

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri, Tekniikka

2020

Ari Haulivuori

BETONIELEMENTTI-
RAKENTEINEN
RAKENNUSTYÖMAA
VASTAAVANTYÖN-
JOHTAJAN
NÄKÖKULMASTA

Ari Haulivuori

BETONIELEMENTTIRAKENTEINEN RAKENNUSTYÖMAA VASTAAVAN TYÖNJOHTAJAN NÄKÖKULMASTA

Betonielementtien käyttö suomalaisessa rakennuskulttuurissa alkoi 1940-luvulla ja se on yksi suosituimmista rakentamistavoista. Betonielementin suosio runkorakenteena johtuu sen ominaisuuksista rakennusmateriaalina.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli perehtyä betonielementtirunkoisen rakennustyömaan vaiheisiin pohjarakenteista elementtirunkovaiheeseen. Opinnäytetyössä rakentamista tarkasteltiin työmaan vastaavan työnjohtajan näkökulmasta ja toteutettiin yhteistyössä Ojarannan Rakennus Oy:n kanssa.

Tavoitteena oli elementtirakentamisen kirjallisuuden, työmaakohtaisten rakennesuunnitelmien, RT-ohjekorttien ja omien kokemusten pohjalta saadun tiedon elementtirakentamisesta, selvittää mahdollisia kehittämis- ja parannustoimenpiteitä työmaasuunnittelussa ja rakentamisessa.

Opinnäytetyössä avattiin valokuvien ja selittein pääurakoitsija Ojarannan Rakennus Oy:n työmaasuunnittelua ja rakentamistapaa. Lisäksi kiinnitettiin huomiota aliurakoinnin osuuteen, jota käsiteltiin työmaan työturvallisuuden ja työhön perehdytyksen muodossa.

Betonielementtirakentamisesta ja maarakentamisesta kiinnostuneelle opinnäytetyö antoi hyvät edellytykset rakennustyömaan tehtävien kehittämiseen. Opinnäytetyöhön kerättiin elementtirakentamiseen laadittuja ohjeita ja määräyksiä sekä pääurakoitsijan vastuutehtäviä. Opinnäytetyö antaa suuntaviivat aloittelevalle rakennustyön ammattilaiselle havaitsemaan monesti huomiotta jääviä kehityskohteita.

ASIASANAT:

elementti, elementtirakentaminen, rakentaminen, työmaasuunnittelu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Engineer, Technology

2020 | 51 pages, 9 pages in appendices

Ari Haulivuori

PREFABRICATED CONSTRUCTION SITE FROM THE PERSPECTIVE OF THE SITE MANAGER

The use of concrete elements in the Finnish building culture began in the 1940s and is one of the most popular construction methods. The popularity of a concrete element as a frame structure is due to its properties as a building material.

The purpose of this thesis was to become acquainted with the stages of a concrete prefabricated construction site from the base structures to the prefabricated stage. In the thesis, construction was examined from the point of view of the foreman in charge of the construction site and carried out in cooperation with Ojarannan Rakennus Oy.

The aim was to determine possible development and improvement measures in site design and construction based on the literature on prefabricated construction, site-specific structural plans, RT instruction cards and personal experience.

The site design and construction method of the main contractor Ojarannan Rakennus Oy were demonstrated with photographs and explanations in the thesis. In addition, attention was paid to the role of subcontracting, which was addressed in the form of site safety and job orientation.

For those interested in precast concrete construction and civil engineering, the thesis provided good conditions for developing and understanding the tasks of a construction site. Instructions and regulations prepared for element construction as well as the responsibilities of the main contractor were collected for the thesis. The thesis provided guidelines for the novice construction professional to identify tasks that are often neglected in developments.

