



Juuso Nordgren

Täydentävien teräsrakenteiden määrälaskennan tehostaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriytyö

10.11.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Juuso Nordgren
Otsikko:	Täydentävien teräsrakenteiden määrälaskennan tehostaminen
Sivumäärä:	29 sivua + 0 liitettä
Aika:	10.11.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat:	Työpäällikkö Jorma Tuononen Lehtori Riikka Jääskeläinen

Tämän insinööriyön keskeisimpinä tavoitteina oli luoda täydentävien teräsrakenteiden määrä- ja kustannuslaskentaa tehostava taulukko tilaajayritykselle asuntorakentamisen käyttöön. Tämän insinööriyö toteutettiin YIT Suomi Oy:lle. Työn tavoitteena oli myös tarkastella suunnittelun ohjausta liittyen täydentäviin teräsrakenteisiin, erityisesti omaperusteisessa tuotannossa. Viime vuosien materiaalien saatavuusongelmien takia kustannus- ja aikatauluvaikutukset ovat olleet huomattavia liittyen varsinkin runkovaiheen täydentäviin teräsrakenteisiin.

Työssä selvitetään suunnittelun ohjaukseen liittyviä lähtötietoja, sekä luodaan tilaajayrityksen omatuotantokohteisiin yksinkertainen ohje, joka ohjaa suunnittelua vakioitujen materiaalien käyttöön täydentävien teräsrakenteiden osalta. Näillä toimenpiteillä tullaan saamaan kustannussäästöjä, sekä vältetään eri materiaalien toimitusajoista johtuvia aikatauluhäiriöitä. Toimenpiteet tukevat myös kestävää kehitystä, sillä vakioituotteita käyttämällä päästään pienempään hiilijalanjälkeen. Raaka-aineilla ja materiaaleilla tarkoitetaan tässä työssä eri laatuja ja dimensioita rakenneteräksiä. Työn ulkopuolelle rajataan toimittajien vakioimat ja patentoimat tuotteet.

Tutkimusmenetelmä tässä työssä oli pääasiassa kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Tutkimus on myös osittain case-tyyppinen, koska tietoa kerättiin toteutuneista kohteista ja tuotettiin parannuskeinoja seuraaviin. Työhön haastateltiin alan ammattilaisia projektinhallinnan, kustannuslaskennan, työnjohdon, sekä suunnittelun aloilta.

Työssä saavutetut tulokset testataan opinnäytetyön julkaisemisen jälkeen käytännössä ja suoritetaan vertailuja prosessin tehokkuudesta ja vaikutuksista. Tulosten kunnolliseen analysointiin vaadittaisiin useamman vuoden aikajänne, jossa yksi kohde valmistuu suunnitteluprosessin alkamisesta asukkaiden muuttoon asti.

Avainsanat: määrälaskenta, kustannuslaskenta, suunnittelun ohjaus, standardit, asuntorakentaminen

Abstract

Author: Juuso Nordgren
Title: Improvement of Supplementary Steel Structures Quantity calculation
Number of Pages: 29 pages + 0 appendices
Date: 10 November 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Construction Engineering
Professional Major: Project Management
Supervisors: Jorma Tuononen, Project Manager
Riikka Jääskeläinen, Senior Lecturer

The purpose of the final year project was to create a table for intensifying quantity calculation and cost calculation in complementary steel structures in residential construction. This thesis was conducted for YIT Suomi Oy according to their needs. Another objective was to inspect design management regarding complementary steel structures, especially in own building production. During the last years' challenges with material supplies, there has been a lot of difficulties with different special materials which are defined in designs. This in turn has caused budget overruns and scheduling problems.

In the study initial data and sources for design management are investigated. The study produces simple guide which instructs designers to use standard steel products. These actions will produce financial benefits and help avoiding challenges in the future regarding schedules. In this aspect materials, products and raw materials mean different kind of steel structures. Patented and productized materials are not included in the thesis.

The study was mainly a qualitative and partly a case study, as there was data collected from previous projects. Also development proposals for future projects. For the thesis, interviews from different sections of construction, for example design, project management, cost calculation and working sites were utilized.

The results from the study will be tested in practice after the publication of the thesis. For a proper analysis, over year's time-period would be needed, finishing one building from design to moving in.

Keywords: quantity calculation, cost calculation, design management, standards, contracting

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	2
1.3	Menetelmät ja rajaukset	2
2	Määrä- ja kustannuslaskenta	4
2.1	Määrälaskennan menetelmät	4
2.2	Kustannuslaskennan periaatteet	6
2.3	Toteumataulukot	8
3	Suunnittelun ohjaus	10
3.1	Suunnittelun ohjauksen periaatteet	10
3.1.1	Standardit	11
3.1.2	Vakiintuneet käytännöt	13
3.2	Materiaalikirjastot	13
3.3	Soveltaminen käytäntöön	14
3.4	Mitoitusohjelmat	15
4	Täydentävien teräsrakenteiden merkitys rakennushankkeessa	16
4.1	Täydentävien teräsrakenteiden hinnoittelu ja saatavuus	16
4.2	Teräsrakenteiden mitoitusta ohjaavat tekijät	16
5	Hiilijalanjälki ja työturvallisuus	19
5.1	Vakioratkaisuiden käytettävyys ja hiilijalanjälki	19
5.2	Työturvallisuus ja laatu	20
6	Tulokset	22
7	Johtopäätökset	24
8	Yhteenveto	25
	Lähteet	27

Lyhenteet

BIM	Building Information Model. Rakennuksen tietomalli, jossa on yhdistetty kaikki eri suunnittelualat ja sisältää rakennuksen tiedot koko rakennusprosessin elinkaaren ajalta.
EN	Eurooppalaiseksi vahvistettu standardi.
EPD	Environmental Product Declaration. Ympäristöseloste, joka kertoo tuotteen tai prosessin koko elinkaaren ympäristövaikutuksista. Perustuu standardiin EN 15804.
ISO	Maailmanlaajuisesti vahvistettu standardi.
SFS	Suomessa vahvistettu standardi.
YSE	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Sopimusehdot, jotka ovat tarkoitettu käytettäväksi ammattimaisessa rakentamisessa.

1 Johdanto

1.1 Tausta

YIT Suomi Oy kuuluu YIT Oyj konserniin, joka on merkittävä rakennusalan konserni Suomessa, sekä työnantajana, että yhteiskunnallisena toimijana. YIT Suomi Oy panostaa energiatehokkaaseen uudisrakentamiseen, sekä hankehkehitykseen. YIT haluaa tehdä yhteistyötä asiakkaidensa kanssa, tuottaakseen parempia palveluita ja tuotteita. YIT:ssä ollaan kiinnostuneita tiimityöskentelystä ja yhdessä suunnittelusta. YIT on meritoitunut merkittävässä valtakunnallisissa rakennushankkeissa, sekä myös allianssi -toimintamalleissa. YIT:llä on ollut pitkään maine rakennusalan suunnannäyttäjänä ja alan kehittäjänä. [1.]

Usein rakentamisessa on ongelmia, jotka eivät ole yksinkertaisia ja ne ratkeavat parhaiten, kun ratkaisuja kehitetään yhteistyössä erilaisin näkökulmin. YIT:llä on yli 110 vuoden kokemus rakennusalalta, joka näkyy jokapäiväisessä toiminnassa käytännönläheisyytenä. Pitkä kokemus, jatkuva halu kehittyä, sekä tahtotila olla yhteiskunnallisena suunnannäyttäjänä näkyy mm. toteuttavien tahojen ja suunnittelijoiden yhteydenpidon tehostamisella. Täydentävien teräsrakenteiden määrä- ja kustannuslaskenta valikoitui kehittämishankkeeksi, koska YIT haluaa parantaa tällä osa-alueella ennakoitavuutta aikataulujen, sekä kustannuksien osalta. Tutkimustyön laatijalla on myös kokemusta teräsrakenteiden parissa työskentelystä usean vuoden ajalta, johon sisältyy tarjous- ja määrälaskentaa, tarkemitoitusta, suunnittelua, konepajavalmistusta ja asennusta.

