu toteutusluokkiin. Toteutusluokat vaatimattomimmasta vaativimpaan ovat EXC1, EXC2, EXC3 ja EXC4. Teräsrakenteiden toteutusluokka määritetään suunnitteluvaiheessa, ja se voi koskea joko koko rakennetta tai tiettyä osaa rakenteessa taikka tiettyjä yksityiskohtia. Teräsrakenteen toteutus ja valmistus tulee tapahtua suunnitteluvaiheessa määritettyjen toteutusluokkien mukaisesti. Toteutusluokka asettaa rakenteen suunnitteluun, valmistukseen ja asennukseen tiettyjä reunaehtoja. [2. S.19.]

Toteutusluokka valintaan vaikuttaa tuotantoluokat (PC), käyttöluokat (SC) ja seuraamusluokat (CC), joiden perusteella valitaan toteutusluokka. Toteutusluokka määrittää vaatimukset rakenteen valmistamiselle. Nämä vaatimukset liittyvät pääsääntöisesti valmistusmenetelmiin, tarkkuusvaatimuksiin, tarkastuslaajuuteen ja pätevyysksiin sekä dokumentointiin. [2. S.19.]

2.4 Seuraamusluokat

Seuraamusluokat vaatimattomimmasta vaativimpaan on CC1, CC2 ja CC3. Seuraamusluokalla määritetään mahdollisen onnettomuuden sattuessa rakennuksen aiheuttamia ihmishenkien-, taloudellisia-, ja sosiaalisia menetyksiä sekä ympäristövahinkoja. [2. S. 8-10.]

Seuraamusluokka CC3 käsittää suuret seuraamukset. Seuraamusluokkaan kuuluvat rakennukset ja sen jäykistävät rakennusosat, jos rakennuksissa on usein suuri joukko ihmisiä. Kuten yli kahdeksan kerroksiset asuin-, konttori- ja liikerakennukset. Konserttitalit, teatteri-, urheilu- ja näyttelyhallit sekä katsomot.

Tämän lisäksi luokkaan kuuluvat raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset, erikoisrakenteet kuten suuret mastot ja tornit. Seuraamusluokkaan kuuluvat myös luiskat ja penkereet sekä muut rakenteet hienorakeisten maalajien alueilla siirtymien haittavaikutuksille herkissä ympäristöissä. [2. S. 8-10.]

Keskisuuret seuraamukset kuuluvat seuraamusluokkaan CC2, joka käsittää rakennukset, rakenteet ja jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1. [2. S. 8-10.]

Vähäiset seuraamukset kuuluvat seuraamusluokkaan CC1, joka käsittää yksi- ja kaksikerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä kuten esimerkiksi varastot. Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa kuten matalalla olevat alapohjat ilman kellaritiloja. Ryömintätilalliset vesikatot, kun yläpohja on varsinainen kantava rakenne. Sellaiset ulko- ja väliseinät, ikkunat, ovet ja vastaavat, joihin pääasiassa kohdistuu ilmanpaine-eroista aiheutuva sivuttaiskuormitus ja jotka eivät toimi kantavan tai jäykistävän rungon osana. SFS-EN 1993-1-3 rakennusluokkien 2 ja 3 muotolevyrakenteet. Standardin SFS-EN 1993-1-3 rakennusluokan 1 muotolevyrakenteet levyyn aiheutuville pintaa vasten kohtisuorille kuormille. [2. S. 8-10.]

2.5 Käyttöluokat

Käyttöluokkaan SC1 kuuluvat rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan pääosin staattisille kuormituksille, kuten rakennukset. Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille matalan seismisen aktiviteetin perusteella luokassa DCL. Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan nostureista aiheutuville väsytytkuormille (Luokka (S_0)). [2. S. 8-10.]

Käyttöluokkaan SC2 kuuluvat rakenteet, jotka suunnitellaan EN 1993 mukaisille väsytytkuormille. Esimerkiksi maantie- ja rautatiesillat sekä nosturit (luokat S_1 ja S_0) rakenteet, jotka ovat alttiina tuulelle, väkijoukoille tai pyörivästä laitteesta aiheutuville värähtelyille. [2. S. 8-10.]

2.6 Tuotantoluokat

Tuotantoluokka PC1 sisältää terästuotteista valmistettuja kokoonpanoja, joissa ei ole hitsejä. Hitsatut kokoonpanot, jotka valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on alempi kuin S355. [2. S. 8-10.]

Tuotantoluokka PC2 sisältää hitsattuja kokoonpanoja, jotka valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka S355 tai suurempi. Rakenteellisuuden kannalta tärkeät kokoonpanot, jotka kootaan hitsaamalla työmaalla. Kokoonpano, jotka valmistetaan kuumamuovamalla tai joita lämpökäsitellään valmistuksen aikana. Pyöreistä rakenneputkista valmistetut ristikkokokoonpanot, joissa putkien päitä joudutaan leikkaamaan erityiseen muotoon. [2. S. 8-10.]

2.7 Toteutusluokan muodostuminen

Seuraamusluokat		CC1		CC2		CC3	
Käyttöluokat		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Tuotantoluokat	PC1	EXC-1	EXC-2	EXC-2	EXC-3	EXC-3 ^a	EXC-3 ^a
	PC2	EXC-2	EXC-2	EXC-2	EXC-3	EXC-3 ^a	EXC-4
^a Toteutusluokkaa EXC-4 käytetään kansallisten sääntöjen edellyttämällä tavalla erityisrakenteille tai rakenteille, joiden vaurio voi aiheuttaa äärimmäisiä seuraamuksia.							