KEYWORDS:

element, element construction, construction, site design

SISÄLTÖ

KÄYTETTY SANASTO

1 JOHDANTO	1
1.1 Elementtirakentamisen historia	1
1.2 Betonin historiaa	2
2 RAKENTAMISEN VAATIMUKSIA JA SÄÄDÖKSIÄ	4
2.1 Putoamissuojaus betonielementtiasennuksessa ja tulityöt	6
2.2 Sandwich-elementti	8
3 KOHTEEN PERUSTIEDOT	17
3.1 Kosken Betonielementti Oy	19
3.2 Geotutkimus	20
3.3 Maankaivuu ja täyttötöyt	22
3.4 Salaojat	25
3.5 Paalutus	26
3.6 Rakennuksen lattianalus- ja seinänvierustäytöt	27
3.7 Viemäreiden kannakointi ja kaivot	29
3.8 Pihan liikennealueet	30
3.9 Pelastustiet	31
4 PROJEKTINHALLINTA	32
4.1 Aikataulu	32
4.2 Laadunvalvonta	33
5 KÄYTÄNNÖN RAKENNUSTYÖT	35
5.1 Maanrakennus	35
5.2 Kantavien rakenteiden perustaminen	36
6 BETONIELEMENTTIASENNUS TYÖMAALLA	41
7 POHDINTA	48
LÄHTEET	50

LIITTEET

- Liite 1. Sokkelielementtikaavio.
Liite 2. Paaluanturoiden lämpötilaseuranta.
Liite 3. Betonivalmiskosien asennussuunnitelma.

KUVAT

Kuva 1. Sandwich-elementin havainne leikkaus.	8
Kuva 2. S-pisteet ja saumateräs. Holvista nouseva harjateräs on ympyröity.	9
Kuva 3. Julkisivuelementin muotti happomaalattuna ja raudoituskorokkeineen.	10
Kuva 4. Sokkelielementin muotti raudoitettuna.	10
Kuva 5. Valmiita sokkelielementtejä.	11
Kuva 6. Elementtien pesu.	12
Kuva 7. Valmiita elementtejä kuljetusalustalle nostettavissa.	13
Kuva 8. Elementtien kuljetusalusta tyhjänä.	14
Kuva 9. Sandwich-elementin kuorivaluraudoitus.	14
Kuva 10. Väliseinäelementti raudoitettuna.	15
Kuva 11. Julkisivuelementti ikkuna- ja oviaukko varauksineen raudoitettuna.	16
Kuva 12. Lattialämmitysputkisto kiinnitettynä askeläänistyroxiiin.	18
Kuva 13. Lattialämmitysputkenkiinnike styroxiiin.	18
Kuva 14. Vaahtolasin käyttö liikennealueella.	21
Kuva 15. Kaivutyöt ja suodatinkangas vahvuudeltaan N3.	22
Kuva 16. Maa-aineksen pois kuljettaminen.	23
Kuva 17. Maanrakennuskerrokset.	25
Kuva 18. Patolevy asennettuna ylälistan kanssa.	27
Kuva 19. Täyttö patolevyä vasten.	28
Kuva 20. Runko- ja sivuviemäriputkien kannatus.	29
Kuva 21. Sukeltanut paalu jatkettuna.	37
Kuva 22. Vinoon menneen paalun vahvistus ja betonin lämmityslangat.	38
Kuva 23. Sokkelielementtikaavio.	41
Kuva 24. Sokkelikuorielementtien tuenta.	42
Kuva 25. Elementtitikkaat.	43
Kuva 26. Elementtien saumateräs yhdistettynä elementtien lenkkeihin.	44
Kuva 27. Elementtien tuenta.	46
Kuva 28. Seinäelementtien pystysaumapumppaus.	47

TAULUKOT

Taulukko 1. Rakennekerrokset liikennealueilla.	30
Taulukko 2. Loppulyönnit paaluille. Taulukko paalutusurakoitsijan laatimasta pöytäkirjasta.	39