Nykytilassa epäselvyyksiä luovat monet eri toimintatavat eri suunnitteluratkaisuissa. Tällä hetkellä toimintatapoja on lähes yhtä monta, kuin on työmaita, suunnittelijoita ja toimittajia. Kyseiset eriävät toimintatavat suunnitteluratkaisuissa ovat korostuneet viime vuosien kriisiaikoina, jolloin materiaalien yleinen saatavuus on heikentynyt merkittävästi. Tällöin tulisi jo suunnitteluvaiheessa huomioida eri raaka-aineiden ja materiaalien toimitusvarmuus, eli pyrkiä käyttämään vakioksi luettavia tuotteita ja ratkaisuja.

Toisena ääripäänä on aikataulupaineista johtuva alimitoitus, jolloin työn eteneminen menee laatuvaatimuksien edelle ja kyseisen rakenteen pintakäsittely ei esimerkiksi kestä suunnitellun käyttöiän loppuun. Kyseisiä ratkaisuja tehdään nykypäivänäkin työmailla liian usein. Näitä ristiriitoja tulee pyrkiä välttämään suunnittelunohjauksen yksinkertaistamisella, jossa suunnittelussa käytettävät tuotteet tulee olla vakiodimensioilla, joiden saatavuus on kriisitilanteissakin vaka. Käytännönläheinen suunnittelu helpottaa myös työmaan tuotannonohjausta, sekä tahdistusta. Selkeyttämällä prosessia voidaan pienentää sen riskiä, että lähtövaatimukset ja lopputuote ei vastaa toisiaan, joka on yleinen ongelma rakennusosalalla.

1.2 Tavoitteet

Tämän projektin tarkoitus on konkreettisesti helpottaa kaikkien osapuolten työtä täydentävien teräsrakenteiden laskenta-, mitoitus- ja toteutustoimenpiteissä. Tämän työn pohjalta tuotetaan laskentataulukko tilaajayrityksen käyttöön, jota tullaan hyödyntämään urakkalaskennassa. Työssä tutkitaan myös suunnittelun ohjauksen teoriaa, sekä siihen vaikuttavia tekijöitä, erityisesti omatuotantokoh-teissa.

Rakennusalan päästöjen minimoimiseksi suunnittelunohjaus tarvitsee tietoa, minkälaisia materiaaleja on ylipäättään saatavilla. Koottua tietoa tästä ei täydentävien teräsrakenteiden osalta ole, joten kirjallisuustutkimus on tarpeellinen. Tavoitteena on myös löytää näkökulmia, joiden avulla asuntotuotannon rakennusprojektin kaikkien osapuolien yhteistyö syvenisi.

1.3 Menetelmät ja rajaukset

Tutkimustyön laatija on toiminut teräsrakenteiden toimittajana ja toteuttajana YIT:n kohteissa, joka voi vaikuttaa projektin näkökulmaan. Tavoitteena on kuitenkin tutkielma, josta hyötyy YIT ja heidän sidosryhmänsä. Erilaisia teräsrakenteita on asuintaloissakin useita, mutta tässä työssä keskitytään täydentäviin

teräsrakenteisiin runkotyövaiheessa, sekä yksinkertaisten kaidetyyppien vakiointimiseen hinnoittelun osalta.

Tutkimusmenetelmä tässä työssä on pääasiassa kvalitatiivinen, eli laadullinen tutkimus. Tutkimus on myös osittain case-tyyppinen, koska tietoa kerätään toteutuneista kohteista ja tuotetaan parannuskeinoja seuraaviin. Tässä työssä saavutetut tulokset testataan käytännössä ja tehdään vertailu siitä, että muuttuiko prosessi sujuvammaksi. Tutkimushaasteena on se, että toteuma-aikoja ja tyytyväisyyttä on hankala mitata, koska vaiheita on paljon. Eri vaiheiden välillä voi kulua myös paljon aikaa. Myös tutkielman aikataulujen puitteissa ei ole mahdollista saada suurta määrää dataa prosessin mahdollisista muutoksista työn valmistumisen jälkeen. Johtopäätöksiä tehdään pääasiassa tutkimuksen osapuolten mielipiteiden ja haastattelujen pohjalta.

2 Määrä- ja kustannuslaskenta

2.1 Määrälaskennan menetelmät

Määrälaskennassa saadaan rakennusprojektiin liittyvien materiaalien ja suoritteiden määrät. Laskenta suoritetaan kohteen suunnitelmien pohjalta. Näitä määriä hyödynnetään projektin budjetin laatimisessa, sekä hankinnoissa ja niiden kilpailutuksessa. Määrillä voidaan myös osoittaa muutos- ja lisätöitä tilaajan suuntaan. Määrälaskenta mielletään yleisesti ennakoivaksi toimenpiteeksi, kun rakennukselle luodaan budjettia tai kohde on urakkalaskennassa. Määrälaskentaan on tarjolla paljon alihankintana tuotettuja laskentapalveluita. Yleinen käytäntö suuremmissa kilpailukohteissa onkin tilata määräluettelo laskentaan perehtyneeltä yritykseltä. Määrälaskentaa tulee suorittaa toteuttajan toimesta myös projektin toteutumisen aikana, jolloin on tiedossa toteutuneet menekit ja kustannustaso. Näitä tietoja hyödynnetään lisä- ja muutostöiden hinnoittelussa, sekä budjetinseurannassa. Määrälaskennan avulla saadaan myös yksikköhintoja toteumataulukoihin, jotka tukevat seuraavien kohteiden urakkalaskentaa ja budjetinlaadintaa. [11]

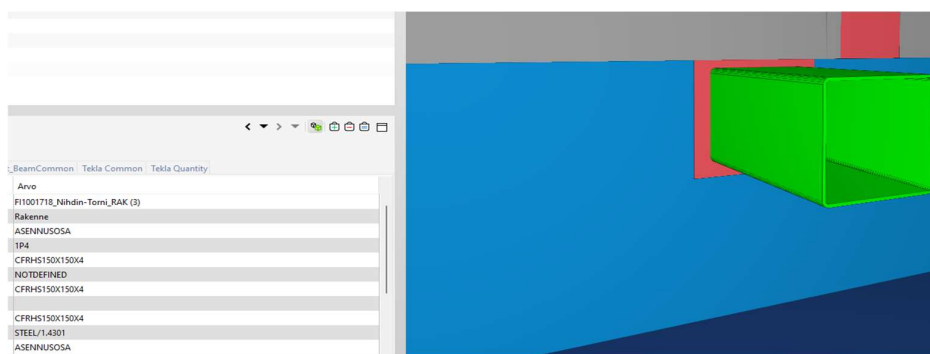
Määrälaskentaan on laadittu Talo-2000-nimikkeistöjärjestelmään perustuvia määrälaskentaohjeita. Myös RT-kortistosta löytyy ohjeellisia työaikoja ja materiaalimenekkejä pohjautuen Talo-nimikkeistöihin. Ohjeistus auttaa määräluettelon laadinnassa, sekä mittaus- ja laskentatekniikassa. Määrät tulee eritellä selkeästi eri rakennusosan tunnuksille. Manuaalista määrälaskentaa joudutaan usein suorittamaan, jos tilaaja ei toimita määräluetteloa. Pieniä määriä lasketaan käsin laskentana esimerkiksi PDF-tiedostoista mittatyökalulla, jos kohteesta ei ole saatavilla tietomallia.

Määrälaskenta sitoo tekijältään paljon resursseja ja vaatii osaamista. Määrälaskentaan on tarjolla erilaisia ohjelmistoja. Osa ohjelmista laskee määrät automaattisesti suunnitelmista, ja toiset vaativat osittain myös käsin laskentaa [11]. Täysin automaattisten laskentaohjelmistojen käyttäminen täydentävien teräsrakenteiden määrälaskennassa vaatii paljon tarkastustoimenpiteitä.

Laskentatavasta riippumatta yleensä määräluettelon valmis tiedostomuoto on Microsoft Excel -laskentataulukko. Määrät voidaan syöttää suoraan myös kustannuslaskentaohjelmaan, jonne on etukäteen ajettu yksikköhinnat.

BIM-tietomallit ovat helpottaneet mekaanista käsin laskentaa. Osa tietomalliohjelmistoista tarjoaa myös määrä-laskentatyökaluja. Tietomallissa rakennusosan valitsemalla, tulevat automaattisesti näkyviin rakennusosan tilavuus, pinta-ala ja pituustiedot. Tämä helpottaa määrä-laskentaa huomattavasti.