[SFS-EN 1993-1-1/A1 S. 10]

2.8 Suunnittelutehtävien vaativuusluokat

Teräsrakentamisen suunnittelutehtävät kuuluvat vaativuusluokkiin, jotka ovat vähäinen suunnittelutehtävä, tavanomainen suunnittelutehtävä ja vaativa suunnittelutehtävä (ja poikkeuksellisen vaativa suunnittelutehtävä). Samassa

rakennushankkeessa voi olla eri vaativuusluokkiin kuuluvia suunnittelutehtäviä. Vaativuusluokan määräytymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- arkkitehtoniset, toiminnalliset ja tekniset vaatimukset
- rakennuksen ja tilojen käyttötarkoitukset
- rakennuksen terveellisyyteen ja energiatehokkuuteen liittyvät rakennusfysikaaliset ominaisuudet
- rakennuksen koko
- rakennussuojelun sekä kuormitusten ja palokuormat
- suunnittelu-, laskenta- ja mitoitusmenetelmät
- kantavien rakenteiden vaativuus
- ympäristöstä ja rakennuspaikasta aiheutuvat vaatimukset. [3. 120 d §.]

2.9 Uudisrakentaminen

Suunnittelutehtävä on vähäinen, kun rakennus on yksikerroksinen ja kooltaan pienehkö, kun rakennuksen käyttötarkoitus on jokin muu kuin asuminen tai työnteko, ja rakenteen tekniset ja toiminnalliset vaatimukset ovat yksinkertaisia. [4. S. 3-9]

Suunnittelutehtävä on tavanomainen, kun suunniteltavassa rakennuksessa on alle kaksikerrosta ja kooltaan pienehkö, ja rakenteen tekniset ja toiminnalliset vaatimukset ovat yksinkertaisia, sekä suunnittelussa pystytään käyttämään vakiintuneita ratkaisuja ja yleisiä suunnitteluohjeita. [4. S. 3-9]

Suunnittelutehtävä on vaativa, kun suunniteltavassa rakennuksessa on yli kaksi kerrosta taikka rakennuksen koko on suuri, ja rakenteen tekniset ja toiminnalliset vaatimukset ovat rakennuksen koon, kuormien tai muiden ominaisuuksien vuoksi korkeat. [4. S. 3-9]

Suunnittelutehtävä on poikkeuksellisen vaativa, kun rakenteen tekniset ja toiminnalliset vaatimukset ovat rakennuksen koon, kuormien tai muiden ominaisuuksien vuoksi poikkeuksellisen korkeat, kun suunnittelulta edellytetään uusia

tai muutoin poikkeuksellisten suunnittelu-, laskenta tai mitoitusmenetelmiä, tai kun suunniteltavan rakenteen vika tai vaurio voi aiheuttaa vakavia vahinkoja ihmisille tai ympäristölle. [4. S. 3-9]

2.10 Korjausrakentaminen

Kun korjaus- ja muutostyö on yksinkertainen ylläpitokorjaus, on suunnittelutehtävä vähäinen. [4. S. 3-9]

Suunnittelutehtävä korjaus- ja muutostöissä on tavanomainen, kun tekniset ja toiminnalliset vaatimukset ovat yksinkertaisia, ja suunnittelu voidaan toteuttaa käyttäen vakiintuneita ratkaisuja ja yleisiä suunnitteluohjeita, eikä rakennuksen ominaisuudet aiheuta suunnittelulle erityisiä vaatimuksia. [4. S. 3-9]

Suunnittelutehtävä korjaus- ja muutostöissä on vaativa, kun tekniset ja toiminnalliset vaatimukset ovat korkeat tai rakennuksen ominaisuudet aiheuttavat suunnittelulle erityisiä vaatimuksia. [4. S. 3-9]

Suunnittelutehtävä korjaus- ja muutostöissä on poikkeuksellisen vaativa, kun tekniset ja toiminnalliset vaatimukset ovat poikkeuksellisen korkeat tai rakennuksen ominaisuudet aiheuttavat suunnittelulle poikkeuksellisia vaatimuksia. [4. S. 3-9]

2.11 Suunnittelijan kelpoisuusvaatimukset

Rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan kelpoisuusvaatimuksena on:

Vähäisessä suunnittelutehtävässä suunnittelijoilta edellytetään suunnittelutehtävän laadun ja laajuuden huomioon ottaen riittävä osaaminen.

Tavanomaisessa suunnittelutehtävässä suunnittelijoilta edellytetään rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettua tutkintoa, joka vastaa vähintään aiemman tekniikkaa, sekä työkokemuksena vähintään kolmen vuoden kokemusta vähintään tavanomaisista suunnittelutehtävistä.

Rakennusviranomaisen on arvioitava sille ilmoitetun suunnittelijan mukainen kelpoisuus kyseiseen tehtävään. [5. 120 e §.]

Rakennusviranomaisen on tehtävä pyydettyä päätös suunnittelijan kelpoisuudesta toimia tehtävässä.

Vaativassa suunnittelutehtävässä suunnittelijoilta edellytetään rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettua korkeakoulututkintoa, tai vastaavaa tutkintoa. Sekä työkokemuksena vähintään neljän vuoden kokemusta tavanomaisista suunnittelutehtävistä ja vähintään kahden vuoden kokemusta avustamisesta vaativissa suunnittelutehtävissä. [5. 120 e §.]

Poikkeuksellisen vaativissa suunnittelutehtävissä suunnittelijoilta edellytetään kyseiseen suunnittelutehtävään soveltuvaa, rakentamisen tai tekniikan alla suoritettua ylempää korkeakoulututkintoa, sekä työkokemuksena vähintään kuuden vuoden kokemusta vaativista suunnittelutehtävistä. [5. 120 e §.]

Pääsuunnittelijalta edellytetään rakennus- tai erityissuunnittelijan kelpoisuusvaatimuksien täyttymistä, vähintäänkin samalta tasolta kuin rakennushankkeen vaativimmassa suunnittelutehtävässä. Lisäksi hänellä tulee olla riittävä asiantuntemus ja ammattitaito johtaa suunnitelmien yhteensovittamista. [5. 120 e §.]

Korjaus- ja muutostyön suunnittelijalla tulee olla kokemusta korjausten tai muutostöiden suunnittelutehtävästä. [5. 120 e §.]