KÄYTETTY SANASTO

aliurakoitsija	pääurakoitsijan palkkaama työtä tilauksesta suorittava valittu urakoitsija (RT 16–10660, 2016, 3)
elementti	tietyssä työvaiheessa yhtenä kiinteänä kokonaisuutena käsiteltävä, esivalmisteinen rakenne tai sen osa, joka painonsa tai kokonsa vuoksi edellyttää nostoapuvälineiden käyttöä; elementti voi olla betonia, terästä, metallia, puuta, lasia, muovia tai muuta ainetta (Valtioneuvoston työturvallisuuslaki 738/2002)
KAM	kalliomurske, symbolina käytetään (#), seulakoko
kv-urakka	kokonaisvastuu-urakka, jossa urakoitsija vastaa ja huolehtii koko rakennushankkeen toteuttamisesta mukaan lukien kokonaisorganisointi; tilaaja vastaa suunnittelusta sekä urakasta irrotettujen materiaalien hankinnasta (RT 16–10660, 2016, 3)
pääsuunnittelija	henkilö, jonka tehtävänä on vastata rakennuksen suunnittelun kokonaisuudesta ja huolehtia siitä, että rakennussuunnitelmat ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden, joka täyttää elementtirakentamisen toteutuksen sille asettamat työturvallisuusvaatimukset (Valtioneuvoston työturvallisuuslaki 738/2002)
pääurakoitsija	tilaajaan tai rakennuttajaan sopimussuhteessa oleva urakoitsija, joka kaupallisissa asiakirjoissa on nimetty pääurakoitsijaksi ja jolle työmaan johtovelvollisuudet kuuluvat (RT 16–10660, 2016, 3)
rakennuttaja	henkilö tai organisaatio, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta (Valtioneuvoston työturvallisuuslaki 738/2002)
sandwich-elementti	betonielementti, jossa betonikuorien välissä on mineraalivilla tai muu eriste lämpöeristeenä (RT 82–11006, 2010)
suunnittelija	henkilö, jonka tehtävänä on huolehtia siitä, että erillistehtävinä laaditut rakenteiden, rakennusosien tai järjestelmien suunnitelmat täyttävät elementtirakentamisen toteutuksen edellyttämällä tavalla niille asetetut työturvallisuusvaatimukset (Valtioneuvoston työturvallisuuslaki 738/2002)
takuuaika	aika työn valmistumisesta, jona urakoitsijasopimuksen mukaan vastaa työssään ilmenneiden virheiden korjauksesta (RT 16–10660, 2016, 3)
tilaaja	sopimussuhteessa työn suorittavaan urakoitsijaan, joka on tilannut urakkasuorituksen; tilaajana voi toimia urakoitsija tai rakennuttaja (RT 16–10660, 2016, 3)

urakoitsija	sopimuskumppani, joka on sitoutunut noudattamaan sopimusasiakirjoissa sovitun työntuloksen aikaansaamiseksi työn tilaajan kanssa (RT 16–10660, 2016, 3)
valvoja	rakennuttajan puolesta työsuoritusta valvova rakennuttajan kolmantena osapuolena hankittu henkilö (RT 16–10660, 2016, 3)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on avata toteutuneen rakennustyömaan kulkua pohjatöistä, julkisivu- ja väliseinäbetonielementtien asennukseen työmaan vastaavan työnjohtajan näkökulmasta. Opinnäytetyön pohjana on käytetty kohteeseen laadittuja ja suunniteltuja työ- ja rakennesuunnitelmia. Työssä on avattu rakennustyömaan kulkua mukaan otettujen työvaiheiden osalta ja pohdittu niihin mahdollisia parannus- ja kehitysvaiheita. Opinnäytetyössä pyritään saamaan parannuksia muun muassa muotti- ja valutöiden nopeuttamiseen sekä betonielementtiasennuksen aikana tapahtuvien työvaiheiden parantamiseen. Rakennustyön sujuvuuteen vaikuttaa suunnitelmien oikea-aikainen saatavuus suunnittelijoilta sekä niiden ristiriitaisuuksien ennalta tarkastaminen.

1.1 Elementtirakentamisen historia

Varhaisin tunnettu betonirakenne on Rooman Pantheon, joka rakennettiin vuonna 120 Rooman keskustaan Piazza Novonan lähelle. Pariisin maailmannäyttelyssä vuonna 1900 tieto betonin käytöstä rungon rakentamiseen levisi maailmanlaajuisesti. Ennen toista maailmansotaa elementtitekniikkaa ja sen mahdollisuuksia tutkittiin jo eri puolilla maailmaa. Sodan jälkeen siihen osallisina olleiden maiden talous ei ollut kunnossa, joten tuhojen korjaaminen lisäsi jälleenrakentamisen kysyntää ja siihen etsittiin mahdollisimman tehokasta ja taloudellista rakennustapaa. Ratkaisuksi löytyi elementtirakentamisesta, jota oli tutkittu ja aloitettu kehittämään Suomessa 1940- ja 1950-lukujen vaihteessa. Elementtitekniikan kehittämisen avulla betonteollisuuden kasvu johti betonielementtien kasvavaan tuotantoon. Viljo Revellin suunnittelemaan Palace-taloon, joka valmistui 1952, kiinnitettiin ensimmäiset julkisivuelementit. Arkkitehti Aarne Ervin suunnittelema Helsingin Yliopiston Porthania-rakennus, joka valmistui 1957, on tunnetuimpia varhaisia täyselementtirakennuksia. (Elementtisuunnittelu 2020.)

