



Teräsbetonirakentaminen Suomessa

Walteri Virtanen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2024

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri
Rakennustuotanto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri
Rakennustuotanto

VIRTANEN, WALTTERI:
Teräsbetonirakentaminen Suomessa

Opinnäytetyö 103 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2024

Tässä opinnäytetyössä käsitellään teräsbetonirakentamista Suomessa. Työssä esitellään teräsbetonirakenteiden toimintaa, käyttökohteita ja haasteita. Työn keskeisimpänä tuloksena pyrittiin saada luotua lukijalle selkeä käsitys teräsbetonialan toiminnasta kokonaisuudessaan. Työ on tarkoitettu pääasiassa tuoreeltaan alasta kiinnostuneelle henkilölle, joskin työstä saattaa löytää uutta tietoa myös alalla pidempään toimineet henkilöt.

Työn teoriaosuus sisältää tietoa tärkeimmistä alan asioista, kuten rakenteiden toiminnasta, eri työvaiheista sekä paikallavalu- ja elementtirakentamisen eroista. Teoriaosuudessa sivutaan myös esimerkiksi teräsbetonirakentamisessa käytettäviä tarvikkeita, yleisimpiä liitostyyppejä sekä betonin kuivumiseen liittyviä seikkoja ja kaavoja. Lisäksi työssä tuodaan esiin suurimpia alalla toimivia yrityksiä, isoja teräsbetonihankkeita Suomessa sekä rakennusvalvontaan liittyviä asioita. Työssä yhtenä tärkeänä aiheena on myös teräsbetonirakentamiseen liittyvät haasteet ja ongelmat, joiden selvittämiseen käytettiin apuna myös kyselytutkimusta. Työssä esitellään myös teräsbetonihankkeen tyypillinen kulku, jotta aikaisemmin opinnäytetyössä esitetyt asiat saadaan yhdistettyä käytäntöön kuvitteellisen esimerkkihankkeen avulla.

Opinnäytetyössä käytettiin tiedonhankintamenetelminä lukuisia verkkolähteitä, konsultointia alan osaajilta, aikaisemmin hankittua henkilökohtaista työkokemusta sekä teräsbetonirakentamisen parissa työskentelevälle ryhmälle suunnattua kyselytutkimusta.

Työhön liittyen voitaisiin tulevaisuudessa tehdä tarkentava jatkotutkimus liittyen teräsbetonirakentamisen haasteisiin ja ongelmiin. Haasteita ja ongelmia voisi tutkia laajemmalla kyselytutkimuksella ja tekemällä haastatteluja esimerkiksi juuri alalle tulleille henkilöille.

Työhön on koottu teräsbetoniala kokonaisuudessaan, jolloin myös sen laajuus tulee ilmi. Työssä käsitellään teräsbetonialaan liittyviä asioita monesta eri näkökulmasta sekä työntekijöiden että työnjohtajien kannalta.

Asiasanat: teräsbetoni, teräsbetonirakentaminen, raudoitus, elementtirakentaminen, paikallavalurakentaminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Construction Production

VIRTANEN, WALTTERI:
Reinforced Concrete Construction in Finland

Bachelor's thesis 103 pages, appendices 3 pages
April 2024

The topic of this thesis is reinforced concrete construction in Finland. The thesis extensively covers various aspects related to reinforced concrete construction, such as basic information and the challenges associated with the work. The objective of the thesis is to provide the reader with a clear understanding of reinforced concrete construction.

In the theoretical part of the thesis, different phases of reinforced concrete work and construction styles are discussed. The theoretical section also presents the equipment used in the work and the drying process of concrete. In the third chapter, data related to additional and modification works are presented, obtained through a questionnaire survey. Additionally, the third section introduces the major players in reinforced concrete construction in Finland and some significant projects. The fourth chapter focuses on the progression of a reinforced concrete project, where the previously discussed theoretical aspects are applied to practical scenarios.

The thesis used numerous online sources, questionnaire surveys, previous personal experience, and consultations with experts in the field. As a result, the work presents an extensive package about reinforced concrete construction. Various aspects of the topic were addressed from multiple perspectives, leading the reader to a better understanding of the entirety of a reinforced concrete project.

Key words: reinforced concrete, reinforcement work, concrete, precast concrete unit

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TERÄSBETONIRAKENTAMISEN TEORIA.....	8
2.1	Teräsbetonirakentamisen historia.....	9
2.1.1	Teräsbetonirakentamisen tulevaisuus.....	11
2.2	Teräsbetonirakenteiden toiminta.....	14
2.2.1	Teräsbetonirakenteiden käyttökohteet	14
2.2.2	Teräsbetonirakenteen hyödyt ja haitat	16
2.2.3	Paikallavalu ja elementtirakentaminen	18
2.2.4	Korjausrakentaminen	20
2.3	Teräsbetonirakentamisen vaiheet.....	22
2.3.1	Mitoitukseen vaikuttavat asiat ja rakennesuunnittelijan työt	23
2.3.2	Maanrakennus.....	23
2.3.3	Muottityöt.....	24
2.3.4	Raudoitustyöt	27
2.3.5	Betonivalut.....	33
2.4	Taivutustyyppit ja rakenteisiin tulevat teräsmäärät	38
2.4.1	Raudoitteiden taivutustyyppit	38
2.4.2	Teräsmäärät eri kohteissa.....	41
2.5	Rakennuspiirustukset, tarvikkeet ja muut tiedot.....	44
2.5.1	Raudoituspaiirustukset ja teräslaskenta.....	45
2.5.2	Väestönsuojaverkot ja raudoitustarvikkeet.....	48
2.5.3	Betonirakentamisen liitososat.....	55
2.5.4	Elementtiparvekkeet.....	58
3	TERÄSBETONIRAKENTAMINEN SUOMESSA	61
3.1	Teräsbetonirakentamisen tilanne.....	61
3.1.1	Isot projektit Suomessa	62
3.1.2	Teräsbetonirakenteiden tekijät	64
3.1.3	Rauditusliikkeiden toiminta ja tehdastuotanto	65
3.1.4	Yleiset ongelmat ja haasteet työn suorittamisessa	67
3.1.5	Lisä- ja muutostyöt	73
3.1.6	Valvonta	75
3.1.7	Ohjeita teräsbetonikohteen työnjohtajalle	77
3.1.8	Työturvallisuus teräsbetonirakentamisessa	80
3.1.9	Betonilaatan kuivuminen omakotitalokohteessa	83
4	TERÄSBETONIHANKKEEN KULKU.....	86
4.1	Tarveselvitys ja hankesuunnittelu	86

4.1.1 Rakennussuunnittelu.....	88
4.1.2 Kilpailutus tekijöistä ja materiaaleista.....	90
4.1.3 Materiaalien valmistus tehtailla	91
4.1.4 Hankkeen rakennusvaihe.....	92
4.1.5 Luovuttaminen tilaajalle.....	93
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	95
LÄHTEET.....	97
LIITTEET.....	101
Liite 1. Hyvinkään Sveitsin uimalan koko raudituspiirustus.	101
Liite 2. Kyselylomake: Teräsbetonirakentamisen haasteet.....	102
Liite 3. Teräsbetonirakentamisen haasteisiin liittyvän kyselyn vastaukset Excel-taulukossa.....	103

LYHENTEET JA TERMIT

<i>m³</i>	kuutiometri
<i>dimensio</i>	harjateräksen halkaisija
<i>LVISA</i>	lämpö, vesi, ilmastointi, sähkö, automatiikka
<i>%RH</i>	suhteellinen kosteus

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi maailmalla todella yleistä rakentamistapaa eli teräsbetonirakentamista. Aihe valikoitui aikaisemmin alalta hankittujen kokemusten ja tulevaisuuden urasuunnitelmien perusteella. Työssä pyritään käsittelemään teräsbetonirakentamiseen liittyviä asioita todella laajasti ja monesta eri näkökulmasta. Työn pääasiallisena tavoitteena on antaa lukijalle kattava näkemys teräsbetonialan toiminnasta Suomessa. Työ on tarkoitettu pääasiassa uudelle alalle tulevalle henkilölle, joskin työn laajuuden takia siitä voi löytyä uutta tietoa myös pidempään alalla työskennelleelle henkilölle. Työssä on syvennytty moneen asiaan vahvojen kokemusten ja konsultoinnin avulla, joten kokeneempi-kin tekijä voi löytää opinnäytetyöstä uusia näkökulmia tukemaan omaa työskentelyään. Työn on tarkoitus olla hyvin käytännön läheinen ja helposti ymmärrettävä kokonaisuus.

Työn sisältöön kuuluvat pääotsikoina teoriaosuus, tutkimusosuus, kuvitteellinen esimerkkihanke ja lopussa opinnäytetyöstä heränneet johtopäätökset. Työssä tutkittiin laajasti teräsbetonihankkeen kulkua ja muita siihen liittyviä asioita sekä suunnittelijan, työnjohtajan että myös työntekijöiden näkökulmasta. Työn teoriaosuuksessa käsiteltiin teräsbetonirakentamisen historiaa, paikallavalu- ja elementtirakentamisen eroja, vertailtiin erilaisiin kohteisiin tulevia teräsmääriä ja esiteltiin työssä käytettäviä yleisimpiä tarvikkeita. Työn kolmannessa luvussa eli tutkimusosiossa otettiin selvää isoista projekteista Suomessa, teräsbetonirakentamiseen liittyvästä valvonnasta, työturvallisuudesta sekä työhön liittyvistä haasteista. Neljännessä luvussa aikaisemmin työssä esitetyt asiat yhdistettiin käytäntöön tyypillisen, kuvitteellisen esimerkkihankkeen yhteydessä.

Tutkimuksissa käytettiin henkilökohtaisen tiedon lisäksi konsultointia alan vahvoilta osaajilta ja tietoa etsittiin myös verkkosivuilta useasta eri lähteestä, joihin viitattiin tekstin yhteydessä. Työssä esiintyvien ongelmien ja haasteiden tutkimisessa käytettiin apuna myös pienelle ryhmälle toteutettua kyselytutkimusta, joka toimi tukena vahvistamaan esitetyt väittämät aiheesta. Kyselyyn vastanneet toimivat teräsbetonirakentamisen parissa erilaisissa työtehtävissä.

2 TERÄSBETONIRAKENTAMISEN TEORIA

Teräsbetonilla tarkoitetaan rakennusmateriaalia, johon karkeasti sisältyy harjateräksistä koottu raudoitus sekä sen ympärille valettu betoni. Harjateräs on raudoituksiin käytettävä teräsmateriaali, jolla saadaan betonista huomattavan paljon kestävämpää vetomurtolujuusominaisuuksien osalta. Suomen markkinoilta harjateräksiä on saatavilla 6–32 mm halkaisijalla. Ison halkaisijan omaavia teräksiä käytetään usein raskaammin rasitetuissa kohteissa, kuten siltarakentamisessa tai paalulaatoissa. Harjateräkset katkaistaan ja taivutetaan työmaalle sopiviksi rakennesuunnittelijan määrittämien muotojen ja mittojen perusteella useimmiten raudoitusliikkeiden toimesta.

Betoni puolestaan on kaikille tuttu rakennusmateriaali, joka sisältää vettä, sementtiä, kiviainesta ja usein myös tiettyjä lisä- ja seosaineita, kuten betonin notkistinta. Betoni valetaan juoksevana massana työkohteeseen ja kovettuessaan se tarjoaa erittäin hyvät lujuusominaisuudet, varsinkin puristuslujuuden osalta. Betoni suojaa myös lähtökohtaisesti korroosioalttiita harjateräksiä säältä ja kulumiselta. Tietyissä tapauksissa raudoituksia valmistetaan myös ruostumattomasta teräksestä ja satunnaisesti käytetään myös kuumasinkittyä terästä. Syynä näiden käyttöön on parempi korroosionestokyky. Nämä teräkset ovat kuitenkin huomattavasti kalliimpia kuin normaali harjateräs ja niiden käyttö on erittäin satunnaista.

Teräsbetoni on nykyään maailman käytetyin rakennusmateriaali, jota käytetään lukuisissa erilaisissa kohteissa ympäri maailmaa. Yleisiä teräsbetonin käyttökohteita ovat esimerkiksi sillat, kerros- ja toimistotalojen rungot sekä erilaisten rakennusten anturat. Teräsbetoni tunnetaan rakennusmaailmassa kilpailukykyisen hintansa lisäksi myös erittäin lujana ja kestäväenä materiaalina. Teräsbetoni on hyvin raskas rakenne ja sen omapaino on noin $2500 \text{ kg} / \text{m}^3$.

Teräsbetonia käytetään työmailla sekä paikallavalurakentamisessa että myös valmiina isoina elementteinä, jotka asennetaan työmaalla paikalleen nosturin avulla.

2.1 Teräsbetonirakentamisen historia

Betoni on saanut alkunsa ensimmäisen kerran jo antiikin Rooman ajoilta. Antiikin Roomassa rakennettiin massiivisia rakennuksia betonin kaltaisella seoksella, jossa käytettiin sidosaineena tulivuorituhkaa ja kalkkia. Betonin valmistumistapa ja käyttö kuitenkin unohtui keskiajan saapuessa, mutta sitä ruvettiin käyttämään uudelleen 1800-luvun alussa. Yksi suuri syy betonin uudelleen käyttöön ottamiseen oli nykyäänkin käytössä olevan Portland-sementin keksiminen vuonna 1824. 1850-luvun puolivälissä betonin joukkoon alettiin kokeilla sekoittaa betonia lujittavia materiaaleja, joista syntyivät ensimmäiset niin kutsutut raudoitukset. Betonin käyttö runkojen rakentamismateriaalina levisi suuresti maailmalla vuonna 1900 Pariisiin maailmannäyttelyn ansiosta. Suomeen betonin käyttäminen rakennusmateriaalina saapui 1800-luvun lopussa ja ensimmäinen *teräsbetonista* valmistettu silta valmistui Orimattilaan 1911. Tähän aikaan teräsbetonirakentamista alettiin käyttämään myös paljon juuri infra-rakentamisen keskuudessa. Tähän aikaan teräsbetonirakentaminen oli kuitenkin vielä kaukana nykyisestä teräsbetonirakentamisesta. Betonin seassa teräksenä saatettiin käyttää paljon esimerkiksi rataaksoja ja erilaisia teräksestä valmistettuja osia. Joskus vanhoista puretuista betonirakenteista saattaa löytyä jopa metallirunkoisia polkupyöriä. 1900-luvun alussa Suomessa alettiin rakentaa paljon teräsbetonirunkoisia rakennuksia, esimerkiksi suureksi osaksi koko Helsingin Töölön alue sisältäen asuintalot ja Töölön Stadion. 1940-luku oli kiivasta teräsbetonirakentamisen osalta. Tämä johtui sotien loppumisesta ja kaupunkien jälleenrakentamisesta. (Betoniteollisuus ry, n.d)

1960-luvulla tapahtui Suomessa iso liike rakennusteollisuuden teollistumista kohti, johtuen sotien jälkeisen pula-ajan loppumisesta. 1960- ja 1970-luvuilla Suomessa oli asuntorakentamisen huippusuhdanne ja silloin Suomeen rakennettiin erittäin iso määrä asuinkerrostaloista koostuvia lähiöitä. Elementtirakentaminen myös yleistyi 1960-luvulla hurjaa vauhtia ja nämä kyseiset rakennukset valmistettiin pääosin teräsbetonielementtejä hyödyntäen, jonka vuoksi tähän aikaan rakennetut talot olivat pohjaratkaisuiltaan hyvin saman tyyppisiä keskenään. Asuntoja tehtiin valtava määrä käyttäen apuna sarjatuotantoa ja vuonna 1970 Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö julkaisi kaikille yhteiset betonielementeissä käytettävät liitosdetaljit ja yleiset rakennetyypit (OTAVAMEDIA,

n.d). Tämä oli iso askel elementtirakentamiselle sekä rakennuttajille että myös suunnittelijoille. Tämän jälkeen tilaajat pystyivät tilaamaan teräsbetonelementtejä usealta eri elementtitoimittajalta, koska liitokset ovat keskenään yhteensopivia. Suunnittelijoiden kannalta tämä auttoi kerrostalojen pohjapiirustusten suunnitteluvaiheessa ja antoi mahdollisuuden suunnitella pohjaratkaisuja vapaammin kuin ennen.

1980-luvulta eteenpäin olevissa rakennuksissa huomataan betoniteollisuuden kehittyminen ja monimuotoistuminen, jonka voi huomata talojen ulkonäköjen muuttumisessa ja monimutkaisten teräsbetonirakenteiden rakentamisena.

Teräsbetonirakentaminen muuttuu jatkuvasti vielä tänäkin päivänä ja rakenteisiin tulee jatkuvasti esimerkiksi uudistuneita raudoitusratkaisuja. Vuosien varrella harjateräksen määrä betonin joukossa on kasvanut ja raudoitteiden vaikutuksesta rakenteiden kestävyys tiedetään enemmän nykyisten tutkintamenetelmien ja tiedon ansiosta. Kuviossa 1 esitellään betonirakentamisen tärkeimmät historian vaiheet aikajanalla.



Kuvio 1. Betonirakentamisen historia aikajanalla.

2.1.1 Teräsbetonirakentamisen tulevaisuus

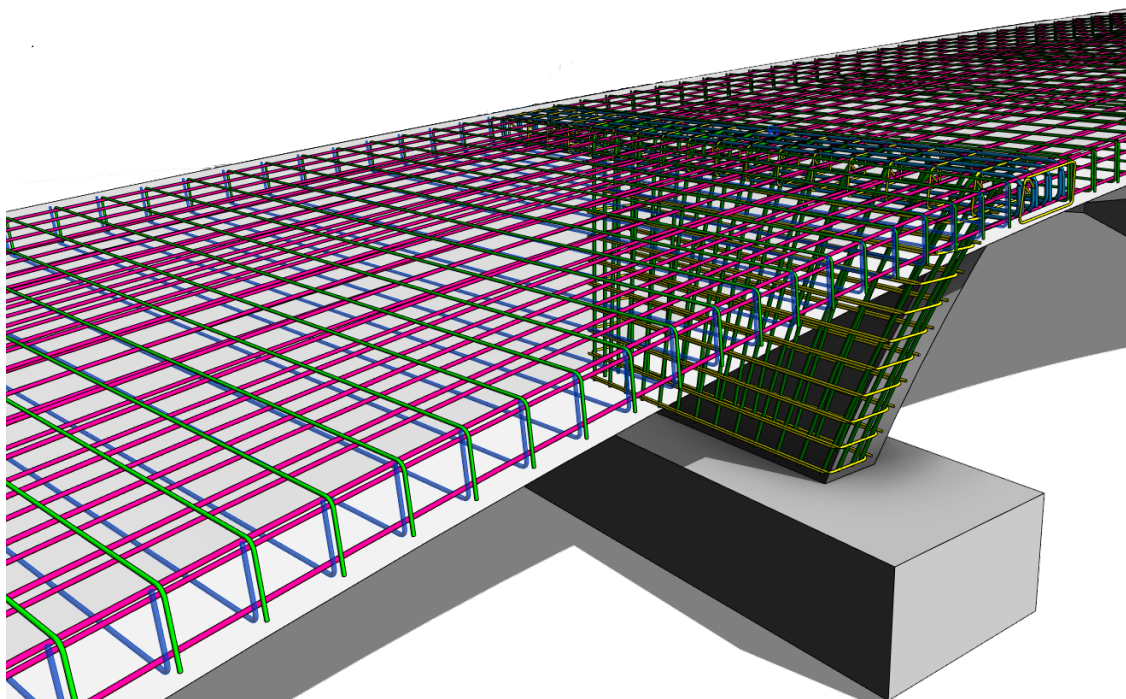
Tulevaisuudessa uskotaan teräsbetonin pitävän pintansa rakennusmarkkinoilla yleisenä runkomateriaalina sen hyvien ja kehittyneiden ominaisuuksien ansiosta. Betonia yritetään tällä hetkellä pitää kehityksessä mukana vähähiilisen rakentamisen osalta ja siihen on löydetty keinoja esimerkiksi kiertotaloudesta kierrättämällä purettua betonia murskekäyttöön sekä uusiokäyttämällä purettua betonia osittain uuden kiviaineksen sijasta tehdessä uutta betonia. Suomessa betonin valmistajien toimiala on myös asettanut tavoitteen nollata betonin valmistamisesta syntyvät CO₂-päästöt vuoteen 2050 mennessä. (Tarkka, 2020)

Betonirakentamisen tulevaisuudesta on siis ennustettavissa valoisaa ja myös jatkuvasti kehittyvää rakentamistapaa. Tulevaisuudessa betonitehtaat, raudoitusliikkeet ja koko rakennusala varmasti ainakin joiltain osin digitalisoituu ja automaatiotekniikka ottaa yhä enemmän valtaa myös rakennusalalla. Se, mitä tämä tarkoittaa, sitä voimme vain arvailla. Todellisuus kuitenkin on, että nyt jo esimerkiksi raudoitusliikkeisiin on tullut yhä kehittyneempiä automaattisia raudan taivuttimia, jotka lisäävät tuotantonopeutta niin paljon, että tehtaalla tarvitaan vähemmän työntekijöitä muokkaamaan sama määrä rautaa kuin ennen (Kuva 1). Digitalisoituminen ja automaatio vaikuttaa varmasti kehittyneiden koneiden ja laitteiden kautta myös työnjohtotehtäviin ja tulevaisuudessa työnjohtajilla täytyy olla yhä enemmän kokemusta myös laitteiden toiminnasta ja niihin liittyvistä huolto- ja korjaustoimenpiteistä. Jo nykyään esimerkiksi raudoitusliikkeissä on pitkälti siirrytty sähköiseen teräslaskentajärjestelmään, jota käytetään tukena fyysisesti tapahtuvassa teräslaskennassa. Tämä vähentää virheiden määrää ja toimii myös järjestelmänä, josta voidaan tarkistaa helposti työmaalle lähteneet teräkset ja harjateräksestä muodostunut kilomäärä. Tämä sovellus ei kuitenkaan ainakaan vielä poista fyysistä teräslaskentaa eli listaustyötä, jolla tarkoitetaan rakennuspiirustuksista työmaalla tarvittavien harjaterästyypin lukumäärien ja mallien laskeamista.



Kuva 1. Raudoitus P.Rintala Oy:n käyttämä Schnellin valmistama teräksen automaattitaivutin. (Raudoitus P.Rintala Oy, 2022)

Raudoitusliikkeiden järjestelmän lisäksi rakennusalalla, kuten maailmalla yleisesti, käytetään nykyään useita sähköisiä apuvälineitä ja tietokoneohjelmia. Näitä ohjelmia käytetään rakennusalalla esimerkiksi suunnittelu- sekä mallintamistehäviin. Nykyään monelta työmaalta on saatavilla niin kutsuttu pistepilvillä toteutettu 3D-rakennemalli, jota voi tarkastella tietokoneelta apuohjelman, esimerkiksi Autodeskin kehittämän Autocadin, Revitin tai Graphisoftin kehittämän Archicadin avulla. 3D-malleista on hyötyä rakennusalalla monessa asiassa. Näistä ohjelmista voidaan oikealla toteutuksella tarkistaa esimerkiksi rakenteen tarkkoja mittoja ja liitoskohtia, piirtää rakennekuvat sekä leikkaukset tai luoda työmaalla työntekijöille kokonaiskuvaa rakennettavasta kohteesta. Kuvassa 2 esitellään Revit-ohjelmalla toteutettu harjateräsmallinnos. Kyseinen 3D-malli on tehty sillan kannen raudoituksesta. Tätä 3D-mallia voidaan käyttää työmaalla esimerkiksi mahdollisten ongelmakohtien tai harjaterästen tarkemman sijainnin tarkasteluun.



Kuva 2. Revitillä toteutettu 3D-malli raudoituksesta. (Autodesk, 2018)

Yleisiä joka alalla käytettäviä sovelluksia ovat esimerkiksi kaikille tutut Microsoftin sovellukset Word ja Excel. Näiden kaikkien jo olemassa olevien ja uusien tulevien sovellusten hyödyntämistä tullaan varmasti näkemään myös jatkossa rakennusalalla.

Raudoituspuolella on puolestaan pitkään puhuttu raudoittajien tulevaisuudesta ja alan mielenkiinnosta uusille tekijöille. Yksi todella suuri ikäryhmä raudoittajia alkaa väistämättä lähestymään eläkeikää ja uusia työntekijöitä raudoitusliikkeet pystyvät houkuttelemaan nykyään todella vähän. Työmailla ei nähdä juurikaan nuoria raudoittajia ja ala ei ole tarpeeksi esillä esimerkiksi rakennusalaan valmistavissa oppilaitoksissa tai rekrytoinneissa. Raudoitustöissä on jo nyt työvoimapuuta osaavista työntekijöistä ja tämän vuoksi työvoimaa etsitään paljon nykyään myös ulkomailta. Uusille työntekijöille pitäisi myös saada annettua positiivinen kuva kyseisestä alasta harjoitteluiden sekä kesätöiden myötä, jotta halu jäädä rakennusalalle säilyisi paremmin.

2.2 Teräsbetonirakenteiden toiminta

Teräsbetonirakenteiden toiminta perustuu betonin hyvään puristuskestävyyteen ja harjateräksien toimintaan vetokestävyyden osalta. Kovettuneen betonin puristuskestävyys on noin 10-kertainen verrattuna sen vetokestävyyteen. Tämän vuoksi vetokestävyys joudutaan ottamaan rakenteeseen harjaterästen eli raudoituksen avulla. Tämä toimii yksinkertaisesti harjaterästen hyvien jousto-ominaisuuksien ansiosta, jolla rakenteen vetomurtolujuutta saadaan parannettua. Harjateräkset vaativat riittävän tartuntapinnan betoniin, jotta teräsbetoni toimii halutulla tavalla eikä rakenne halkeile tai murre. Harjateräs sopii betonin kanssa käytettäväksi myös sen lämpötilakertoimen takia. Lämpötilakertoimella ilmoitetaan materiaalin laajenemista lämpötilan noustessa. Betonin ja teräksen välillä tämä kerroin on sama, joka helpottaa rakenteiden laskemista ja käytännössä estää toisen materiaalin laajenemisen rakenteessa verrattuna toiseen. Teräsbetonin rauditus vaatii toimiakseen jokaisessa kohteessa tarkkoja laskelmia ja monen asian huomiointia mitoitus- eli rakennesuunnitteluvaiheessa.

2.2.1 Teräsbetonirakenteiden käyttökohteet

Teräsbetoni on tärkeimpiä rakennusmateriaaleja niin Suomessa kuin myös muualla maailmassa. Teräsbetonilla on lukuisia käyttökohteita ja lähes kaikki rakennukset sisältävät ainakin paikoittain teräsbetonia, kuten omakotitalossa usein vähintään anturat tai maanvarainen lattia. Monissa kerrostaloissa on nykyään täysin teräsbetonista valmistettu runko eli kantavat seinät ja ala-, väli- sekä yläpohjat.

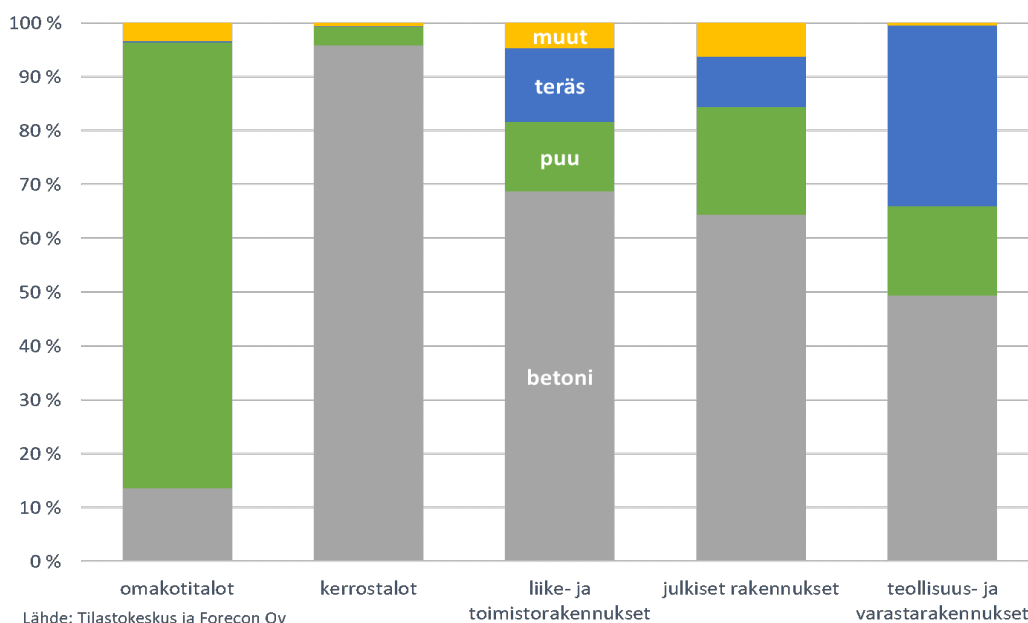
Tyypillisimpiä käyttökohteita tälle rakentamismateriaalille ovat juuri kerrostalojen rungot (kuva 3) ja liiketoimintatilat, parkkihallit tai kannet, sillat ja tunnelit, tukimuurit, anturat useimmissa kohteissa, väestönsuojat ja paalulaatat. Tästä tullaan tulokseen, että lähes kaikissa rakennuksissa on käytetty ainakin joissain määrin teräsbetonia.



Kuva 3. Kerrostalon teräsbetonirungon ensimmäinen kerros. Kohteessa seinät tulivat valmiista teräsbetonielementeistä ja holvi rakennettiin paikalla valaen.

Teräsbetonin käyttö Suomessa on erittäin laajaa, verrattuna muiden materiaalien käyttöön rakentamisessa. Kuviossa 2 on esitetty Tilastokeskuksen ja Forecon Oy:n tekemä kuvio Suomessa käytettävien rakennusmateriaalien jakaumasta.