2.12 Suunnitteluasiakirjat

Suunnitteluasiakirjat luodaan pääsääntöisesti tietoteknisillä välineillä, kuten mallinnusohjelmilla, CAD-järjestelmillä, tekstinkäsittely- ja taulukkolaskentaohjelmilla, sekä erillisillä laskenta- ja mitoitusohjelmilla. Suunnitteluryhmät (ARK, RAK, GEO, LVI, SÄH) toimivat kiinteästi tietokonepohjaisessa yhteistyössä, jossa osapuolet pystyvät omien asiakirjojen laadinnassa hyödyntää toisten suunnittelijoiden luomia tietoja. Tässä tärkeäksi asiaksi nousee revisiohallinta ja selkeät ja projektikohtaiset säännöt koskien tietojen käsittelyä.

2.13 Suunnitteluasiakirja ja niihin kohdistuvia vaatimuksia

Rakennesuunnittelussa syntyy erilaisia asiakirjoja, jotka ovat esimerkiksi kirjalliset asiakirjat, piirustukset, luettelot sekä laskelmat. Suunnitteluasiakirjoja laadittaessa sisältöön vaikuttavat lait ja asetukset, muut viranomaismääräykset ja ohjeet, rakennusviranomaisten ohjeet, yleiset standardit (EN ja SFS) ja ohjeet, materiaali- ja suunnitteluohjeet. Suunnittelun ja asiakirjojen tietosisällön määrä ja tiedon tarkkuus kasvavat suunnittelun edetessä. [6. S. 43.]

Eryteisesti on otettava huomioon, että suunnitteluasiakirjojen tulee olla selkeitä, käyttötarkoitukseensa sopivia ja yksiselitteisiä. Asiakirjat eivät saa myöskään olla keskenään ristiriitaisia eikä sisältää turhia tietoja. Asiakirjojen tulee vastata sisällöltään ja tarkkuudeltaan rakennusprosessin ko. vaiheen ja tiedon käyttäjien tarpeita ja vaatimuksia. Asiakirjat on tulostettu ko. tarvetta varten käyttökelpoiseen kokoon. Asiakirjat on tarkastettu ja hyväksytty sovitun menettelyn mukaisesti. Mikäli asiakirjoissa on ristiriitaisuuksia, niin pätevyysjärjestys on: työselostus, määräluettelo, piirustus. [6. S. 43.]

2.14 Tietokonelaskennassa käytettävien ohjelmien vaatimukset

Käytettävästä laskentaohjelmasta on selvitettävä ohjelman versio, ohjelmien soveltuvuusalueet sekä käyttörajoitukset, ohjelman käyttämät laskentateoriat ja merkkisäännöt sekä tulosten tulkintaohjeet. [6. S. 65-66.]

3 Teräsrakennesuunnittelu

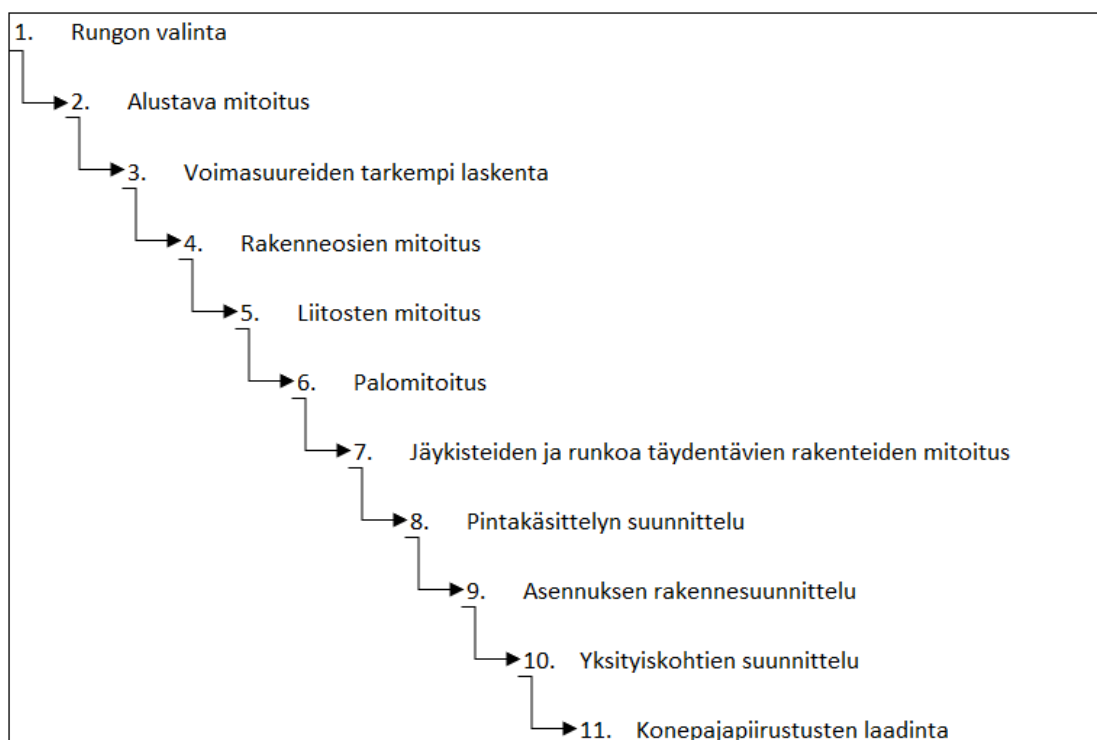
Teräsrakennesuunnittelun pääosa-alueet ovat rungon valitseminen, liikunta- saumojen paikkojen määrittäminen, rakenteita koskevat kokonaistarkastelut, rakennesiiden mitoitus, liitosten määrittäminen ja suunnittelu, rakenteiden jäykistämistä koskevat suunnitelmat, korroosionesto- ja palosuojauksen suunnittelu sekä pintakäsittely. [7. S. 42-43.]

Rungon valitseminen sisältää runkojärjestelmän, päämittojen, liitostyyppien sekä materiaalien ja tarvikkeiden valitsemisen. Tämän onnistuminen vaikuttaa merkittävästi rakennushankkeelle asetettujen taloudellisten ja toiminnallisten tavoitteiden saavuttamiseen. Runkojärjestelmään vaikuttavia asioita ovat:

- ympäristöolosuhteet
- rakennusaika
- laajennustarpeet
- konepajavalmistus
- kuljetukset, asennustyöt sekä käyttötarkoituksen muutostarpeet.