Aikansa uutta betoniarkkitehtuuria ja -tekniikkaa edustavia julkisia rakennuksia nousi nopealla tahdilla Helsinkiin 1950-luvulla, esimerkiksi rautatieasema, eduskuntatalo, Stockmann ja taidehalli. Arvostetusta betonirunkorakentamisesta on hyvänä esimerkkinä 1930-luvun Töölö taloineen ja stadioneineen. Teollisessa asuntorakentamisessa betonielementtirakentaminen aloitettiin 1950-luvulla mutta Suomessa elementtitekniikkaa alettiin käyttämään jo 1940- ja 1950-lukujen vaihteesta lähtien.

Elementtirakentamisen mallia haettiin Ranskasta, Tanskasta ja Ruotsista. Pohjoismaat alkoivat järjestää rakennuspäiviä vuorotellen vuoden välein. Rakennuspäivien pääteemoina olivat elementtirakentaminen ja ylikorkeat talot. Puhujina tilaisuudessa toimivat muun muassa suomalaiset rakennusalan uranuurtajat kuten arkkitehti, VTT:n professori Ole Grippenberg, Oy Rastor Ab:n rakennusosaston johtaja diplomi-insinööri Antero Kalli sekä arkkitehti Kaj Englund. (Hytönen & Seppänen 2009, 39.)

1.2 Betonin historiaa

Betonin esivaiheena pidetään roomalaisten valmistamaa betonia muistuttavaa ainetta, joka koostui sammutetun kalkin, pozzolanalaavakiven, kivimurskeen ja veden seoksesta. Britit kiinnostuivat roomalaisten taidoista 1700-luvun lopulla, jonka seurauksena englantilainen muurari Joseph Aspdin valmisti ensimmäisenä keinotekoista sementtiä. Hän patentoi keksintönsä vuonna 1824 nimellä Portland-sementti, samannimisen rakennusaineenakin suosittu luonnonkiven mukaan. Rakennusmestari Isaac Johnson keksi nykyisen kaltaisen Portland-sementin vuonna 1844. Portland-sementti näytti samanlaiselta kuin sementin keksimisen aikaan rakennusten pinnoissa suosittu Portland-luonnonkivi. (Hytönen & Seppänen 2009, 9.)

Isaac Johnsonin keksintö syntyi vahingossa liian korkeassa lämpötilassa poltetusta Aspdin-sementin epäonnistuneesta valmistuserästä. Keravan Saviolla vuonna 1869 käynnistyi Suomen ensimmäinen sementtitehdas, joka toiminnallaan aloitti suomalaisen betonin valmistuksen. Sammutetun kalkin valmistus aloitettiin kuumentamalla kalkkikivestä saatava kalkki, jolloin saadaan poltettua kalkkia. Tämä sekoitetaan veden kanssa, joista syntyvä kemiallinen reaktio tuottaa kalsiumhydroksidia eli kansanomaisemmin tunnettu sammutettu kalkki. Roomalaiset nimesivät sammutetun kalkin opus caemanticumiksi, josta sana sementti myöhemmin sai nimensä. (Hytönen & Seppänen. 2009, 9.)

Jo vuosien 1929 ja 1936 normeissa edellytettiin, että sementin oli oltava sementtimääräysten mukaista ja runkoaineksen, hienon ja karkean, oli oltava tunnistettavissa. Teräksenä kelpuutettiin ainoastaan kuumavalssattu teräs ja betonitestauksessa vain 200 mm särmältään olevat kuutiot, jotka valmistettiin teräsmuoteissa kolmenkappaleen sarjoissa.