Runkomateriaalit vuonna 2016 valmistuneissa rakennuksissa



Kuvio 2. Rakennusmateriaalien jakauma rakennusten rungoissa Suomessa. (Laitinen, 2017)

Kuviossa 2 esitetään betonin käyttö runkomateriaalina verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin vuonna 2016. Kuviosta voidaan todeta, että Suomessa omakotitalot rakennetaan pääosin puusta ja teräsbetonin osuus on niissä vain 13 %. Kerrostalojen rakentamisessa prosentit ovat kuitenkin noin 95 % betonia ja vain 5 % puuta. Metsäalan strategisessa ohjelmassa on tavoite saada puukerrostalojen prosenttiosuus verrattuna betonikerrostaloihin nousemaan 10 %:iin Suomessa (Laitinen, 2017).

Betonirakentamisella on kuvion mukaan erittäin vahva osuus myös teollisuus- ja varastorakentamisessa, liike- ja toimistorakentamisessa sekä julkisten rakennusten keskuudessa. Teollisuus- ja varastorakennuksia eli erilaisia hallirakennelmia, tehtaita ja tuotantotiloja valmistetaan noin 33 % teräsrunkoa käyttäen. Teräsrungolla tarkoitetaan teräksestä valmistettuja kehikoksi hitsattuja palkkeja ja pilareita. Tätä runkotyyppiä käytetään useimmiten korkeutta vaativissa rakennuksissa.

Yhteenvedona voidaan todeta betonirakentamisen osuuden runkotöissä olevan noin 59 % kaikkien alkavien rakennusten määriä laskemalla. Kuutiomääriä (m^3) laskemalla kuitenkin betonin osuus on vielä paljon suurempi kuin taulukossa, johon tuen betonin käytöstä pääasiassa suurissa rakennuksissa, kuten kerrostaloissa ja liiketiloissa, kun taas puuta käytetään pääasiassa omakotitalorakentamisessa.

2.2.2 Teräsbetonirakenteen hyödyt ja haitat

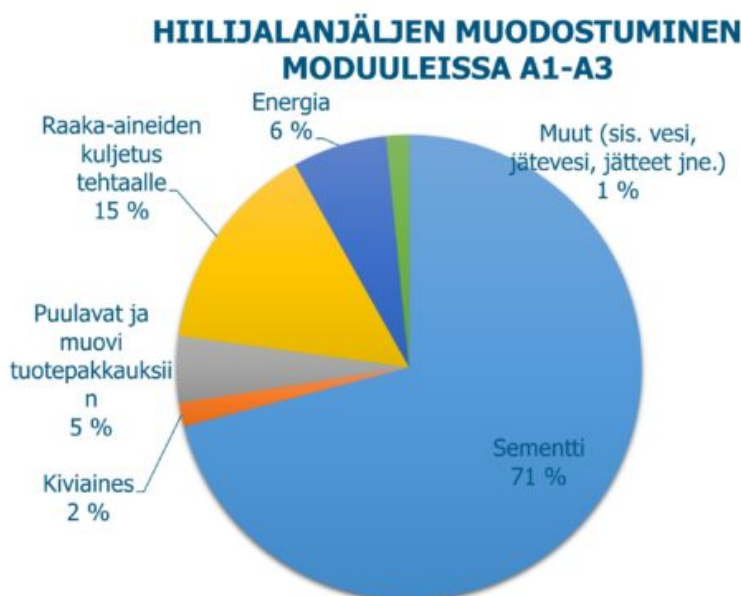
Teräsbetonirakenteessa on paljon hyötyjä, josta kertoo myös juuri sen laajamittainen käyttö ympäri maailmaa. Teräsbetoni on hinnaltaan hyvin kilpailukykyinen. Betoni maksaa noin $150 \text{ €} / m^3$, johon tulee päälle vielä toimitus ja betonin pumpauskulut (Nokos Oy, n.d). Harjateräksen hinta on vuonna 2024 kohteesta riippuen noin $0,80 \text{ €} / kg$ - $1,00 \text{ €} / kg$. Tästä päästään tulokseen, että teräsbetoni on kustannustehokas ja taloudellinen ratkaisu verrattuna esimerkiksi puurunkoiseen kerrostaloon.

Muina hyötyinä voidaan mainita hyvä kosteudensietokyky, ääneneristävyys ja hyvä palonkestävyys. Betoni luokitellaan A1-palonkestoluokkaan, joka tarkoittaa parasta mahdollista palonsietokykyä. Betoni on siis täysin palamaton materiaali. Muita hyötyjä ovat ehdottomasti muokattavuus halutunlaiseksi suunnitteluvaiheessa, luja ja kestävä rakenne, ei sisällä terveydelle haitallisia aineita ja oikein toteutettuna pitkään kestävä rakennetyyppi.

Betonin haittana on, että se on hyvin raskas rakenne, josta syntyy rakennukselle iso omapaino. Betoni painaa raudoitettuna noin $2500 \text{ kg} / \text{m}^3$. Tämän vuoksi betonirakentamisessa täytyy tehdä isoja laskelmia esimerkiksi maaperän kantavuudesta, muottikaluston kestämisestä valun aikana ja huomioida betonin paino myös mitoitus- ja työturvallisuussyistä.

Toisena haittana on betonin päästöt, jota on pyritty viime vuosina parantamaan ympäristöystävällisempään suuntaan käyttämällä purettua betonia esimerkiksi toisen kohteen maatyttöihin korvaamaan luonnonmukainen kiviaines. Joskus markkinoilla on myös saatavilla ns. kierrätysbetonia, jossa uuden betonin kiviaineksesta 15 % on vanhaa purettua betonia. Suurin osa betonin päästöistä syntyy kuitenkin siihen kuuluvan sementin valmistusvaiheessa.

Kuviosta 3 nähdään betonin hiilijalanjäljen jakauma prosentteina. Kuviosta voidaan huomata sementin 71 % osuus betonin hiilijalanjäljestä, mikä syntyy sementin valmistusprosessissa. Sementin valmistuksessa poltetaan raaka-aineita, useimmiten kalkkikiveä, erittäin korkeissa lämpötiloissa, josta syntyy päästöjä. Tämän lisäksi toiseksi suurimmat päästöt syntyvät raaka-aineiden kuljettamisesta. Loput hiilijalanjälkeen vaikuttavat tekijät ovat hyvin pieniä näiden kahden mainitun asian rinnalla.



Kuvio 3. Maisemabetoni.fi tekemä kuvio hiilijalanjäljen muodostumisesta betonin valmistukseen liittyen. (Maisemabetoni.fi, n.d)

2.2.3 Paikallavalu ja elementtirakentaminen

Teräsbetonia käytetään paikallavalukohteiden eli työmaalla tehtävien raudoituksen ja valun lisäksi myös elementeiksi valmistettuna. Elementissä ideana on tehdä esimerkiksi kerrostaloon seinä- ja välipohjalaattaelementit valmiiksi elementtitehtaalla, jotta työmaalla asennus olisi nopeampaa. Ontelo- ja kuorilaatta-elementit valmistetaan nopeasti tehtaalla pitkällä linjastolla ja sahataan betonivalun jälkeen oikeaan mittaan. Työmaalla elementit nostetaan paikalleen nosturin avulla. Elementtejä on saatavilla edellä mainittujen lisäksi myös palkki-, pilari-, parveke- ja hormielementteinä.

Elementtikohteissa tarvitsee työmaalla tehdä optimitilanteessa pelkästään saumaraukoitus ja valu, jotta elementit saadaan lujasti kiinnittymään toisiinsa. Paikallavalurakentamisessa työmaalla puolestaan joutuu tehdä paljon enemmän töitä asentaessa raudoituksia ja valaessa ison betonivalun. Elementtejä käytetään nykyään paljon juuri kerrostalo- ja toimitilarakentamisessa. Elementit eivät kuitenkaan sovellu välttämättä kohteisiin, jossa raudoituksen pitää olla erityisen raskasta. Yleisiä paikallavalukohteita ovat esimerkiksi sillat, paalulaatat ja anturat.

Kuvassa 4 on juuri linjastolta valmistunut ontelolaattaelementti. Elementtejä valmistetaan tehtaalla usein isompaa määrää kerrallaan. Tämä toteutetaan teke­mällä pitkällä linjastolla valaen yksi iso elementti, josta betonin kovettumisen jäl­keen sahataan oikean mittaiset palat työmaalle sopiviksi. Tämä lisää elementti­tuotannon kustannustehokkuutta ja sitä myötä laskee elementtien hintaa, jos sa­malle työmaalle tulee useita samanlaisia elementtejä. Kuvassa nähdään myös ontelolaatassa olevat ontelot, joiden tarkoitus on laskea elementin omapainoa ja saada aikaan kevyempi rakenne.



Kuva 4. Rakennuslehden kuva ontelolaatan valmistuksesta tehtaalla (Kortelainen, 2019)

Elementtirakentamisen hyödyt verrattuna paikallavaluun:

- Nopea asennus työmaalla ja lyhyempi kerroskierto kerrostalotyömailla verrattuna paikallavaluun.
- Kustannustehokas ratkaisu
- Betoni on valmiiksi kovettunutta tehtaalta tullessa.
- Materiaalihukka paljon pienempi verrattuna paikalla valaen tehtyyn rakenteeseen.
- Helpompi tahdittaa työskentelyä etukäteen.

Haitat verrattuna paikallavaluun:

- Muotoilu hankalampaa esimerkiksi pyöreissä rakenteissa tai monia kulmia sisältävässä kohteessa.
- Kustannukset nousevat, jos samanlaisia elementtejä ei tule montaa kohteeseen.
- Ei mahdollista käyttää kaikissa rakennetyypeissä

Paikallavalurakentamisen hyödyt verrattuna elementtirakentamiseen:

- Vaikean muotoisissa kohteissa helpompi muotoilla kuin elementti.
- Raskaissa rakenteissa ainut ratkaisu.
- Lisä- ja muutostöissä helpommin muutettavissa oleva ratkaisu.

Haitat verrattuna elementtirakentamiseen:

- Paikoittain hitaampi ratkaisu.
- Vaikeampi ennakoida työahtia ja suunnitella aikataulua eteenpäin.
- Suuret betonivalut ja pitkät kuivumisajat

Tästä tullaan tulokseen, että molemmille rakentamistyypeille löytyy omat käyttökohteensa ja suunnittelua tehtäessä täytyy suunnittelijoilla olla pätevyyttä nähdä, kumpi ratkaisu on kannattavampi juuri siihen kohteeseen.

Myös paikallavalukohteissa nykyään hitsataan raudoituksia paljon kasaan rauditelementeiksi työmaalla nopeamman asennuksen saavuttamiseksi. Tämä menettely kasvattaa suosiotaan jatkuvasti ja yhä enemmän rauditusliikkeille tulee pyyntöjä hitsata esimerkiksi laatan reunahakaset usein kolmen metrin elementeiksi. Tämän lisäksi myös valmiiksi hitsattuja harjateräsverkkoja käytetään useasti 6 mm – 10 mm harjateräksellä olevissa laatoissa ja lattioissa. Harjateräsverkot ovat tehdaskooltaan 2350 mm x 5000 mm kokoisia.

2.2.4 Korjausrakentaminen

Uudisrakentamisen lisäksi vanhempia teräsbetonikohteita täytyy myös korjata sekä huoltaa. Korjausrakentamisen ja uudisrakentamisen suhdannejakauma on Suomessa vuonna 2024 karkeasti noin puolet ja puolet, kertoo Tilastokeskuksen

tekemät korjaus- ja uudisrakentamisen tilastot (Tilastokeskus, 2024). Nämä tilastot koskevat rakentamista kaikilla materiaaleilla, eikä ole osoitettu pelkästään teräsbetonirakentamisen piiriin. Tästä voidaan kuitenkin päätellä myös teräsbetonirakenteiden korjausten osuuden olevan laajamittaista. Suomessa rakennuskanta, varsinkin 60–70-luvun betonikerrostalot, alkavat olemaan akuutissa korjaustarpeessa. Teräsbetonirakentamisessa uudiskohteiden käyttöiäksi suunnitellaan yleensä 50 vuotta, mutta joskus myös 100 vuotta, esimerkiksi suuremmissa arvokohteissa. Betonin käyttöikään vaikuttavat asiat ovat betonin lujuusluokka, vesi-sideainesuhde, sementin määrä, betonissa käytettävät lisäaineet, ulkoisten tekijöiden aiheuttamat rasitukset, betonipeitteen paksuus raudoitusten päällä ja raudoitteiden laatutekijät. (Elementtisuunnittelu, n.d)

Betonirakenteiden korjausperiaatteiden valinta voidaan jaotella kolmeen eri osaluueeseen. Korjausperiaatteella tarkoitetaan sitä, mihin seikkoihin kyseinen korjaus vaikuttaa. Näihin sisältyvät tekniset seikat, yhteiskunnalliset seikat sekä taloudelliset ja arvostukseen liittyvät seikat. Teknisiin seikkoihin lukeutuvat esimerkiksi rakenteen turvallisuus ja varmuus. Yhteiskunnallisiin seikkoihin kuuluvat puolestaan vaikutus katukuvaan ja kohteen suojelutarve. Taloudellisissa seikoissa mainitaan ylläpito- ja käyttökustannukset sekä ympäristöystävällisyys (Betonifi, n.d). Korjausperiaatteen pohjalta valitaan puolestaan kohteelle oikea korjaustapa. Korjaustavalla tarkoitetaan rakenteen korjaukseen käytettäviä toteutustapoja ja korjaustyyliä. Korjaustapoja ovat esimerkiksi laastipaikkaus, purkukorjaukset ja manttelointi. Mantteloinnilla tarkoitetaan yleensä pilarin tai palkin vaurioituneen betonipinnan poistamista ja uuden raudoitetun betonikerroksen valmistamista.

Betonirakenteiden korjaukseen on ensisijaisen tärkeää käyttää juuri oikeaa korjausmenetelmää. Väärän korjausmenetelmän käyttäminen voi korjata ongelmat pinnallisesti, mutta rakenteen kestävyys kannalta on tärkeää tutkia korjauskohdetta laajasti ennen korjaussuunnitelman luomista. Virheellinen ongelman korjaus voi huonossa tapauksessa johtaa uuden korjauksen tarpeeseen hyvin pian. Myös korkealaatuisten ja tutkittujen materiaalien sekä aineiden käyttö on hyvä muistaa. Nämä asiat muistamalla säästää korjausrakentamisiin kuluvaan rahaa pitkällä aikavälillä (McCutchen, 2024). Kuvassa 5 nähdään manttelointityylillä korjattava pilari. Pilarin alaosa on valmiiksi raudoitettu ja odottaa muottitöitä sekä

betonivalua. Pilarista on poistettu kärsinyt betoni piikkausvasaran avulla ja karhennettu betonipinta rouheaksi, jotta uusi betoni tarttuisi siihen paremmin kiinni. Raudoituksena toimii lähes identtinen rauditus, mitä pilareissa käytetään myös uudiskohteissa. Ainoana merkittävänä erona, joka tuottaa ajoittain haasteita, on raudituksen tekeminen vanhan pilarin ympäri.



Kuva 5. Raudoitettu manttelointipilari.

2.3 Teräsbetonirakentamisen vaiheet

Osiassa tutustutaan teräsbetonirakentamisen eri työvaiheisiin ja tuodaan esiin tärkeimpiä asioita liittyen maanrakennukseen, muottitöihin, raudoitukseen ja betonointiin. Osiassa ei oteta erikseen kantaa jokaiseen rakennushankkeeseen kuuluviin alkuvaiheisiin, kuten tarveselvitykseen ja hankesuunnitteluun.

2.3.1 Mitoitukseen vaikuttavat asiat ja rakennesuunnittelijan työt

Mitoitus tarkoittaa rakenteen suunnitteluvaiheessa tehtyjä kantavuus- ja kestävyyslaskuja, joita laskevat rakennesuunnittelijat. *Rakennesuunnittelijan* työ on yksi osa isompaa *rakennussuunnitteluprojektia*. Tämän osa-alueen lisäksi rakennussuunnittelu käsittää myös maatyö-, arkkitehti- ja taloteknisen suunnittelun. Rakennesuunnittelijoilla on käytössä suunnittelun apuna Eurokoodi. Eurokoodista voi tarkastaa standardeja ja laskemiseen liittyviä kertoimia sekä kaavoja.

”Eurokoodit ovat Euroopan komission laatimia laskentaohjeita kantavien rakenteiden suunnitteluun. Niitä käytetään kaikissa EU-jäsenmaissa, joten kantavien rakenteiden suunnittelu on standardoitu yhdenmukaiseksi Euroopan alueella.” (Takala 2016, 5).

Mitoitukseen ja rakenteen kestävyysvaikutteita vaikuttavia tekijöitä on lukuisia. Mitoituksessa huomioidaan laskentavaiheessa esimerkiksi rakenteen omapaino, tuuli- ja lumikuormat sekä Eurokoodin mukaan erilaisia kertoimia laskennalle sekä materiaalien osalta että myös kuormitustapauksen mukaan. Kuormitustapauksella tarkoitetaan, miten kuormat kohdistuvat juuri siihen rakennukseen ja onko kuormitustapaus pysyvä vai muuttuva. Esimerkkinä lumikuormat lasketaan muuttuviksi kuormiksi. Rakennesuunnittelijoilla on pelkän rakenteen kestävyyslisäksi vastuu myös monesta muusta rakentamiseen liittyvästä asiasta. Näitä ovat esimerkiksi suunnitella myös valmisosien käyttö, selvittää erilaisia käyttöikäen liittyviä asioita ja valita oikeat rakennusmateriaalit.

Rakennesuunnittelijoiden koulutus on yleisesti rakennusalalta hankittu insinööri- tai diplomi-insinööriutkinto. Insinööriutkinnoissa on mahdollisuus suuntautua syventävien opintojen valinnan vaiheessa rakennesuunnitteluun. Isoja suunnittelu-toimistoja Suomessa ovat Sweco, A-Insinöörit ja Ramboll. (Wikimedia, n.d)

2.3.2 Maanrakennus

Maanrakennusta nähdään lähes jokaisella uudisrakentamisen piiriin kuuluvalla työmaalla perustusten rakentamisvaiheessa. Maanrakennus liittyy vahvasti myös

teräsbetonirakentamisen esitöihin. Maanrakennuksella tarkoitetaan esimerkiksi tontin raivaustöitä, louhintaa, maaperän muokkausta ja muita kaivuutöitä. Näiden töiden sisältö vaihtelee kohteesta riippuen, mutta useimmissa kohteissa tähän sisältyy maaperän kaivamista suunniteltuun perustustasoon, kuten anturoihin asti, maatyöt oikealla uudella maa-aineksella, salaojien kaivuu sekä putkitustyöt ja useimmissa kohteissa myös pihatyöt, kuten piha-alueen maisemointi. Maanrakennuksen vahva läsnäolo ja tarve on nähtävillä talotyömaiden lisäksi myös esimerkiksi kunnallistekniikassa ja infra-rakentamisessa, kuten teiden ja tunnelien rakentamisessa.

Maanrakennuksessa käytetään usein kaivinkoneen lisäksi apuna tasolaseria, jolla saadaan kaivannot tasattua oikeaan korkoon. Nykypäivänä kaivinkoneisiin on saatavilla myös 3D-järjestelmiä, jotka näyttävät ohjaamossa olevalta tietokoneelta jatkuvasti kaivinkoneen liikkuvan kauhan koron ja järjestelmään pystyy myös lataamaan koko kohteen rakennuspiirustukset. Tämä uudistunut järjestelmä tarjoaa kaivinkoneen kuljettajalle ainekset nopeampaan ja tarkempaan työskentelyyn ilman ulkopuolista tasolaserin käyttäjää. Tätä järjestelmää ei kuitenkaan vielä ole lähellekään kaikissa kaivuulaitteissa, koska sen hankintahinta on tänä päivänä vielä erittäin korkea, eli noin. 30000 €.

2.3.3 Muottityöt

Muottityöt ovat olennainen osa teräsbetonirakentamista varsinkin paikallavalukohteissa, mutta myös elementtikohteissa joudutaan tekemään pienimuotoisia muottitöitä ja tukkolaudoituksia. Muottien päätarkoitus on pitää valettu betoni sille kuuluvalla paikallaan. Muottitöissä on monta erilaista tyyliä. Muottitöitä voidaan tehdä ”pitkästä tavarasta”, joka tarkoittaa muottien rakentamista puusta ja vaneerista paikan päällä. Tämän lisäksi on olemassa suur- ja järjestelmämuotteja, jotka ovat metallisia ja teräksisiä valmiita muottielementtejä, jotka työmaalla kootaan päällekkäin ja vierekkäin oikeaan kohtaan. Suurmuotteille on usein olemassa suunnitelmat, joiden mukaan muotti kootaan ja yhdistetään toisiinsa tilaukseen kuuluvilla kiinnikkeillä. Suurmuotit ovat usein firmoilla vuokrattuna ja ovat melko hintavia, mutta niillä voi oikeissa olosuhteissa säästää paljon aikaa muottityössä, varsinkin seinien muotituksen kohdalla. Suurmuotteja valmistavia isoja yrityksiä

ovat Doka ja Peri. Näiden muottien yleisimmät käyttökohteet ovat seinät ja väestönsuojat. Kuvassa 6 nähdään Doka-seinämuottien paikalleen asennusta autonostimen avulla.



Kuva 6. Doka-seinämuottien asennusta paikalleen työmaalla HIAB-autonostimen avulla.

Doka ja Peri myös tarjoavat holvimuottikalustoa, joka on tarkoitettu esimerkiksi kerrostaloholvien eli väli- ja yläpohjien paikallavalurakentamiseen. Holvimuottien toimituksen mukana tulevat selkeät kasaamis- ja tukemishjeet holvikalustolle juuri sille kohteelle laskettuna, josta työntekijöiden on helppo kasata muotit ja luottaa niiden kantokapasiteettiin. Kuvassa 7 nähdään Peri Oy:n valmistama MULTIFLEX-malli holvimuottikalustosta. Kalustoon kuuluvat muottituet, vaaka- ja poikkipalkit sekä vanerilevyt.



Kuva 7. Peri MULTIFLEX holvimuottikalusto. (Peri Suomi, n.d)

Muottityöt työmaalla tehdään yleensä ennen raudoituksen alkamista, muotin tukeminen pois lukien. Tämä on kuitenkin usein mielipidekysymys, josta kannattaa puhua raudoitusliikkeen edustajan kanssa. Usein esimerkiksi isoissa laatikkoanturoissa muotit tehdään valmiiksi viimeistä sivua lukuun ottamatta, jotta raudoitus on helpompaa suorittaa. Kohteen työnjohtajan kannattaa siis konsultoida sekä muottien tekijää että myös raudoittajia kompromissin ja sujuvan työskentelyn aikaansaamiseksi.

Kuvassa 8 esitetään Perin osista valmistettu muottielementti. Tämä kyseinen muottielementti on menossa käyttöön seinämuotiksi. Kyseisessä muotissa on valmiina kiinni myös seinämuottituet ja tässä tapauksessa myös toimitukseen kuuluvilla osilla rakennettu valuteline seinän betonivalua varten. Suurmuottielementit kootaan usein maassa sopivan kokoisiksi kokonaisuuksiksi, jotka nostetaan nosturin avulla oikealle paikalleen.



Kuva 8. Peri Oy:n valmistama suurmuotti. (Peri Suomi, n.d)

2.3.4 Raudoitustyöt

Raudoituksen periaatteena työmaalla on rakentaa suunnittelijan laskelmien ja niiden pohjalta tehtyjen rakennuspiirustusten mukainen raudoitus, jotta teräsbetoni kestää paremmin vetorasitusta. Raudoitus vaatii suunnittelijalta tarkat Eurokoodin mukaiset laskelmat ja selkeät työmaalle toimitettavat rakennuspiirustukset, joista selviää tarkat tiedot oikean raudoituksen tekemiseksi. Raudoitukset sidotaan toisiinsa kiinni sidontalangalla käyttäen apuvälineenä koukkua tai sidontakonetta.

Raudoitus työmaalla tehdään usein raudoitusliikkeessä toimivien henkilöiden eli raudoittajien toimesta. Raudoitukseen ei Suomessa löydy varsinaista koulutusta,

mutta talonrakennuksen perustutkinnossa käsitellään myös raudoitukseen liittyviä seikkoja. Usein raudoittajilla ei kuitenkaan ole varsinaista työtä tukevaa koulutusta, vaan he ovat työtä tekemällä hankkineet käytännön osaamisen.

Raudoitus alkaa työmaalla useimmiten silloin, kun maanrakennus- ja muottityöt on saatu valmiiksi työkohteella ja alue on valmis raudoitusta varten. Tätä vaihetta ennen harjateräkset oikeaan muotoon ja mittaan muokannut raudoitusliike on myös toimittanut teräkset työmaalle. Työmaalla raudoittajat lukevat rakennepiirustuksista oikean järjestyksen, mihin eri kokoiset ja muotoiset harjateräkset kuuluvat. Raudoituksessa työryhmällä on tärkeää olla tarvittava kokemus raudoitustöistä, jotta työskentely on sujuvaa ja työt tehdään varmasti oikein sekä oikeassa järjestyksessä.

Raudoittajien työ työmaalla alkaa usein rakennuspiirustusten tutkimisella ja oikeiden terästen etsimisellä. Teräsniippujen päähän on laitettu aina tunnistelaput, joista näkyy raudan halkaisija, malli, pituus ja yleensä tunnistetieto siitä, minne rauta kuuluu asentaa. Itse raudoitustyö alkaa yleensä kohteen valmistelulla, kuten työskentelyä auttavien työrautojen sekä välikkeiden asennuksella. Välikkeillä tarkoitetaan muovisia pieniä osia, joilla raudoitus pysyy irti maasta tai muotista, jotta betonin suojaetäisyys ja betonipeitteen nimellisarvo c_{nom} täyttyy. Suojabetonilla tarkoitetaan raudoituksen ja betonin ulkopinnan välistä etäisyyttä, joka on määriteltä rakennuspiirustuksissa. Suojabetonin tarkoituksena on estää teräksiä ottamasta kosketusta ilman ja sitä kautta liikkuvan kosteuden kanssa estäen korroosiota ja sitä myöden antaa rakennukselle pidemmän käyttöiän.

Seuraavana tehtävänä raudoituksessa on asentaa harjateräkset rakennuspiirustusten mukaan oikeassa järjestyksessä paikalleen. Tämä vaihe riippuu täysin rakennettavasta kohteesta ja erilaisista työskentelytyyleistä. Lopuksi tämän vaiheen valmistuttua, jos kyseessä on työsauma tai rakennus muuten jatkuu teräsbetonisena vielä johonkin suuntaan, on asennettava tartunnat. Tartunnoilla tehdään teräsbetoniin jäykät ja rakenteellisesti toimivat liitokset työsaumoihin, joissa betonivalu katkeaa. Tartunnat ovat harjaterästä ja ne jatkuvat jo valetusta rakenteesta uuteen työstettävään rakennukseen piirustuksissa ilmoitetun ankkurointi- tai jatkospituuden verran. Karkeasti jatkospituudet ovat 500 mm – 2000 mm välillä riippuen raudan halkaisijasta. Isomman halkaisijan omaavilla teräksillä jatkos-

ja ankkurointipituus on pidempi kuin pienemmillä halkaisijoilla. Vaikeissa paikoissa tai muutoskuvien johdosta tartuntoja joudutaan joskus lisäämään betoniin vielä valun jälkeen. Tämä toimenpide joudutaan suorittamaan poraamalla betoniin oikean kokoinen kolo, johon tartunnaksi suunniteltu harjateräs osittain uppoaa. Tartunnan kiinnittäminen betoniin tarpeeksi lujasti tapahtuu tässä tapauksessa ankkurointimassan avulla.

Kuvassa 9 raudoittaja on suorittamassa parhaillaan kävelysillan anturan raudoitusta. Siltojen anturaraudoitukset ovat aina erittäin järeitä verrattuna yleisiin kerrostaloanturoihin, koska ne vaativat enemmän kanto-ominaisuuksia rakenteelta. Kuvassa raudoitus on jo saatu tehtyä yläpintaa ja tartuntoja vaille valmiiksi. Kuvasta näkee ylä- ja alapinnan erottavat harjateräksestä valmistetut ”pukit”, joilla saadaan asennettua yläpinnan raudoitus oikeaan korkoon.



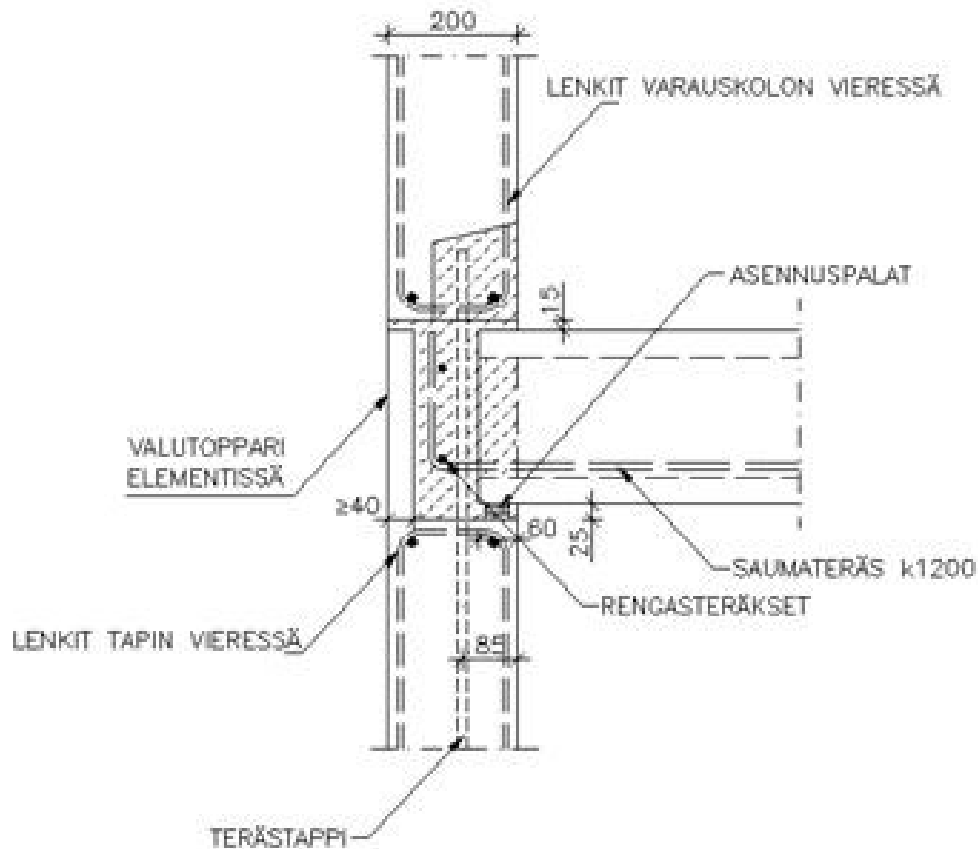
Kuva 9. Kävelysillan anturaraudoituksen tekoa.