Teräsrakenteiselle rungolle ominaisuutena on keveät ja hoikat rakenteen osat, jotka vaativat erilaisia jäykisteitä. Yleensä niitä tarvitaan rungon jäykistämiseksi vaakavoimia vastaan, sekä keskitettyjen kuormien aiheuttamien rasitusten jakamiseen, kuten esimerkiksi konepetien alla. Lisäksi liitoksilla on merkittävä asema, ja niiden osuus suunnittelu- ja tuotantotyöstä on merkittävä. [7. S. 42-43.]

Tavallisessa talonrakennusprojektissa rakennesuunnittelun eteneminen voi esimerkiksi olla seuraavan:



Kuva 1. Talonrakennusprojektin etenemismalli (7. S.42)

Kuvassa 1. on esitetty talonrakennusprojektissa olevan rakennesuunnittelun eteneminen.

3.1 Laskenta

Teräsrakennesuunnittelussa oleellisin osa on rakenteen lujuuden laskeminen. Yleensä lujuuslaskenta toteutetaan FEM-mallien avulla, joita luodaan FEM-ohjelmistoilla. Tämän lisäksi laskennassa voidaan hyödyntää myös muitakin laskentaohjelmia, kuten tuulikuormien laskemisen apuna käytetään CFD:tä, jonka avulla pystytään analysoimaan nesteiden ja kaasujen käyttäytymistä. Tietokoneavusteisen laskemisen lisäksi rakenteista tulee tehdä varmennuslaskenta, joka yleensä toteutetaan käsinlaskennalla. [7. S. 62.]

3.2 Kuormitukset

Standardissa SFS-EN 1993-1 on määritetty rakenteen eri kuormituksille viitearvot, joita tulee käyttää rakennetta mitoittaessa.

Rakennetta suunniteltaessa tulee huomioida rakenteiden eri kuormitukset. Rakenteiden kuormituksia ovat esimerkiksi pysyvät ja muuttuvat tasokuormat, tuulikuormat, lumikuormat, erikoiskuormat, ja törmäys- sekä onnettomuuskuormat.

3.3 Tietokonelaskenta

Rakennelaskelmista valtaosa tehdään tietokoneavusteisesti esimerkiksi FEM-ohjelmistoilla. Havainnollistettaessa rakennemallia, numerointia ja siirtymä- ja voimasuureita olisi pyrittävä käyttämään graafista tulostusta, lisäksi tämä rajoittaa tulosteiden sivumäärää. Tulosteiden määrän ollessa suuri, on laskijan kootava tärkeimmät kohdat arkistointia varten. Tulosteiden on oltava A4-kokoisia. Suuremmat arkit pienennetään tai taitetaan tähän kokoon. Vaativimmissa kohteissa tehdään virallisten laskelmien lisäksi kattava tulostus, jossa on laskelmien lähtötiedot ja tulokset myöhempiä käyttötarpeita ajatellen. Tietokoneavusteisessa laskennassa tulee varmistua rakennemallin oikeellisuudesta, ja tarkastaa kriittisten kohtien (liitokset) laskelman tulokset vähintään likimääräismenetelmällä. [7. S. 43-42.]

Standardissa SFS-EN 1993-1-5 annetaan ohjeita FEM-laskelmien laatimiseen. Ohjeistus käsittelee laskelmia levyrakenteiden kannalta, mutta samat pääperiaatteet soveltuvat kehärakenteiden analysointiin. FEM-analyysiä voidaan käyttää rakenneanalyysin suorittamiseen ja rakenteen kantokyvyn määrittämiseen. [7. S. 43-42.]

Kun elementtimenetelmää käytetään rakenneanalyysissä, niin sauvojen mitoitus tulee tehdä standardin SFS-EN 1993-1-1 esittämien sääntöjen mukaisesti. Jos elementtimenetelmällä määritetään rakenteen kantokyky, vastaa se rakenteen

mitoitusta. Rakenteen kantokykyä laskettaessa elementtimenetelmällä tulee ottaa huomioon kuormien suurennuskerroin ja FEM-mallin mallinnusepäätarkkuus. [7. S. 43-42.]

Kun FEM-analyysiä käytetään rakenneanalyysissä, on kiinnitettävä huomiota rakennekomponentteihin sekä niitä koskevien reunaehtojen mallintamiseen, tietokoneohjelman sekä dokumentointitavan valintaan, mallinnusepäätarkkuuksiin, materiaaliominaisuuksiin, kuormien mallintamiseen, rajatilaehtojen mallintamiseen, osavarmuuslukuihin sekä tulosten varmistamiseen käsinlaskentamenetelmällä. Tulosten tarkkuuteen vaikuttaa elementtiverkon tiheys ja elementtien valinta. Reunaehdot tulee valita niin, että saadut tulokset ovat varmasti varmemmalla puolella. [7. S. 43-42.]

3.4 Dokumentointi

Tavoitteena on, että asiat esitetään vain yhden kerran projektia koskevissa dokumenteissa ja tarvittaessa käytetään viittauksia.

3.5 Revisionhallinta

Nykyisessä tiedostomuotoisessa suunnittelussa tärkeäksi osaksi projektin hallintaa on muodostunut revisionhallinta. Varsinkin isoissa hankkeissa voidaan joutua tekemään dokumenteista useita revisioita. Dokumentteihin tulisi tallentaa metatietoa, josta kävisi ilmi mitä, milloin ja kuka on tehty muutoksia dokumentteihin.

3.6 Suunnitelmien arkistointi

Rakennushankkeessa luodut asiakirjat ja dokumentit on tärkeää arkistoida asianmukaisesti. Arkistoituja suunnitelmia voidaan tarvita ylläpidossa sekä muutos- ja korjaustöissä. Tämän lisäksi kunnollisesta arkistoinnista voidaan selvittää esimerkiksi takuuajana tapahtuvien korjauksien vastuualueet sekä muutoinkin rakennuksen eri takuutarkastuksia ajatellen. Arkistointi jaotellaan viranomaisten

arkistointiin, tilaajan/omistajan arkistointiin ja suunnittelijan omaan arkistointiin. [6, S. 40-43.]