Tietomallipohjaisen laskennan riskinä on kuitenkin tietomallin ajantasaisuus. Tietomallista saatuja tietoja tulee aina verrata varsinaisiin toteutuspiirustuksiin. Tietomallin sisältäessä paljon tietoa, on sen jakaminen myös yleensä rajoitettu. Eli urakkalaskentaa suorittavalla taholla ei ole sinne aina pääsyoikeutta. Kuvassa yksi esitetään malliesimerkki onnistuneesta täydentävän teräsosan lisäämisestä tietomalliin. Kyseisestä osasta saadaan kaikki tieto, kun se valitaan tietomallista, taulukosta käy ilmi osan dimensiot, pituus ja materiaalin tyyppi. Nämä tarkastamalla, voidaan nopeasti todeta kyseessä olevan yleisesti käytetty sokkelielementin kannatuskonsoli.



Kuva 1. Kuvakaappaus RAK-tietomallista, jossa merkitty täydentävän kantavan teräsosan dimensiot ja materiaali. [6]

2.2 Kustannuslaskennan periaatteet

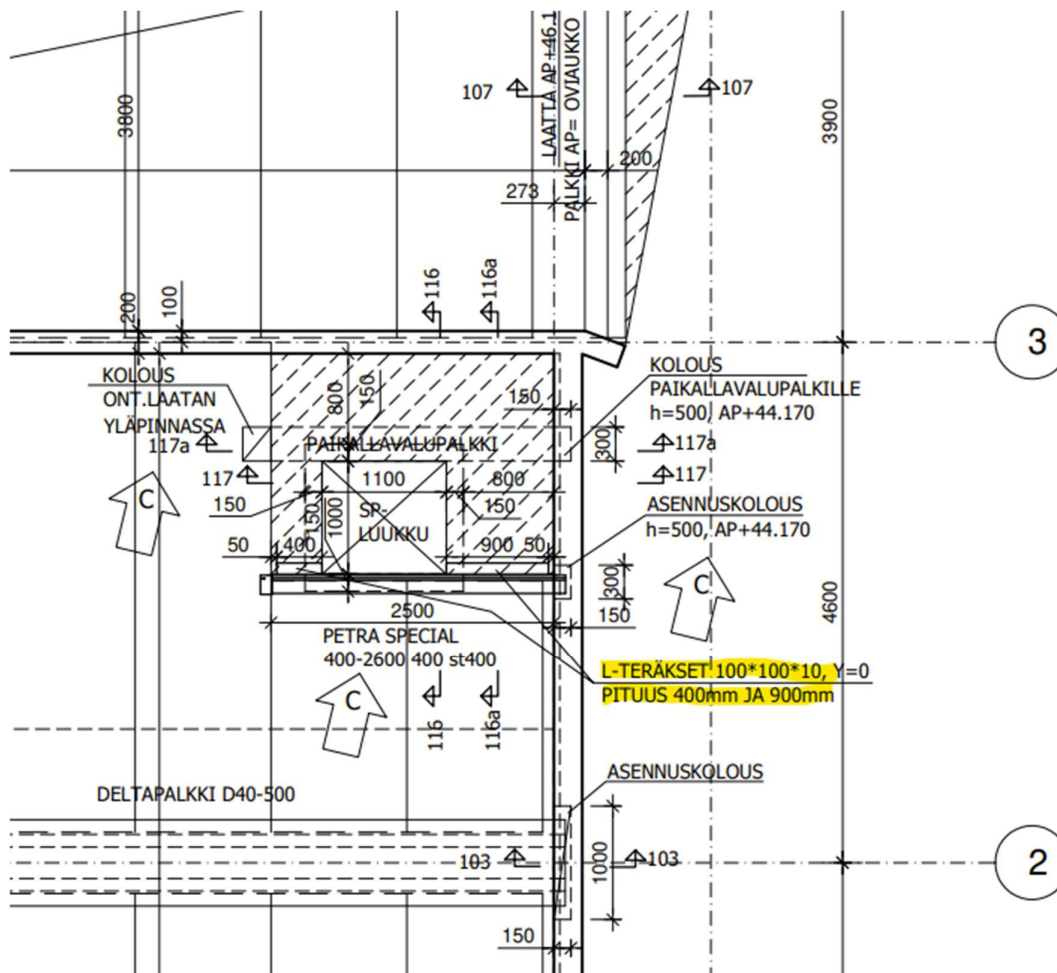
Kustannuslaskennassa luodaan budjetti kohteelle. Kustannuslaskennassa yhdistetään määrälaskennasta saadut määrät, sekä jokaiselle yksikölle olemassa olevat yksikköhinnat. Suurien kohteiden urakkalaskennassa hyödynnetään myös aliurakoitsijoilta saatuja ennakkotarjouksia. Ennakkotarjouksia on markkinatilanteen mukaan haastavaa saada laskenta-aikataulun puitteissa, sekä niiden sisältö saattaa olla puutteellinen. Urakkalaskennan tehostamiseksi tulisi pääurakoitsijalla olla omat laskentamenetelmät niitä tilanteita varten, kun ennakkotarjouksia ei ole hyödynnettävissä. [13.]

Täydentävien teräsrakenteiden osalta määrä- ja kustannuslaskenta on haastavaa tilaajan tai pääurakoitsijan toimesta. Usein rakennesuunnitelmissa esitetään pieniä, mutta merkityksellisiä teräsosia, joiden massoittaminen on haastavaa. Pienen osan merkitys saattaa myös korostua, jos materiaaliksi on merkitty jokin erikoisteräs, jolla on suora vaikutus hinnoitteluun ja toimitusaikaan. Runkoon liittyvien teräsrakenteiden toimitusajat ja määrät ovat kriittisiä runkoaikataulun kannalta. Kyseiset teräsosat aiheuttavat haastetta myös urakkarajoissa, eikä aina ole selkeää kuuluvatko tietyt täydentävät osat runkourakkaan, elementtitoimitukseen vai teräsrakenneurakkaan. Tällöin ennakoimattomat kustannukset tulevat yleensä pääurakoitsijalle. [14.]

Kuvassa kaksi esitetään rakennesuunnitelma, jossa revisio C on revisiotaulukon mukaisesti aukon lisääminen ontelolaatastoon. Aukotuksen toimenpiteet on yksilöity revisiotaulukossa, mutta L-teräksien lisäämistä ei ole mainittu ollenkaan muutoksena. Täydentäviä teräsosia on tullut lisää, muiden rakennusosien muutoksien takia, mutta tätä ei ole erikseen huomioitu. Tilanne on erittäin yleinen suunnitelmapäivityksissä täydentävien teräsrakenteiden osalta. Rakennesuunnitelmia päivitettäessä tulisi huomioida aina kerrannaisvaikutukset ja etenkin aukotustöissä syy-yhteys terästukirakenteisiin.

Osat joudutaan hankkimaan runkotyön edetessä nopealla aikataululla, jolloin hintojen kilpailutukselle ei jää juurikaan aikaa. Tämänkaltaisten lisäyksien takia myös osien määrä joudutaan varmistamaan käsin laskennalla päivitettyjen