Kuvassa 10 on sillan anturaraudoitus ja tukiseinän tartunnat saatu valmiiksi. Seuraavana työvaiheena kohteessa täytyi suorittaa betonivalu peittämään rauditus. Betonivalun kuivumisen jälkeen oli aika alkaa raudoittamaan tartunnoista alkavaa tukiseinää.



Kuva 10. Valmis sillan anturaraudoitus tartuntoineen.

Elementtirakentamiseen liittyvästä ontelolaataston eli väli- tai yläpohjan raudoituksesta käytetään nimeä saumaraudoitus. Elementtikohteissa on tarkoituksena asentaa teräsbetoniset elementit asennussuunnitelman mukaiseen järjestykseen ja valmiiksi valetut teräsbetonielementit yhdistetään toisiinsa jäykästi saumavalun avulla. Ennen saumavalun suorittamista täytyy saumat raudittaa rakennesuunnittelijan määrittämällä raudoituksella. Ontelolaataston reunoilla kiertävät ulommaisessa ontelosaumassa vähintään kuvan 11 mukaiset rengasteräkset S-pistetappien takana sekä saumaraudat pitkittäisestä saumasta rengasterästen taakse. Tämän lisäksi ontelolaataston raudoitukseen kuuluu usein ylimääräisiä teräksiä tiettyihin saumoihin, palkkeja, harjateräksen hitsauksia teräslevyihin ja joissakin kohteissa myös isompia paikallavalukaistoja. Seinäelementtien yhdistäminen tapahtuu ns. pystysaumaraudoituksella ja valulla. Pystysaumaraudoituksella tarkoitetaan nykypäivänä useimmiten 12–16 mm harjaterästä pujotettuna Pasi-vaijerilenkkien läpi.

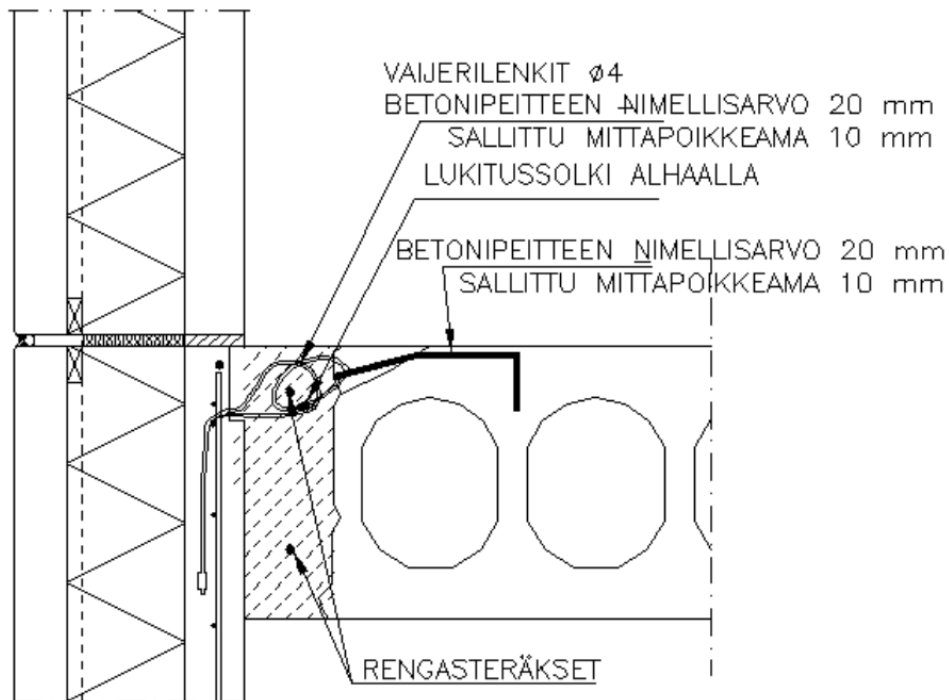


SUUNNITTELUSSA JA ASENNUKSESSA ON ERITYISESTI HUOMIOITAVAA:

- TUKEPINNAT ASENNUS- JA LOPPUTILANTEESSA (HUOMIOITAVA LAATTAKOHTAISESTI)
- SAUMA- JA RENGASRAUDOITUS
- JUOTOSBETONI JA LIITOKSEN KUORMAKAPASITEETTI

Kuva 11. Elementeistä valmistetun välipohjan ontelolaattojen liitos kantavaan seinään. (Elementtisuunnittelu.fi, n.d)

Aikaisemmin mainitut Pasi-vaijerilenkit ovat rakenteessa käytettävä vaijerilenkeillä toteutettava sidontatapa, joka siirtää voimaa elementistä halutulle rakenteelle. Kyseistä sidontatapaa käytetään ei-kantavissa elementtisaumoissa. Pasi-lenkkejä käytetään seinäelementtien lisäksi myös ontelolaattaelementeissä. Kuvassa 12 esitetään ontelolaatan ja seinäelementin välinen liitos Pasi-vaijerilenkeillä toteutettuna. Pasi-vaijerilenkki kiinnitetään elementtiin ennen betonivalua sitomalla se elementin sisällä kulkeviin teräksiin kiinni. Tässä toteutuksessa etuina ovat helppo käsiteltävyys, nopea sidontatapa ja taloudelliset kustannukset.



Kuva 12. Pasi-vaijerilenkeillä toteutettu ontelolaatan ja ei kantavan seinäelementin liitos. (Parma, 2013)

2.3.5 Betonivalut

Betonivalu on viimeinen osa itse teräsbetonirakenteen rakentamista. Betonivalun tarkoitus on valaa juokseva betonimassa raudoituksien ympärille ja tiivistää massa käyttämällä apuna betonitärytintä. Puhekielessä betonitäryttimestä käytetään useimmiten nimeä "vibra". Tärytys on tärkeää suorittaa jokaisessa kohteessa, jotta betoni saadaan mahdollisimman tiiviiksi ja sieltä saadaan poistumaan ylimääräiset rakennelujuuteen vaikuttavat ilmakuplat. Tärytys auttaa myös kuljettamaan betonin vaikeisiin paikkoihin, kuten raudoituksen alle ja väleihin. Tärytys tehdään noin puolen metrin välein suuntaansa. Itse betonivalu joudutaan monesti suorittamaan useassa kerroksessa. Jos esimerkiksi laatan paksuus on yli 300 mm, tällöin tärytys tehdään ensin ensimmäisenä valettuun kerrokseen ja sitten myös pintakerrokseen.

Betonimassoja on useita erilaisia ja ennen valua suunnittelijat ovat valinneet oikean massan kuhunkin kohteeseen. Betonin lujuusluokka ilmoitetaan yleensä

merkinnällä esimerkiksi *C25/30*, joka tarkoittaa, että betonin lieriölujuus on 25 *MPa* ja kuutiolujuuden ominaisarvo on 30 *MPa*. Lisäksi betonimassan toimintaa määrittää kiviaineksen maksimiraekoko ja betoniin lisättävät seos- ja lisäaineet. Lisäaineita ovat esimerkiksi betonin notkistin ja lisähuokostusaine, jolla haetaan betoniin parempaa pakkasenkestävyyttä. Talvella betonia joudutaan pitämään näiden lisäksi lämpimänä myös esimerkiksi raudoituksen joukkoon asennettavilla lämpökaapeleilla. Lämpökaapelit toimivat verkkovirralla ja jäävät valun sisään lämmittäen betonia sisältä päin.

Betonivalun jälkeen on aika hiertää betonin pinta sileäksi kohteen suunnitelmien vaatimalla tavalla. Tietyissä kohteissa käytetään moottorilla toimivaa betonihierintä, jos pinnan täytyy olla erityisen sileää, kuten lattioissa. Toinen vaihtoehto on käyttää betonin hiertämiseen tarkoitettua lastaa tai jopa laudasta tehtyä hierrinkappaletta, jos pinnan ei tarvitse olla äärimmäisen sileää. Tätä hiertotyyppiä käytetään usein esimerkiksi anturoissa ja seinien yläpäissä. Betonin hiertäminen myös kasvattaa pinnan kulutuskestävyyttä, joten se suositellaan tehtäväksi jokaiselle betonivalukohteelle.

Kuvassa 13 suoritetaan paalulaatan betonivalua. Oikealla kuvassa nähdään jo valettua betonipintaa ja vasemmalla nähdään vielä raudoituksia, jotka odottavat valua. Paalulaatoissa valupinnan ei tarvitse yleensä olla koneella hierrettyä, koska paalulaattojen päälle tulee usein maatäyttö ja se jää katseilta ja ihmisten käytöltä piiloon.



Kuva 13. Paalulaatan valamista Helsingin Sompasaaressa.

Viimeisenä betonivalun osana on jälkihoito, eli vähintään betonipinnan kastelu, joka vähentää betonin pinnan kuivumisnopeutta ja sitä kautta halkeiluriskiä. Usein betoni myös peitellään pressulla suojaan suoralta auringonpaisteelta. Talven pakkaskeleissä puolestaan usein joudutaan rakentamaan lämpimänä pysyvä sääsuoja betonivalun kuivumista varten. Tähän käytetään usein apuna lämpöpuhaltimia ja erilaisia peitteitä. Betoni kuivumiselle optimiolosuhteet lämpötilan puolesta ovat 20–25 astetta. Betonin lämpötilaa on seurattava kuivumisprosessin aikana tarkasti varsinkin kylmemmillä keleillä. Muita betonin kuivumiseen vaikuttavia asioita ovat rakenteen paksuus, betonimassan laatu ja kuivumissuunnat. Kuivumissuunnilla tarkoitetaan, pääseekö betonilaatta kuivumaan yhteen vai useampaan suuntaan eli onko kyseessä maanvarainen valutyö vai esimerkiksi välipohja. Betoni kuivuu pintakovaksi nopeasti, jopa joissakin tunneissa tai vuorokaudessa, mutta koko betonipeitteen rakenteellisesti kestäväksi kovettuminen vaatii pidemmän ajan. Betonilaatan kuivumisessa voi käyttää muistisääntönä, että betoni kuivuu noin 1 cm viikossa yhteen suuntaan kuivuvissa rakenteissa. Betoni on tärkeää antaa kuivua kunnolla ennen holvimuottien purkamista tai be-

tonivalun päälle asennettavia elementtejä. Betonin 60 % nimellislujuuutta käytetään rajana, jolloin holvimuottikaluston voi purkaa turvallisesti ilman riskejä betonin kantokyvystä. Betonin nimellislujuuutta ja kypsyysikää käsitellään alla olevissa kaavoissa sekä kuvioissa 4 ja 5.

Betonin kypsyysien arvioinnissa käytetään Sadgroven tai Nykäsen menetelmää. Nykäsen menetelmä on Suomessa käytetty jäljitelmä vuonna 1951 kehitetystä Nurse-Saul menetelmästä. Kypsyysillä tarkoitetaan, kuinka ison osan betoni on saavuttanut sen ominaislujuudesta määriteltyyn aikaan mennessä. Alla esitellään ensin Nykäsen menetelmä. Kyseinen menetelmä on hyvin karkea ja se antaa epätarkkoja lukemia kypsyysien osalta varsinkin korkeammissa lämpötiloissa.

$$N = k (T + 10^{\circ}\text{C}) \times t \quad (1)$$

T = betonin lämpötila ajanjakson t aikana °C

t = betonin kovettumisaika päivissä

k = kerroin, joka määritellään betonin lämpötilan T perusteella:

k = 1, jos lämpötila +50°C – 0 °C

k = 0,4, jos lämpötila 0 – -10°C

k = 0, jos lämpötila < -10°C

Seuraavaksi esitellään Sadgroven menetelmä. Kyseinen menetelmä on huomattavan paljon tarkempi kuin vanhentunut Nykäsen menetelmä. Sadgroven menetelmä toimii hyvin suoraan alla näkyvällä kaavalla, jos kaavan T = betonin lämpötila pysyy suunnilleen samana koko kovettumisprosessin ajan. Kun betonin mitattu lämpötila vaihtelee prosessin aikana, täytyy laskea betonin lämpötilalle ajanjaksoja. Menetelmässä tuolloin lämpötila jaotellaan ajanjaksoihin, milloin lämpötila on pysynyt melko vakiona kyseisen ajanjakson ajan. (Mannonen, 2019)

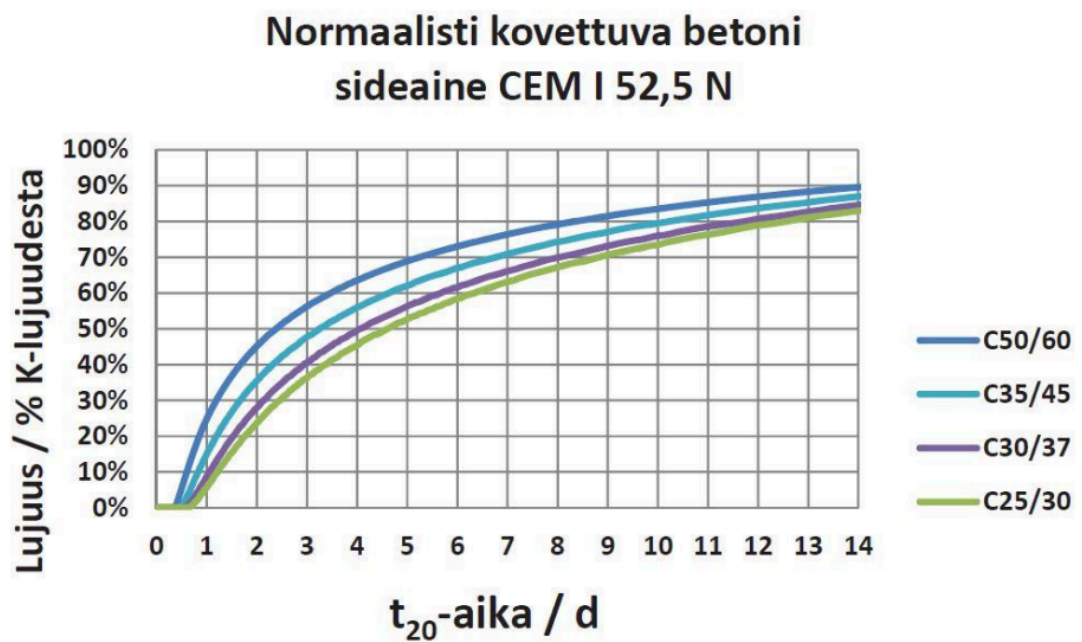
$$t_{20} = \left(\frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \times t \quad (2)$$

T = betonin lämpötila ajanjakson t aikana °C

t = betonin kovettumisaika päivissä

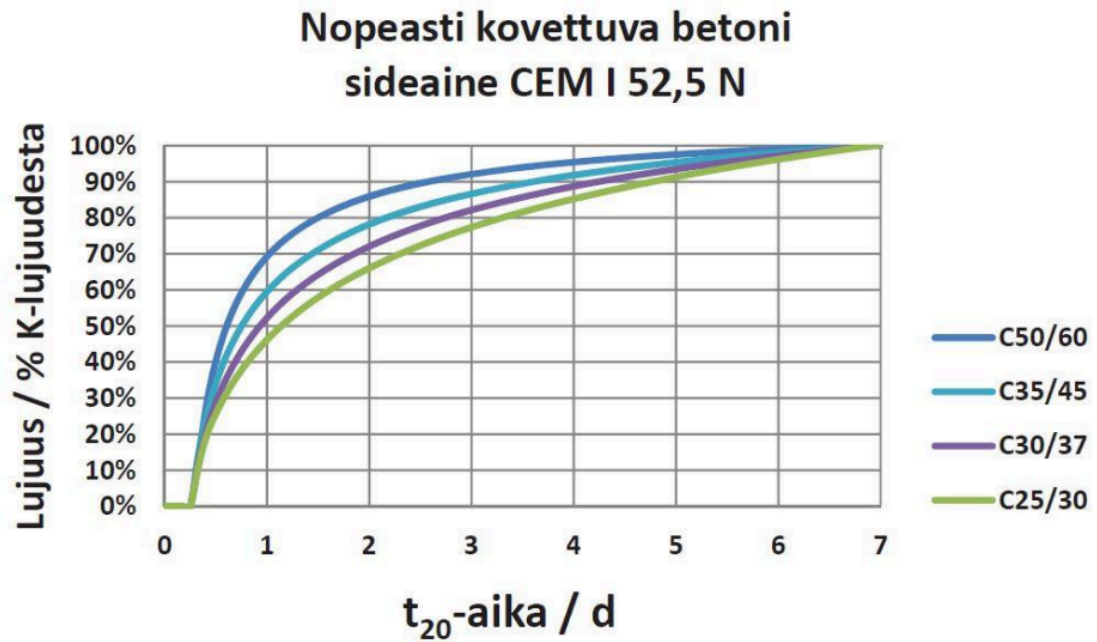
t_{20} = betonin kypsyysikä, jota tarvitaan lukemaan betonin lujuuskehityksen kuviota.

Kuviossa 4 esitetään betonin lujuudenkehitystä Sadgroven menetelmän laskukaavan perusteella. Kuviossa verrataan betonin lujuutta kypsyysikään t_{20} . Eri väriset käyrät tarkoittavat betonin lujuusluokkia, jotka ovat luettavissa kuvion oikeassa reunassa. Kuvio 4 on tarkoitettu käytettäväksi normaalisti kovettuvalle betonille.



Kuvio 4. Betonin kypsyysikä ja suhteellisen lujuuden riippuvuus normaalisti kovettuvan betonin osalta. (Holma, 2021)

Kuvio 5 puolestaan esittää vastaavaa betonin lujuuskehitystä, käyttäen nopeasti kovettuvaa betonilaatua (NK- tai NP-betoni). Nopeasti kovettuva betoni kuivuu noin kaksinkertaisella vauhdilla verrattuna normaalisti kovettuvaan betonilaatuun. Nopeasti kovettuva betoni saavuttaa lujuuden huomattavan paljon nopeammin kuin normaali betonilaatu. Nopeasti kovettuvaa betonia käytetään usein esimerkiksi kerrostaloholvien valutoissa, koska sillä päästään huomattavasti nopeampaan kerroskiertoon lyhyen kuivumisaikansa ansiosta.



Kuvio 5. Betonin kypsyysien sekä suhteellisen lujuuden riippuvuus nopeasti kovettuvan betonin osalta. (Holma, 2021)

2.4 Taivutustyypit ja rakenteisiin tulevat teräsmäärät

Tässä osiossa esitellään harjateräksille ominaiset rakennesuunnittelijan määrittämät taivutustyypit ja annetaan esimerkkejä erilaisiin rakenteisiin tulevasta teräsmäärästä. Teräsmääriä analysoidaan yksikössä kg / m^3 sekä myös kohteisiin toimitettuja karkeita kokonaisteräsmäärien esimerkkejä kilogrammojen muodossa.

2.4.1 Raudotteiden taivutustyypit

Tässä kappaleessa esitellään raudoituksessa käytettävien harjaterästen yleisimmät taivutustyypit ja niille ominaiset käyttökohteet. Useimmiten rauditusliikkeet tekevät harjaterästen taivutukset niihin tarkoitetuilla automaatti- tai manuaalitaittimilla tilaajan antamalla mitoilla tai vaihtoehtoisesti raudituspiirustuksista tehdyn teräslaskennan eli listaustyön pohjalta. Harjateräksiä on saatavilla rauditusliikkeistä yleisesti halkaisijaltaan (mm) 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 ja 32 kokoisina.

Pienemmän halkaisijan omaavia teräksiä käytetään usein esimerkiksi haka-raudoitteina ja suurempia teräksiä esimerkiksi siltojen tai paalulaattojen pääteräksinä.

Kuvassa 14 esitellään laaja lista harjateräksissä käytettävistä taivutustyypeistä. Näiden mallien lisäksi on saatavilla myös lähes rajoittamattomasti vapaavalintaisia taivutustyyppisiä, kriteerinä ainoastaan koneiden vääntömahdollisuudet. Yleisimmin käytetyt taivutustyyppit ovat kuitenkin A, B, D, U ja XC tai XZ. Seuraavana selitys yleisimpien taivutustyyppien käyttökohteista ja puhekielessä käytetystä niistä.



Betoniterästen taivutustyyppit 2000			
A 	B 	C 	D
E 	F 	G 	H
J 	K 	Q 	M
N 	O 	P 	R
S 	U 	V 	W
Z 	XC 	XZ 	Y Vapaamuotoinen tanko korkeintaan 5 suoraa osaa ja 4 kulmaa: a, c, e, v, y = osan pituus; b, d, u, x = kulma
YE 	YG 	YH 	YJ
YM 	YU 	YV 	YW
Taivutusmitat noudattavat terästen ulkopintaa.			
$90^\circ < u \leq 180^\circ$ 		$u \leq 90^\circ$ $x = b \sin(u) + D \cos(u)$	

Kuva 14. Celsan tekemä lista harjaterästen taivutustyypeistä. (Celsa Steel Service, n.d)

Harjaterästen yleisimpien mallien käyttökohteet:

- Malli A: Suora teräs. Käytetään lähes jokaisella työmaalla vaihtelevilla mitoilla. Täyden suoran teräksen mitta on useimmilla raudoitusliikkeillä 12 metriä, vaihtoehtoisesti käytetään usein myös puoliksi katkaistua kuuden metrin terästä helpomman käsiteltävyyden vuoksi. Myös kaikki määrämittaiset teräkset 12 metriin asti ovat saatavilla raudoitusliikkeistä.
- Malli B: L-teräs, puhekielessä myös ”vinkkeli”. Käytetään usein rakenteiden, kuten laattojen tai anturoiden nurkissa, jotta raudoitus säilyy katkeamattomana koko rakenteen matkan. L-teräksiä käytetään usein myös tartuntoina esimerkiksi anturasta seiniin.
- Malli D: U-hakanen, puhekielessä usein ”pussi” tai ”avohakanen”. Käyttökohteita kyseisellä taivutustyyppillä on erittäin useita. U-hakanen on luultavasti suoran teräksen jälkeen myydyin malli raudoitusliikkeiden valikoimasta. Kyseisiä hakasia käytetään usein laattojen reunahakasina niin, että ”selkämitta” on väännetty niin pieneksi, että ne mahtuvat laatan paksuuden puolesta betonin sisään. Toisena suurena käyttökohteena ovat anturaraudoitukset, jossa kyseistä taivutustyyppiä käytetään anturahakasina. Tällöin teräksen selkämitta on puolestaan väännetty suuremmaksi anturan leveyden ja suojabetonin määrän mukaan. Kyseistä taivutustyyppiä käytetään myös usein tartuntateräksinä.
- Malli U: Umpihakanen. Umpihakasia käytetään usein myös anturaraudoituksissa hakasina, jolloin suorat teräkset tulevat hakasen sisään. Kyseinen malli on kaikista käytetyin taivutustyyppi pilari- ja palkkirauoituksissa.
- Mallit XC ja XZ: ”Pukit”. Pukkeja käytetään pääasiassa ylä- ja alapinnan harjateräsverkkojen välissä erottamaan verkot toisistaan ja auttavat asentamaan yläpinnan raudoituksen oikeaan korkoon. Pukit väännetään ns. 3D-vääntönä, eli taivutuksessa oleva yksi kulma väännetään eri suuntaan kuin muut. Tämä auttaa huomattavasti teräksen asentamisessa tukevasti paikoilleen. Pukkeja ei määritellä raudoituspiirustuksissa, vaan ne toimivat raudoituksessa pelkästään työteräksinä.

2.4.2 Teräsmäärät eri kohteissa

Harjateräksen määrät teräsbetonissa vaihtelevat suuresti riippuen kohteesta ja rakenteen vaatimuksista. Harjaterästen määrään ja kokoon vaikuttavat rakenteen kantavuuden vaatimukset, suunniteltu käyttöikä ja muut mitoitusvaiheessa selvittävät asiat. Tässä luvussa käsitellään ja vertaillaan karkeasti eri rakennetyyppeihin tulevia raudoitusmääriä. Luvun tarkoituksena on saada lukijalle käsitystä, kuinka paljon raudoitusta erilaiset teräsbetonikohteet karkeasti voivat sisältää. Kyseiset arviot on tehty vertailemalla useiden kohteiden keskiarvoraudoitusta betonikuutiometriä (m³) kohden ja myös erinäisten kohteiden kokonaisteräsmääriä *Raudoitus P.Rintala Oy:n* järjestelmistä. Eri kokoisten harjaterästen painot on esitetty taulukossa 1. Harjaterästen paino ilmoitetaan yksikössä *kg/m*. Harjaterästen halkaisija ilmoitetaan kohdassa dimensio ja yksikkönä on *mm*.

Dimensio	Paino
(<i>mm</i>)	(<i>kg/m</i>)
6	0.222
8	0.395
10	0.617
12	0.888
16	1.580
20	2.470
25	3.850
32	6.310

Taulukko 1. Suomessa käytettävien harjaterästen painot. (Raudoitus P.Rintala Oy, n.d)

Kuvassa 15 nähdään tyypillinen kerrostaloanturoiden raudoitustyyppi. Kerrostaloanturoiden raudoitukseen kuuluu yleisesti suunnittelijan laskema määrä pääteräksiä ja D- tai U-tyypin hakasia määritetyllä k-jaolla. Tällä tarkoitetaan terästen välistä etäisyyttä toisistaan. Useimmiten kyseisissä anturoissa käytetään pääte-

räksinä 10–16 mm teräksiä ja hakaraidoituksissa 8–12 mm terästä. Kerrostaloanturoissakin teräksen määrä ja halkaisija riippuu suuresti kohteesta sekä mitoituksessa määritettävistä muista asioista.

Hyvin karkea esimerkki kerrostaloanturoiden teräsmäärästä kuutiota kohti on noin $30\text{--}50\text{ kg/m}^3$. Tämä tapaus pitää paikkaansa silloin, kun anturat toteutetaan tyypillisellä nauha-anturan rauditusperiaatteella, eikä kohteessa ole raskaasti raudoitettuja anturalaatioita. Tyypillisenä nauha-anturana voidaan pitää: hakaset T10k200 ja 8 kpl T12 suoria teräksiä hakasen sisässä. Esimerkissä anturan kokona käytettiin $1000\text{ mm} \times 500\text{ mm}$. Kerrostaloanturoiden teräsmääräksi kokonaisuudessaan anturoissa voidaan sanoa noin $3000\text{--}25000\text{ kg}$, riippuen täysin kerrostalokohteen koosta ja raudoitustyyppistä.



Kuva 15. Tyypillisten nauha-anturoiden rauditus kerrostalokohteessa.

Seuraavaksi esimerkki kerrostaloholvin teräsmäärästä. Kuvassa 16 on kerrostalokohteen välipohjan valmis rauditus ja talotekniset asennukset. Paikallavalettavan kerrostaloholvin rauditus koostuu useimmiten 8–12 mm harjateräsverkoista kahdessa pinnassa eli ylä- ja alapinnassa. Harjaterästen k-jakona verkoilla

on useimmiten $k150$ - $k200$ *mm*. Tämän lisäksi holviraudoituksen reunoilla kiertää useimmiten U-hakaset ja joissakin kohteissa myös lisäteräksiä esimerkiksi väli-seinien kohdilla. Kerrostaloholvin teräsmäärät paikalla valaen rakennettuna ovat tyypillisesti noin 45 – 90 kg/m^3 . Kokonaisteräsmäärät näissä holveissa vaihtelevat normaalisti 2000 – 10000 kg välillä.



Kuva 16. Paikallavaletun kerrostalokohteen välipohjan raudoitus. (Mustafa, 2017)

Viimeisenä tarkasteltiin sillan kansien teräsmääriä verrattuna kahteen edelliseen esimerkkiin. Siltojen teräsmäärät ovat usein erittäin suuria. Tämä johtuu rakenteen suurista kantavuusvaatimuksista. Silloissa käytetään usein järeitä 16 – 32 *mm* pääteräksiä ja 12 – 16 *mm* hakaraudoituksia. Tiuhaan raudoitettun kannen lisäksi silloissa on myös yleensä erittäin raskaat antura- ja pilariraudoitukset. Silloissa voidaan sanoa teräsmäärän olevan yleensä 140 – 320 kg/m^3 välillä. Kokonaiskilot riippuvat täysin sillan koosta, tyypistä ja raudoituksesta. Mainitaan kuitenkin yhden valtatie ylittävän kävelysillan kannen kokonaiskilot, jotka ovat n. 38000 kg . Tässä kyseessä on pienehkö kävelijöille suunniteltu siltarakenne, jonka kokonaiskilomäärä on huomattavasti pienempi kuin useissa autoilijoille tarkoitetuissa silloissa. Kuvassa 17 nähdään raskaan autoilijoille tarkoitetun sillan kannen raudoitus. Kyseessä on valtatie 4:n Tärttämäen silta Äänekoskella,

jolla on pituutta 220 m. Mainittakoon kyseisen sillan kokonaiskilomäärän olevan huomattavasti suurempi kuin edellä mainittu kävelysillan kilomäärä, johtuen sen koosta ja raskaista raudotteista. Arviolta kyseiseen sillan kanteen menee terästä useita satoja tuhansia kiloja.