Arkistoinnissa tulee ottaa huomioon arkistoitavien tiedostojen formaatit. Arkistoitavat dokumentit eivät saa olla riippuvaisia mistään tietystä ohjelmistosta, vaan tiedostot tulee olla tallennettuna jossakin yleisessä tiedostomuodossa, jotta tiedostoja voidaan tarkastella myös tulevaisuudessa. [6, S. 40-43.]

Aineisto, joka siirretään viranomaisen järjestelmään ja edelleen tallennetaan sähköiseen arkistoon, tulee olla arkistolaitoksen määräyksen mukaisessa tiedostomuodossa. [6, S. 40-43.]

Jokainen suunnittelija huolehtii omien suunnitelmiensa arkistoinnista. Asiakirjat yleensä luovutetaan tilaajalle huoltokirjan luovutuksen yhteydessä. Muu projektiaineisto on myös syytä arkistoida ainakin tärkeiden takuuajkojen määrittelemien aikojen puitteissa. Arkistoinnin piiriin kuuluu yleensä ainakin seuraavat asiakirjat: asiakirjaluettelot, rakennepiirustukset, kirjalliset asiakirjat, rakennelaskelmat, muiden suunnittelijoiden laatimat rakennepiirustukset ja muu projektimateriaali (esim. sopimukset ja tärkeät sähköpostiviestit). [6, S. 40-43.]

Tilaajan määrittelemä arkistointi perustuu luotuun sopimukseen sekä ohjeisiin, joissa tulee olla määriteltynä, että mitkä suunnitelmat arkistoidaan, tulostuskoko, tiedostokoko- ja tyyppi, tallennusväline. Huolto- ja ylläpitojärjestelmään kuuluvat tiedot toimitetaan sovitun ohjeen mukaisesti. [6, S. 40-43.]

3.7 Laskelmat ja niiden sisältö

Suunnittelun oleellinen osa on laskelmat, jotka tehdään voimassa olevien lakien ja määräysten sekä standardien ja yleisten ohjeiden vaatimassa laajuudessa ja niiden määrittelemällä tavalla. Laskelmat tehdään rakenteiden murto- ja rajakäyttötilan varmuuden ja stabiliteetin (rakennelaskelmat) varmistamiseksi, sekä muiden rakennusteknisten toimivuuksien asetettujen tavoitteiden ja vaatimusten mukaisesti (rakennusfysiikka ja käyttöikä ym.). [6, S. 65-68.]

Kriittisten rakennusosiin ja liitoksiin on kiinnitettävä erityistä huomiota rakennuksen turvallisuuden ja toimivuuden kannalta. Rakennelaskelmia voidaan myöhemmin käyttää tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa tai korjaussuunnitelmaa tehtäessä, joissa ne toimivat erittäin tärkeinä pohjatietoina. [6. S. 65-68.]

Rakennesuunnitteluun kuuluvia rakennelaskelmia ovat kuormituslaskelmat, rakennuksen stabiiliteettilaskelmat, rakenneosien ja rakenteiden välisten liitosten mitoituslaskelmat (käyttö-, murto-, onnettomuusrajatila ja palomitoituslaskelmat). Muita laskelmia ovat rakennusfysikaaliset peruslaskelmat (ääni, lämpö ja kosteusteknisen laskennan perustehtävät), rakennusfysikaaliset laajat laskelmat, elinkaarilaskelmat (mm. käyttöikä-, LCA- ja LCC-laskelmat), laajat palotilanteen laskelmat. [6. S. 65-68.]

Laskelmat tulee laatia rakennuskohteen vaatimustason mukaisiksi. Laskelmien selkeys tulee ottaa huomioon tarkastuksien kannalta, erityisesti vaativissa suunnittelukohteissa laskelmien johdonmukaisuus ja selkeys on erityisen tärkeä asia. [6. S. 65-68.]

Rakennuslaskelmille tulee tehdä aina tarkastus. Tarkastus voidaan tehdä vähintään likimääräisillä menetelmillä tai vertaamalla vastaaviin rakennuksiin. Tarkastustiheys on suhteutettava laskettavan kohteen vaativuustasoon. Tarkastus voidaan myös tehdä toisen suunnittelijan toimesta, tai tarvittaessa laskelmille voidaan tehdä myös ulkopuolinen tarkistus. [6. S. 65-68.]

Viranomais määräyksissä tai muissa yleisesti käytetyissä ohjeissa ja käsikirjoissa käytettyjä merkintöjä, kirjaintunnuksia ja symboleita voidaan käyttää laskelmissa selityksettä, kuitenkin näistä poikkeavia tunnuksia tulisi välttää. Laskentakaa-vojen merkitseminen kirjaintunnuksin helpottaa laskelmien lukemista. Kaavan esittämisen yhteydessä tai laskelmaselostuksessa on esitettävä käytetyn teoksen nimi ja vuosiluku. Laskelmista tulee selvittää mittayksiköt ja merkkisäännöt, tämä tulee ottaa huomioon mittayksikkömuutosten ja yksikköihin sidottujen kaa-vojen yhteydessä. [6. S. 65-68.]

Laskelmien tulee olla niin johdonmukaisia ja selkeitä, että laskettavan kohteen vaativuuden pätevyudet omaavan henkilön on voitava ongelmitta ymmärtää laskelmien kulku ja lasketut suureet. Tärkeitä tuloksia korostetaan kirjoittamalla ne marginaaliin tai alleviivaamalla ne. Laskelmissa tulee viitata käytetyn eurokoodin tai muun laskentaohjeen kohtaan ja sovellettuun kaavaan. Laskentavaiheiden johdonmukainen otsikointi, sekä taulukkomuotoiset yhteenvedot sekä piirrosten runsas käyttö helpottavat ja nopeuttavat luettavuutta. [6. S. 65-68.]