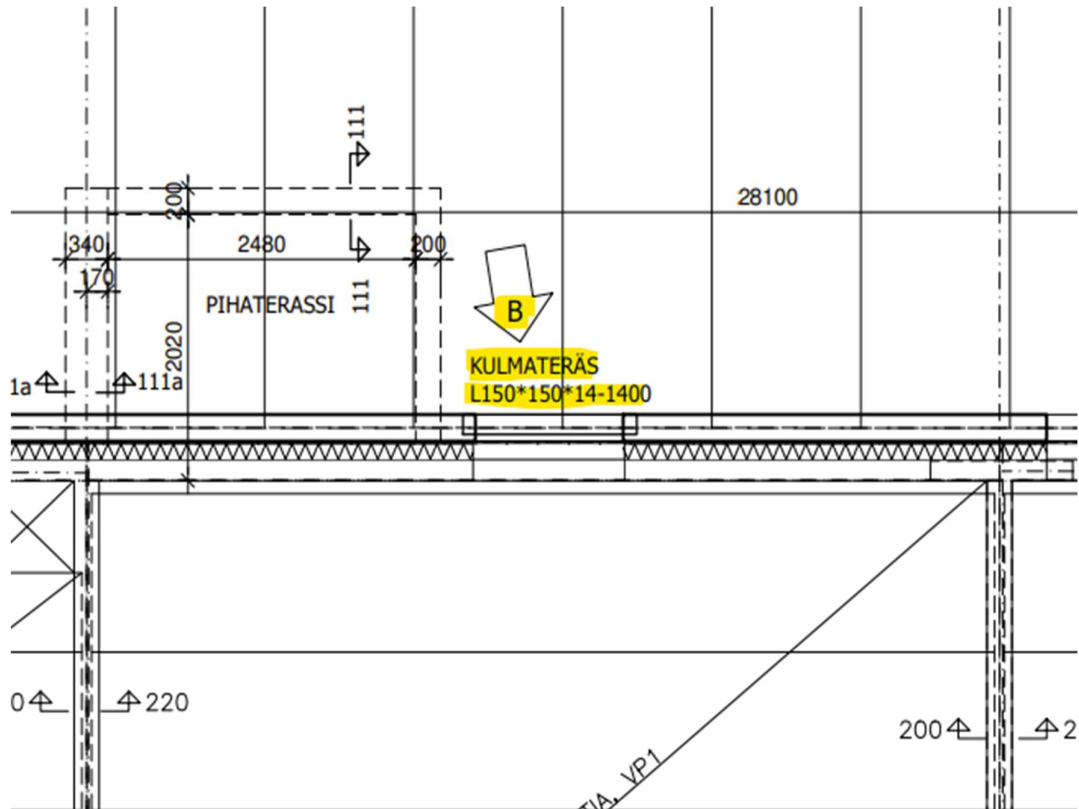
suunnitelmien pohjalta. Näiden osien kustannuksia on hankala ohjata oikealle taholle ja mahdoton sisällyttää urakkaan. Mikäli aukotuksia huomioidaan tietty määrä vanhan toteuman pohjalta tai aukkosahauksia löytyy valmiiksi jo määräluettelosta, tulisi pääurakoitsijan lisätä aukotushinnoitteluun myös mahdollisten teräsosien kilohinnoittelu. Positiivista on se, että kyseessä on rakenneteräs va-kiodimensioilla.



Kuva 2. Rakennesuunnitelma, jossa revisio C taulukoitu, aukotuksen lisääminen SP-luukulle, mutta eri erikseen huomioitu tai mainittu teräsosien lisäämistä. [6]

Kuvassa kolme esitetään rakennesuunnitelma, jossa revisio B on myös aukon lisäys kantavaan kuorielementtiin, jolloin ontelolaataston toisen pään kannatus sisäkuoresta katkeaa hetkellisesti. Revisiotaulukkoon on erikseen lisätty

kulmateräksien lisäys, sekä niiden pituudet ja kappalemäärät. Kustannuksien ohjaaminen on hankalaa, mutta aikatauluun vaikuttavat häiriöt saadaan minimoitua selkeällä revisioinnilla ja teräsosien merkkauksella.



Kuva 3. Rakennesuunnitelma, jossa revisio B merkattu kantavan kuorielementin aukotukseksi ja erikseen mainittu kulmateräksen lisäys onteloiden kannatukselle. [6]

2.3 Toteumataulukot

Toteumataulukko on työkalu, johon päivitetään kohteiden ja rakennusosien toteutuneet kustannukset. Toteumaa verrataan alun perin laadittuun budjettiin ja hyödynnetään tulevien kohteiden urakka- ja kustannuslaskennassa. Toteutuneiden kohteiden hinnoittelua ylläpidetään yksikköhinnoitteluperiaatteella. Rakennusosasta riippuen alalla yleisesti käytettävät yksiköt materiaalien ja rakennusosien menekeille ovat m, jm, m², m³ ja kg. Täydentävissä teräsrakenteissa

kaikki hinnoittelu pohjautuu kiloihin, mutta tiettyjen vakiotuotteiden vertailu onnistuu helpommin metriperusteisesti, kuten kaiteet, käsijohteet ja työstämättömät rakenneteräkset.

Viime vuosina epävakaasta maailmantilanteesta johtuneet hintojen vaihtelut ovat aiheuttaneet merkittäviä haasteita toteumataulukoiden käytössä. Taulukoiden revisiointi ja ajantasaisuus ovat suuri haaste, sillä rakennusmateriaalien hinnoittelu on kokenut suuria heilahteluita jopa yhden vuorokauden aikana. Yleisesti toteumataulukkojen päivityksessä on hyödynnetty indeksejä, mutta viime vuosien hinnanvaihteluihin nähden indeksit reagoivat liian hitaasti, jotta hinnoittelutieto olisi ajantasaista.

3 Suunnittelun ohjaus

3.1 Suunnittelun ohjauksen periaatteet

Onnistuneessa suunnittelun ohjauksessa on kyse usean eri rakennushankkeen osallistuvan osapuolen vuorovaikutuksesta. Suunnittelun ohjaus alkaa jo hankesuunnitteluvaiheessa. Täydentävien teräsrakenteiden osalta suunnittelun ohjaus ajoittuu valitettavan usein hyvin lähelle toteutusvaihetta. Kuten muidenkin rakennusosien, myös täydentävien teräsrakenteiden tarpeet vaihtelevat rakennusprojektin aikana, jolloin suunnittelua joudutaan tekemään toteutusvaiheen aikana. Erityisesti tällaisessa tilanteessa tulisi pyrkiä käyttämään vakio tuotteita, jotta hinnan lisäksi toimitusaika on ennakoitavissa. [15.]

Täydentävät rakenteet ovat nimensä mukaisesti täydentäviä rakenteita, jolloin niiden suunnitteluun ja varsinkaan suunnittelun ohjaukseen ei käytetä paljoa aikaa. Suunnittelutoimistojen näkökulmasta tämä on perusteltua, mutta sen vaikutuksia toteutusvaiheessa ei osata huomioida riittävän ajoissa. Rakenteiden optimointi ajoittuu monesti liian lähelle hetkeä, jolloin tuote tulisi olla jo työmaalla. Jolloin absoluuttisten hyötyjen saavuttaminen jää kyseenalaiseksi, vaikka itse rakenne on kevennetty ja optimoitu, on aikataulussa tullut viipeitä.



Kuva 4. Täydentävä kantava sisäänkäyntikatoksen teräsrunko. Rakenne ja pintakäsittelyt optimoitu, alkuperäisessä rakennesuunnitelmassa vain maininta teräskatoksesta.

3.1.1 Standardit

Itse suunnittelua ohjaavat standardit, jotka asettavat lähtötiedot ja minimivaatimukset rakennuksen suunnittelulle. Kantavien teräsrakenteiden toteutuksessa noudatetaan EN 1090-2 harmonisoitua tuotestandardia. Kyseinen standardi asettaa minimivaatimukset kantavien teräsrakenteiden toteutukselle, rakennesuunnittelijan määrittämän toteutusluokan mukaan. Teräsrakenteiden toteutusluokkia ohjaavat samat osa-alueet, kuin esimerkiksi betonirakenteita. Toteutusluokka kertoo suoraan minimivaatimukset kaikille valmistustoleransseille. Se määrittää myös rakenteen esikäsitteilyasteen ja pintakäsittelyn laatuvaatimukset. Itse pintakäsittelyille on omat standardinsa, esimerkiksi kuumasinkitys SFS-EN ISO 1461 ja maalausyhdistelmiin liittyvät standardit SFS-EN ISO 12944-3, -5, -6. [5.]