Kuva 17. Tärntämäen sillan kannen rauditus. (Savela, 2018)

Yhteenvetona todetaan teräsmäärien vaihtelevan betonikuutiometriä kohden hyvin paljon riippuen kohteen vaatimuksista ja mitoituskijöistä. Myös esimerkiksi keskenään ulkoisesti saman tyyppisten kerrostalojen anturaraudoitukset voivat olla täysin erilaisia ja eri painoisia keskenään. Kyseisessä luvussa pyrittiin antamaan karkeaa käsitystä lukijalle teräsmäärien suuresta vaihtelusta erinäisissä rakenteissa.

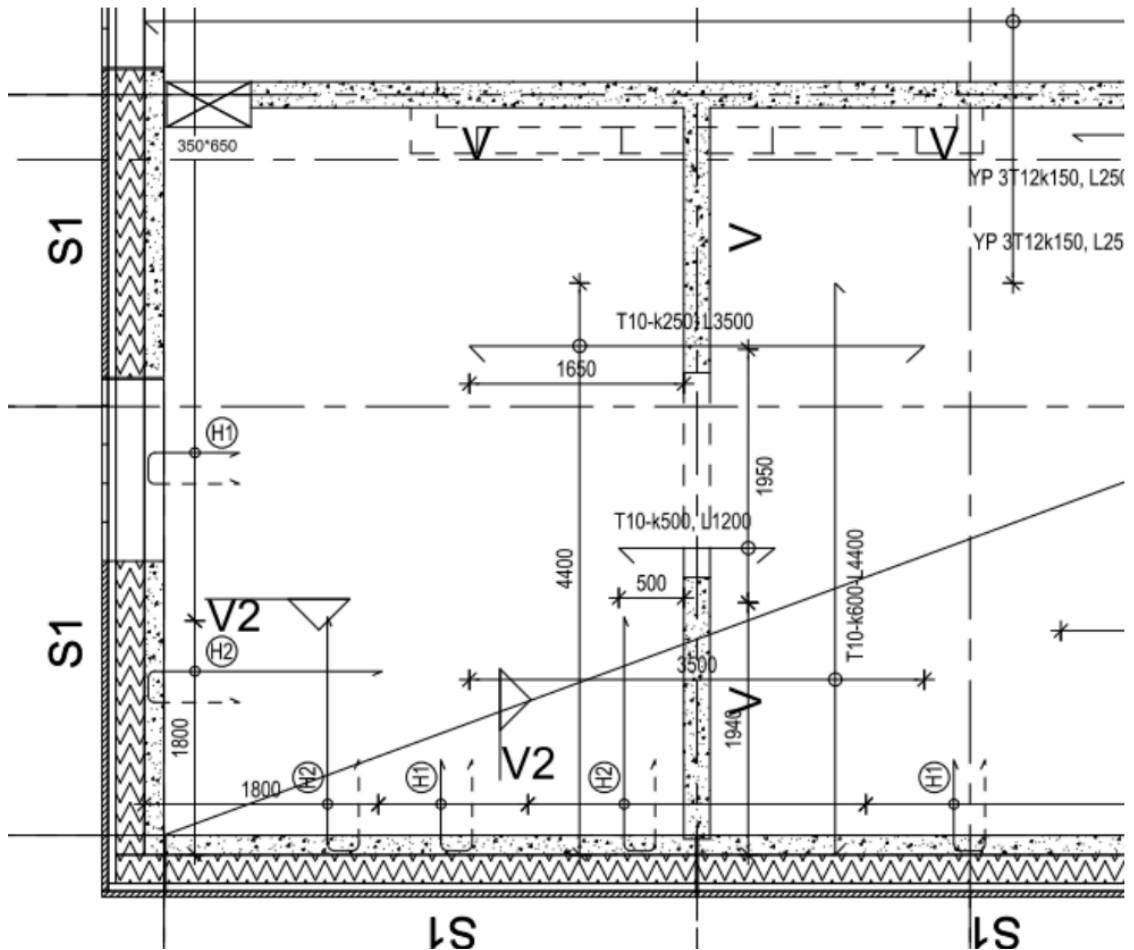
2.5 Rakennuspiirustukset, tarvikkeet ja muut tiedot

Osiassa käydään läpi rauditus- ja rakennepiirustuksia. Mietitään laajasti asioita, mitkä tiedot tekevät rakennuspiirustuksista parempia kuin toisista. Sivutaan myös rauditusliikkeissä raudituspiirustuksista tapahtuvaa teräslaskentaa. Lisäksi osiossa esitellään vielä laajasti teräsbetonirakentamisessa käytettäviä liitososia ja muita tarvikkeita.

2.5.1 Raudituspiirustukset ja teräslaskenta

Rakennuspiirustuksilla tarkoitetaan yksinkertaisesti suunnittelijan luomaa ohjetta, jolla kohteet pitää rakentaa. Raudituspiirustukset ovat yksi rakennepiirustusten osa-alue, joka käsittelee nimenomaan rauditukseen liittyviä tietoja. Tämän lisäksi on olemassa piirustukset myös muille osa-alueille, esimerkiksi taloteknisiä asennuksia tai väliseinien rakentamista varten. Raudituspiirustuksissa kerrotaan rakennesuunnittelijan mitoittamat rauditusmäärät, terästen järjestykset, mitat ja muodot sekä muut raudituksen tekemistä varten tarvittavat tiedot. Lisäksi raudituspiirustusten tekstikentässä pitäisi mainita jatkos- ja ankkurointipituudet sekä tarvittava suojabetonin määrä.

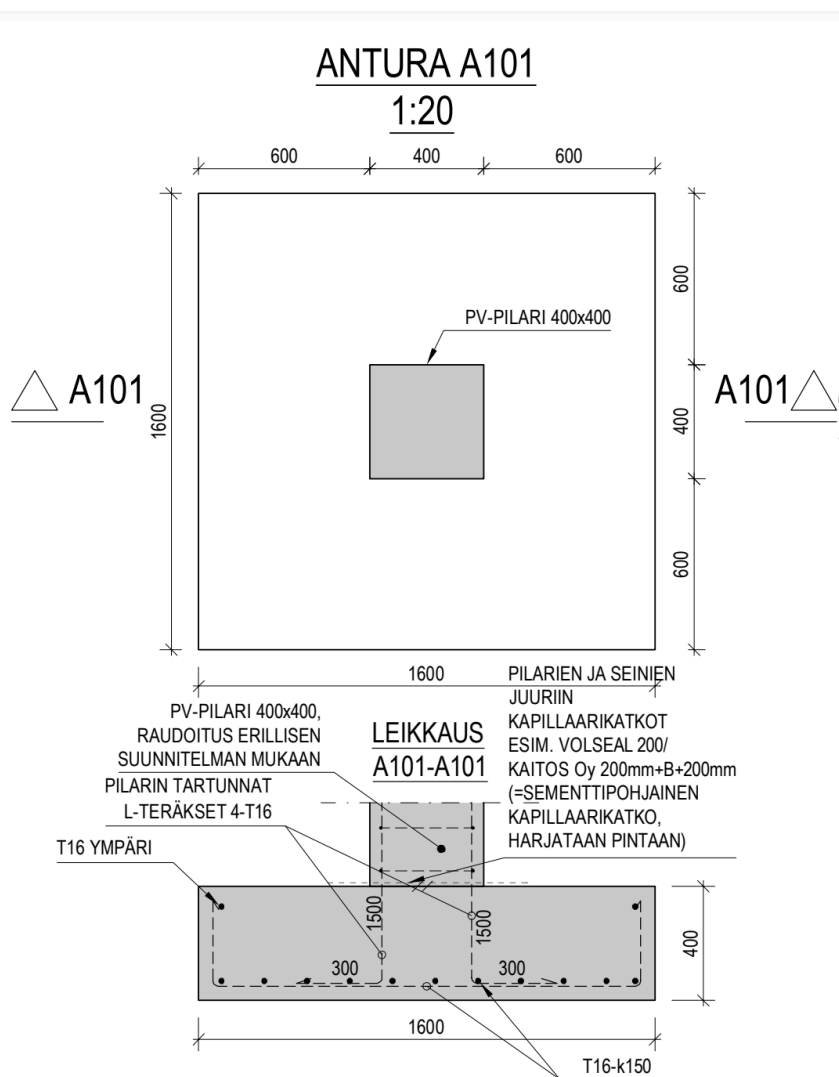
Raudituspiirustuksia on myös monta eri tyyppiä. Yleisesti yhdessä piirustuksessa rakennettava kohde kuvataan ylhäältä päin. Tätä kuvaa kutsutaan yleisemmin taso- eli plaanikuvaksi (kuva 18). Plaanikuvissa nähdään kohteeseen tulevat teräsmäärät pääpiirteittäin eli terästen paikat, mitat, dimensiot ja kappalemäärät. Plaanikuvia täydennetään tarvittavilla leikkaus- tai detaljikuvilla.



Kuva 18. Esimerkki plaanikuvasta raudituspiirustuksen osalta. (Kammonen, 2017)

Tämän lisäksi on olemassa aikaisemmin mainitut leikkaus- ja detaljikuvat. Leikkauskuvilla tarkoitetaan plaanikuvaan merkittyä kohtaa, josta on tehty tarkempi piirustus eri perspektiivistä katsottuna. Näistä kuvista usein selviää kohteen erikoismaininnat ja näitä kuvia käytetään myös plaanikuvien tietojen oikeellisuuden tarkistukseen. Leikkaukset usein merkitään juoksevilla numeroilla tai aakkosilla, esimerkiksi A-A tai 1-1. Detaljikuvilla puolestaan tarkoitetaan yleistä tyypikuva, joka tehdään esimerkiksi nurkan yleiseksi rauditusperiaatteeksi. Näitä merkitään usein DET1:stä ylöspäin juoksevilla numeroilla. Jos detaljeja on useampia, ne myös usein merkitään plaanikuvaan kohtiin, joissa kyseinen detalji on käytössä. Näiden edellä mainittujen kuvien lisäksi tietyissä kohteissa suunnittelija saattaa piirtää vielä muita tarkentavia kuvia rauditukseen liittyen, esimerkiksi raudituksesta nousevista tartunnoista oman piirustuksen.

Kuvassa 19 on anturalaatikon raudoitukseen tarvittavat tiedot. Ylempi kuva on pelkkä mittapiirustus, josta nähdään ylhäältä päin kuvattuna anturalaatikko, paikallavalupilarin paikka ja kohta, mistä leikkauskuva on otettu. Mittapiirustuksen alla olevassa leikkauksessa A101-A101 on esitetty itse anturalaatikon raudoitus. Leikkauksesta voidaan lukea anturaan tulevat teräkset eli alapintaan T16 mm D-tyypin teräkset k150 mm jaolla sekä T16 mm rengasteräs laatikon ympäri. Kuvassa on esitetty myös paikallavalupilariin nousevat tartuntaraudat ja ilmoitettu paikallavalupilarin raudoituksesta erillisen suunnitelman mukaan.



Kuva 19. Anturalaatikon raudoitus. (Hyvinkaa.fi, 2018)

Raudoituspiirustuksissa on siis paljon asioita, joita niistä pitää löytyä oikean lopputuloksen saavuttamiseksi. Piirustuksissa on kuitenkin suunnittelijoiden ja suunnittelutoimistojen välillä suuria eroja. Suunnitteluvaiheessa tärkeä asia on yrittää

pitää kuvat selkeinä ja helposti luettavina, jotta aikaa kuluisi teräslaskentavaiheessa sekä työmaalla mahdollisimman vähän. Virheiden määrä myös laskee suuresti, jos piirustukset ovat helposti luettavissa. Lisäksi suunnittelijalla on velvollisuus miettiä myös työtekniisiä asioita eli esimerkiksi, onko raudoitus helppo toteuttaa työmaalla. Tärkeitä työtekniisiä asioita ovat esimerkiksi mahdollisimman paljon samanlaisia teräksiä ja ei turhia dimensiomuutoksia kesken raudoituksen. Esimerkkinä mainittakoon palkkiraudoitus, joka vaatii pääasiassa 10 mm hakaraudoituksen, mutta muutamainkin kohtiin riittäisi 8 mm hakaraudoitus. Tässä tilanteessa mieluummin laitetaan kaikki hakaset 10 mm hakasiksi, koska työmaalla ja tehtaalla raudoitus on tällä tavalla nopeampi tehdä. Toisena tärkeänä on miettiä, onko kyseinen raudoitus mahdollista rakentaa. Välillä raudoituspiirustuksissa on selviä ristiriitoja tai jopa työtekniisiä mahdottomuuksia. Näissä tilanteissa raudoitusliikkeen tai työnjohdon on oltava yhteydessä suunnittelijaan ja pyydettävä vaihtoehtoista toteutusmenetelmää kyseiselle raudoitukselle.

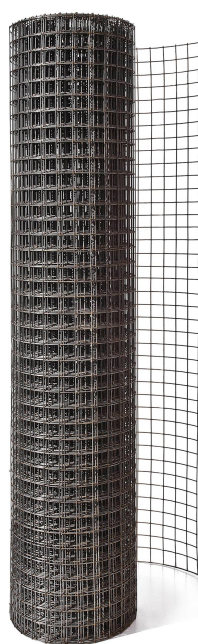
Teräslaskenta eli listaustyö on raudoitusliikkeissä tapahtuvaa toimintaa, jossa raudoitusliikkeen listaaja laskee raudoituspiirustuksista kaikki kyseisellä työmaalla tarvittavat teräkset. Teräksien listausvaiheen jälkeen raudoitusliike alkaa valmistamaan oikeita teräksiä näiden listaajan tekemien teräslistojen mukaan. Listaajan työssä joutuu kohtaamaan lukuisia erilaisia kohteita, joten listaajan kokemus ja kuvien lukutaito täytyy olla huippuluokkaa. Työssä on tärkeää osata ymmärtää työtekniiset ongelmat, osata konsultoida raudoituksen tekemisessä, soveltaa teräksiä ja pitää aktiivisesti yhteyttä työmaan edustajaan erikoistapausten osalta. Näin työmaalla tapahtuvaa raudoitustyötä voidaan helpottaa ja nopeuttaa suunnitelmien antamisissa rajoissa. Lisäksi työhön kuuluu paljon aikataulujen sopimista ja vuorovaikutusta tilaajien sekä rakennuttajien kanssa. Listaajan koulutus voi vaihdella rakennusinsinööristä toiseen ääripäähän eli itse oppineeseen kokeneeseen raudoittajaan.

2.5.2 Väestönsuojaverkot ja raudoitustarvikkeet

Luvussa käsitellään väestönsuojaverkkojen perustietoja, toimintaa ja siitä annettua lainsäädäntöä. Tämän lisäksi käsitellään raudoituksessa tarvittavia tarvikkeita

ja apuvälineitä. Näihin lukeutuvat esimerkiksi sidontalangat, sidontavälineet ja betoniterästen suojaetäisyyden varmistavat välikkeet.

Väestönsuojien katon rakentamisessa käytetään pakollisena väestönsuojaverkkoa, jota kutsutaan puhekielessä usein sirpaleverkoksi. Väestönsuojaverkko asennetaan väestönsuojan katon alapintaan raudoituksen alle. Verkon pääasiallinen tarkoitus on estää isojen betonilohkareiden ja raudoituksen putoamista väestönsuojassa olevien henkilöiden päälle väestönsuojan kriittisessä räjähdys- tai romahdustilanteessa. Kyseisen verkon silmäkoko on yleisesti $50 \times 50 \text{ mm}$ ja se on valmistettu 3 mm teräslangasta. Verkkoja on saatavilla 50 m^2 pakatuissa rullissa ja näitä myyvät pääasiassa raudoitusliikkeet ja rautakaupat. Kuvassa 20 on standardit täyttävä ja yleisesti käytetty väestönsuojaverkko rullaksi pakattuna.



Kuva 20. Väestönsuojaverkko. (Stark, n.d)

Väestönsuojaverkkojen käyttämisestä on säädetty myös laissa. Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta (506/2011 §14) määrää väestönsuojaverkon käytöstä väestönsuojakattojen alapinnassa seuraavasti:

*”Teräsbetonisen väestönsuojan katon alapinnassa tulee raudoituksen lisäksi olla pääraudoitukseen sidottu teräsverkko tai betoniin kiinnittyvä teräspoimulevy.”
(Finlex, 2011)*

Kuvassa 21 nähdään väestönsuojaverkko asennettuna raudoituksen alapinnan ja holvimuotin väliin. Väestönsuojaverkko on tärkeää muistaa asentaa holvin alapinnan terästen alle. Tärkeää on myös huomioida verkon limitys toisen verkon päälle saumakohtissa ja verkon asennus reunoille asti, aina seinäraudoitukseen kiinni saakka. Lopulta verkko nostetaan holvimuotista sitomalla alapinnan raudoitukseen kiinni, jotta se pysyy valun aikana irti muotista ja betonin suojaetäisyydet täyttyvät.



Kuva 21. Väestönsuojan katon raudoitus. (Partti, 2021)

Väestönsuojaverkkojen lisäksi raudoituksessa käytetään paljon muita apuvälineitä ja tarvikkeita. Jokaisessa raudoituksessa käytettävä tarvike on sidontalanka, jolla harjateräkset sidotaan toisiinsa kiinni raudoitusvaiheessa. Sidontalangat valmistetaan rautalangasta usein kupari- tai sinkkipinnoitteella, joka auttaa

niiden korroosionkestossa ja käsiteltävyydessä. Näitä lankoja myyvät rautakauppojen lisäksi myös useimmat raudoitusliikkeet ja yleensä raudoitusliikkeiden lankojen laatu on työstettävyydeltään parempaa kuin rautakaupoista ostettavien lankojen. Sidontalangan solmimiseen tarvitsee apuvälineeksi joko raudoituskoukun tai sidontakoneen. Raudoituskoukusta käytetään puhekielessä raudoittajien keskuudessa usein nimeä ”surrikoukku”. Suomessa valtaosa raudoittajista käyttää työssään pelkkää raudoituskoukku. Tämä johtuu siitä, että sidontakone on koukuun verrattuna huomattavan paljon suurempi, kömpelömpi ja hintavampi vaihtoehto. Sidontakone jättää myös solmuja usein löysälle ja ei täysin sovellu kaikkien raudoitusten tekemiseen. Kyseinen kone on parhaimmillaan esimerkiksi laattojen raudoituksessa, jossa solmuja pääsee sitomaan tilavassa paikassa. Kuvassa 22 on Suomessa käytössä oleva malli raudoituskoukusta. Koukkuja on runsaasti erityyppisiä ja kyseisestäkin mallista on saatavilla monia versioita erilaisella käyryydellä ja pituudella. Nämä seikat vaikuttavat isosti koukun käyttäytymiseen ja sillä sitomiseen. Koukkuja valmistaa rautakauppojen lisäksi myös useampi raudoittaja omana sivutoimisena työnään. Näissä tapauksissa koukut voidaan tilata ja valmistaa täysin omien mieltymyksien sekä mittojen mukaan. Kyseiset koukut on useimmiten laakeroitu kahvaosan ja koukun varren väliltä, joka keventää sitomistyötä huomattavasti.



Kuva 22. Raudoituksessa käytettävä sidontakoukku. (Työkaluässä, n.d)

Näiden perustarvikkeiden lisäksi työmaalla joudutaan välillä muokkaamaan tehtaalta tulleita teräksiä muutosten tai hankalien kohtien raudoittamisessa. Terästen muokkaamisella tarkoitetaan terästen katkaisua oikeaan mittaan tai teräksen taivuttamista oikeaan muotoon. Työmaolosuhteissa teräksiä muokataan pie-

nemmillä laitteilla kuin tehtaalla. Teräksen katkaisuun käytetään usein kulmahiomakonetta eli ”rälläkkää” tai teräksen katkaisuun tarkoitettua hydraulista akulla toimivaa harjateräsleikkuria (kuva 23). Kyseinen harjateräsleikkuri pystyy leikkaamaan teräksiä 16 mm asti. Hydraulinen harjateräsleikkuri on nopea ja sen toiminta ei aiheuta kipinöitä eli se ei vaadi tulityökorttia tai lupaa. Terästen taivutukset tapahtuvat usein työmaalta löytyvän käsitaivuttimen tai joissain tapauksissa voimavirtaan kytkettävän hydraulitaivuttimen avulla. Satunnaisissa kohteissa teräksiä joudutaan myös hitsaamaan. Tämä tehdään yleensä puikkohitsauslaitteella, joka on kevyt ja helppo liikuttaa myös työmaalla.



Kuva 23. Akkukäyttöinen Makitan valmistama harjateräsleikkuri DSC163. (Makita, n.d)

Betoniterästen suojaetäisyyden varmistavat välikkeet ovat myös tarpeellisia useimmissa raudituskohteissa. Välike-nimen lisäksi kyseisiä tuotteita kutsutaan markkinoilla myös korokkeiksi ja nappuloiksi. Välikkeitä käytetään nostamaan rauditus irti maasta tai muotista, jotta betoniterästen suojaetäisyys täyttyy. Suojaetäisyydellä tarkoitetaan betonirakenteissa terästen etäisyyttä betonin ulkopinnasta eli terästen betonipeitettä. Suojaetäisyys auttaa teräsbetonirakenteiden korroosion estossa niin, etteivät helposti ruostuvat teräkset joudu kosketukseen ulkoilman kanssa, vaan niiden ympärillä oleva betonikerros suojaa niitä ulkoilmalta ja sään vaihteluilta. Suojaetäisyydet ovat useimmissa kohteissa karkeasti 20–50 mm välillä. Usein esimerkiksi anturarakentamisessa suojaetäisyys on 50 mm ja EPS-eristeitä vasten valettavassa lattiassa 35 mm. Massiivisissa kohteissa, kuten siiloissa ja tuulimyllyissä, voidaan törmätä tätäkin isompiin suojaetäisyyksiin.

Välikkeistä yleisimmin käytössä olevat mallit ovat kuvassa 24 oleva maavälike ja kuvassa 25 oleva holvi- tai siltävälike. Nimensä mukaan maavälikettä käytetään yleisesti maanvaraisten laattojen, kuten lattioiden tai paalulaattojen raudoituksissa. Malli asennetaan maan ja raudoituksen väliin laittamalla raudoituksen alin teräs välikkeessä näkyvään loveen. Maavälikkeitä on saatavilla eri korkeuksilla n. 20–150 mm asti. Raskaissa tai ison suojaetäisyyden vaativissa kohteissa, jotka valetaan maata vasten, käytetään välikkeenä satunnaisesti myös piha- ja tiiliskiviä työteknisistä syistä. Nämä kantavat paremmin ja tukevammin raskaan raudoituksen kuin muovista valmistetut välikkeet. Maavälike ei myöskään sovellu muottia vasten tehtyihin raudoituksiin, koska sen alalaippa jää näkyviin valmiiseen betonipintaan.



Kuva 24. Perinteinen raudoituksessa käytettävä maavälike. (Celsa Steel Service, n.d)

Holvi- tai siltävälikkeitä puolestaan käytetään pääasiassa muottia vasten raudoitettavissa kohteissa, esimerkiksi holveissa, pilareissa sekä seinissä. Tämä kyseinen välikemalli jättää valmiiseen betonipintaan huomattavasti pienemmät jäljet kuin edellä mainittu maavälike. Holvivälike asennetaan samalla periaatteella muotin ja raudoituksen alimman teräksen väliin kannattelemaan raudoitusta oikeassa korossa. Seinissä holvivälikkeet kiinnitetään seinämuottiin useimmiten naulojen tai alumiininaulojen avulla, riippuen kohteen vaatimuksista materiaalien suhteen.



Kuva 25. Holvi- tai siltavälike. (Celsa Steel Service, n.d)

Näiden välikemallien lisäksi tanko- tai kiskovälikkeiden käyttö on yleistynyt runsaasti lähivuosina Suomessa (kuva 26). Tankovälikkeitä käytetään pääasiassa holviraudoitusten alla muottia vasten ja niitä on saatavilla lukuisia eri malleja. Tankovälikkeiden laatuvariaatio eri mallien välillä on huomattavan suuri ja toiset mallit kestävät raudoituksen painoa paljon paremmin kuin toiset. Tankovälikkeet ovat kuitenkin toimiessaan erittäin käteviä ja nopeita asentaa. Tankovälikkeessä toisena hyvänä puolena on, että matalissa holveissa voidaan jättää raudoitusta auttavat työteräkset helposti pois ja sitoa ensimmäiset teräkset suoraan tankovälikkeeseen kiinni. Näin raudoitus saadaan paremmin mahtumaan korkeudeltaan matalan laatan sisään.



Kuva 26. Holveissa satunnaisesti käytettävä tankovälike.

Työnjohdon on tärkeää huolehtia ennen työmaan aloitusta, että työmaalla on oikealla hetkellä kaikki kyseisessä työvaiheessa tarvittavat koneet, laitteet ja muut tarvikkeet. Työnjohtajien kannattaa useissa tapauksissa konsultoida kollegoita ja esimerkiksi raudoitusliikettä nopeimman työskentelytavan löytämiseksi. Oikeiden

tarvikkeiden valinnalla voidaan säästää merkittävästi aikaa. Työntekijöillä on puolestaan aina vastuu omista henkilökohtaisista työkaluista ja suojavälineistä.

2.5.3 Betonirakentamisen liitososat

Teräsbetonirakentamisen apuna käytetään lukuisia liitososia ja valmiskiinnikkeitä varsinkin elementtirakentamisen osalta. Näiden osien tarkoituksena on nopeuttaa työmaalla tapahtuvaa asennustyötä. Liitososia ovat esimerkiksi ankkurointipultit, joiden tarkoitus on ankkuroida valmisbetoniosia perustuksiin. Muita yleisiä liitososia ovat aiemmin mainitut PASI-vaijerilenkit, Welda-kiinnityslevyt ja erilaiset valmiit työsaumaraudoitteet. Yleisesti valmisosien tarkoituksena on siirtää rakenteeseen kohdistuvia kuormia rakenteelta toiselle ja varmistaa myös toimivat liitoskohdat ja rakenteiden saumat. Luvussa käydään läpi yleisimmät liitososat ja niille ominaiset käyttökohteet. Tarkoituksena on saada lukijalle selkeä käsitys erilaisten saumojen toteutustavasta käyttäen valmiita liitososia. Käsiteltävät tuotteet ovat Suomen suurimman liitososavalmistajan Peikko Groupin tuotteita, jotka ovat erittäin tunnettuja myös muualla maailmassa. Suomessa toinen suuri liitososien valmistaja on Anstar Oy. Molempien edellä mainittujen yritysten tuotantotilat löytyvät Lahdesta.

Kuvassa 27 on Peikon valmistama HPM-harjateräspultti eli ankkurointipultti. Ankkurointipultin tarkoituksena on siirtää puristus-, veto- ja leikkausrasitus haluttuun rakenteeseen. Useimmiten ankkurointipultteja käytetään pilarielementin ja perustusten välisissä liitoksissa. Ankkurointipultit asennetaan kiinni perustuksiin, kuten laatikkoanturaan ennen perustusten betonivalua asennussapluunan eli pulttikehän avulla. Ankkurointipulttien raudoitukseen on määritelty kohteissa yleensä omat suunnitelmat. Pulttien asennuskohta on erittäin tarkka ja siinä on käytettävä apuna esimerkiksi takymetri-mittalaitetta. Betonivalun aikana täytyy myös kiinnittää erityistä huomiota, että pulttikehä ei pääse liikkumaan, jotta pilari saadaan asennettua myöhemmin täysin oikeaan kohtaan. Valun kuivumisen jälkeen elementtipilarit nostetaan nosturilla paikoilleen ja kiinnitetään pulttiryhmään järeillä kuvassa näkyvillä muttereilla. Elementtipilareita varten pultteja on yleensä neljä kappaletta eli yksi jokaista kulmaa kohti.



Kuva 27. HPM-harjateräspultti betoniosien ankkurointiin. (Peikko Group, n.d)

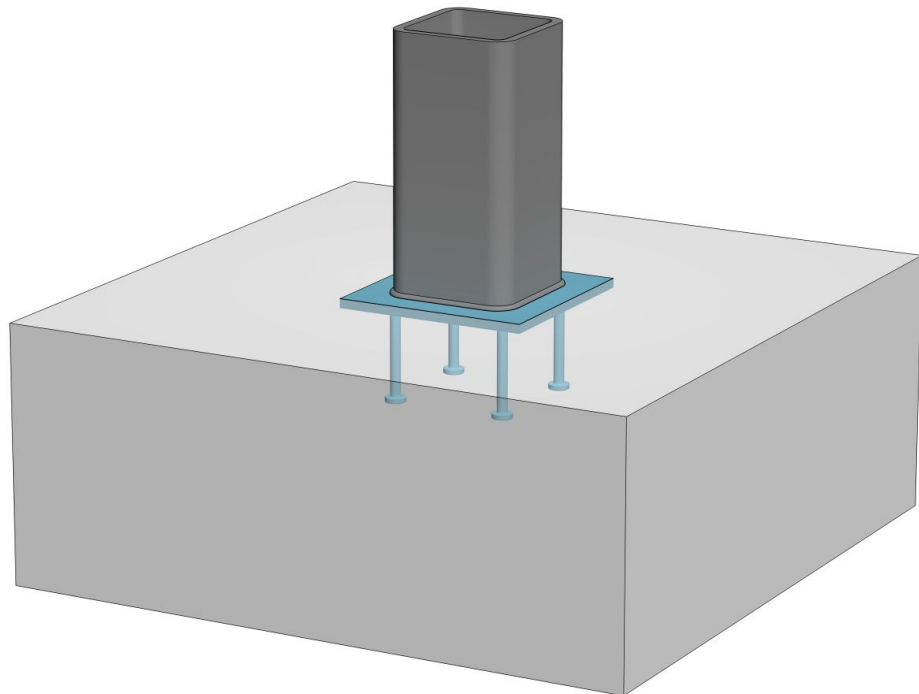
Welda-kiinnityslevyt ovat Peikon valmistama tuoteperhe, joka toimii kuormitusten siirtämisen apuna teräs- ja betonirakenteiden kesken. Welda-kiinnityslevyjä on useita eri malleja eri kokoisille kuormille. Weldoja on saatavilla myös yhtenä pitkänä kappaleena, jotka toimivat hyvin esimerkiksi konepedeissä. Kuvassa 28 on Welda-Strong kiinnityslevy raskaille kuormille. Harjateräksestä valmistetut jalat eli ankkurit toimivat kuormia siirtävässä roolissa. Jalkojen avulla Weldat on myös helppo asentaa kantavaan betonirakenteeseen. Jalkoja on saatavilla monissa eri mitoissa, jotka vaikuttavat asennustyöhön ja Weldoista aiheutuvan lisäraudoituksen määrään.