Laskelmaraporteissa tulee olla kansilehti, sisällysluettelo sekä laskelmat. Kansilehdeltä tulee selvitä nimi (piirustus), kohdetiedot, päiväys, suunnittelijan ja tarkistajan allekirjoitukset, sekä tarvittaessa ulkopuolisen tarkastajan allekirjoitus. Tarkistusmerkintöjen varalle voidaan tehdä erillinen taulukko nimiösivulle. [6. S. 65-68.]

3.8 Työselostus

Työselostuksen tarkoituksena on toimia piirustuksien kanssa kokonaisuutena niin, että työselostus kokoaa piirustuksissa esitetyn kokonaisuuden. Suunnitelmien sisällön pitäisi olla selkeä ja ristiriidaton. Tämän helpottamiseksi tieto tulisi esittää vain piirustuksessa tai työselostuksessa. Kuitenkaan työselostuksessa ei ole tarkoitus kuvata sanoin sellaisia yksityiskohtia, jotka ovat paremmin esitettävissä piirustuksissa. Työselostuksesta pitäisi selvitä oikeat toimintamallit rakenteiden laadukkaan ja hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Piirustuksiin voidaan sijoittaa osa työselostusmaisesta tekstistä, kuitenkin vain silloin, kun se parantaa kokonaisuutta. Kuvissa esitettyyn tekstiosiin tulee kuitenkin olla viittaus työselostuksesta. Erityisesti työselostuksia laadittaessa tulee ottaa huomioon, että ne ovat ristiriitatilanteessa piirustusten edellä priorisointijärjestyksessä. [6. S. 43-44.]

3.9 Rakennustapaselostus

Rakennustapaselostuksen tarkoituksena on kuvata rakennus- ja taloteknistä toteutusta yleissuunnitteluvaiheen vaatimalla tarkkuudella. Asiakirjaa käytetään

esimerkiksi kustannusten ohjaukseen ja projektia koskevien asioiden päätöksentekoon. [6. S. 43-44.]

Rakennustapaselostuksessa esitettäviä asioita ovat: kohteen yleistiedot ja laajuus, eri osapuolien yhteystiedot, aluerakenteet, pohjarakenteet, perustukset, rakennusrunko, julkisivu, täydentävät rakennusosat, sisäpinnat, rakennusvarusteet, siirtolaitteet ja talotekniikka. [6. S. 43-44.]

3.10 Teräsrakenteiden työselostus ja toteutuseritelmä

Teräsrakenteita koskevassa työselostuksessa kuvataan yksiselitteisesti suoritettavat työt ja rakennustekninen laatu. Teräsrakenteiden työselostuksessa esitetään:

Teräsrakenteita koskevassa työselostuksessa on tarkoitus esittää kaikki teräsrakenteiden valmistusta, pintakäsittelyä ja asennusta koskevat tiedot yksiselitteisesti, työn laadun sekä laajuuden osalta. Esitettäviä asioita ovat mm. rakennuksen perustamistapa ja runkorakenne sekä staattinen toimintaperiaate, hitsauslisäaineiden ja rakennusosien materiaalivaatimukset, noudatettavat standardit ja vaatimukset hitsaustyölle ja osien valmistukselle, rakenteiden rasitusluokka ja pintakäsittely, palosuojauksen periaatteet, mittatarkkuusvaatimukset ja tehtävät tarkastukset osille ja hitsiliitoksille, perustiedot asennussuunnitelman laadintaa varten, ja kuinka mahdolliset vauriot korjataan. Toteutusstandardiin SFS-EN 1090-2 perustuvalla toteutuseritelmällä voidaan korvata teräsrakenteiden työselostuksen. [6. S.48.]

3.11 Teräsrakenteiden pintakäsittely

Teräsrakenteiden pintakäsittelyä valittaessa lähtökohtana on rakenteen suunniteltu käyttöikä. Tyypillisten teräsrakenteiden suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta. Tästä kuitenkin poikkeuksina on tilapäisrakenteet (10 vuotta), vaihdettavissa olevat rakenteet (10-25 vuotta), maatalous- ja muut vastaavat rakenteet (15-30

vuotta), monumentaaliset rakennukset sekä sillat ja muut maa- ja vesirakennuskohteet (100 vuotta). [8. S.1-3.]

Teräsrakenteiden esikäsittely, pintakäsittely ja pinnoitus tulee suunnitella standardien sekä vaatimusten mukaisesti, jotka ovat:

- SFS-EN 1993-1-1. Teräsrakenteiden suunnittelu. Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
- SFS 1993-1-3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Yleiset säännöt. Lisäsäännöt kylmämuovatuille sauvoille ja levyille.
- Suomen rakennusmääräyskokoelmat B6 (ohutlevyrakenteet) ja B7 (teräsrakenteet)
- SFS-EN 1090-2 + A1. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteuttaminen. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset
- SFS-EN 505 (täysin tuetut) ja SFS-EN 508-1 (kantavat). Metalliset vesikatetuotteet.
- SFS-EN ISO 14713-1 ja SFS-EN ISO 14713-2. Sinkkipinnoitteet. Ohjeet ja suositukset rauta- ja teräsrakenteiden korroosionestoon.
- SFS-EN ISO 12944-3. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmällä. Osa 3: Rakenteen suunnitteluun liittyviä näkökohtia.
- SFS-EN ISO 12944-7. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmällä. Osat 7: Maalaustyön toteutus ja valvonta.

Suunniteltavan teräsrakenteen ympäristöolosuhteet on selvitettävä ennen pintakäsittelyn valintaa. Korroosion etenemisnopeuteen vaikuttavat ilman kosteus ja ilman epäpuhtaudet. Kuiviin sisätiloihin suunniteltaviin rakenteisiin ei vaadita korroosionsuojausta. Kun rakenteen pinnat altistuvat kondensoituvalla vedelle, niin korroosionsuojaukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. [8. S.1-3.]

Ilmastorasitusluokat ovat määritetty standardissa SFS-EN ISO 12944-2 (C1, C2, C3, C4, C5-1 ja C5-M, sekä veteen upotetuilla ja maanalaisilla rakenteilla on omat

rasitusluokat (Im1, Im2 ja Im3). Standardissa esitetään sinkin ja teräksen syöpymisarvot ensimmäisen koetusvuoden aikana kyseisessä ilmastorasitusluokissa. Pidemmän aikavälin syöpymisarvot ovat esitettyinä standardissa SFS-EN 9224. Kuitenkin syöpyminen on nopeinta ensimmäisinä vuosina. [8. S.1-3.]