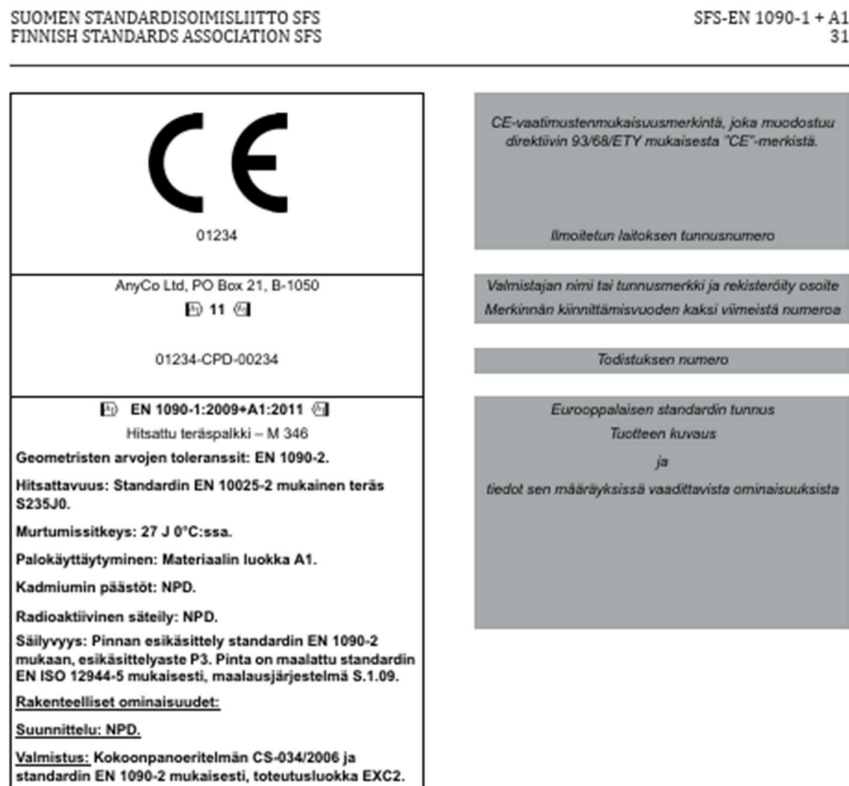
Toteutusluokat ovat EXC1, EXC2, EXC3 ja EXC4. Näistä EXC4 on vaativin. Toteutusluokka valitaan standardin SFS-EN 1993-1-1 ja sen kansallisen liitteen mukaan. Kyseinen standardi on ensimmäisen sukupolven eurokoodi, joka on Suomessa käytössä, kunnes toisen sukupolven eurokoodit otetaan käyttöön. Kyseisen standardin siirtymäaika päättyy viimeistään 30.3.2028.

Toteutusluokan määrittää rakennesuunnittelija. Mikäli toteutusluokkaa ei ole erikseen määritetty, käytetään toteutusluokkaa EXC2. Yleensä täydentävät teräsrakenteet sijoittuvat toteutusluokkaan EXC2, joka ei ole vaatimuksiltaan erityisen vaativa, mutta vaatii toimittajalta perehtymistä rakennusalan tuotevaatimuksiin. Eri toteutusluokat kuvaavat yksinkertaisesti vaatimustasoa, eri luokkien välillä suurimmat käytännön erot ovat konepajalla suoritettavissa hitsaustöissä, niiden valvonnassa, sekä raaka-aineiden jäljitettävyydessä. [7.]

Eurooppalaisten yhdistettyjen standardien tarkoituksena on ollut yhdenmukaistaa eri maiden vaatimuksia ja kansainvälistää kilpailua erityisesti EU-alueella. Kansainvälisiin standardeihin liittyy kuitenkin lähes poikkeuksetta kansallisia liitteitä, jotka täsmentävät tiettyjä vaatimuksia maakohtaisesti. Suurimmat päivityksen uusimmissa standardeissa liittyvätkin liitteisiin, joten itse standardien lisäksi

tulee suunnittelijan ja toteuttajan olla perehtynyt kansallisiin liitteisiin. Tilaajan näkökulmasta tätä tulee huomioida erityisesti silloin, kun teräsrakenteisiin liittyviä osia tai urakoita tilataan ulkomailta.

Itse standardit päivittyvät harvoin. Tällöin kyseessä on isompi päivitys, jonka käyttöönotossa on siirtymäaika. Käytännössä tämä tarkoittaa kahden standardiversion yhtäaikaista voimassaoloa. Siirtymäaikaan ajoittuvassa suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota siihen, että tietoja otetaan vain toisesta standardista, eikä ristiin molemmista. Rakennustuoteasetus velvoittaa kantaviin teräsrakenteisiin kiinnitettävät EN 1090-1 mukaisen CE-merkinnän. [7.]



Kuva ZA.1 Esimerkki CE-merkinnästä, kun tuoteominaisuudet esitetään materiaaliominaisuuksien ja geometristen tietojen perusteella

Kuva 5. Kantavaan teräsrakenteeseen liitettävä CE-merkintä (EXC2). [7]

3.1.2 Vakiintuneet käytännöt

Täydentävien teräsrakenteiden osalta vakiintuneita käytäntöjä käytetään paljon. Esimerkiksi yksinkertaiset tuotteet, kuten autokatoksen runkopilarit, voivat kulkea samanlaisina suunnitelmasta toiseen jopa useiden vuosien ajan. Vakiintuneiden käytäntöjen hyvä puoli on se, että useiden vuosien ajan käytössä ollut käytäntö on saattanut jalostaa ja optimoida rakenteen kustannustehokkaaksi ja työturvalliseksi.

Kääntöpuolena vakiintuneissa käytännöissä on, että ne eivät ole välttämättä ajantasaisia tai niitä ei ole missään vaiheessa optimoitu. Mikäli minkäänlaista tarkastelua ei ole suoritettu, on mahdollista, että aiemmin yleisesti käytetty materiaali ei ole enää edes saatavilla.

Vakiintuneisiin käytäntöihin liittyen voidaan täydentävien teräsrakenteiden suunnittelua ohjata suoraan suunnittelutoimistojen yhteistyökumppaneille, joilla on erikoistumista kyseisiin rakenteisiin. Samaan ajatukseen pohjautuen suunnittelua ohjataan usein työhön valikoituneelle aliurakoitsijalle. Yleensä tässä vaiheessa on rakennuksen suunnittelu yleisesti hyvin pitkällä ja meneillään on jo toteutusvaihe. Yleensä konepajapiirustukset eivät sisälly suunnittelusopimukseen. Käytännössä täydentävien rakenteiden mitoittamiseen vaikuttavat asiat ovat jo lukittu muiden suunnittelualojen toimesta. Esimerkiksi vaakarakenteiden jänneväleihin ei voida enää vaikuttaa pystypilarien määrällä, koska vaadittavat perustustyöt on jo tehty alkuperäisen rakennesuunnitelman mukaisesti.

3.2 Materiaalikirjastot

Materiaalikirjastot muodostavat oman haasteensa täydentävien rakenteiden osalta. Rakenneteräksiä toimittavien tukkureiden oma aktiivisuus on yhtenä ongelma-kohtana. Ajantasaisia materiaaliluetteloita ei toimiteta suunnittelutoimistoille yhtä aktiivisesti kuin noin 10 vuotta sitten. Materiaalien toimittajien aktiivisuus näkyy myös muissa rakennusosissa ja -tuotteissa.

Kiinnikevalmistajista Hilti on selkeästi aktiivisin omien mitoitusohjelmien kehittämisen suhteen [12]. Tällöin myös toimittajan omat materiaalikirjastot pysyvät ajantasaisina. Tämä selittää, miksi rakennesuunnitelmissa on lähes poikkeuksetta kiinnikkeiden tyyppityksessä käytetty vain yhden toimittajan tuotteita. Ilmiö on sinänsä haitallinen suunnittelun osalta, koska se lukitsee jo suunnitteluvaiheessa toimittajan, jolloin varsinaista kilpailua ei synny. Tästä ei voi kuitenkaan syyttää asiassa hyötyvää toimittajaa, sillä kyse on yrityksen omasta aktiivisuudesta ja panostuksesta tuotteisiinsa. Hiltin käyttäminen kiinnikesuunnittelussa on myös eräänlainen vakiintunut käytäntö. Samat ominaisuudet täyttäviä korvaavia tuotteita voi käyttää, mikäli ne ovat hyväksytyt rakennesuunnittelijalla.

Erialaisten suunnitteluohjelmien vakiokirjastot antavat suoraan oikean mitoituksen mukaisen teräkseen rakenteeseen, mutta kirjastot eivät ota huomioon raaka-aineen saatavuutta. Suuret suunnitteluohjelmat ovat globaalisti käytössä, jolloin ohjelmisto ei voi ottaa huomioon materiaalien saatavuuksia eri maissa. Mitoituksellisesti ohjelmisto antaa aina käyttökelpoisen vastauksen, mutta materiaalien saatavuutta joudutaan varmistamaan manuaalisesti.

3.3 Soveltaminen käytäntöön

Tilaaajayrityksen eniten käyttämiä täydentäviä teräsrakenteita on pyritty vakioimaan ja osittain siinä on myös onnistuttu. Kuitenkin vakioratkaisut eivät ole soveltuneet kaikkiin arkkitehtuurisiin ja rakenteellisiin vaatimuksiin. Onnistuneesti vakioituja tuotteita ovat mm. vetotankoparvekkeiden teräsosat, autokatosten teräsrunkojen pilarit ja puisten sisäänkäyntikatosten teräksiset vetotangot.