Kuva 28. Welda-Strong kiinnityslevy. (Peikko Group, n.d)

Kuva 29 esittää Welda-kiinnityslevyjen toimintaperiaatteen. Weldat asennetaan ennen kantavan rakenteen, tässä tapauksessa anturan, betonivalua. Weldojen

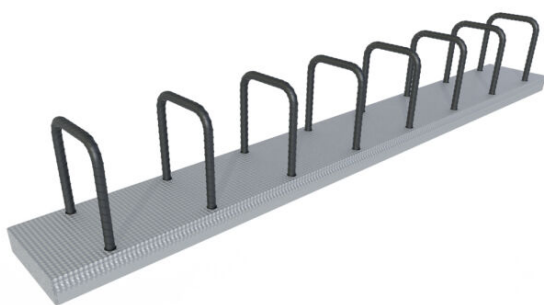
kiinnityksessä käytetään hyvin pitkälle saman tyyppistä asennustyyliä kuin sapluunoilla asennettavissa HPM-harjateräspulteissa. Weldat on tärkeää asentessa mitoittaa oikealle kohdalle, jotta ylöspäin jatkuva rakenne saadaan suunniteltuun kohtaan. Weldojen asennuksessa käytetään apuna laser-mittalaitteita ja välillä myös asennussapluunaa. Weldat usein hitsataan kiinni kantavan rakenteen raudoitukseen, jotta se pysyy tukevasti paikallaan ja siirtää kuormat suunnitellulla tavalla. Weldoista ylöspäin lähtevät rakenteet eli useimmiten teräspilarit hitsataan Welda-levyihin kiinni. Näissä hitsauksissa kyseisen työn tekijällä täytyy olla hitsausta varten suoritettu erillinen sertifikaatti eli erikoishitsauslupa.



Kuva 29. Welda-kiinnityslevyjen toimintaperiaate (Peikko Group, n.d)

Viimeisenä esitellään Peikon valmistamat Arbox-työsaumaraudoitteet. Valmiista työsaumaraudoitteista käytetään työmaalla usein nimeä ”karvalauta”. Nämä työsaumaraudoitteet toimivat veto- ja leikkausrasituksia siirtävänä liitososana samalla tavalla kuin harjateräkset. Arbox-työsaumaraudoitteiden idea on tehdä työsaumaraudoitus ilman, että muottia joudutaan rikkomaan. Kyseiset työsaumaraudoitteet asennetaan betonivalun sisään muottia vasten. Muotin purun jälkeen kotelo avataan ja sen sisällä olevat teräkset taivutetaan suoriksi. Näin saadaan aikaan helppo ja nopea työsaumaraudoitus ilman muottiin porattuja reikiä. Tämä

rakentamistapa auttaa myös työturvallisuudessa, koska terävät harjaterästangot ovat kotelon sisässä avaamiseen asti. Arbox-työsaumaraudoitteita voidaan käyttää useissa eri käyttökohteissa. Työsaumaraudoite voidaan asentaa pysty- tai vaakasuunnassa ja sitä käytetään usein esimerkiksi seinä-laattaliitoksen tartuntoina. Kuvassa 30 ylöspäin oleva puoli asennetaan raudoituksen sisään betonivaaluun ja kotelopuoli muottia vasten. Raudoituksen yhteyteen tulevien harjateräslenkkien läpi kulkee piirustuksissa määrätty raudoitus, joka sitoo työsaumaraudoitteen oikealle paikalleen tehden rakenteellisesti kestävän liitoksen.

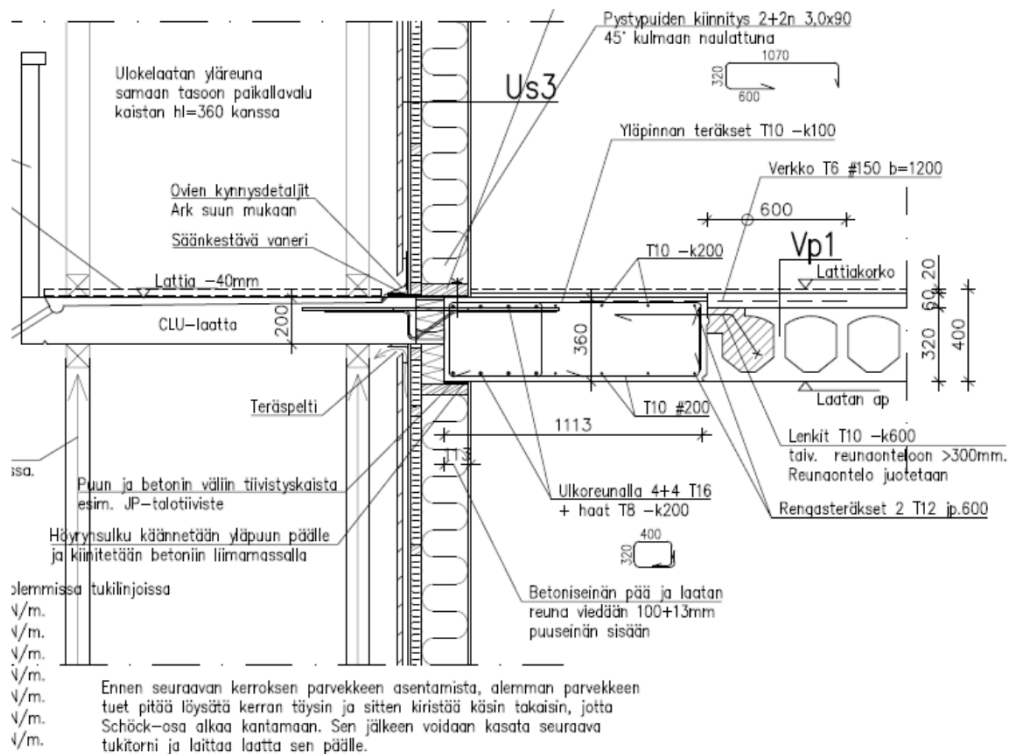


Kuva 30. Arbox Plus työsaumaraudoite. (Peikko Group, n.d)

2.5.4 Elementtiparvekkeet

Kerrostalojen parvekeratkaisut tehdään nykyään pääosin valmiista elementeistä, on kyseessä sitten muuten paikallavalu- tai elementtikohde. Elementtiparvekkeet ovat erittäin nopeita asentaa verrattuna paikalla valaen toteutettuun ratkaisuun. Elementtiparvekkeissa käytetään useita erilaisia liitosmalleja, jolla valmis elementti sidotaan kiinni kerrostalon välipohjaan. Ohessa esitellään yksi suosittu elementtiparvekkeissa käytettävä liitostyyppi. Elementtiparvekkeiden liitokset vaativat tarkat suunnitelmat, osat ja raudoitukset sitomaan parveke välipohjaan. Kuvassa 31 on rakenneleikkaus ulokeparveke-elementin liitoksesta välipohjaan. Välipohja on toteutettu kohteessa osittain onteloholvina, mutta parvekkeiden kohdilla ontelolaattojen vieressä kulkee paikallavalukaista. Paikallavalukaistan tar-

koituksena on mahdollista suunnitellun raudoituksen tekeminen kuvassa näkyvälle Schöck-parvekeliitokselle. Schöck-parveke on yksi monesta valmiista elementtiparvekemalleista. Kyseisessä parvekemallissa sidonta toteutetaan harjateräksistä valmistetulla liitososalla, joka on kiinni valetussa elementtiparvekkeessa. Harjateräkset toimivat elementtiparvekkeen tartuntoina ja siirtävät parvekkeen kuormat välipohjalle. Parveke asennetaan nosturin avulla paikalleen ja liitososa raudoitetaan erillisten suunnitelmien mukaisesti ennen betonivalua. Kyseisessä liitostyyppissä parvekkeen rakennusaikainen tuenta tukitolpilla on pakollista ja sen purkaminen on sallittua vasta betonin saavuttaessa tarpeeksi suuren lujuuden. Betonin lujuutta seurataan mittaamalla säännöllisesti sen lämpötilaa ja laskemalla betonin kypsyyksiä sekä lujuus aikaisemmin mainitulla kaavalla.



Kuva 31. Yksi käytössä olevista liitostyypeistä parvekkeen ja välipohjan liitoksissa. (Niskanen, 2019)

Kuvassa 32 on kyseisellä työmaalla paikallavalukaistaan tehty raudoitus rakenneleikkauksen (Kuva 31) mukaan. Kuvassa näkyy parveke-elementeistä tulevat harjaterästartunnat ja niille määritelty lisäraudoitus valmiiksi asennettuna.



Kuva 32. Valmis Schöck-parvekkeen paikallavalukaistan raudoitus. (Niskanen, 2019)

3 TERÄSBETONIRAKENTAMINEN SUOMESSA

Tässä luvussa selvitetään teräsbetonirakentamisen nykytilanne näkyvyyden, arkkitehtuurin ja isojen projektien suhteen. Luvussa käsitellään isoja teräsbetonirakenteiden tekijöitä Suomessa ja sivutaan myös rauditusliikkeiden toimintaa. Lisäksi käsitellään työturvallisuutta, valvontaan liittyviä seikkoja ja yleisimpiä ongelmia työn suorittamisessa. Viimeisenä käydään läpi omakotitalotyömailla valetun maanvaraisen betonilaatan kuivumiseen liittyviä kosteudenhallintaseikkoja, joiden noudattamisessa tehdään usein radikaalejakin virheitä. Osion läpiviennin apuna käytettiin useita lähteitä, usean vuoden kokemusta teräsbetonialalta sekä kyselytutkimusta ongelmien ja haasteiden tutkimisessa.

3.1 Teräsbetonirakentamisen tilanne

Teräsbetonirakenteiden yleisyys katukuvassa on nykypäivänä valtava. Lähes jokaisessa rakennuksessa huomataan käytettävän teräsbetonia ainakin joissain määrin, vähintään perustusten tai rakennuksen rungon osalta. Betoni on vakiinnuttanut itsensä Suomen rakennusmarkkinoille pysyvästi ja asialle ei ole nähtävissä muutosta myöskään lähivuosina.

Nykyään betonirakenteiden arkkitehtuuri on myös kehittynyt huomattavasti ja Suomessakin huomataan betonista valmistettujen rakenteiden monimuotoisuutta koko ajan enemmän kuin aikaisemmin. Arkkitehtuuriin ovat vaikuttaneet jo 1970-luvulla kehitetyt yhteiset elementtiliitosdetaljit ja 1980-luvun betonirakentamisen monimuotoistuminen. Arkkitehtuuri on nykyään isossa osassa rakennusten suunnitteluprosessissa. Rakennusten ilmeen suunnittelu on pääasiassa arkkitehtien vastuulla, jotka suunnittelevat kohteiden ulkoiset piirteet yhdessä rakennesuunnittelijoiden kanssa. Rakennesuunnittelijat vahvistavat arkkitehdin tekemät ratkaisut tekemällä erilaiset mitoituslaskelmat kyseisestä toteutustyyppistä.

Betonin arvostus rakennusmateriaalina on noussut juuri edellä mainituista arkkitehtuurillisista syistä. Betonin arvostus ihmisten keskuudessa ei kuitenkaan ainaakaan vielä yllä esimerkiksi puun tasolle, puun arvostuksen ollessa erittäin suuri

Suomessa. Rakennesuunnittelijat pitävät betonia puolestaan hyvänä rakennusmateriaalina sen loistavien rakenteellisten ominaisuuksien vuoksi. Betonin käyttö on lisääntynyt myös pintamateriaalina sekä erilaisten design-huonekalujen ja yksityiskohtien valmistamisessa. Kuvassa 33 Solo Sokos Hotel Tornin huone Tampereella, jossa on käytetty betonin raakaa valupintaa suoraan seinän pintamateriaalina osassa huoneista.



Kuva 33. Valupinta jätetty hotellihuoneen seinien pintamateriaaliksi. (Sokos Hotels, n.d)

3.1.1 Isot projektit Suomessa

Suomessa on tehty teräsbetonia apuna käyttäen lukuisia massiivisia rakenteita jo useita kymmeniä vuosia. Näihin kohteisiin lukeutuu esimerkiksi useat sairaalat, kulttuurikohteet, messuhallit ja kauppakeskukset. Näiden lisäksi tuoreempina isoina kohteina mainittakoon esimerkiksi Tampereen keskustassa junaraiteiden päälle rakennettu Suomen suurin jää- ja monitoimihalli Kansi-Areena sekä tällä hetkellä rakenteilla oleva Kruunusiltojen projekti Helsingissä.

Kruunusiltaprojekti sisältää neljä siltaa, jotka luovat raitiotieyhteyden Laajasalon sekä Helsingin keskustan välille. Kruunusilloista pisin on Kruunuvuorensilta, josta tulee valmistuessaan koko Suomen pisin silta. Kruunuvuorensillan pituus on noin 1200 metriä. Kruunuvuorensillasta YIT:n luoma havainnekuva valmiista teoksesta esitetään kuvassa 34, josta huomataan rakenteiden olevan erittäin massiivisia. Kruunuvuorensillassa on sillan käyttöäksi asetettu 200 vuotta, joka on tämän tyyppisissä siltarakenteissa poikkeuksellisen suuri. Tänä päivänä infra-betonien käyttöikä pyörii noin 100 vuoden lähimaastossa, joten betonitehtaat joutuvat suunnittelemaan kohteelle uuden erittäin lujan ja kestäväen betonilaadun. Kruunuvuorensillan rakennuttamisesta vastaa Kreaten ja YIT:n luoma työyhteisöliittymä, joka kantaa nimeä Kruunusillat. Sillan suunniteltu valmistumisaika raitio liikenteen käyttöön on alkuvuodesta 2027. (YIT Suomi, n.d)



Kuva 34. Havainnekuva Kruunuvuorensillasta. (YIT Suomi, n.d)

Kansi-Areena, joka kantaa tällä hetkellä (2024) sponsorinimeään Nokia-Areena, on puolestaan Tampereelle vuonna 2021 valmistunut jää- ja monitoimihalli. Nokia-Areena sijaitsee Tampereen ydinkeskustassa aivan rautatieaseman läheisyydessä. Areena on rakennettu massiivisen teräsbetonisen kansirakenteen päälle, jonka alta kulkee Tampereen lähi- ja kaukojunaliiikenne. Kansirakenne joutuu siis kannattelemaan valtavaa kuormaa, joka kertyy monitoimiareenan lisäksi myös esimerkiksi kahdesta kannella olevasta korkeasta tornitalosta. Areenan kansirakenteeseen kuuluu 300 pilaria, kuusi kilometriä palkkirakenteita sekä laatta, joka

sisältää 8000 tonnia betonia. Kansilaatan betonoinnin paksuus on noin 40 senttimetriä ja rakennetta kannattelee noin 300 peruskallioon asti hakattua teräspaalua. Kyseinen kansilaatta on kooltaan noin kaksi hehtaaria eli kyseessä on todella ainutlaatuinen betonirakenne Suomessa. (Tuominen, 2018)

Kuvassa 35 nähdään kansilaatan päälle rakennetut tornitalot sekä kuvan oikeassa laidassa taustalla näkyvä Nokia-Areena. Kuvan vasemmassa alakulmassa nähdään kansilaatan reuna sekä junaraiteet, jotka kulkevat kansilaatan rakennuskompleksin alta.



Kuva 35. Kansilaatta ja sen päälle rakennettu areenakompleksi. (IIHF, 2021)

3.1.2 Teräsbetonirakenteiden tekijät

Tässä osiossa käsitellään teräsbetonirakenteiden eri osa-alueiden tekijöitä. Tuodaan esille isoimpia suunnittelutoimistoja, rakennuttajia, rauditusliikkeitä, elementtitehtaita sekä betonitehtaita.

Isoimmat betonirakenteita mitoittavat suunnittelutoimistot Suomessa ovat Sitowise, Sweco ja Ramboll. Kyseisistä suunnittelutoimistoista Sweco sekä Ramboll

olivat liikevaihdoltaan yli 250 miljoonan euron luokassa vuonna 2021. Sitowisen liikevaihto vuonna 2021 oli puolestaan noin 139 miljoonaa euroa. Näiden yritysten perässä seuraa Tampereella päätoimipaikkaansa pitävä A-Insinöörit, jonka omistaa konserni Ains Group Oy. (Kauppalehti, 2022)

Rakennuttajista suurimmat toimijat Suomessa ovat liikevaihdollisesti YIT Suomi Oy, SRV Rakennus Oy sekä Skanska Talonrakennus Oy. Nämä yritykset toimivat valtakunnallisesti ympäri Suomea. Näiden lisäksi Suomen eri alueilla on suuria paikallisia rakennusliikkeitä, jotka tekevät töitä pääasiassa omalla alueellaan.

Rauditusliikkeet jakautuvat pääasiallisesti toimialueen mukaan, joskin monet rauditusliikkeet voivat sopivan tarjouksen tullessa lähteä myös kauemmas urakoimaan tai toimittamaan terästä. Rauditusliikkeet voidaan jakaa myös asennuspuolen toimintaa sekä teräksen myyntipuolen toimintaa harjoittaviin. Useimmat isot rauditusliikkeet tekevät kuitenkin näitä molempia. Isoimpia teräksen toimittajia työmaille Suomessa ovat Celsa Steel Service Oy ja HTM Yhtiöt Oy. Nämä yritykset toimivat teräksen maahantuojina ja työmaille toimittamisen lisäksi välittävät harjaterästä usein myös muille terästen muokkaukseen sekä myyntiin erikoistuneille rauditusliikkeille. Paikallisista suurista toimijoista mainittakoon pääkaupunkiseudulla toimiva AK-Rauditus Oy, Pirkanmaalla toimiva Rauditus P.Rintala Oy sekä Varsinais-Suomessa toimiva Rauditusliike Haaki Oy.

Suomessa toimivista elementtitehtaista isoimmat ovat Parma Oy, Betset Oy ja Lujabetoni Oy. Kaikki kyseisistä yrityksistä toimittavat työmaille elementtien lisäksi tarvittaessa myös valettavaa betonimassaa. Työmaalla valettavan betonin toimittajista suurimmat vuonna 2022 ovat juuri Lujabetoni Oy, Rudus Oy sekä Ruskon Betoni. (Rakennusteollisuus, 2022)

3.1.3 Rauditusliikkeiden toiminta ja tehdastuotanto

Osiossa kerrotaan rauditusliikkeiden toiminnasta ja selitetään lyhyesti kyseisten yritysten liiketoimintamalli. Osiossa käsitellään asennustoiminnan lisäksi myös rauditusliikkeiden tehtailla tapahtuvaa tuotantotyötä eli terästen muokkaamista.

Edellisen luvun mukaan raudoitusliikkeet voidaan jaotella terästen myyntiin tai asennuspuoleen erikoistuneisiin. Useimmat raudoitusliikkeet tarjoavat kuitenkin molempia toimintoja. Teräksen myyntipuolella isoin ero yritysten välillä on, toimivatko yritykset itse teräksen maahantuojana vai ostavatko ne teräkset maahantuojalta ja muokkaavat ne työmaan tarpeisiin sopivaksi. Teräksen suurimpia maahantuojia ovat esimerkiksi aikaisemmin mainitut Celsa Steel Service Oy sekä HTM Oy. Suurta tuloksellista nousua teräksen maahantuojana tekee myös Steel Import Finland Oy. Kyseinen yritys on perustettu vuonna 2019 ja on vielä erittäin nuori yritys verrattuna suurempiin kilpailijoihin, mutta tavoitteet sekä yrityksen nopea kasvu voivat tehdä kyseisestä yrityksestä vielä hyvin suuren tekijän Suomen markkinoille.

Suurin osa Suomen raudoitusliikkeistä ostaa kuitenkin teräkset raudan maahantuojilta, eikä tuo niitä itse ulkomailta. Maahantuojat pystyvät lähtökohtaisesti tarjoamaan kohteita hieman halvemmilla hinnoilla, koska ne saavat tilattua teräksiä hallille isoissa erissä halvemmalla hinnalla ja ketjutuksesta jää yksi välikäsi pois. Teräksen hintaan vaikuttaa tämän lisäksi kuitenkin moni muu asia, kuten rahtimaksut tehtaalta työmaalle. Lisäksi paikallisilla raudoitusliikkeillä aikataulut terästen saamiselle voivat olla huomattavan paljon lyhyempiä ja usein paikalliset raudoitusliikkeet tekevät työn ns. kokonaisurakkana, johon kuuluvat terästen lisäksi myös asennustyöt rakennuspiirustusten mukaisesti. Suomessa raudoitusliikkeet tekevät usein yhteistyötä toistensa kanssa esimerkiksi juuri terästen maahantuonnin, asentajien lainaamisen ja töiden jakamisen suhteen.

Raudoitusliikkeiden toiminta siis perustuu tehdaspuolella teräslaskennan pohjalta tehtyihin teräksen muokkauksiin sekä niiden myyntiin. Terästen muokkaukseen kuuluvat aikaisemmin mainitut leikkaus- ja taivutustyöt, niputukset sekä mahdolliset hitsaukset. Teräkset muokataan varsinkin isoissa raudoitusliikkeissä kalliiden automaattitaivuttimien ja leikkureiden avulla. Kuvassa 36 esitellään Raudoitus P.Rintala Oy:n käyttämä isoille teräksille tarkoitettu automaattileikkuri. Automaattileikkuri vetää teräkset niille tarkoitettusta hyllystä leikkuuterälle ja katkaisee koneelle ohjelmoituun mittaan oikean kappalemäärän kyseisiä teräksiä. Kyseisten koneiden hinnat liikkuvat useissa sadoissa tuhansissa euroissa. Automaattikoneita yleisesti on saatavilla laajasti eri kokoisille teräksille sekä eri käyttötarkoituksille ja niiden hinnat vaihtelevat joistain kymmenistä tuhansista jopa yli

miljoonaan euroon. Isoimmilla raudoitusliikkeillä on myös usein käytössä kallis harjateräsverkkojen hitsaamiseen tarkoitettu automaattikone, joka pystyy tuottamaan varastokokoisia verkkoja erittäin nopealla tahdilla. Yritykset, joista tämä kone löytyy, pystyvät tarjoamaan verkolla raudoitettavia kohteita merkittävästi halvemmalla kuin muut raudoitusliikkeet. Tämä johtuu siitä, että muut raudoitusliikkeet ostavat varastoverkot juuri kyseisiltä yrityksiltä ja joutuvat laskuttamaan verkon hinnassa myös niistä koituneet rahtikulut ja halutun voittoprosentin.



Kuva 36. Automaattileikkuri isoille teräksille. (Raudoitus P.Rintala Oy, n.d)

3.1.4 Yleiset ongelmat ja haasteet työn suorittamisessa

Teräsbetoni-kohteiden rakentamisessa voidaan kohdata useita erilaisia ongelmia ja haasteita. Useat näistä haasteista tiedetään etukäteen ja niitä pystytään hie- man ennakoimaan jo aikataulusuunnittelun vaiheessa. On kuitenkin myös paljon ongelmia, jotka saattavat tulla eteen täysin arvaamatta. Näissä tilanteissa työ- maan työnjohdolla ja rakennesuunnittelijalla on iso vastuu tehdä nopeita ratkai-

suja. Tässä osiossa esitellään tarkasti yleisimpiä teräsbetonirakentamisen prosessiin liittyviä haasteita ja ongelmia. Luvun lopusta löytyy teräsbetonialan työntekijöille tehty kysely teräsbetonirakentamisen yleisimmistä haasteista. Kysely tehtiin osiossa esitettyjen ongelmaväittämien tueksi ja se toteutettiin anonyymina Forms-kyselynä.

Ensimmäinen yleinen ongelma ovat aikatauluseikat. Aikataulut rakentamisessa ovat nykypäivänä aina tiukkoja ja se tuottaa rakentamisprosessin aikana monenlaisia ongelmia. Aikatauluseikat voivat vaikuttaa työn laadun lisäksi myös esimerkiksi tehtaiden tavaran toimituksiin, jos ilmoitus tarvittavista tuotteista tulee tehtaille myöhässä. Rakennuspiirustusten valmistuminen suunnittelijalta saattaa myös välillä kestää suunniteltua kauemmin, joka estää rakennuttajaa tavaroiden ja materiaalien tilaamisessa ajoissa työmaalle. Aikataulua pyritään hallitsemaan ennen työmaan aloitusta tehtävällä aikataulusuunnitelmalla. Aikataulusuunnitelma kuitenkin elää jokaisen rakennusprojektin aikana jonkin verran. Parhaimmillaan työt voidaan työmaalla suorittaa nopeammin kuin aikataulusuunnitelmassa on laskettu. Näin kävi esimerkiksi Tampereen Raitiotieprojektin ensimmäisten vaiheiden kanssa, jotka valmistuivat etuajassa. Aikataulusuunnitelmaa laatiessa olisi tärkeää keskustella kunkin työvaiheen tekijöiden kanssa aikataullisista seikoista. Kokeneet työntekijät osaavat yleensä kertoa hyvin realistisen arvion työvaiheen kestosta ja siihen liittyvistä mahdollisista haasteista.

Toisena ongelmana kerrottakoon lisä- ja muutostyöt, kuten paalukohteissa usein tapahtuvat paalutarkkeiden jälkeiset muutokset perustusrakenteisiin. Paalutarkkeilla tarkoitetaan mittahenkilön tekemää tarkastusta paalujen kohdasta niiden maahan asennuksen jälkeen. Tarkastuksessa verrataan paalujen suunniteltua ja toteutunutta upotuskohtaa. Paalujen tulee kulkea anturarakenteissa anturoiden sisällä kantaen anturoiden kuormia ja painoa. Usein paalut eivät kuitenkaan osu asentaessa oikealle kohdalleen, lähtevät kulkemaan vinoon maan sisässä tai pahimmassa tapauksessa jopa katkeavat maan sisään. Jos paalut eivät osu maan päällä kulkevan anturan kohdalle suunniteltuun paikkaan, joudutaan anturoita usein leventämään. Nämä muutokset johtavat uusiin raudoitussuunnitelmiin, joka laittaa sekä raudoitusliikkeen että rakennuttajan haasteiden eteen. Raudoitusliikkeille tilanne on vaikea, koska joudutaan kiireellisen aikataulun vuoksi vääntä-

mään uudet tai lisätyt teräkset työmaalle erittäin nopealla aikataululla. Rauditusliikkeet myös pyytävät ”pikatilauksella” tilatuista teräksistä tietyn prosentuaalisen lisäosuuden teräksen hinnasta, koska tehtaan tekojärjestystä joudutaan muuttamaan tai jopa teettämään teräkset valmiiksi ylitöinä. Rakennuttajalle tämä puolestaan saattaa tuoda lisäkustannuksia, muutoksia aikatauluihin tai lisätä betonin menekkiä. Paalutarkkeiden lisäksi erityyppisiä lisä- ja muutostöitä voi tulla eteen myös monissa muissa rakentamisen vaiheissa. Nämä suunnitelmamuutokset tai lisäykset lähes aina hankaloittavat ja hidastavat rakentamista.

Rakennussuunnitelmat ja piirustukset saattavat myös jarruttaa työn kulkua muutenkin kuin aikataulullisista syistä. Satunnaisesti suunnittelijoiden piirustuksissa voidaan huomata selviä työtekniisiä mahdottomuuksia tai ristiriitoja muiden piirustusten välillä. Jos huomaa piirustusten olevan virheellisiä tai kohdetta on mahdoton tehdä kyseisellä tavalla, pitää asiasta aina ilmoittaa kyseisen kohteen suunnittelijalle. Näissä tapauksissa suunnittelija joutuu tekemään uudet vaihtoehtoiset suunnitelmat ja piirustukset kyseisen kohdan rakentamista varten. Työnjohdolla täytyykin olla aina nopea yhteysmahdollisuus rakennesuunnittelijaan. Joissain tapauksissa voi olla myös hyvä asia, jos itse työn suorittajalla on mahdollisuus keskustella suoraan rakennesuunnittelijan kanssa työteknisistä asioista. Muutoksia rakenteisiin ei pääasiassa saa tehdä konsultoimatta kyseisten suunnitelmien laatijaa. Työmailla pätee kuitenkin tietyissä tapauksissa yleisiä toimintanormeja, joita sovelletaan tietynlaisissa ongelmatilanteissa. Esimerkkinä palkissa on suunniteltu kulkevan T12 mm harjateräkset, mutta ne ovat päässeet loppumaan työmaalta. Tässä tapauksessa aina yksi T12 mm harjateräs voidaan korvata 2x T10 mm harjateräksillä. Näitä yleisiä sovelluksia käytetään aikataulujen pitävyyden vuoksi, koska rauditusliikkeet eivät välttämättä pysty toimittamaan lisää terästä välittömästi työmaalle. Soveltaminen onkin rakentajilla tärkeä ominaisuus, mutta niiden tekemiseen täytyy olla ammattitaito ja tietämys kyseisten rakenteiden toiminnasta. Sovelletut kohdat, esimerkiksi raudituksessa käy aina tarkistamassa kohteelle määrätty rakennusvalvoja, jonka ammattitaito sekä koulutus riittävät tarkastamaan kyseisiin kohtiin tehdyt sovellukset.