3.12 Pintakäsittelytekniikat ja pintakäsittelyn valinta

Tyypillisesti teräsrakenteet pintakäsitellään joko kuumasinkityksellä, maalauksella tai näiden yhdistelmällä. Sinkityn rakenteen kestävyys paranee paljon, kun se pintakäsitellään vielä maalilla. Sinkityksellä on tarkoitus estää teräksen syöpyminen. Sinkitystä ei kuitenkaan voida käyttää palosuojamaalauksen alla. [8. S.1-3.]

Auringon ultraviolettisäteily, lämpö ja ilman epäpuhtaudet muuttavat maalin esteettisiä ominaisuuksia ja muuttaa maalin rakennetta. Tämä näkyy useimmiten värin ja kiillon himmentymisenä. Tämä heikentää myös korroosionsuojausta, kun kosteus pääsee läpäisemään helpommin haurastuneen kalvon. Maalausjärjestelmät valitaan SFS-EN ISO 12944-5 mukaan, lisäksi maalintoimittajilla on omat maalausyhdistelmät, joita tulee noudattaa. Järjestelmän ja yhdistelmän valinta tehdään ympäristöolosuhteiden asettamien vaatimusten perusteella. Pintakäsittelyn kestävyysluokat (L, M ja H) ovat esitettyinä standardissa SFS-EN ISO 12944-1. [8. S.1-3.]

Pintamaaleja valittaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota rakenteen käyttökohdetta ajatellen, eri maaleilla ja maalausyhdistelmillä on erilaisia ominaisuuksia. Huolellisesti valitulla korroosionestomaalilla ja pintamaalilla saavutetaan yleisesti ottaen alhaisemmat elinkaarikustannukset ja laadukkaampi lopputulos. [8. S.1-3.]

3.13 Palosuojamaalauksen tekninen suunnittelu

Palosuojamaalin toiminta perustuu kemialliseen reaktioon, jossa palosuojamaali turpoaa n. 40 - 60-kertaiseksi. Kemiallinen reaktio tapahtuu noin 200 °C lämpötilassa. Turvonneen kalvon tarkoituksena on hidastaa teräsrakenteen lämpötilan nousua. Palosuojamaalin alla ei saa olla sinkitystä, koska sinkin sulamispiste on varsin alahainen (419,5 °C). Sinkin sulamien irrottaisi palosuojamaalin, ja hävittäisi sen hyödyn. [9. S. 5-7.]

Palosuojamaaleja on vesi- ja liuotinhenteisiä, sekä kaksikomponenttimaaleina. Palosuojamaaleja valmistetaan eri käyttökohteisiin, joten maalausyhdistelmää valittaessa tulisi huomioida käyttökohde siten, että se ei aiheuta palosuojamaalikalvon ikääntyessä paloteknisten toimivuuksien heikkenemisiä. Maalin valmistaja vastaa ilmoittamastaan soveltuvuusalueista. Käyttöolosuhteisiin tulisi myös kiinnittää erityistä huomiota, korkeat lämpötilat sekä niiden vaihtelut ja ilmankosteus voivat vaikuttaa palosuojamaalin voivat vahingoittaa maalia. [9. S. 5-7.]

Palosuojamaalien suunniteltukäyttöikä on 10 – 25 vuotta. Kuitenkin tämän varmistamiseksi tulee maalauksen kunto tarkastaa huoltosuunnitelman mukaisesti. [9. S. 5-7.]

Palosuojamaalauksen maalausjärjestelmässä kokonaiskalvonpaksuus on tyypillisesti 0,2 – 0,5 mm. Maalausjärjestelmään kuuluu yleensä esikäsitely, pohjamaalaus, palosuojamaalaus sekä pintamaalaus. Teräsrakenteiden ainevahvuuden suositellaan olevan yli 5 mm, kun se kuuluu palosuojamaalauksen piiriin. [9. S. 5-7.]

Palosuojamaalattava rakenne tulisi suunnitella niin, että vaadittu palokestävyys on mahdollista saavuttaa palosuojamaalauksella. Palosuojamaalijärjestelmän valitsemiseen vaikuttaa rakennuksen käyttötarkoitus, rasisluokat sekä sääolosuhteet. Palosuojauksen mitoituksessa tulee käyttää lähtötietoina rakenteen kriittistä lämpötilaa, poikkileikkaustekijä A/V ja palonkestoaikaa. [9. S. 5-7.]

Palosuojamaalauksesta laaditaan palosuojamaalaus suunnitelma, jossa on eriteltyinä kaikki rakennusosat yksilöityinä kalvonpaksuuksineen ja maalausyhdistelmineen. [9. S. 5-7]

3.14 Palosuojamaalauksen tekninen toteutus

Kun rakenteilla on riskinä altistua säärasituksille toimitusketjun aikana, tulee palosuojamaalaus toteuttaa käyttäen maaliyhdistelmää, joka on suunniteltu näihin olosuhteisiin. Myöskin kuljetukset sekä nostot voivat vaurioittaa maalipintaa. [9. S. 5-7]

Maalaamossa toteutettu maalaus soveltuu rakenteille, kun rakenteet ovat pulttiliitoksin koottavissa, eikä rakenteita ole tarve hitsata enää työmaalla. Jälkeenpäin tapahtuvat hitsausliitokset aiheuttavat vaikeasti korjattavissa olevia vaurioita maalipinnalle. Palosuojamaalaus voidaan toteuttaa myös työmaalla, jos rakenteet asennetaan hitsiliitoksin. [9. S. 5-7.]