Käytännössä tiettyjen tuotteiden vakioiminen toimittajasta riippuvaiseksi vääristää kilpailua. Haastatteluiden perusteella lähtökohtaisesti aina on hyvä asia, mikäli toimittaja haluaa kehittää tuotteita ja toimintaa oma-aloitteisesti. Tästä syystä vakioratkaisuita kehitetään ensisijaisesti suunnittelijoiden, eikä toimittajien kanssa. Täydentävien teräsrakenteiden osalta haasteet kehityksessä ovat, ettei niihin ole välttämättä järkevää käyttää kovin paljon aikaa, jolloin asiaan

perehtyminen jää pintapuoliseksi ja kehitystä ei tapahdu, eikä uusia ratkaisuja tai käytäntöjä synny.

3.4 Mitoitusohjelmat

Täydentäville teräsrakenteille sovelletaan mitoitusohjelmien lisäksi käsin laskentaa ja Excel-taulukoita, jolloin suunnitelmia on helpompi muuttaa, eivätkä ne nojaa jonkin ohjelmiston vakiokirjastoon. Toisaalta tällöin rakenteiden optimointi saattaa jäädä tekemättä, koska kyseessä on kokonaisuuden kannalta hyvin pienen merkityksen omaava rakenne, sekä rakenteellisen toiminnan osalta, että hinnoittelun osalta.

Koska täydentävien rakenteiden mitoitus on usein manuaalista työtä, eivät rakenneosat näy välttämättä tietomallissa ollenkaan. Myöskään kaikista pienistä kohteista ei ole tietomallia ollenkaan käytössä.

Täydentäviin rakenteisiin riittää yksinkertainenkin ohjelma tai laskentatapa. Mallinnusta ja mitoitusohjelmia käytetään siinä vaiheessa, kun itse teräsrakenne muodostaa varsinaisen kehän. Raaka-ainetoimittajilla on myös mitoitusohjelmia, mutta normaaleihin rakenneteräksiin ja täydentäviin teräsrakenteisiin liittyen sellaista ei ole tarjolla. Esimerkiksi Ruukilla on mitoitusohjelma kantaville poimulevyille ja kevytorsille ja SSAB:lla on mitoitusohjelma teräspaaluille. [8 ja 9.]

4 Täydentävien teräsrakenteiden merkitys rakennushankkeessa

4.1 Täydentävien teräsrakenteiden hinnoittelu ja saatavuus

Täydentävien teräsrakenteiden hinnat ovat kokeneet viime vuosina suurta vaihtelua, vaikka ne ovat määrällisesti pieni rakennusosa, sekä euroissa, että kilogrammoissa mitattuna. Tällöin niiden hinnan suhteellinen muutos on verrattain suuri, vaikka menekki on pieni. Täydentävien teräsrakenteiden suunnittelu ja hinnoittelu liittyvät toisiinsa myös hankintojen osalta. Mitä selkeämmät suunnitelmat ovat, sitä enemmän voi odottaa tarjouksia. Ajantasaisia vakiokirjastoja käyttämällä voidaan tehostaa myös kilpailua, jolloin yhä useampi toimittaja pystyy tarjoamaan yleisesti käytettyjä materiaaleja ja rakenteita. Täydentävien teräsrakenteiden määrät ovat verrattain pieniä, jolloin myös ylimitoitus koetaan pieneksi ongelmaksi suunnittelutoimistoissa.

Omatuotannossa voidaan joustaa materiaalien ja pintakäsittelyvalintojen osalta, mikäli suunniteltu käyttöikä ja ympäristön rasisuusluokat silti täyttyvät. Yksinkertaisena esimerkkinä ruostumattoman teräksen vaihtaminen kuumasinkittyyn. Rakenteen hinta kevenee huomattavasti, mutta myöskään toimitusaika ei välttämättä pitene pintakäsittelyn lisäämisestä huolimatta, koska lähtökohtaisesti rakenneteräslaatuja S235 ja S355 saatavuus on parempi, kuin erikoisempien RST profiilien. Normaaliin rakenneteräksien tarjonta myös suurempaa Suomessa kuin esimerkiksi ruostumattomien teräksien.

4.2 Teräsrakenteiden mitoitus ohjaavat tekijät

Täydentävien teräsrakenteiden mitoitus ohjaavat standardit, normit, ohjeet ja määräykset. Erityiskohteissa voi lähtötietona olla standardeista poikkeava ympäristön rasisuusluokka, jolla on suora vaikutus materiaalin valintaan, ainevahvuuksiin ja pintakäsittelyihin. Euroopassa teräsrakenteiden suunnittelu on vahvasti EN-standardeihin pohjautuvaa, josta käytetään myös nimitystä eurokoodijärjestelmä. Kantavien teräsrakenteiden oleellisin tietovaatimus on seuraamusluokka. Tämän pohjalta valmistaja tietää heti rakenteen minimivaatimustason.

Kohteen rakennesuunnittelijan määrittämä seuraamusluokka kertoo lähtötason myös konepajan omalle työsuunnittelulle. [7.]

Toteutusluokka muodostuu seuraavien osa alueiden tarkastelusta

- seuraamusluokka
- käyttöluokka
- tuotantoluokka

Taulukko 1. Matriisi toteutusluokan määrittämiseen. [7]

Seuraamusluokat		CC1		CC2		CC3	
Käyttöluokat		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Tuotantoluokat	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^a	EXC3 ^a
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^a	EXC4

^a Toteutusluokkaa EXC4 käytetään kansallisten sääntöjen edellyttämällä tavalla erityisrakenteille tai rakenteille, joiden vaurio voi aiheuttaa äärimmäisiä seuraamuksia.

Taulukko 2. Taulukko seuraamusluokan valinnasta. [7]

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

Taulukko 3. Käyttöluokkien määrittäminen. [7]

Luokat	Kriteerit
SC1	<ul style="list-style-type: none"> – Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan pääosin vain staattisille kuormituksille (Esimerkki: Rakennukset) – Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille matalan seismisen aktiiviteetin perusteella ja luokassa DCL* – Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan nostureista aiheutuville väsytytkuormille (luokka S₀)**
SC2	<ul style="list-style-type: none"> – Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan standardin EN 1993 mukaisille väsytytkuormille. (Esimerkkejä: Maantie- ja rautatiesillat, nosturit (luokat S₁...S₂)**, rakenteet, jotka ovat alttiina tuulesta, väkijoukosta tai pyörivästä laitteesta aiheutuville värähtelyille – Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille keskimääräisen tai korkean seismisen aktiiviteetin perusteella ja luokissa DCM* ja DCH*
*	DCL, DCM, DCH: standardin EN 1998-1 mukaisia sitkeysluokkia.
**	Ks. nostureista aiheutuvien väsytytkuormitusten luokittelu standardeista EN 1991-3 ja EN 13001-1.

Taulukko 4. Tuotantoluokat. [7]

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

5 Hiilijalanjälki ja työturvallisuus

5.1 Vakioratkaisuiden käytettävyys ja hiilijalanjälki

Vakioratkaisuiden käyttäminen täydentävissä teräsrakenteissa pienentää myös rakennuksen hiilijalanjälkeä. Tällöin esimerkiksi rahtikustannukset ja -päästöt pienentyvät merkittävästi, kun voidaan hyödyntää mahdollisesti jopa kotimaassa tuotettuja raaka-aineita. Erikoisempien teräsprofiilien muotojen ja kokojen osalta voidaan joutua tuottamaan jopa kokonaan oma eränsä.

Euroopan suurimmat terästehtaat, esimerkkinä SSAB ovat hankkineet EPD-sertifikaatin vain vakioituille tuoteryhmille. Kyseessä on kolmannen osapuolen arviointi tuotteen koko elinkaaren ympäristövaikutuksista. Rakennuttajat tietysti pyrkivät mahdollisimman vähäpäästöiseen rakentamiseen, joka tulee olla helposti dokumentein todennettavissa. Tämä kokonaisuus tukee myös vakiotuotteiden käyttämistä täydentävien teräsrakenteiden raaka-aineina.

Kyseinen menettely voi vaikuttaa merkittävästi myös hankintaprosessiin.