Talvirakentaminen on rakennusalan ulkotöiden osalta yleisesti erittäin haastavaa. Talvirakentaminen tuo mukanaan monta erilaista toimintamallia, joita joudutaan

noudattamaan oikean lopputuloksen saamiseksi. Teräsbetonisia kohteita rakennettaessa talvella isona haasteena on valetun betonin lämpötilan säilyttäminen optimaalisena kuivumisprosessin ajan. Tämä johtaa talvella betonin lämmittämiseen erilaisin keinoin, kuten lämpölankojen ja puhaltimien avulla. Talvirakentaminen aiheuttaa myös monia työtekniisiä haasteita ja aikataulun hidastumista. Näitä ovat esimerkiksi pakolliset lumityöt työmaalla, kylmä keli ja logistiset ongelmat tavaroiden säilyttämisen sekä löytämisen kannalta lumen seasta. Talvirakentaminen tuo erittäin paljon haasteita myös maanrakennustöissä. Routaiseen maahan tehtävien kaivuutöiden hitauden lisäksi näistä mainittakoon ensimmäisenä murskekerrosten tiivistystyöt. Talvella haasteena on lumi sekä jääpaukut murskeen joukossa, jotka lauhalla kelillä sulaessaan voivat aiheuttaa pohjien painumista alaspäin. Lumi tai jää murskeen joukossa huomataan kuitenkin usein viimeistään murskekerroksille tehtävissä tiiveyskokeissa. Lisäksi pakkasen ja plussasteiden välillä vaihteleva sää on olosuhteena myös erittäin hankala maanrakennukselle, koska se saattaa aiheuttaa pintavesien kulkeutumista kaivantoihin. Lumi vaikeuttaa myös kaivettavan alueen hahmottamista sekä asennetun salaajaputkilinjan syvyyden ja sijainnin arviointia, joka paikoittain saattaa johtaa putkilinjojen vahingoittumisiin ja sitä myöden korjaustöihin. Myös jo valmiiden anturoiden ja muiden rakenteiden sijaintia on vaikea hahmottaa lumikerroksen alta isolla kaivinkoneella työskennellessä ja se voi johtaa satunnaisesti esimerkiksi anturoissa olevien pulttiryhmiä vahingoittumiseen niihin osuessa. Näissä olosuhteissa suurena apuna huolellisen työskentelyn lisäksi voi olla aikaisemmin maanrakennusosiossa mainittu kaivinkoneeseen asennettava 3D-järjestelmä, joka näyttää tarkasti rakenteiden ja kaivinkoneen sijainnin reaaliajassa.

Osa rakennustyömaalla tapahtuvista haasteista ja ongelmista voi johtua puolestaan työnjohtoon tai työnantajaan liittyvistä seikoista. Näitä voivat olla esimerkiksi huonosti organisoitu työmaa, työntekijöiden huono kohtelu, liian kireäksi suunniteltu aikataulu ja työnjohdon osaamattomuus ratkaista ongelmatilanteita. Työnjohdon on tärkeää olla myös hyvin organisoitua. Isoilla työmailla on usein tarpeen jakaa työnjohtajille omat tärkeimmät vastualueet, joista henkilö huolehtii työmaalla pääsääntöisesti koko ajan. Työnjohtajien on myös tärkeää pystyä sujuvaan kanssakäymiseen työmaan muiden työntekijöiden kanssa sekä toimia reiluin, mutta päämäärätietoisina henkilöjohtajina. Työnantajalla on puolestaan

osittain vastuu omien työntekijöidensä hyvinvoinnista sekä jaksamisesta työssään. Työnantajan on tärkeää osata hallita isoa työryhmää ja kohdella sitä tasapuolisesti. Työnantaja voi omilla toimillaan usein motivoida tai puolestaan laskea työntekijän motivaatiota työhönsä. Tästä esimerkkinä voidaan pitää esimerkiksi epäreilua palkkausta verrattuna muihin työntekijöihin osaamisen sekä ahkeruuden perusteella. Yhtenä mahdollisena ongelmana saattaa olla myös kieliongelma käytettäessä ulkomaalaisia työntekijöitä tai aliurakoitsijoita. Näissä tilanteissa työnjohdon tai työnantajan pitäisi osata suunnitella työryhmän kokoonpano niin, että viestintä olisi työmaalla mahdollista. Viestinnän mahdollistamiseksi pitäisi käyttää työryhmässä vähintään yhtä työntekijää, joka taitaa molempien osapuolten kielet sujuvasti ja voi toimia kyseisen työryhmän työnjohtajana.

Näiden yleisten ongelmien lisäksi rakentamisvaiheissa saattaa tapahtua täysin ennakoimattomia ongelmia, kuten yleisesti sääolosuhteiden muuttuminen tai kalliiden työkalujen hajoaminen. Myös inhimillisiä virheitä saattaa satunnaisesti rakentamisessa aina tapahtua, kuten teräslaskentavaiheessa väärin lasketut teräkset. Tärkeintä kyseisissä tilanteissa on työnjohdon osaaminen ensin ennakoida sekä estää ongelman syntymistä ja ongelman ilmenemisen jälkeen tärkeintä on puolestaan reagoida tapahtuneeseen oikealla tavalla. Rakennusalan työnjohtotehtävät vaativat nopeaa päätöksentekokykyä ja hyviä sosiaalisia taitoja monen tahon yhteistyötä varten. Näiden ominaisuuksien yhdistyttyä laajaan tietoon ja taitoon rakennusosalasta sekä rakennettavasta kohteesta tulee työnjohtajasta haluttu työntekijä jokaiseen yritykseen.

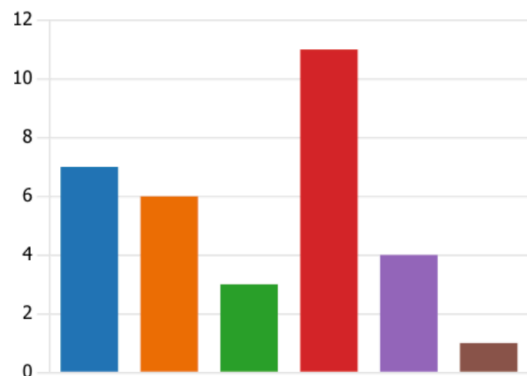
Luvussa esitettyjen teräsbetonirakentamisen haasteiden pohjalta teetettiin kysely, johon vastasi useita raudoittajia, muutamia työnjohtajia, tehdastyöntekijöitä ja maanrakentajia. Yhteensä kyselyyn vastasi 17 henkilöä, joka tarkoitti tässä tapauksessa noin 70 % vastausprosenttia niistä henkilöistä, joille kysely lähetettiin. Kaikki kyselyyn vastanneet toimivat jossakin työtehtävissä teräsbetonirakentamisen hankkeisiin liittyen ja kyselyyn yritettiin valita mahdollisimman monipuolisesti erilaisia tekijöitä teräsbetonialalta. Kysely tehtiin aikaisemmin esitettyjen yleisten haasteiden ja ongelmien väitteiden tueksi. Kyselyn tarkoituksena oli valita yleisistä ongelmista korkeintaan kaksi omasta mielestä eniten omaa työtä vaikeuttavaa haastetta. Maksimissaan kaksi vastausvaihtoehtoa otettiin kyselyyn siksi,

että saadaan vastauksille selkeästi tutkittava jakauma. Kyselyssä oli 5 vastausvaihtoehtoa ja tämän lisäksi mahdollisuus vastata kohta ”Muu”, johon pystyi vastaamaan kirjallisesti haluamansa asian (liite 2). Kuviossa 6 nähdään kyselyn vastausmäärät taulukon muodossa. Vastausvaihtoehdot olivat lisä- ja muutostyöt, sääolosuhteet/luonnonilmiöt/talvirakentaminen, puutteelliset tai vaikeasti luettavat raudituspiirustukset, aikataulut, työnjohtoon tai työnantajan toimintaan liittyvät seikat ja muu. Kuvioista nähdään työntekijöiden pitävän rakennustyömaiden aikataulutusta usein liian kireänä. Kyselyssä jopa 65 % vastaajista vastasi toisena suurena haasteena aikataulut. Aikatauluja lukuun ottamatta muut vastausvaihtoehdot keräsivät suhteellisen tasaisesti vastauksia. Vastausten tasainen jakauma johtui myös osittain siitä, että vastaajien työnkuvat ovat hieman erilaisia keskenään. Vastausten jakauma oli kuitenkin hyvin lähellä alun perin ennen kyselyä ajateltua jakaumaa. Tutkimuksen tarkastelussa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että se on toteutettu vain pienelle alalla työskentelevälle ryhmälle ja jakauma saattaisi vaihdella enemmän isommalle ryhmälle tehtävässä kyselyssä. Kyselyn tuloksista voidaan kuitenkin päätellä karkeita johtopäätöksiä yleisistä ongelmakohdista ja ne sopivat hyvin tukemaan osiossa käsiteltyjen haasteiden olemassaoloa.

1. Suurimmat haasteet teräsbetonirakentamiseen liittyvissä töissä? Valitse kaksi mielestäsi suurinta haastetta. Voit valita myös listasta puuttuvan asian valitsemalla kohdan ”Muu” ja kirjoittamalla sen tekstikenttään. Kysymykseen vastataan oman toimenkuvan mukaan, eli mikä on haasteena juuri siinä työtehtävässä missä itse työskentelet teräsbetonirakentamisen parissa.

[Lisätietoja](#)

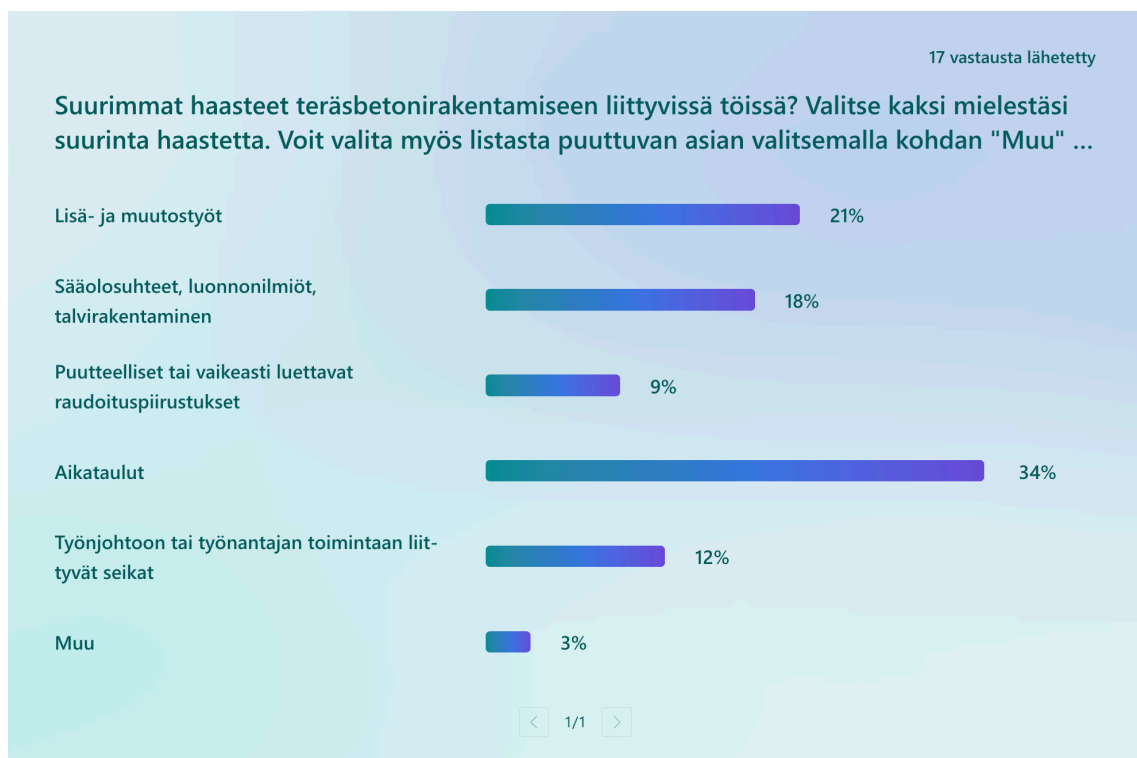
● Lisä- ja muutostyöt	7
● Sääolosuhteet, luonnonilmiöt, ta...	6
● Puutteelliset tai vaikeasti luettav...	3
● Aikataulut	11
● Työnjohtoon tai työnantajan toi...	4
● Muu	1



Kuvio 6. Teräsbetonirakentamisen haasteisiin liittyvä kysely alan työntekijöiltä.

Kuviossa 7 esitellään vielä kyselyn prosentuaalinen jakauma kaikkien vastausten kesken. Kyselyyn tuli 17 vastausta, joista 15 vastauksessa vastattiin täydet kaksi vaihtoehtoa. Kaksi vastaajaa puolestaan vastasi vain yhden vastausvaihtoehdon.

Kuviossa esitettävä prosentuaalinen jakauma on laskettu siis yhteensä 32 vastatun vaihtoehdon keskiarvona. Kohta ”Muu” vähiten vastattuna vaihtoehtona tarkoittaa, että yleisimmät ongelmat on saatu tuotua esille muiden vastausvaihtoehtojen avulla. Kohdassa muu vastattiin yhden kerran: hajonneet tai huonot työkalut.



Kuvio 7. Teräsbetonirakentamisen haasteisiin liittyvän kyselyn prosentuaalinen jakauma.

3.1.5 Lisä- ja muutostyöt

Tässä luvussa käsitellään enemmän lisä- ja muutostöiden tuomia haasteita. Tarkoituksena tuoda esille asioita, joilla voitaisiin välttyä ylimääräisiltä muutoksilta. Lisäksi käsitellään hieman sopimusasioita lisä- ja muutostöihin liittyen.

Lisä- ja muutostöissä haasteet ovat aina läsnä, kuten edellisessä luvussa mainittiin. Lisä- ja muutostyöt tarkoittavat, että alun perin urakkasopimuksessa olleita asioita ja työn sisältöä joudutaan muuttamaan tai urakkasopimuksessa olevan työn päälle joudutaan lisäämään työtehtäviä. Työtekniesten ja aikataulullisten seik-

kojen lisäksi lisä- ja muutostöissä voivat olla haasteina myös monimutkaiset sopimusasiat eli kuka lisä- ja muutostöiden kustannukset maksaa. Useimmiten esimerkiksi raudoitusliikkeet tekevät urakkasopimuksiin pykälän, jossa mainitaan kyseisten töiden tekeminen aina tuntitöinä eikä ne sisälly varsinaiseen urakkahintaan. Tämä johtuu useimmiten siitä, että lisä- sekä muutostöiden tekeminen on pääosin hidasta ja raudoitusliikkeet laskevat urakat sen mukaan, paljonko killoja asentajat saavat terästä asennettua tietyssä ajassa. Tuntitöissä ei asennusnopeudella ole raudoitusliikkeen kannalta merkitystä, vaan työt laskutetaan kuluvan ajan perusteella. Tuntityöhinnat kokeneella suomalaisella raudoittajalla on yleisesti noin. 45–55 €/h. Usein sopimuksessa viitataan rakennusalan yleisiin sopimusehtoihin eli YSE 1998 asiakirjaan.

Lisä- ja muutostöitä yleisimmin aiheuttaa odottamattomat ongelmat työmaalla, kuten juuri paalujen lyöntipaikkojen poikkeamat, puutteet suunnitelmissa tai suunnitelmamuutokset kesken rakentamisprosessin. Tietyissä tapauksissa lisä- ja muutostöitä voi syntyä esimerkiksi tilanteessa, jossa halutaan työmaalla vaihtaa työ- tai valusauman paikkaa ja suunnittelija piirtää kyseiseen kohtaan lisäraudoituksia. Lisä- ja muutostöitä kannattaa pääasiassa yrittää välttää, koska ne aiheuttavat yleensä lisäkustannuksia. Kustannuksia lisä- ja muutostöissä voivat aiheuttaa esimerkiksi sovitun valuaikataulun muuttaminen, lisämateriaalien tilaukset sekä ylityöt. Näitä pystytään kuitenkin osittain välttämään tarkalla työn toteutussuunnitelmalla, tekemällä valmiiksi riskiarviot töihin liittyen sekä työnjohdon aktiivisella työn aikaisella valvonnalla. Rakennuttajalla sekä urakoitsijalla voi välillä tulla riitoja asiasta, mitkä työt kuuluvat alun perin laadittuun urakkasopimukseen ja mitkä puolestaan ovat lisä- ja muutostöitä. Näissä tapauksissa tutkitaan ennen urakan alkamista laadittua urakkasopimusta ja siihen kirjattua työn sisältöä. Lähtökohtaisesti urakoitsijalla on lisä- ja muutostöiden tullessa oikeus pidennettyyn urakka-aikaan sekä rahalliseen lisäkorvaukseen tehdystä työstä. Lisä- ja muutostöiden aiheuttamia lisäkustannuksia usein selvitetään pitkiäkin aikoja yhteistyökumppanien kesken ja kustannukset määrätään usein virheiden tai muutosten aiheuttajataholle.

3.1.6 Valvonta

Valvonnalla voidaan tarkoittaa työnjohdon tekemää työn aikaista valvontaa, materiaalien valmistusprosessin valvontaa tehtaalla tai rakennusvalvojan tekemiä tarkistuksia työkohteessa. Rakennusvalvojasta käytetään usein myös nimiä rakennustarkastaja tai työmaavalvoja. Melkein jokainen työvaihe työmaalla tulee tarkistuttaa valvojalla ennen jatkamista seuraavaan vaiheeseen, kuten raudoitusten tarkistus ennen betonivalua. Teräsbetonirakenteissa valvojan käynti liittyy usein raudoitustarkastukseen, jossa tarkastetaan raudoitteiden oikeellisuus verrattuna rakennussuunnitelmiin. Nykyään pienemmissä työvaiheissa käytetään valvojan työmaalla vierailun lisäksi myös valokuvia, joita valvoja voi tarkastella etänä. Tässä toimintamallissa on kuitenkin tietynlaisia riskejä, jos valvoja vähentää fyysisiä käyntejään työmaalla. Tämä voi johtaa esimerkiksi työnjohdon osalta kuvien lievään manipulointiin kiiretilanteissa tai puutteisiin raudoitusten osalta tarkastuksen ollessa suppeampi. Rakennusvalvoja nimitetään ennen hankkeen alkua. Rakennusvalvoja voi olla yksityinen henkilö tai tietyissä kohteissa kaupungin tai kunnan palvelukseen nimitetty henkilö. Rakennusvalvojan koulutuksesta on määrätty Maankäyttö- ja rakennuslaissa sekä Ympäristöministeriön ohjeessa. Suoraan laissa ei ole muuta vaatimusta kuin tilaajan huolehtimisvelvollisuus rakennusvalvojan pätevydestä. Käytännössä tällä tarkoitetaan kuitenkin rakennusvalvojan riittävää koulutustaustaa sekä yleistä tietoa rakennusalasta. Koulutusvaatimukset kyseiseen työtehtävään hieman vaihtelevat kohteen piirteiden sekä vaatimusluokkien osalta. Rakennusvalvojan koulutus tulee useimmiten olla kuitenkin vähintään ammattikorkeakoulututkinto kyseiseltä alalta, kuten rakennusinsinööri, rakennusmestari tai aikaisemmin käytössä ollut nimike rakennusteknikko. Tämän lisäksi rakennusvalvojalla täytyy olla vähintään viiden vuoden työkokemus rakennusalalta. (Raksystems, 2024)

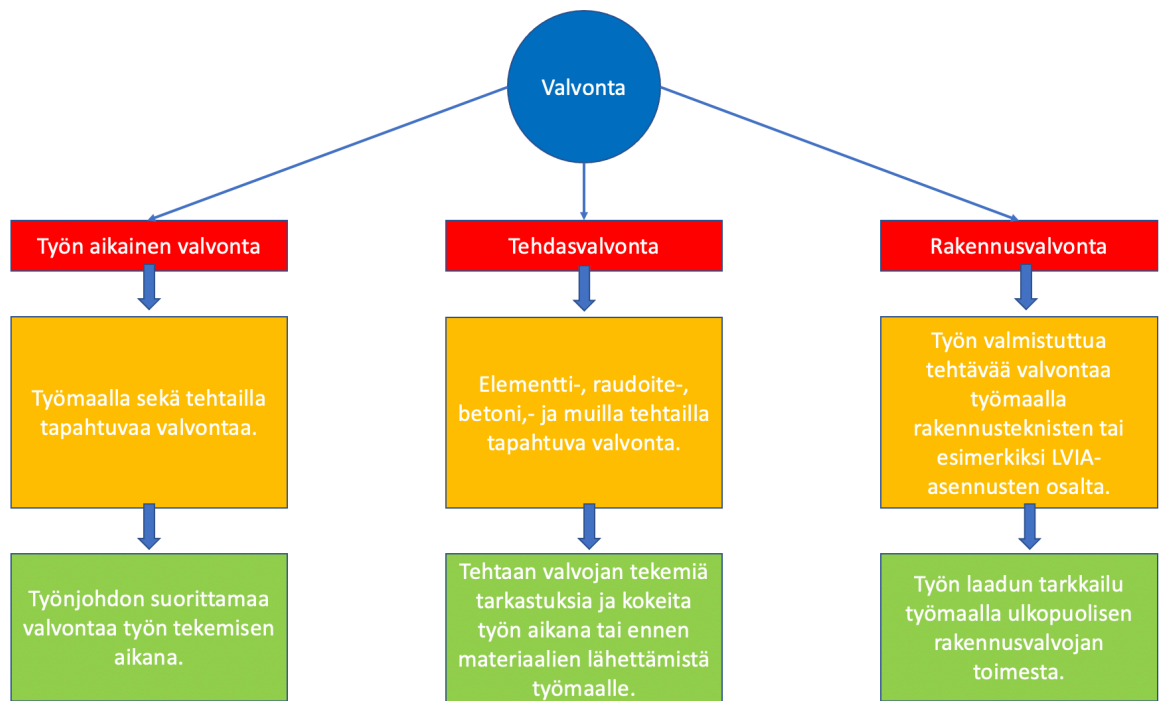
Työn aikainen valvonta on nimensä mukaan työnjohdon tekemää valvontaa työn suorittamisen aikana. Työn aikaisella valvonnalla on tarkoitus hallita ja estää tapahtuvia virheitä sekä tarvittaessa opastaa työntekijöitä oikeanlaiseen työskentelyyn. Työn aikaiseen valvontaan kuuluu juuri mahdollisten ongelmien ja haasteiden ratkaisu, työn aikatauluttaminen yhdessä työntekijöiden kanssa, työturvallisuuteen liittyvä valvonta sekä päätöksenteko työhön liittyvissä asioissa. Työn aikaisessa valvonnassa on erityisen tärkeää osata kommunikoida työntekijöiden

kanssa liittyen työvaiheen suorittamiseen. Työn aikaiseen valvontaan voidaan myös laskea jatkuva työnjohtajien ja muiden johtohenkilöiden vastuulla oleva kustannusseuranta työmaan edetessä, jonka pohjalta tavoitebudjettia voidaan tarvittaessa kirjata kiinni.

Tehtaiden valvonnan tarkoituksena on valvoa esimerkiksi elementti-, raudoite- tai betonitehtaalla tapahtuvaa tuotantoprosessia. Tehtaiden valvomisprosessiin kuuluu myös työn aikaista valvontaa. Tehtailla tarkistetaan pääasiassa työmaalle lähtevien materiaalien laatua sekä oikeellisuutta. Näiden lisäksi tehdasvalvontaan voi kuulua juuri kyseiseen prosessiin liittyvien tarpeiden valvontaa, kuten betonitehtaalla suoritettavat erilaiset mittaukset betonin laadusta ja kestävyyydestä. Tehtaiden valvojat toimivat samalla useimmiten myös tehtailla työnjohtajina tai tuotantoinsinööreinä.

Rakennusvalvonnalla tarkoitetaan työmaalla tapahtuvaa työn tarkistusta. Rakennustyönvalvoja on henkilö, joka tarkastelee pääasiassa rakenneteknisiä asioita ja käy läpi työmaan kokonaiskuvaa. Tämän lisäksi työmaalle on usein nimitetty omat valvojat myös esimerkiksi sähkötöiden osa-alueelle sekä LVIA-asennuksiin. LVIA-asennuksilla tarkoitetaan lämpö-, vesi-, ilmastointi- ja automaatiotekniikkaan liittyviä töitä. Rakennusvalvojen on tarkoitus kantaa vastuu siitä, että työmaalla rakennustyöt ovat tehty suunnitelmien mukaisesti ja tarvittaessa määrätä työmaata tekemään muutoksia tehtyyn työhön.

Kuviossa 8 esitetään edellä mainitut valvontaprosessit lokeroituna omaan ketjuunsa. Kuviossa selitetään myös lyhyesti, missä valvonta tapahtuu sekä kuka valvonnan suorittaa.



Kuvio 8. Valvontaan liittyvä jaottelu kuvion muodossa.

Raudoitustarkastukset ovat teräsbetonirakentamisessa yksi yleisimmistä työmaalla tehtävistä valvonnan toimenpiteistä. Raudoitustarkastuksissa tarkastetaan, onko työmaalla tehty raudoitukset suunnitelman mukaisia. Pääasiallinen tarkoitus on varmistua siitä, toimivatko rakenteet suunnitellulla tavalla. Raudoitustarkastuksissa yleisimmin tarkastellaan vähintään seuraavat tärkeät asiat: terästen oikea lukumäärä, riittävät ankkurointi- ja jatkospituudet, suojaetäisyydet, terästen k-jako useimmiten silmämääräisesti, rengasterästen katkeamaton kulku ympäri raudoituksen sekä palautuksien eli pääty- tai reunahakasten oikea asennustapa.

3.1.7 Ohjeita teräsbetonikohteen työnjohtajalle

Tässä osiossa käsitellään työnjohtajan näkökulmasta edellisissä osioissa (3.1.4–3.1.6) kerrottuja seikkoja haasteista ja teräsbetonirakentamisen valvonnasta. Osion tarkoituksena on tuoda esille asioita, joita noudattamalla työskentely työmaalla on helpompaa kaikille osapuolille.

Työnjohtaja hoitaa työmaalla aikaisemmin mainitut työn aikaiset valvonnat, tahdittaa työskentelyä, selvittää ongelmia sekä toimii yhdyshenkilönä monen osapuolen välillä. Työnjohtajan työssä on erittäin monta asiaa, jotka täytyy osata ottaa huomioon. Työnjohtajalle tärkeitä taitoja ovat päätöksenteon, sosiaalisuuden ja ongelmien selvittämisen lisäksi myös kyky hallita isoja kokonaisuuksia. Alla olevassa listauksessa kerrotaan työnjohtajalle viisi tärkeää perusneuvoa teräsbetonirakenteiden parissa työskentelyyn, joita työnjohtajan kannattaa ehdottomasti soveltaa omassa työssään.

1. Materiaali- ja tuotetilaukset aina ajoissa. Materiaalit sekä muut rakentamisessa tarvittavat tuotteet täytyy tilata aina hyvissä ajoin ennen työvaiheen alkamista. Tavarain tai materiaalin toimittajalle on aina parempi, jos tilaukset tulevat viikkoja tai jopa kuukausia ennen kuin niitä tarvitaan työmaalla. Näissä tapauksissa tavarantoimittajat pystyvät paremmin reagoimaan sekä tahdittamaan oman työskentelynsä tehtailla, kun tilaus tehdään tarpeeksi paljon ennakkoon. Tällöin voidaan myös varmistua paremmin tilauksen suunnitellun toimitusajankohdan paikkansa pitävyydestä ja siitä, ettei tilaukseen tule aikatauluun liittyviä lisäkustannuksia. Tilauksista tehdessä täytyy muistaa aina myös mainita kohteeseen liittyvät erityismaininnat tai toiveet. Aikataulumuutokset tai muutokset suunnitelmissa tulee ilmoittaa aina heti tavarantoimittajille, kun niistä saadaan työmaalla tietää.
2. Materiaalia tarpeeksi. Materiaalitalauksissa on tärkeää tilata tarvittavaa materiaalia tarpeeksi ja tietyissä tilanteissa usein jopa varalle. Materiaalien tarpeeseen täytyy muistaa laskea ns. ”hukka”, joka tarkoittaa työmaalla käyttämättömäksi jäävää muualle soveltumatonta turhaa materiaalia. Esimerkiksi harjaterästilausta tehdessä useimmat suuret työmaat ottavat tilaukseen mukaan hieman vara- tai yleisterästä, jolla voidaan nopeasti soveltaa tulevia lisä- ja muutostöitä tai käyttää kyseisiä harjateräksiä myös työteräksinä. Jos työmaalle joudutaan tilaamaan uudestaan pieni määrä lisämateriaalia, tulee se paljon kalliimmaksi kuin alkuperäiseen tilaukseen lisänä laskettu pieni määrä varamateriaalia. Materiaalien lisätilaukset nopeasti voivat aiheuttaa myös aikataulullisia ongelmia tai turhia rahtimaksuja.

3. Yhteistyö aikataulusuunnittelussa. Aikataulusuunnitelmaa laatiessa olisi tärkeää konsultoida hankkeen kaikkia osapuolia tai niiden edustajia. Hankkeessa toimivat erikoisalojen kokeneet työntekijät, kuten raudoittajat tai putkiasentajat, pystyvät paremmin arvioimaan oman työvaiheen kestoa kuin useimmat työnjohtajat. Aikataulumuutokset tulevat työmaalla lähtökohtaisesti aina kalliiksi, jos esimerkiksi betonivalua joudutaan siirtämään. Tämän vuoksi aikataulusuunnitelman pitää olla laadittu huolella kaikkia osapuolia kuunnellen ja siitä täytyy pystyä pitämään kiinni mahdollisimman tarkasti hankkeen aikana.
4. Tilannetiedot suoraan työntekijöiltä. Työnjohtajan tärkeimpänä tehtävänä on valvoa rakennushankkeen sujuvaa edistymistä. Tässä tärkeänä ohjeena on tilannetietojen kysyminen suoraan hankkeessa työskenteleviltä asentajilta. Rakennushankkeissa tulee usein hidasteita työhön ja tämän vuoksi on tärkeää kommunikoida asentajien kanssa työvaiheen edistymisestä ja mahdollisista tarpeista. Hyvä kommunikointi johtaa usein myös työnjohtajan sekä muiden työntekijöiden väliseen luottamussuhteeseen, joka työmaan paremman ilmapiirin lisäksi helpottaa työntekijöitä esittämään kysymyksiä haasteiden tullessa eteen.
5. Kehut julkisesti ja kritiikki kahden kesken. Kehu on usein työyhteisöissä isoin kannustin palkan ohella. Monet ihmiset arvostavat saamiaan kehuja ja ne saavat työntekijät usein jatkamaan ahkeraa työskentelyä myös tulevaisuudessa. Kehut voidaan antaa hyvin myös isomman yhteisön kesken. Työntekijöihin kohdistuva kritiikki virheen tai muuten huonon työskentelyn sattuessa on kuitenkin tehtävä henkilökohtaisesti suoraan työntekijälle. Työntekijän julkinen kritisointi työyhteisön edessä ei tuota positiivisia tuloksia eikä useimmiten johda työskentelyn parantamiseen. Näiden ohjeiden mukaan toimiessa työyhteisön ilmapiiri pysyy yleisesti parempana ja tämä vaikuttaa useimmiten myös suoraan työntekijöiden jaksamiseen omassa työssään.