Työmaalla hitsattava kohdat tulee suojata riittävästi siten, että palosuojamaali ei pääse reagoimaan työn aikana. Hitsatut kohdat puhdistetaan, ja palosuojamaalataan työmaalla valitun maalausjärjestelmän mukaisesti. Myös kuljetus ja nostot voivat vaurioittaa maalipintoja. Paikkamaalatut kohdat saattavat kuitenkin erottua muusta maalauspinnasta. [9. S. 5-7]

4 Yhteenveto

4.1 Teräsrakennesuunnittelun vaateet

Tarvittavat asiakirjat:

- Rakennustapaselostus
- Teräsrakenteiden työselostus ja toteutuseritelmä
- Palosuojamaalaus suunnitelma

- Rakennusfysikaaliset laskelmat
- Rakenteiden ja liitosten mitoitus
- Rakenteellinen palomitoitus

Tarvittavat standardit ja ohjeet:

Rakennesuunnittelu:

- SFS-EN 1090-1 + A1. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 1: Vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin
- SFS-EN 1090-2:2018 Teräs ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset
- SFS-EN 1993-1-3 + AC. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-3: Yleiset säännöt. Lisäsäännöt kylmämuovatuille sauvoille ja levyille
- SFS-EN 1993-1-5. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-5: Tasomaiset levyrakenteet
- SFS-EN 1993-1-1. Eurokoodi 3. Teräsrakennetöiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
- SFS-EN 1993-1-2. Eurokoodi 3. Teräsrakennetöiden suunnittelu. Osa 1-2: Rakenteellinen palomitoitus
- SFS-EN 1993-1-9. Eurokoodi 3. Teräsrakennetöiden suunnittelu. Osa 1-9: Väsyminen
- SFS-EN 1993-1-5. Eurokoodi 3. Teräsrakennetöiden suunnittelu. Osa 1-5: Levyrakenteet

- SFS-EN 1993-1-8. Eurokoodi 3. Teräsrakennetöiden suunnittelu. Osa 1-8: Liitokset
- RIL 229-2-2020 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Mallipiirustukset ja -laskelmat
- RIL 229-2-2020. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa

Pintakäsittely:

- SFS-EN 505 (täysin tuetut) ja SFS-EN 508-1 (kantavat). Metalliset vesika-tetuotteet.
- SFS-EN ISO 14713-1 ja SFS-EN ISO 14713-2. Sinkkipinnoitteet. Ohjeet ja suositukset rauta- ja teräsrakenteiden korroosionestoon.
- SFS-EN ISO 12944-3. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmällä. Osa 3: Rakenteen suunnitteluun liittyviä näkö-kohtia.
- SFS-EN ISO 12944-7. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmällä. Osat 7: Maalaustyön toteutus ja valvonta.
- SFS-EN ISO 12944-4:2017. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroo-sionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 4: Pintatyypit ja pinnan esikäsittely

4.2 Suunnitteluohjelmat

Käytettävästä laskentaohjelmasta on selvitettävä ohjelman versio, ohjelmien so-veltuvuusalueet sekä käyttörajoitukset, ohjelman käyttämät laskentateoriat ja merkkisäännöt sekä tulosten tulkintaohjeet.

5 Loppupäätelmät

Insinööriyön tavoitteena oli laatia kattava analyysi teräsrakennesuunnittelun aloittamiseen liittyvistä asioista. Tarkoituksena oli tutkia ja selvittää teräsrakennesuunnitteluun liittyvät vaateet ja tarpeet, joita rakennesuunnittelusta seuraa yritykselle, suunnittelijalle ja suunnitteluohjelmistoille. Sekä selvittää rakennesuunnittelua koskevat standardit ja yleiset ohjeet, sekä rakennesuunnittelussa syntyvät asiakirjat ja niiden sisällöt.

Työssä kerrotaan, mitä standardeja suunnittelun tulee noudattaa, sekä mitä asiakirjoista tulee käydä ilmi.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin, sillä lopputuloksena saatiin selvitettyä teräsrakennesuunnitteluun liittyvät tarpeet jokaisen osapuolen näkökulmasta. Työstä käy hyvin selville teräsrakennesuunnitteluprosessin kulku, sekä tärkeimmät asiat yhteen kerättynä. Insinööriyön pohjalta päästään jatkamaan yrityksen sisäisen teräsrakennesuunnittelun aloittamista. Tehtyä tutkielmaa pystyttäisiin tulevaisuudessa jatkamaan jakamalla käsiteltävä aihe pienempiin osa-alueisiin, jotta asioihin pystyttäisiin paneutumaan syvällisemmin.

Lähteet

- 1 Teräsrakenneyhdistys ry. 2020. Eurocode 3 Teräsrakenteiden suunnittelu 1-1 Yleiset ja rakennuksia koskevat säännöt. Teräsrakenneyhdistys ry.
- 2 SFS-EN 1993-1-1/A1. Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Suomen standardisoi-
misliitto
- 3 Maankäyttö- ja rakennuslaki. 2017. MRL 132/1999 120 d §

- 4 Väyrynen, Erja. 2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista YM/601/2015, ohje. Ympäristöministeriö
- 5 Maankäyttö- ja rakennuslaki.2017. MRL 132/1999 120 e §
- 6 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje Tekstiosa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 7 Teräsrakenneyhdistys ry. 2020. Eurocode 3 -oppikirja Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Teräsrakenneyhdistys ry.
- 8 Sipilä, Risto. Teräsrakenteiden pinnoitteet ja käyttöikäsuunnittelu, ohje, Teräsrakenneyhdistys
- 9 Teräsrakenneyhdistys. 2017. Teräsrakenteiden palosuojamaalaus 2017, ohje, Teräsrakenneyhdistys
- 10 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. RIL 229-2-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje Mallipiirustukset ja -laskelmat. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 11 Teräsrakenneyhdistys ry. 2020. Eurocode 3 Teräsrakenteiden suunnittelu 1-2 rakenteellinen palomitoitus 1-9 Väsyminen. Teräsrakenneyhdistys ry.
- 12 Teräsrakenneyhdistys ry. 2020. Eurocode 3 Teräsrakenteiden suunnittelu 1-5 Levyrakenteet. Teräsrakenneyhdistys ry.
- 13 Teräsrakenneyhdistys ry. 2020. Eurocode 3 Teräsrakenteiden suunnittelu 1-8 Liitokset. Teräsrakenneyhdistys ry.