Hiilijalanjäljen huomioiminen täydentävissä teräsrakenteissa on toistaiseksi vähäistä suunnitteluprosessin aikana. Yleisellä tasolla hiilijalanjälkeä tarkkaillaan tietysti paljon ja suuremmassa mittakaavassa vertailuja tehdään primäärirunkomateriaalien osalta.

Toteutuksen yksityiskohdilla on myös merkitystä ympäristönkuormitukseen.

Epäkemiallisten parien muodostamista tulee välttää pulttiliitoksia käytettäessä.

Mikäli pintojen liittäminen toisiinsa on välttämätöntä, tulee ne irrottaa toisistaan käyttötarkoitukseen sopivalla erotuskaistalla, esimerkiksi EPDM-kumitiiviste.

Eri pintakäsittelymuotojen huoltotarve aiheuttaa rasisusta ympäristölle. Pintakäsittelyitä suunniteltaessa tulee huomioida koko rakenteen elinkaari. Mikäli asennustyössä on tehty paljon hitsiliitoksia työmaalla tai rakenteeseen on valittu ulkonäkösyistä jokin erikoisempi maalausyhdistelmä, joudutaan mahdollisesti

huoltotoimenpiteissä käyttämään teollisuuden tarkoitettuja ympäristölle haitallisia kemikaaleja.

Kuumasinkitys on käytännössä huoltovapaa pintakäsittely. Suomen sääolosuhteissa kuumasinkityksen kalvopaksuuksia kasvattamalla päästään riittävään korroosionkestoon. Kuumasinkityn rakenteen maalaustarve syntyykin yleensä ulkonäöllisistä syistä. Tässä asiayhteydessä on syytä eri suunnittelualojen tunnistaa, että rakenteellinen käyttöikä ja esteettinen käyttöikä ovat eri asioita. Vaikka rakenteeseen muodostuisi pintaruostetta suunnitellun käyttöiän aikana, eivät sen rakenteelliset ominaisuudet välttämättä heikkene.

Mikäli rakenne on poikkeuksellisen suuri, jolloin hitsiliitoksia ei saada tehtyä konepajalla, tulee tehdasolosuhteita vastaavat olosuhteet järjestää työmaalle. Täydentävien teräsrakenteiden osalta näin massiivista rakenteista on harvoin kyse, mutta kyseinenkin menettely on mahdollinen, kun se huomioidaan erikseen, esimerkiksi Kruunusillat -projektin esivalmistetut teräselementit hitsattiin lohkoiksi asennuspaikan läheisyydessä väliaikaisissa sääsuojissa. Valmistus sisälsi hitsauksien lisäksi esikäsitteilyt ja maalaukset. [4.]

5.2 Työturvallisuus ja laatu

Yleensä rakennusosalalla työn suorittaminen on pitkä ketju, joka alkaa tuotantolaitoksilta, sekä sisältää valmistus- ja asennustyön lisäksi paljon logistiikkaa. Yleisesti rakennusalan työturvallisuudesta puhuttaessa, sekä työturvallisuussuunnitelmia laadittaessa huomioidaan vain työmaalla tapahtuvien työvaiheiden turvallisuutta. Tämä näkökulma on tietysti tarpeellisin rakennustyömaalla suoritettavien työvaiheiden näkökulmasta, mutta tällöin usein laiminlyödään työturvallisuuden liittyvien asioiden huomioiminen koko tuotantoketjun aikana.

Koko tuotantoketjun aikainen työturvallisuus ei ole työmaan vastuulla, mutta tietyillä suunnitteluratkaisuilla voidaan vaikuttaa kappaleiden kokoon ja käsiteltävyyteen. Konepajasuunnitelmien tekeminen on täydentävien teräsrakenteiden

osalta usein aliurakoitsijan vastuulla, mutta myös rakennesuunnittelun suorittanut taho tuottaa usein valmistussuunnitelmia kyseisistä tuotteista.

Työturvallisuuteen pystytään vaikuttamaan jo suunnitteluvaiheessa. Täydentävien rakenteiden kuormitussuunnat, sekä tuentatavat vaikuttavat merkittävästi asennettavien kokoonpanojen ja elementtien kokoon, sekä käsiteltävyyteen. Suunnitteluvaiheessa huomioitavat ratkaisumenetelmät vaikuttavat työturvallisuuden lisäksi käytännöllisyyteen, sekä työn laatuun.

Esimerkiksi kantavien teräsrakenteiden osalta työmaalla tehtävien hitsiliitosten vaihtamisella pulttiliitoksiin voidaan välttää tulityöt, jolloin päästään eroon tulityöluvasta ja riskialttiista työvaiheesta. Rakenteelliset hitsiliitokset työmaaolosuhteissa edellyttävät myös hyviä sääolosuhteita, sekä hitsaajanpätevyudet suorittanutta työntekijää.

Valmiin kokoonpanon hitsausliitoksissa työmaalla myös pinnoite vaurioituu ja sitä joudutaan mekaanisesti poistamaan ja puhdistamaan, jotta hitsiliitos onnistuu. Työmaaolosuhteissa pinnoitteen korjaaminen ja tehdaslaadun saavuttaminen, sekä kalvopakauksien, että ulkonäön osalta on haastavaa. Hitsiliitosten määrästä riippuen, voi maalausolosuhteiden järjestäminen olla mahdotonta. [3.]

Suunnittelun yhteyttä työturvallisuuteen voidaan tarkastella myös kappaleen käsiteltävyyden kannalta. Kappaleiden ulkomitoilla ja painolla on suuri merkitys niiden käsiteltävyyteen. Suunnitteluvaiheessa tulee huomioida jo mahdolliset liitospohdat, jotta logistiikan osalta pysytään normaaleissa kuljetusmitoissa. Kappaleissa tulee olla myös erilliset nostopisteet niiden käsiteltävyyden helpottamiseksi valmistuksessa, logistiikassa ja asennuksessa.

6 Tulokset

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia asuntotuotannon täydentäviin teräsrakenteisiin liittyviä haasteita määrä- ja kustannuslaskennan, sekä suunnittelun osalta. Työn tuloksena luotiin Excel-taulukko tilaajayrityksen käyttöön, helpottamaan urakkalaskentaa liittyen täydentäviin teräsrakenteisiin. Taulukko sisältää tilaajayritykselle luotua yksikköhinnoittelua, joten sitä ei julkaista työn virallisena liitteenä. Taulukossa on koottuna eniten käytettyjen täydentävien teräsrakenteiden tyyppejä ja niille luotuja yksikköhintoja. Tilaajayritys lisää saamansa määrät kyseiseen taulukkoon, joka antaa suoraan teoreettisen kokonaishinnan. Taulukon hinnoittelutietoa päivitetään kvartaaleittain.

Haastatteluita suoritettiin monipuolisesti eri toimijoiden näkökulmasta. Kaikille haastateltaville käytettiin samaa kysymyspatteristoa. Haastattelussa käytettävä pohja sisälsi kysymyksiä liittyen teräsrakenteiden suunnitteluun, suunnitteluohjelmien vakiokirjastoihin ja niiden ylläpitoon, työturvallisuuteen rakenteen suunnitteluvaiheessa, hiilijalanjäljen huomioimiseen, sekä vakioratkaisuiden käyttöön. Haastateltavat edustivat tilaajaa, pääurakoitsijaa, sekä eri suunnittelutahoja. Ongelmakohdat havaittiin sekä suunnittelua, että toteutusta suorittavien tahojen toimesta. Kaikki haastatellut tahot näkevät yhden ratkaisun olevan tiiviimpi yhteistyö, jossa myös toimittajat ja urakoitsijat esittävät omia ratkaisuehdotuksiaan. Tarkoituksena oli löytää selkeitä ongelmakohtia ja mahdollisia ratkaisuja, sekä jo käytössä olevia hyväksi todettuja käytäntöjä. Henkilöhaastatteluiden perusteella monet ongelmat tiedostetaan jollakin tasolla, mutta niihin ei ole vielä ollut aiheellista hakea ratkaisuja. Tämän työn suunnitteluvaiheessa tarve ongelmien esiin nostamiselle ja ratkaisujen löytämiselle oli ilmeinen.