Lisämainintana kerrotaan asia, joka menee valitettavan usein väärin monella työmaalla. Asia on nosturin oikea mitoitus työmaan tarpeisiin sopivaksi. Nosturi on iso kuluerä työmaalla ja sen valinnassa yritetään usein säästää rahaa. Nosturin

valinnassa täytyy kuitenkin käyttää järkeä ja harkintaa, että nosturi riittäisi työmaan tarpeisiin jokaisessa tilanteessa. Usein näkee tilanteita, jossa nosturi ei esimerkiksi saa nostettua harjateräsniippuja välipohjaholvin raudoitusvaiheessa holvin toiseen päähän. Tämä hidastaa reilusti työskentelynopeutta ja voivat olla myös työturvavariski, kun nostureita joudutaan käyttämään niiden ääri rajoilla. Työmaan suunnitteluvaiheessa työnjohdon täytyisi miettiä tarkasti kohteeseen sopivaa nosturimallia, nosturin sijoittelua sekä sen kokoa. Nostureiden puomin pituuden lisäksi täytyy myös tarkistaa mahdollisten teräsbetonielementtien painot, että nosturissa riittää varmasti nostokapasiteetti nostamaan myös kaikista painavimmat elementit.

3.1.8 Työturvallisuus teräsbetonirakentamisessa

Työturvallisuus on niin teräsbetonirakentamisessa kuin myös yleisesti työmaalla koko ajan isommassa roolissa. Työturvallisuuteen tuodaan jatkuvasti uusia suojavälineitä, lisenassejä ja toimintatapoja varmistamaan turvallista työskentelyä. Työturvallisuuden kehittäminen on ollut pitkä prosessi, joka ei tule täysin valmiiksi koskaan. Työturvallisuuslaki on päivittynyt vuosien kuluessa useita kertoja. Näistä uusin sekä voimassa oleva painos työturvallisuuslaista (738/2002) on astunut voimaan 1.1.2003.

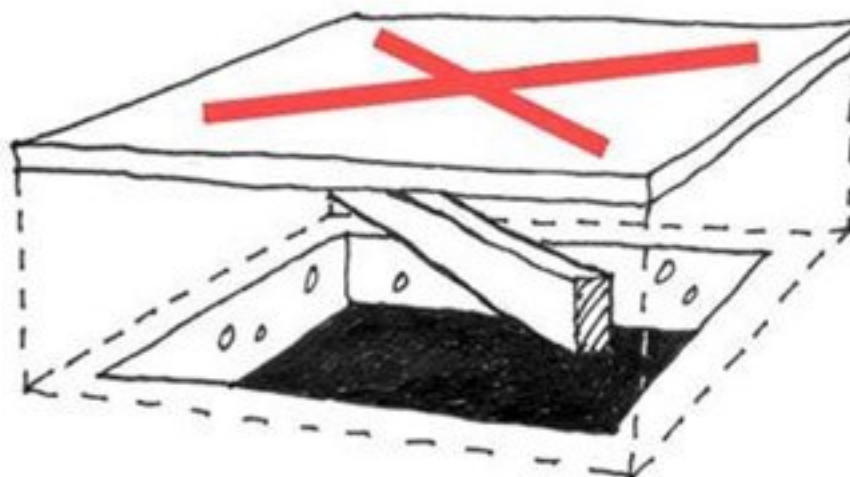
Perehdytys on henkilön tullessa työmaalle pidettävä selostus työmaan turvallisuuteen liittyvistä tärkeimmistä asioista. Perehdytyksessä käydään useimmiten läpi vähintään työmaan yleinen esittely ja erityispiirteet, tarvittavat suojavälineet, hätäpoistumisreitit sekä työmaan turvallisuusmääräykset. Perehdytyksen jälkeen työntekijän on allekirjoitettava perehdytyslomake, joka sitoo työntekijän noudattamaan annettuja turvallisuusmääräyksiä.

Nykyään työturvallisuuden valvontaan ja tehostukseen käytetään rakennusalalla apuna sähköisiä apuvälineitä. Näitä ovat esimerkiksi sähköiset kulkukortit sekä internetissä tehtävät e-perehdytykset ja kurssit. Sähköisillä kulkukorteilla seurataan työmaan vahvuutta ja sitä voidaan hyödyntää hätätilanteen sattuessa evakuoinnin apuna. Tämän lisäksi sähköisillä järjestelmillä estetään myös harmaata

taloutta. Harmaan talouden eli pimeän työvoiman käyttäminen on tehty rakennusalalla hyvin vaikeaksi, koska veronumerot sekä muut työntekijän henkilötiedot on annettava työmaalla käytössä oleviin sähköisiin järjestelmiin. Tämän lisäksi järjestelmiin kirjataan perehdytyksen yhteydessä myös nykyään miltei jokaisella työmaalla pakollinen työturvakortti sekä muut henkilökohtaiset luvat ja lisenssit, kuten esimerkiksi mahdolliset tulityö- tai ratatyökortit.

Isoimmat työturvavariskit rakennusalalla ovat korkealla työskentely, painavien materiaalien nostotyöt, isot työkoneet, kaivannot, työmaaliikenne ja vaarallisten työkalujen käyttö. Teräsbetonirakentamisessa itsessään riskejä voi tuoda myös pelkästään betonin raskas rakenne, joka täytyy ottaa huomioon aina työskennellessä teräsbetonirakentamisen parissa. Raudoitetun betonin omapaino on n. $2500 \text{ kg} / \text{m}^3$. Tätä huomioidaan paljon esimerkiksi logistisissa asioissa, kuten betonielementtien turvallisuudessa väliaikaissailytyksessä tukevaan vakkiin.

Vakavista kuolemaan johtavista onnettomuuksista suurin osa rakennusalalla tapahtuu henkilön pudotessa korkeasta paikasta. Tämän estämiseksi putoamissuojaus on nykyään järjestettävä aina, kun putoamiskorkeus ylittää kahden metrin rajan. Putoamissuojauksella voidaan tarkoittaa esimerkiksi kaiteiden rakentamista työstettävän alueen ympäri tai henkilökohtaisten turvavaljaiden käyttöä. Turvavaljaiden käyttö on pakollista myös henkilönostimia käytettäessä, vaikka henkilönostimissa olisi itsessään putoamissuojaukset. Nykysääntöjen mukaan työmaalla olevat rakennusaikaiset aukot pitää aukkosuojata niin, että niistä putoaminen alas on mahdotonta. Aukkosuojauksia nähdään tehtävän usein esimerkiksi elementtirakentamisen yhteydessä onteloholveilla. Kuvassa 37 on Ruduksen tekemä opetuskuva oikein tehdystä aukkosuojauksesta. Aukkosuojauksessa on tärkeää estää putoamista estävän kappaleen, yleensä vanerilevyn, siirtyminen pois paikaltaan aluspuiden avulla. Aukkosuojaja pitää merkitä näkyvästi punaisella X-merkillä.



Kuva 37. Esimerkkikuva aukkosuojauksen tekemisestä. (Rudus Oy, n.d)

Painavien materiaalien nostotyöt ovat myös yksi suurimmista työturvavariskeistä yleisesti rakennusalalla. Teräsbetonirakentamisessa tarvitaan usein nostureiden apua työmaan eri vaiheissa. Nostotöitä esiintyy niin perustus- kuin myös esimerkiksi välipohjien rakentamisen vaiheissa. Nosturia tarvitaan näissä töissä esimerkiksi teräsbetonielementtien tai harjateräsnippujen nostoon oikeaan paikkaan työn nopeuttamiseksi. Nostotöihin liittyvät erilaiset esimerkiksi torni-, ristikko-, tai mobiilinnosturit sekä niihin kuuluvat nostoapuvälineet täytyy myös tarkistuttaa tassa- väliajoin. Nosturin tarkastuksia ovat joka päivä tehtävä silmämääräinen tarkastus, viikon välein suoritettava hieman laajempi tarkastus, vuosittainen kattava tarkastus sertifikaatin omaavan henkilön toimesta sekä 10 vuoden välein tehtävä perusteellinen tarkastus. Nosturin tarkastuksista määrätään laissa Valtioneuvoston päätös työvälineiden turvallisesta käytöstä (1403/1993). Nostureiden käyttöön on myös säädetty paljon erilaisia ohjeistuksia esimerkiksi kovassa tuulessa nostamiseen, nostotilanteiden sujuvaan viestintään sekä turvallisen nostoalueen rajaamiseen liittyen. Nostotyöt täytyy aina suorittaa niin, ettei kuormaa koskaan nosteta ihmisten ylitse.

Yksi vakavista työturvavariskeistä rakennustyömailla on raskaiden ajoneuvojen ja työkoneneiden liikkuminen. Suomessa on tapahtunut vakaviakin onnettomuuksia työkoneneiden tai muiden raskaiden ajoneuvojen työskentelyn ohessa. Työmaalla tärkeitä asioita näiden onnettomuuksien estämiseksi ovat selkeä logistiikkasuunnitelma kulkeville ajoneuvoille, kuljettajien erityinen tarkkaavaisuus sekä työma- alueen rajaaminen huolellisesti ulkopuolisilta kielletyksi.

Yleisenä riskinä voidaan mainita myös maanrakennusvaiheessa tehtävät syvät kaivannot. Kaivannoilla tarkoitetaan perustusvaiheessa kaivettavia syviä kuoppia, joita tehdään esimerkiksi tiettyjä anturoita tai salaojia varten. Kaivannot ovat vaarallisia, koska niihin voi pudota tai ne voivat pahimmassa tapauksessa jopa sortua päälle kaivannossa työskennellessä. Kaivantojen seinien luiskauksesta sekä muista kaivantoihin liittyvistä ohjeistuksista on kerrottu RIL 263-2014 Kaivanto-ohjeessa (Hakanen, 2014).

Viimeisenä asiana mainitaan työvälineiden tai laitteiden turvallinen käyttö. Työvälineiden käytössä täytyy aina olla riittävä koulutus tai perehdytys käytettävään työkaluun, kuten sirkkeleihin tai muihin mahdollisesti vaarallisiin välineisiin. Työvälineiden täytyy olla aina täysin moitteettomassa toimintakunnossa ja tasaisin väliajoin tarkastettuja. Työvälineistä ei saa poistaa niihin kuuluvia turvaosia, kuten kulmahiomakoneen kipinäsuoja.

Yhteenvetona voidaan osiosta sanoa, että työmaan logistiikan ollessa kunnossa voi rakennusala säästyä usealta vakavalta onnettomuudelta. Työmailla tapahtuva logistiikka parantaa työturvallisuuden lisäksi myös työskentelyn nopeutta sekä säästää työmaalla työskentelevät henkilöt turhalta tavaroiden etsimiseltä. Yleisesti voidaan vielä mainita, että työmaan turvallisuus on jokaisen työntekijän asia. Työntekijän täytyykin ilmoittaa havaitsemistaan työturvallisuuteen liittyvistä ongelmista tai laiminlyönneistä välittömästi työnjohdolle, jotta nopeat korjaustoimenpiteet asiaa kohtaan saadaan aloitettua.

3.1.9 Betonilaatan kuivuminen omakotitalokohteessa

Maanvarainen betonilaatta on suosituin perustustyyppi alapohjarakenteissa omakotitalojen osalta. Maanvaraisella betonilaatalla tarkoitetaan rakennusmallia, jossa laatta valetaan suoraan tehtyjen maanrakennustöiden päälle. Maanvarainen betonilaatta toimii usein hyvänä eristyksenä maaperän ja rakennuksen sisätilojen välillä. Maanvaraisen laatan rakennus- ja valutöissä on kuitenkin tiettyjä kosteudenhallinnallisia asioita, joihin täytyy rakennusvaiheessa kiinnittää erityisen tarkasti huomiota.

Maanvaraisen laatan valutyöt omakotitalokohteessa sijoittuvat usein tilanteeseen, jossa ulkoseinät ja satunnaisesti jopa niihin tulevat eristemateriaalit ovat jo asennettu paikalleen. Maanvarainen laatta voitaisiin vaihtoehtoisesti myös valaa ennen ulkoseinien pystytystä. Näistä ensimmäisessä vaihtoehdossa eli maanvaraisen laatan valamisessa sisätiloissa on erittäin suuri kosteudenhallintaan liittyvä riskitekijä, joka pahimmillaan voi johtaa kalliisiin korjaustoimenpiteisiin uudessa talossa. Kosteudenhallinnallisia haasteita tässä tapauksessa syntyy, koska betonilaatasta kuivuva vesi ei pääse rakennuksen seinien läpi haihtumaan ulkoilmaan. Tämä tarkoittaa sitä, että betonilaatta haihduttaa vettä kuivuessaan rakennuksen sisätiloihin ja ilman oikeita kosteudenhallintajärjestelmiä vesi pääsee diffuusiolla siirtymään rakenteiden pinnoille aiheuttaen kosteusvaurioita käytettyihin materiaaleihin.

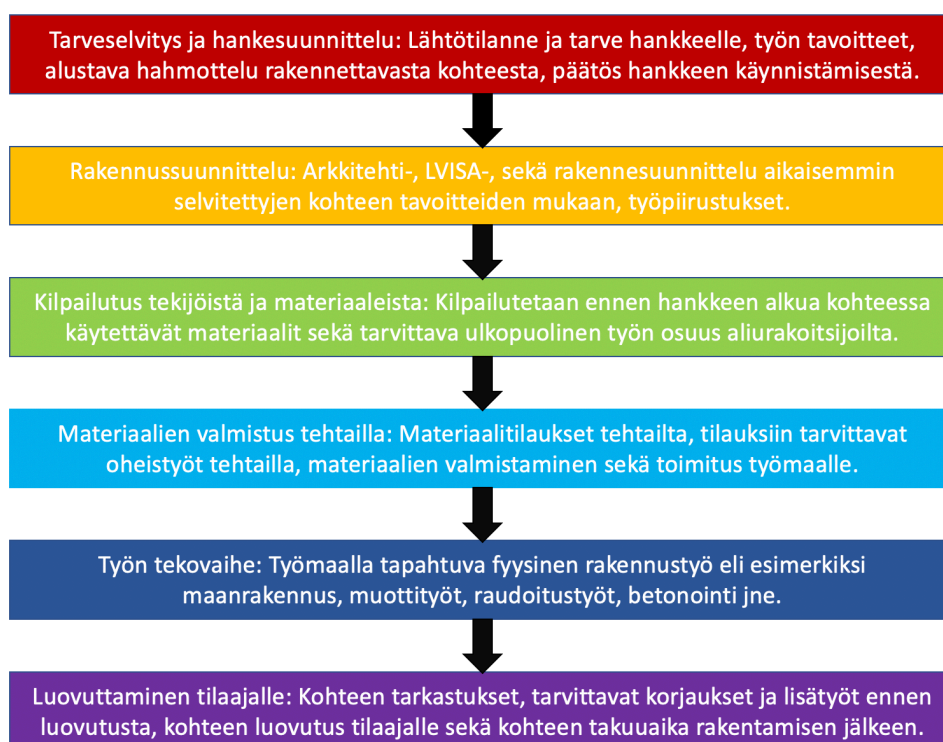
Betoni sisältää vettä nyrkkisääntönä keskimäärin noin 180 *litraa* jokaista kuutiometriä (m^3) kohti, joten betonilaatasta ilmaan haihtuvan veden määrä on myös erittäin suuri. Sisäilmayhdistys ry kertoo betonin sisältävän noin 180 kg/m^3 vettä, joista sitoutuu kemiallisesti betonin joukkoon hydrataatioreaktiossa noin 40–70 kg/m^3 . Lisäksi betoniin jää noin 25–40 kg/m^3 hygroskooppista kosteutta. Määrä, joka tästä jää jäljelle, eli noin 70–115 kg/m^3 on siis puhtaasti rakenteesta pois haihtuvaa vettä. Sisätiloissa suoritettavan laattavalun jälkeen on erittäin tärkeää huolehtia sisätilan koneellisesta kuivatuksesta, lämpötilasta, ilmanvaihdosta sekä haihtuvan veden ohjaamisesta pois rakennuksen sisältä. Näistä asioista täytyy pitää tarkasti kiinni, jotta rakennuksen sisätilojen ilmankosteus saadaan pidettyä tarpeeksi matalana. Rakennuksen sisällä olevaa suhteellista kosteutta (%RH) on seurattava erittäin tarkasti betonilaatan koko kuivumisprosessin ajan. Pahimmissa tapauksissa saatetaan nähdä tilanteita, jossa betonilaatasta haihtuva vesi on päässyt nostamaan rakennuksen sisätilan ilmankosteuden liian korkeaksi. Tämä on johtanut haihtuvan veden pääsyn myös rakenteiden pinnoille, ja näin rakennuksen sisätilan puumateriaalit sekä mahdollisesti jopa eristeet saattavat olla läpikotaisin valuvan märkiä. Tilanteessa, jossa eristeet tai rakennuksessa käytetyt puutavarat pääsevät kastumaan, on ainoa järkevä vaihtoehto purkaa käytetyt materiaalit ja vaihtaa ne kokonaan uusiin kunnossa oleviin materiaaleihin. Puutavaran ja eristeiden kuivattaminen on erittäin hidas prosessi ja yleensä nämä materiaalit myös vaurioituvat pahasti kastuessaan, eikä toimi enää

oikein niille suunnitellussa käyttötarkoituksessa. Pahimmillaan kastuneet materiaalit saatetaan jättää kosteudesta huolimatta paikalleen ja tämä johtaa todella usein kosteusvaurioihin sekä esimerkiksi homeongelmiin, jopa juuri rakennuksessa uudessa talossa.

Rakentamisprosesseissa on usein mukana myös aikataulullisia paineita, vaikka kyseessä ei olisikaan varsinainen voittoa tavoitteleva rakennushanke. Tämä johtaa satunnaisesti lattiapinnoitteiden asentamiseen betonilaatan päälle, jonka suhteellinen kosteus on vielä liian suuri. Toimenpide aiheuttaakin usein ongelmia rakennusten lattiapintamateriaaleissa, ja ne saattavat ajan saatossa vaurioitua pahasti jatkuvan kosteuden syystä. Tämä puolestaan saattaa johtaa tulevaisuudessa kalliisiin kokeisiin, korjaustöihin ja jopa oikeustoimiin asukkaan ja rakennusliikkeen välillä. (Joe Nasvik, 2011)

4 TERÄSBETONIHANKKEEN KULKU

Tämän luvun tarkoitus on yhdistää aikaisemmin käsitellyt teoriaosuudet käytäntöön kuvitteellisen esimerkkihankkeen muodossa. Luvussa käsitellään lyhyesti tavanomaisen teräsbetonista rakennettavan uudiskohde-kerrostalon kulku alusta loppuun. Luku alkaa hankkeen tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheesta sekä päättyy hankkeen luovuttamiseen tilaajan haltuun. Kuvio 9 esittää lyhyen kuvauksen teräsbetonihankkeen kulkuun sisältyvistä hankkeen eri vaiheista. Luvussa käydään kaikki kuviosta 9 löytyvät päävaiheet tarkemmin läpi omassa osiossaan. Jokaisesta hankkeen vaiheesta tarkemmat tiedot ja kuvaukset löytyvät oman alaotsikkonsa alta.



Kuvio 9. Teräsbetonihankkeen kulkuun sisältyvät päävaiheet.

4.1 Tarveselvitys ja hankesuunnittelu

Suurien julkisten rakennushankkeiden ensimmäinen vaihe on aina tarveselvityksen tekeminen. Tarveselvityksessä on nimensä mukaan selvitetty rakentamisen tarpeellisuus luomalla hankkeelle erilaisia suunnitelmia ja luonnostelmia. Tähän vaiheeseen kuuluu esimerkiksi alustavien tilaohjelmasuunnitelmien laatiminen eli

mitä tiloja sekä huoneita tarvittaisiin tulevaan rakennukseen. Lisäksi tarveselvityksessä avataan kyseisiin tiloihin liittyvät kuvaukset ja selostukset niiden tarpeesta sekä niiden suunnitellut sijainnit. Tarveselvitys sisältää myös hahmotelman hankkeen toteutuksen aikataulusuunnitelmasta. Tarveselvityksen pohjalta tehdään mahdollinen hankesuunnittelupäätös. Toisena vaihtoehtona on, että rakennushanketta siirretään tai sen suunnitteleminen lopetetaan, joko väliaikaisesti tai kokonaan. (Painters, n.d)

Tehdyn hankesuunnittelupäätöksen jälkeen tehdään projektille hankesuunnitelma. Hankesuunnitelmalla tarkoitetaan laajan kokonaiskuvauksen tekemistä toteutettavasta projektista ja sen sisällöstä. Lopputuloksena tässä suunnitelmassa olisi saada luotua perusteellinen kuvaus esimerkiksi erilaisista tilojen tarpeista, ratkaisumalleista, tavoitteista sekä toteutusmuodoista. Hankesuunnitelmaan kuuluvat myös selvitys hankkeen yleisestä toteuttamistarpeesta, tontinkäytöstä, kustannuksista, tulevista työvaiheista ja monesta muusta asiasta. Hankesuunnitelman keskeinen tavoite on siis kuvata kyseinen hanke niin hyvin, että sen perusteella pystytään tekemään päätös, käynnistetäänkö hanke vai ei. Hankesuunnitelmaan on tärkeää pystyä luoda tukeva ja uskottava esitysaineisto, joka esitetään hankkeen vireillepanosta vastaaville päättäjille. Toisena tavoitteena on, että hankesuunnitelma toimisi pääasiallisesti myös lähtötietona hankkeen suunnittelun tukena. Hankesuunnitelmalla on siis erittäin suuri merkitys rakennettavan kohteen tulevaan sisältöön sekä se myös määrittää hyvin paljon tulevan rakennushankkeen kustannuksia. (Tilakonsultit, n.d)

Tarveselvityksen ja hankesuunnitelman valmistuttua on aika pohtia, aloitetaanko kyseiseen hankkeeseen liittyvät suunnittelu- ja rakennustyöt. Ennen hankkeen rakennussuunnitteluvaihetta rakennuttajan täytyy päättää myös hankkeen urakkamuoto eli kenen toimesta ja minkä tyyppisillä yhteistyömalleilla hanke rakennetaan. Yksi suosittu urakkamuoto on kokonaisurakka, jossa pääurakoitsija on vastuussa yleisesti koko hankkeen etenemisestä ja valvonnasta. Tässä urakamuodossa pääurakoitsija vastaa hankkeeseen liittyvistä asioista suoraan rakennuttajalle. Tämän lisäksi usein käytettyjä urakamuotoja ovat esimerkiksi KVR-urakka, projektinjohtourakka ja nykypäivänä suurissa hankkeissa yleistynyt allianssimalli.

4.1.1 Rakennussuunnittelu

Hankesuunnitelman pohjalta tehdyn hyväksytyyn rakentamispäätöksen jälkeen on aika aloittaa hankkeen rakennussuunnittelu. Rakennussuunnittelu on yleisnimi kaikille hankkeeseen sisältyville suunnittelutöille. Rakennussuunnittelu sisältää arkkitehti-, LVIS- ja rakennesuunnittelutyöt. Rakennussuunnitteluvaiheessa suunnitellaan kaikki hankkeeseen liittyvät toimintaperiaatteet, rakenteet ja järjestelmät niin, että talo pystytään rakentamaan niiden mukaan. Kohteen rakentamisessa käytettävien työpiirustusten laatiminen kuuluu myös rakennussuunnitteluvaiheeseen. Suunnitelmien pohjana käytetään tarveselvityksessä ja hankesuunnittelussa ilmenneitä tarpeita ja muita seikkoja. Tässä projektin vaiheessa tehdään myös päätös, käytetäänkö rakentamisessa betonielementtejä vai rakennetaanko kohde täysin paikalla valaen.

Arkkitehtisuunnittelulla tarkoitetaan rakennuksen ulkonäköön, pohjaratkaisuihin ja käyttäjäperäiseen toimivuuteen tehtäviä suunnitelmia. Arkkitehtien työnä on tehdä ehdotettavat luonnokset rakennettavasta kohteesta lähtötietojen ja tilaajan tarpeiden perusteella. Usein arkkitehdit työskentelevät hankkeessa jo kohteen hankesuunnitteluvaiheessa. Arkkitehdit luonnostelevat useimmiten monta erityyppistä vaihtoehtoa esimerkiksi rakennuksen periaateratkaisuista, joista tilaajan kanssa yhdessä päästään valitsemaan sopivin. Näitä luonnostelmia tutkitaan monesta eri näkökulmasta, kuten kaupunkikuvan tai kustannuksien perusteella. Arkkitehdit luovat valittujen ratkaisujen pohjalta toteutussuunnitelman, johon kuuluvat esimerkiksi mitoitettut työpiirustukset, olennaisimmat rakennusosapiirustukset ja rakennusselostus. Arkkitehdillä on myös hankkeen rakentamisen aikana suoritettavia tehtäviä. Näihin tehtäviin kuuluvat tarvittaessa täsmentävien ja tulkitsevien ohjeiden tekeminen sekä osallistuminen työmaakokouksiin ja tarkastuksiin. Arkkitehdit tekevät paljon yhteistyötä myös muiden osa-alueiden suunnittelijoiden, kuten rakennesuunnittelijan, kanssa. Rakennusarkkitehtien koulutus on ammattikorkeakoulututkinto. (ArkitData, n.d)

Rakennesuunnittelijan tehtävänä on puolestaan suunnitella rakenteelliset ratkaisut hankkeeseen. Rakenteellisilla ratkaisuilla tarkoitetaan esimerkiksi teräsbetonirakenteiden mitoitusta. Rakennesuunnittelijat käyttävät oman suunnittelutehtä-

vänsä pohjana arkkitehtien tekemiä suunnitelmia esimerkiksi rakennuksen ulkoisista muodoista sekä pohjaratkaisuista. Rakennesuunnittelija siis varmistaa arkkitehdille, voiko hänen suunnittelemaansa rakennetta toteuttaa rakenneteknisestä näkökulmasta. Rakennesuunnittelija luo tekemistään suunnitteluratkaisuista työmaalle käytettävät työpiirustukset, joiden avulla työ saadaan tehtyä työkohteessa. Näitä työpiirustuksia voivat olla esimerkiksi raudoituspiirustukset tai elementtiasennuskaavio. Rakennesuunnittelija joutuu ottamaan tekemissään mitoituksissa paljon asioita huomioon, kuten rakenteen suunniteltu käyttöikä tai rakenteellinen vakaus. Rakennesuunnittelulla voidaan vaikuttaa myös erittäin suuresti hankkeen kokonaiskustannuksiin sekä rakentamisen aikatauluun. Rakennesuunnittelijat ovat koulutukseltaan yleisimmin rakennustekniikan insinöörejä tai diplomi-insinöörejä. (Afry, n.d)

LVIS-suunnittelu käsittää rakennukseen tulevien taloteknisten järjestelmien ja komponenttien suunnittelun. LVIS-lyhenne koostuu sanoista lämpö, vesi, ilmastointi ja sähkö. Usein rakennushankkeissa LVIS-suunnittelu on saatettu jakaa useamman henkilön työksi. Jako yleensä tehdään niin, että LVI-suunnittelun hoitaa yksi suunnittelija ja sähkösuunnitteluun määritetään oma suunnittelijansa. LVI-suunnittelun tehtävänä on suunnitella rakennukseen toimivat sekä kustannustehokkaat lämmitys-, vesi-, viemäri- sekä ilmanvaihtojärjestelmät. Sähkösuunnittelulla tarkoitetaan puolestaan rakenteen sähköreittien suunnittelua ja sähkön jakamista asuntoihin esimerkiksi pistorasioiden kautta. Sähkösuunnitteluun kuuluu myös rakennuksen valaistuksen ja mahdollisten älyominaisuuksien tai automatiikkajärjestelmien suunnittelu. Myös LVIS-suunnittelijat toimivat yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa. Rakennesuunnittelija varmistaa esimerkiksi LVIS-asennuksissa tehtäville läpivienneille turvalliset kohdat rakenteesta. (Spigot Oy, n.d)

Näiden suunnittelutehtävien lisäksi uudishankkeissa tehdään suunnittelutehtäviä myös liittyen maanrakennustöihin. Näitä ovat geotekniset suunnitelmat sekä maisema- tai pihasuunnitelmat. Työpiirustuksissa käytetään kirjaintunnuksia osoittamaan, mihin erikoisalaan työpiirustukset liittyvät. Näitä kirjaintunnuksia ovat esimerkiksi LVI ja GEO.

4.1.2 Kilpailutus tekijöistä ja materiaaleista

Rakennussuunnittelun ollessa pääpiirteittäin valmiina on rakennuttajan aika valita urakoitsija työlle. Urakoitsijan valitseminen on sidonnainen aikaisemmin valittuun urakkamuotoon. Esimerkiksi jos valittuna on kokonaisurakka, valitaan hankkeeseen pääurakoitsija, joka ottaa hankkeen valmistumiseen liittyvät asiat itselleen hoidettavaksi. Pääurakoitsijan kilpailutus tehdään lähettämällä kyseisiä palveluita tarjoaville yrityksille tarjouspyyntö, joihin nämä vastaavat oman lasketun tarjoushintansa. Tarjouspyynnössä liitteinä täytyy olla alustavat rakennussuunnitelmat ja muut tarvittavat tiedot, joista urakoitsijat pystyvät laskemaan oman tarjouksensa. Tämä pätee muissakin tarjouspyynnöissä kuin pelkästään pääurakoitsijan kilpailutuksessa. Urakoitsijoiden valintaan saattavat vaikuttaa muutkin asiat kuin pelkästään tarjoushinta, kuten esimerkiksi yrityksen referenssikohteet tai aikaisempi hyvä kokemus heidän työstään. Kun pääurakoitsija on kilpailutettu ja valittu, on heidän aikansa alkaa omalta osaltaan kilpailuttamaan hankkeeseen tarvittavia materiaaleja sekä mahdollisia aliurakoitsijoita tekemään tiettyjä erikoisalojen töitä kohteessa.

Materiaalien kilpailutuksella tarkoitetaan rakennussuunnittelijoiden piirustuksissa määrittämien tarvikkeiden ja rakennusmateriaalien kilpailutusta. Kilpailutus on kokonaisurakassa pääurakoitsijan tehtävä ja tarpeellista tehdä, jotta voittoa kohteesta kertyisi mahdollisimman paljon. Materiaalit kilpailutetaan myöskin lähettämällä tarjouspyyntöjä kyseisiä materiaaleja tarjoaville yrityksille. Kilpailutuksen voittaja solmii yhteistyösopimuksen urakoitsijan kanssa materiaalien toimittamiseen liittyen. Kilpailutusvaiheessa urakoitsijan on tärkeää mainita materiaalien toimittajalle hankkeeseen liittyvien materiaalien lisäksi myös tilausten aikataulut sekä tilaukseen liittyvät erikoistoiveet tai maininnat.

Aliurakoitsijoiden kilpailutuksen hoitaa esimerkiksi kokonaisurakassa rakennushankkeen omalle vastuulle ottanut pääurakoitsija. Aliurakointia käytetään usein erikoisalojen työssä, johon pääurakoitsijalla ei ole laittaa omia työntekijöitään. Näitä voivat esimerkiksi olla LVI- tai raudoitustyöt. Usein aliurakointia kilpailutettaessa tehdään sopimus myös kyseiseen työhön liittyvistä materiaalitoimituksista. Esimerkkinä raudoitusliikkeet tarjoavat kohteita usein kokonaishinnalla niin, että se sisältää teräkset sekä niiden asennuksen paikalleen työmaalla.

4.1.3 Materiaalien valmistus tehtailla

Materiaalikipailutuksen voittajan on sopimuksen allekirjoituksen jälkeen aika alkaa valmistamaan hankkeeseen tilattuja materiaaleja omalla tehtaallaan. Materiaaleilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi teräksiä, putkia, puutavaraa, betonielementtejä tai valmisosia. Ensimmäiseen vaiheeseen tehtaalla liittyy materiaalitoimittajista riippuen erilaisia töitä, joita joudutaan suorittamaan ennen kuin materiaalien valmistaminen pystytään aloittamaan. Esimerkiksi rauditusliikkeissä prosessi alkaa yleensä teräslaskenta- eli listaustöillä. Listaustöitä käsiteltiin jo aikaisemmin tässä opinnäytetyössä (sivu 48), mutta lyhyesti tämä tarkoittaa tarvittavien terästen laskemista rakennuspiirustuksista. Tämä ensimmäinen vaihe tehtaalla vaihtelee paljon riippuen tilatuista materiaaleista ja toimittajista. Tietyissä tilauksissa saatetaan antaa materiaalitoimittajalle suoraan valmiit listat, mitä materiaaleja työmaalla tarvitaan.

Tämän vaiheen jälkeen materiaalitoimittajan on useimmiten aika laittaa tilaukset työn alle omalle tehtaalleen, ellei yritys toimi ainoastaan esimerkiksi materiaalien maahantuoja tai välittäjänä. Materiaalien valmistaminen tehtailla tapahtuu tehtyjen tai annettujen listojen mukaisesti ja ne valmistetaan työmaan tarpeet huomioiden.

Viimeisenä vaiheena materiaalitoimituksissa on tavaran toimittaminen työmaalle. Työmaalle toimitus tapahtuu yhdessä ennakkoon sovittuna ajankohtana. Tietyissä tilanteissa materiaalit saatetaan myös noutaa tehtailla turhien rahtikulujen välttämiseksi tai sen takia, että noudolla tilaukset saatetaan saada työmaalle nopeammin. Suuria tilauksia ei usein toimiteta työmaalle yhdellä kertaa, vaan niistä tehdään selkeä toimitussuunnitelma. Toimitussuunnitelmasta selviää, mitä materiaaleja toimitetaan työmaalle minäkin päivänä. Tämä antaa enemmän aikaa materiaalitoimittajalle valmistaa tilausta ja säästää materiaalit turhulta välivarastoinnilta työmailla. Välivarastointi saattaa nostaa logististen ongelmien ja tilanpuutteen lisäksi myös materiaalien vahingoittumisriskiä.

Materiaalitoimittajat tekevät jokapäiväisessä työssään paljon yhteistyötä muiden saman alan yritysten kanssa. Nämä yritykset saattavat tarvittaessa jakaa töitään kahden yrityksen välillä ja tarjota kiireapua toisilleen. Materiaalitoimittajat

ovat myös aina vastuussa toimittamiensa tilausten laadusta ja sisällöstä. Usein materiaalitoimittajat toimivat myös tarpeen vaatiessa konsulttina toimitettujen materiaalien työteknisissä asennukseen liittyvissä asioissa. Näiden seikkojen lisäksi materiaalitoimittajien täytyy tilanteen vaatiessa olla myös joustavia ja nopeita esimerkiksi lisä- ja muutostöiden aiheuttaessa kiireellisiä lisätilauksia tehtäville.

4.1.4 Hankkeen rakennusvaihe

Suunnitelmien, sopimusten, materiaalien ja tekijöiden ollessa kunnossa on seuraavana vaiheena aika aloittaa hankkeen rakennustyöt. Hankkeen rakennusvaihe alkaa työmaan perustamisesta. Työmaan perustamistöihin kuuluvat alustavat valmistelut, kuten työmaa-alueen rajaukset ja sosiaali- sekä toimistotilojen valmistaminen. Uudiskohteissa itse rakentamisvaihe alkaa yleensä erilaisista tontin raivaus- ja maanrakennustöistä. Näihin luetaan esimerkiksi kasvillisuuden poisto rakennettavalta alueelta ja tämän jälkeen kaivantojen tekemiset perustustasoon asti. Maanrakentajat ovat kohteissa usein ensimmäisiä työntekijöitä. Maanrakennus jatkuu läpi perustusvaiheen sisältäen erilaisia kaivuu-, salaoja- ja täyttötöitä. Perustusvaiheen jälkeen maanrakennusyritys yleensä siirtää työkohteensa pois tontilta seuraavaan kohteeseen. Maanrakennustyöt kuitenkin saattavat jatkua uudestaan sen jälkeen, kun kohde on muuten saatu rakennettua valmiiksi. Esimerkiksi kerrostalokohteissa maanrakentajat tulevat usein kaiken muun valmistuttua tekemään kohteeseen vielä erilaisia piha- ja maisemointitöitä.

Seuraava vaihe uudisrakentamisessa on perustusten rakennustyöt. Näihin kuuluvat pääasiassa muottityöt, raudoitus ja betonointi. Muottityöt tehdään työmaalla yleensä mittahenkilön määrittämiin kohtiin merkkien mukaan, jotta raudoitus ja betonointi saadaan tehtyä täysin oikeaan paikkaan. Muotit toimivat siis usein myös apuna muiden töiden tekemisessä, eikä sen ainoa käyttökohde ole betonin pitäminen sisässään, vaikka se onkin muotin pääasiallinen käyttötarkoitus. Muottityöt tehdään työmaalla yleensä ennen raudoitusta ainakin osittain valmiiksi. Ennen perustusten betonointia täytyy suorittaa vielä kohteen raudoitustyöt rakennuspiirustusten mukaan. Raudoitukset tehdään suunnittelijoiden luomien raken-

nuspiirustusten mukaan siihen tarkoitettun osaavan työryhmän toimesta. Raudoitusten valmistuttua ja valvojan tekemän tarkistuskäynnin jälkeen on aika suorittaa betonivalu, jossa raudoitettut muotit täytetään betonimassalla. Betonivalun osaluueeseen voidaan lukea vielä betonin valamisen jälkeen suoritettavat pakolliset jälkihoitotyöt, joihin kuuluvat esimerkiksi mahdolliset betonin lämmitys- tai kastelutyöt. Perustusten ohessa yleensä rakennetaan myös kerrostalokohteeseen tuleva ”VSS” eli väestönsuoja.

Perustustason töiden jälkeen kerrostalohankkeessa alkavat rakennuksen runkotyöt. Runkotöillä tarkoitetaan rakennuksen kantavien seinien, pilareiden, palkkien ja erilaisten holvirakenteiden, kuten välipohjien, rakennustöitä. Tässä rakentamisvaiheessa on suuria eroja työmaiden välillä, jotka riippuvat paljon siitä, rakennetaanko talo paikalla valaen vai betonielementtejä hyödyntäen. Usein työmailla käytetään myös ns. hybridiratkaisua, jolla tarkoitetaan esimerkiksi seinien sekä portaiden rakentamista betonielementeillä ja holvin rakentamista paikalla valaen. Runkotöihin kuuluvat osittain myös LVI-työt varsinkin paikallavalukohteissa, joissa erilaisia viemäriputkia ja sähkölinjoja täytyy asentaa valettavan holvin sisään. Elementtirakentamisessa LVI-töiden määrä on runkotöiden lomassa pienempi, koska niissä suuri osa pakollisista LVI-tarvikkeista on tehtaalla asennettu valmiiksi elementtien, kuten ELPO-hormien sisään. Runkotöiden ohessa työmailla usein rakennetaan ”sivutöinä” myös esimerkiksi erilaisia tukimuureja tai meluseiniä, jotka eivät ole sidonnaisia muiden rakenteiden rakennusprosessiin.

Kun rakennuksen viimeiset kantavat rakenteet, kuten yläpohja, on saatu rakennettua valmiiksi, on teräsbetonirakentamisen aika työmaalla yleensä ohi. Tämän jälkeen työmaalla jatkuvat vielä useat erilaiset sisä- ja viimeistelytyöt. Näihin kuuluvat esimerkiksi väliseinien asennus, kalusteasennus, maalaustyöt, taloteknisten koneiden asennus sekä laatoitustyöt.

4.1.5 Luovuttaminen tilaajalle

Ennen kohteen luovuttamista asiakkaalle täytyy tehdä vielä tarkistuslistassa eli itselle luovutuksessa huomioidut puutteet sekä korjaukset. Lisäksi rakennuksessa suoritetaan erilaisia järjestelmien mittaus- ja säätötöitä. Nämä työvaiheet

kuuluvat rakennushankkeen viimeistelytöihin. Näihin töihin saattaa kuulua erilaisia siivoustöitä tai vahingoittuneiden tarvikkeiden vaihtoa uusiin vastaaviin. Tarkistuslistassa korjatut asiat tarkistetaan vielä jälkitarkastuksella, jonka jälkeen rakennusvalvontaviranomainen suorittaa kohteelle loppukatselmuksen. Loppukatselmuksen tarkoitus on hyväksyttää rakennus virallisesti käyttöönnettäväksi. Loppukatselmuksessa tarkastetaan, että rakennustyöt ovat tehty oikein rakennusluvan ja erilaisten määräysten mukaisesti. Loppukatselmuksen aikana myös kohteen käyttö- ja huolto-ohje täytyy olla pääosin tehtynä. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje on työmaan toimihenkilöiden kokoama ohjekirja tuleville asukkaille. Käyttö- ja huolto-ohjeesta selviää esimerkiksi kohteen erityispiirteet ja kohteessa käytettyjen kodinkoneiden käyttöohjeet. (Kautto, 2022)

Urakoitsijan vastuu ei pääty rakennuksen luovutukseen, vaan rakennustöillä on takuu-aika. Takuu-aika on yleisesti kaksi vuotta rakennuksen luovutuksen jälkeen, ellei sopimuksissa ole mainittu takuuajan poikkeavuudesta. Takuuajalla tarkoitetaan urakoitsijan vastuuta korjata työnsä, jos se ei ole tehty solmittujen sopimusten mukaisesti. Tämän kahden vuoden jälkeen urakoitsija on kuitenkin 10 vuotta vastuussa virheistä, jotka ovat aiheutuneet törkeästä laiminlyönnistä tai siitä, että satunnainen työn osa on olennaisin osin jätetty tekemättä. Rakennuksen takuu-aikana riitatilanteiden selvittämisen apuna käytetään rakennusalan yleisiä sopimusehtoja (YSE 1998). Lisäksi riidassa olevat osapuolet pyrkivät saamaan erilaisilla todisteilla näyttöä rakennushankkeen toteutuneesta kulusta. (Rakennusriidat, n.d)

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoituksena tutkia teräsbetonirakentamisen nykytilaa Suomessa ja luoda lukijalle selkeä kuva teräsbetonialasta kokonaisuudessaan. Toisena keskeisenä tavoitteena oli tuoda esille yleisimpiä teräsbetonirakentamisessa esiintyviä haasteita ja keinoja niiden ehkäisyyn. Työ perustui aikaisemmin hankittuun vahvaan työkokemukseen alalta, konsultointiin osaavilta tekijöiltä sekä lukuisista eri verkkolähteistä löytyviin tietoihin.

Työssä käytettiin lisäksi apuna pienelle ryhmälle suunnattua kyselytutkimusta teräsbetonirakentamiseen sisältyvien haasteiden ja ongelmien osalta. Haasteista ja ongelmista saatiin kyselyn ja konsultointien avulla aikaan todella kattava tietopaketti. Kysely toimi tutkimusmenetelmänä erinomaisesti juuri tähän aiheeseen liittyen, koska jakauma muodostui vastaajien hieman erilaisien työnkuvien takia hyvinkin tasaiseksi. Kyselystä voidaan poimia kaikista suosituimpana vastauksena aikataululliset haasteet, jonka valitsi 65 % kyselyyn vastanneista toiseksi vastausvaihtoehdokseen. Kyselyn tulos oli hyvin pitkälle samanlainen, millaiseksi se kuviteltiin ennen kyselyn suorittamista. Tämä tutkimusmenetelmä toimi loistavana tukena opinnäytetyössä esitetyille väittämille kyseisestä aiheesta.

Opinnäytetyön pohjalta voidaan todeta teräsbetonirakentamisen olevan yksi erittäin iso kokonaisuus, johon yhdistyy monta pienempää osa-aluetta. Isoissa teräsbetonihankkeissa työskentelee kymmeniä tai jopa satoja henkilöitä todella monissa erilaisissa työtehtävissä. Työtehtävät voivat sijoittua esimerkiksi rakennushankkeen suunnitteluvaiheeseen, työnjohtoon tai erilaisiin työmaalla tapahtuviin työvaiheisiin. Opinnäytetyön sisällön perusteella voidaan myös sanoa, että teräsbetonirakentaminen on Suomessa todella tarkkaan suunniteltua ja siihen liittyvät riskit sekä haasteet on pyritty ottamaan huomioon jo ennen rakentamisvaihetta. Rakentamisprosessin aikaiset vastuualueet on suomalaisessa rakennuskulttuurissa myös jaoteltu järkevästi eri työnjohtajien välillä vahvuuksien sekä osaamisen mukaan.

Teräsbetonirakentaminen kehittyy todella kovaa vauhtia. Tästä kertovat esimerkiksi jatkuvasti uudistuva teknologia, tarkentuvat rakentamismääräykset ja uudet

liitostyyppit ja -osat. Teräsbetonirakentamiseen liittyvät erikoispiirteet, kuten talvirakentaminen, otetaan nykyään Suomessa todella hyvin huomioon. Talvirakentamisen valvonta on Suomessa tarkkaa ja siihen käytetään apuna esimerkiksi erilaisia kokeita betoniin tai maaperään liittyen.

Lopuksi voidaan todeta opinnäytetyön onnistuneen kokonaisuudessaan asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Työssä onnistuttiin tuomaan esille näkökulmia käytännön asioihin liittyen sekä työnjohdon että myös työntekijöiden näkökulmista. Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät ja lukuisat verkkolähteet toimivat hyvänä tukena opinnäytetyön sisällön rinnalla. Työn eri osiot saatiin mielestäni yhdistettyä hyvin toisiinsa ja esimerkiksi teoriaosuudessa käsitellyt asiat toimivat lukijalle hyvänä pohjana lukiessaan työtä eteenpäin. Opinnäytetyöprojekti oli kokonaisuudessaan erittäin sujuva sekä mielenkiintoinen toteuttaa. Projektin jälkeen osaa katsoa ja ymmärtää teräsbetonirakentamisen vaiheita paremmin useiden eri toimijoiden näkökulmista kuin aikaisemmin.

LÄHTEET

Afry. n.d. Rakennesuunnittelu. Verkkosivu. Viitattu 06.03.2024.

<https://afry.com/fi-fi/palvelu/rakennesuunnittelu>

ArkitData. n.d. Arkkitehtisuunnittelun tehtävät. Verkkosivu. Viitattu 05.03.2024.

http://arkit.tkk.fi/kurssit/A91181/arkkitehtisuunnittelun_tehtavat.htm

Autodesk. 2018. Create complex rebar designs in BIM models with Revit. Verkkosivu. Viitattu 16.02.2024.

<https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/tsarticles/ts/1WTqi0nDTMWM25tW3zO8i8.html>

Betoni.fi. n.d. Korjausrakentaminen. Verkkosivu. Viitattu 14.02.2024.

<https://betoni.com/rakentaminen/korjausrakentaminen-2/>

Betoniteollisuus ry. n.d. Betonin historia. Verkkosivu. Viitattu 05.02.2024.

<https://betoni.com/tietoa-betonista/betonin-historia/miten-betoni-tuli-suomeen/>

Celsa Steel Service Oy. n.d. Taivutustyyppit. Verkkosivu. Viitattu 04.02.2024.

<https://celsa-steelservice.fi/wp-content/uploads/2013/02/Taivutustyyppit-Celsa.pdf>

Celsa Steel Service Oy. n.d. Tarvikkeet. Verkkosivu. Viitattu 18.02.2024.

https://shop-fi.gcelsa.com/ty-omaat?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA8sauBhB3EiwAruT-RJmNMzGdFrhOpXpnDEaa1nqPpNW1Xdta6Q5rKaOewYQfQk17TX8YF-hoCA7EQAvD_BwE

Elementtisuunnittelu. n.d. Käyttöikä. Verkkosivu. Viitattu 14.02.2024.

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen/ymparistoominaisuu-det/kayttoika>

Elementtisuunnittelu.fi. n.d. Liitokset. Verkkosivu. Viitattu 06.02.2024.

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset/liitosten-toiminta/liitostyyppit>

Finlex. Valtioneuvoston päätös työvälineiden turvallisesta käytöstä (1403/1993).

Annettu 22.12.1993. Viitattu 28.02.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931403>

Finlex. Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta (506/2011 §14). Annettu 10.5.2011.

Viitattu 16.02.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110506>

Hakanen, Tommi. 2014. RIL 263-2014 Kaivanto-ohje. PDF-tiedosto. Viitattu

27.02.2024. <https://www.ril.fi/media/hakanen.pdf>

Holma, Jorma. 2021. Betonin lujuuden kehitys talviolosuhteissa. Rakennusmestari. Hämeenlinnan korkeakoulukeskus. Opinnäytetyö. Viitattu 19.02.2024.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/499506/Opinn%E4ytety%E4%20F6%20pdf%20\(2\).pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/499506/Opinn%E4ytety%E4%20F6%20pdf%20(2).pdf?sequence=2)

IHF. 2021. NOKIA-ARENA. Verkkosivu. Viitattu 23.02.2024.
https://www.ihf.com/fi/events/2022/wm/static/24193/nokia_arena

Kammonen, Antti. 2017. Betoniraidoitteiden muunto-suunnittelun hyödyntäminen ja vakiinnuttaminen asuinrakennustuotannossa. Rakennustekniikka. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 16.02.2024.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125929/Kammonen_Antti.pdf?sequence=1

Kauppalehti. 2022. Insinööri-toimistot. Verkkosivu. Viitattu 24.02.2024.
<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/vuonna-2021-insinoritoimistot-takoivat-enatystilin-mutta-sitten-sota-veti-liinat-kiinni-selvitimme-suomen-30-suurinta-yri-tysta/3a57b83a-3acf-46c8-b3e6-4dc0b93c4638>

Kautto, Valtteri. 2022. Rakennushankkeen viimeistely- ja luovutusvaihe. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Rakennustuotanto. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 08.03.2024. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/754327/Kautto_Valtteri.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Kortelainen, Mikko. 2019. Sanoma Tekniikkajulkaisut Oy. Rakennuslehti. Verkkosivu. Viitattu 31.01.2024. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/12/tilanne-nayttaa-synkalta-juuri-talla-hetkella-parma-perustelee-tehtaiden-sulkemista-pienentyneella-kaupalla-ja-suhdanteella/>

Laitinen, Tuomas, 2017. Forecon Oy. Tehdäänkö rakennukset betonista, puusta vai teräksestä. Verkkosivu. Viitattu 02.02.2024. <https://www.forecon.fi/tehdaan-ko-rakennukset-betonista-puusta-vai-teraksesta/>

Maisemabetoni.fi. n.d. Betonin uusiokäyttö. Verkkosivu. Viitattu 01.02.2024-
<https://maisemabetoni.fi/fin/betonin-uusiokaytto/betonin-valmistuksen-ymparisto-vaikutukset/>

Makita. n.d. Harjateräsleikkuri. Verkkosivu. Viitattu 18.02.2024. <https://www.makita.fi/product/dsc163.html>

Mannonen, Tuomas. 2019. Betonin lujuudenkehityksen arviointi lämpötilan perusteella. Rakennustekniikka. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 19.02.2024. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/167410/Mannonen_Tuomas.pdf?sequence=2

McCutchen, Travis. 2024. The ultimate guide to concrete repair. Blogiteksti. Viitattu 14.02.2024. <https://blog.onfloor.com/ultimate-guide-concrete-repair>

Mustafa, Jasim. 2017. PAIKALLAVALUHOJUN TYÖOHJE. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 13.02.2024. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131591/Jasim-Mustafa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Nasvik, Joe. 2011. Concrete Construction. Verkkosivu. Viitattu 29.02.2024.
https://www.concreteconstruction.net/how-to/construction/methods-for-drying-out-concrete-floors_o

Niskanen, Harri. 2019. PARVEKE-ELEMENTIN ASENTAMINEN ASUINKERROSTALOON. Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 20.02.2024.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/262067/niskanen_harri.pdf?sequence=2

Nokos Oy. n.d. Kilpailutabetoni.fi. Verkkosivu. Viitattu 28.01.2024.

<https://www.kilpailutabetoni.fi/artikkelit/betonin-hinta/>

OTAVAMEDIA. n.d. Rakennusmaailma.fi. Verkkosivu. Viitattu 06.02.2024.

<https://rakennusmaailma.fi/suomen-kerrostalojen-historia-kertoo-yhteiskunnan-muutoksesta/>

Painters. n.d. Rakennushankkeen kulku. Verkkosivu. Viitattu 03.03.2024.

<https://www.painters.fi/taiteenhankintamalli/taidehankinta-rakennushankkeessa-%E2%88%92-taiteenhankintamalli/rakennushankkeen-kulku/>

Parma. 2013. Pasi-vaijerilenkkisidonta. PDF-tiedosto. Viitattu 13.02.2024.

https://parma.fi/userassets/uploads/2018/06/parma_kayttoohje_pasi_vaijerilenkkisidonta_2013.pdf

Partti, Elias. 2021. Paikallavaletun väestönsuojan algoritmiavusteinen suunnittelu. Rakennus- ja yhdyskuntateknikka. Talonrakennustekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 17.02.2024.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/496056/Partti_Elias.pdf?sequence=2

Peikko Group. n.d. Liitokset. Verkkosivu. Viitattu 19.02.2024.

<https://www.peikko.fi/tuotteet/elementtirakentamisen-liitokset/>

Peri Suomi. n.d. MULTIFLEX. Verkkosivu. Viitattu 13.02.2024.

<https://www.peri.fi/tuotteet/muotit/holvimuotit/multiflex-girder-slab-formwork.html>

Peri Suomi. n.d. VARIOGT. Verkkosivu. Viitattu 07.02.2024.

<https://www.peri.fi/tuotteet/muotit/seinamuotit/variogt24seinamuotti.html>

Rakennusriidat. n.d. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. Verkkosivu. Viitattu 09.03.2024. <https://www.rakennusriidat.fi/yse-1998-29-vastuu-takuu-aikana>

Rakennusteollisuus. 2022. Betoniteollisuuden suuruusjärjestys. PDF-tiedosto.

Viitattu 24.02.2024. https://betoni.com/wp-content/uploads/2023/11/Betoniteollisuuden-suuruusjarjestys_2022.pdf

Raksystems. 2024. Kuka voi toimia rakennusvalvojana. Verkkosivu. Viitattu

25.02.2024. <https://raksystems.fi/ajankohtaista/kuka-voi-toimia-rakennusvalvojana/>

Raudoitus P.Rintala Oy. 2022. Galleria. Verkkosivu. Viitattu 06.02.2024.

<https://raudoitusrintala.fi/galleria/>

Raudoitus P.Rintala Oy. n.d. Harjateräs B500B painot. Verkkosivu. Viitattu 14.02.2024. <https://raudoitusrintala.fi/harjateras/>

Rudus Oy. n.d. Aukot suojattava. Verkkosivu. Viitattu 26.02.2024. <https://www.turvapuisto.fi/rastit/20300/aukot-suojattava?groupid=1590>

Savela, Sanna. 2018. Kun tarpeeksi puristaa, niin betonikin taipuu – näin rakennetaan Nelostielle silta. Yle Uutiset 08.10.2018. Viitattu 13.02.2024. <https://yle.fi/a/3-10438393>

Sokos Hotels. n.d. Huoneet. Verkkosivu. Viitattu 22.02.2024. <https://www.soko-shotels.fi/reservation/hotel/TAMTOR?startDate=2024-02-23&endDate=2024-02-24&adults=1&childrenAges=&pets=0&numberOfRooms=1&loyaltyMembershipType=NONE&promotionCode=&step=room-selection>

Spigot Oy. n.d. Mitä LVI-suunnittelu tarkoittaa ja sisältää. Verkkosivu. Viitattu 06.03.2024. <https://spigot.fi/mita-lvi-suunnittelu-tarκοittaa/>

Stark. n.d. Sideverkko. Verkkosivu. Viitattu 17.02.2024. <https://www.stark-suomi.fi/tuote/v%C3%A4est%C3%B6nsuojaverkko-b500k-3-050-mm-50-m%C2%B2-rb16>

Takala, Oskari. 2016. EUROKOODIN VAIHTOEHTOINEN LASKENTAMENETELMÄ. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 30.01.2024. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/109473/Takala_Oskari.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Tarkka, Kai. 2020. Kivifaktaa.fi. Verkkosivu. Viitattu 12.02.2024. <https://kivifaktaa.fi/suomen-betonipaastot-ovat-nolla-vuonna-2050/>

Tilakonsultit. n.d. Hankesuunnittelu. Verkkosivu. Viitattu 04.03.2024. <https://tilakonsultit.fi/hankesuunnittelu>

Tuominen, Esa. 2018. Tampereen Kansi kannattelee valtavaa kuormaa. Verkkosivu. Viitattu 23.02.2024. <https://rakennustaito.fi/tampereen-kansi-kannattelee-valtavaa-kuormaa/>

Työkaluässä. n.d. Surrauskoukku. Verkkosivu. Viitattu 18.02.2024. https://www.tyokaluassa.net/koneet-ja-tyokalut/surrauskoukku-laakeroitu/p/7430/?gad_source=1&qclid=CjwKCAiA8sauBhB3EiwAruT-RJg0GhLvT44to0VeK4YDY9eymcE7Ph2VxoF-uDL4L-rZL8XTDnp4FJxo-CyD8QAvD_BwE

Wikimedia. n.d. Rakennesuunnittelu. Verkkosivu. Viitattu 02.02.2024. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennesuunnittelu>

YIT Suomi. n.d. Kruunusillat rakentaa tulevaisuuden Helsinkiä. Verkkosivu. Viitattu 23.02.2024. <https://www.yit.fi/ytimessa/tutustu-kruunusiltojen-siltoihin>

Liite 2. Kyselylomake: Teräsbetonirakentamisen haasteet.

Teräsbetonirakentamisen haasteet

Lomakkeen tarkoituksena on selvittää teräsbetonialan työntekijöiden näkökulmaa työssä esiintyvistä haasteista ja ongelmista. Lomakkeen vastauksia käytetään apuna henkilön Walteri Virtanen kirjoittamassa opinnäytetyössä: Teräsbetonirakentaminen Suomessa. Kyselyyn vastaaminen tapahtuu täysin anonyymisti ja vastaajien henkilöllisyys ei selviä kyselyn tekijälle.



1. Suurimmat haasteet teräsbetonirakentamiseen liittyvissä töissä? Valitse kaksi mielestäsi suurinta haastetta. Voit valita myös listasta puuttuvan asian valitsemalla kohdan "Muu" ja kirjoittamalla sen tekstikenttään. Kysymykseen vastataan oman toimenkuvan mukaan, eli mikä on haasteena juuri siinä työtehtävässä missä itse työskentelet teräsbetonirakentamisen parissa.

Valitse enintään 2 vaihtoehtoa.

- Lisä- ja muutostyöt
- Sääolosuhteet, luonnonilmiöt, talvirakentaminen
- Puutteelliset tai vaikeasti luettavat raudoituspiirustukset
- Aikataulut
- Työnjohtoon tai työnantajan toimintaan liittyvät seikat
- Muu