Suhdanneherkkänä alana rakennusala on joutunut poikkeuksellisen tilanteen eteen viime vuosina. Taloudelliset vaikutuksien lisäksi alalla on merkittävä rooli yhteiskunnallisena suunnannäyttäjänä vastuukysymyksissä. Työn tarkoituksena oli selvittää kustannustehokkuuden, ympäristöystävällisyyden ja työturvallisuuden yhdistämistä täydentävien teräsrakenteiden toteutuksissa.

Rakenneteräksien toimittajilta toivotaan myös aktiivisuutta suunnittelutoimistojen suuntaan. Ajantasaisia kuvastoja ei toimiteta aktiivisesti suunnittelijoille, jolloin suunnitelmiin saattaa päätyä dimensioita, joita ei enää ole saatavilla vakio tuotteina. Pidemmälle jalostettu kehitysaskel raaka-ainetoimittajien suunnalta olisi myös jokin yksinkertainen mitoitusohjelma palkki ja putkirakenteille.

7 Johtopäätökset

Täydentävien teräsrakenteiden suunnitteluun ja hinnoitteluun käytetään vähän resursseja, koska rakenteet koetaan toissijaisiksi koko hankkeen kannalta. Monesti täydentävien rakenteiden tahdistava merkitys on vähäinen. Rakenteiden toissijaisuuden uudelleen arviointi on tullut ajankohtaiseksi, kun materiaalien toimitusvaikeuksia on alkanut ilmetä. Myös rakenteisiin liittyvän hinnoittelun suhteellinen muutos muodostaa suuren merkityksen, vaikka rakenteen osalta euroäärälliset muutokset olisivat maltillisia, ovat prosenteissa vertailut hinnanmuutokset suuria. Tässä työssä esiin nostettuja ongelmakohtia ja ratkaisuja testataan käytännössä työn julkistamisen jälkeen, joten testattuun tietoon perustuvia johtopäätöksiä ei tässä kappaleessa voida ottaa huomioon.

Alaa koskevat ympäristövaatimukset ja tulevaisuuden kehitys on tiedossa, mutta keinot eivät ole vielä käytännössä mukana. Epävakaa maailmantilanne on aiheuttanut suuria kustannusten nousuja erityisesti rakennusalalla, sillä kyseessä on erittäin suhdanneherkkä ala.

Kuten kaikkien rakennusmateriaalien, myös täydentävien teräsrakenteiden tarve vaihtelee rakennusprojektin aikana, eikä täysin tarkka menekki ole aina tiedossa etukäteen. Näiden rakenteiden osalta tulisi ennakoida ja tunnistaa teräsosien tarpeita, joita voi syntyä muiden rakenteiden muokkaamisesta projektin aikana. Esimerkiksi ontelolaattojen tai kuorielementtien aukkotuet, kantavien poimulevyjen aukotuksen tuet ja tiilimuurauksen poikkeuksellisen pitkät aukotusvälit. Asiakasyrityksen määrä- ja kustannuslaskennan tehostamiseksi tulee omatuotantoon vakioida tiettyjä teräsosia, sekä laskea oletettu menekki tietyille täydentäville teräsosille. Esimerkiksi määräluetteloon laskelmoituihin aukotuksiin kantaville rakenneosille tulisi laskea teoreettinen menekki teräsosille.

8 Yhteenveto

Täydentävien teräsrakenteiden suunnitteluun, määrälaskentaan ja hankintaan liittyy monenlaisia haasteita, jotka ovat olleet kaikkien rakennushankkeeseen osallistuvien osapuolien tiedossa jo pitkään, mutta haasteiden vaikutukset ovat nostaneet päätään vasta viime vuosina. Rakennusalan ylikuumentunut tuotantotahti on aiheuttanut vauhtisokeutta, jossa kehitystä ei ole ehtinyt tapahtua, kun on ollut kiire toteutuksesta seuraavaan. Tämän ongelman tiedostaessaan tilaajayritys halusi tehostaa omaa kustannuslaskentaansa, sekä suunnittelunohjausta erityisesti asuntorakentamisen omatuotantokohteissa.

Työssä on esitetty tiivistettynä kaikki täydentävien teräsrakenteiden määrälaskentaan, mitoittamiseen ja suunnitteluun liittyvät tekijät. Työssä esitetään alan oleellimmat ajankohtaiset standardit, sekä selitetään standardeista oleellisimmat kohdat, jotka vaikuttavat teräsrakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen. Työssä tutkitaan myös eri ratkaisuiden ympäristövaikutuksia, sekä työturvallisuuden vaikuttavia tekijöitä. Esille tuodaan myös käytännön näkökulma ongelmien ja ratkaisujen muodossa. Tämän insinööriyön suorittaminen antoi monipuolisia näkökulmia rakennusvaiheen eri osapuolien toimesta.

Tilaajayrityksen asema valtakunnallisena toimijana ja rakennusalan suunnannäyttäjänä toi työhön myös yleistä näkökulmaa työturvallisuuden, hiilijalanjäljen ja laadun osalta. Alalle vakiintunut tahtituotanto ei siedä myöskään häiriötekijöitä aikataulullisesti, joten työn tarkoituksena oli korostaa suunnittelussa pientä osaa näyttelevien rakenteiden suurta merkitystä, jos niiden saatavuudessa on haasteita. Työssä esille nostettujen ongelmakohtien ratkointa vaatii aktiivista yhteistyötä kaikilta rakennushankkeen osapuolilta. Materiaalitoimittajien tulisi päivittää aktiivisesti omia tuotekirjastojaan ja tuoda tietoa enemmän suunnittelutoimistoille. Toimittajan näkökulmasta tässä motivaattorina on vakiotuotteiden mekin kasvu. Yhteistyötä syventämällä kaikkien osapuolien ymmärrys toistensa vaatimuksista kasvaa.

Tutkimustyön tulos helpottaa tilaajayrityksen asemaa pääurakoitsijana, rakennuttajan, sekä tilaajana. Työn tarkoituksena on selventää, että kantavien teräsrakenteiden osalta toimitusvarmuus, laatu ja pieni hiilijalanjälki kulkevat käsikädessä. Valmiita ratkaisuja on jo olemassa, jos niitä osataan hyödyntää. Näiden rakennusosien toimitusvarmuuden lisäämiseksi ja hiilijalanjäljen pienentämiseksi ei tarvitse keksiä uusia tuotteita tai prosesseja.

Lähteet

- 1 yitgroup.com, verkkoaineisto 2023. <https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta>
- 2 Aaltonen, Pietu. 2019. Tutkiva kirjoittaja ammattikorkeakoulussa. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/882/46e998c/Terasrakenne_lehden_pintakasittelyartikkeleita_2011_2018.pdf
- 4 <https://kruunusillat.fi/kruunuvuorenranta/kruunuvuorensilta-tehdaan-liittopalkeista/> <https://kruunusillat.fi/kruunuvuorenranta/kruunuvuorensilta-tehdaan-liittopalkeista/>
- 5 <https://nordicgalvanizers.com/standards/?lang=fi>
- 6 YIT tuotanto 2022-2023, projektipankki
- 7 SFS EN 1090-2:2018 Teräsrakenteiden toteutus standardi SFS EN 1090-2:2018 Teräsrakenteiden toteutus standardi
- 8 <https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/terasluokat/teraspaalut-ja-paineputket/suunnittelutyokalut>
- 9 <https://www.ruukki.com/fin/building-envelopes/services-support/load-bearing-sheet-and-purlin-support/software-tools-for-load-bearings-and-purlins>
- 10 KLT-Rakenne Oy oma albumi, YIT:n uudisrakennuskohde
- 11 <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6033>
- 12 <https://www.hilti.fi/content/hilti/E1/FI/fi/business/business/engineering/all-software-solutions/anchor-design-software.html> <https://www.hilti.fi/content/hilti/E1/FI/fi/business/business/engineering/all-software-solutions/anchor-design-software.html>
- 13 Koskenvesa, A. & Soila, J.-P. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 14 Lindholm, M. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy

- 15 RT 13-11120, Suunnittelun johtaminen korjaushankkeessa
https://www.rakennustietokauppa.fi/sivu/tuote/rt-13-11120-suunnittelun-johtaminen-korjaushankkeessa/2742942?gclid=Cj0KCQiAjMKqBhCgARIsAPDgWlw1M7fYbueA7brdgSAB3Zx167LqxrMYqY-fhgBo-AvvgoojNyMiXxikaAnLIEALw_wcB