Mitoitusohjeet perustuivat kimmoteoriaan ja koskivat betonilaattoja, -palkkeja, -pilarilaattoja ja -pilareita, koska niitä pidettiin rakenteellisesti varsin samanlaisina. (Hytönen & Seppänen 2009, 20.)

Betonin sallittu jännitys teräsbetonirakenteissa seoksessa 1:3:3 oli perusarvoltaan 3,5 MN/m² ja vuonna 1929 puristuslujuus oli 16 MN/m² ja vuonna 1936 puristuslujuus oli 14 MN/m². Raudoittamattomalle betonille seoksessa 1:3:3 sallittu puristuslujuus oli 2,2 MN/m², joka oli vain hiukan enemmän kuin hyväälle tiilimuuraukselle sallittu puristuslujuus. Betoniteräksen sallittu vetolujuus oli vain 120 MN/m². (Hytönen & Seppänen 2009, 116.)

Kerrostalojen rungot valettiin usein suurmuottitekniikkaa käyttäen ennen kuin täyselementtirakentamiseen siirryttiin. Jännitettyjen betonipaalujen valmistus oli monen sementtivalimon elementtituotannon ensimmäinen tuote. Suomessa ensimmäisiä sandwich-elementtien valmistajia ja käyttäjiä oli Valurakenne Oy vuonna 1955. (Hytönen & Seppänen 2009, 43–48.)

Nykyaikaiseen betonielementtivalmistukseen tutustutaan luvussa 3.1 Kosken Betonielementti Oy.

2 RAKENTAMISEN VAATIMUKSIA JA SÄÄDÖKSIÄ

Valmisbetoniosien, kuten betonielementtien asennuksesta, valtioneuvosto on säätänyt säädöksiä ja vaatimuksia työn laadulliseen ja työturvalliseen valmistamiseen. Seuraavaksi esitellään valtioneuvoston päätöksiä betonielementtirakentamisesta.

Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti, joka on tehty sosiaali- ja terveysministeriön esittelystä, säädetään 23.8.2002 annetun työturvallisuuslain (738/2002) nojalla 1. § (soveltamisala). Tässä asetuksessa (VNa 738/2002) säädettyjä turvallisuus- ja terveysvaatimuksia on noudatettava elementtirakentamisessa, jossa rakennus, rakenne tai muu rakennelma tehdään osaksi tai kokonaan elementeistä.

Näitä elementtirakentamisen säännöksiä sovelletaan maan alla, päällä tai vedessä tapahtuvaan rakennuksen tai muun rakennelman uudis- ja korjausrakentamiseen ja kunnossapitoon sekä näihin liittyvään asennustyöhön, purkamiseen, maa- ja vesirakentamiseen sekä rakentamista koskevaan suunnitteluun. Elementtirakentamiseen sovelletaan rakennustyön turvallisuudesta annettua valtioneuvoston päätöstä (629/1994) sekä työtelineiden ja putoamisen estävien suojarakenteiden käytöstä rakennustyössä annettua sosiaali- ja terveysministeriön päätöstä (156/1998).

Valmisteltaessa rakentamisen toteutusta erillisinä urakoina rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta, on määritettävä eri urakoitsijoiden töiden ja työvaiheiden yhteensovittamisen säännöt työntekijöiden ja muiden työmaalla työskentelevien turvallisuuden varmistamiseksi. Rakentamiseen liittyvissä geoteknisissä suunnitelmissa on otettava huomioon myös nostolaitteista ja elementtien varastoinnista aiheutuvat väliaikaiset kuormat.

Erityiset turvallisuustoimenpiteet rakennustyön turvallisuudesta mainitaan valtioneuvoston päätöksen 7. §:ssä, rakennustöiden elementtirakentamisen turvallisuussuunnitelmassa, jossa on mainittu toimenpiteet noudatettavaksi työntekijöiden turvallisuudesta ja jotka päätoteuttajan on otettava yhteisellä rakennustyömaalla huomioon. Elementtirakentamisesta aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät on tunnistettava ja selvitettävä päätoteuttajan toimesta ja suunniteltava niiden poistaminen yhteistyössä eri osapuolten kanssa.

Samoin toimitaan tilanteessa, jossa niitä ei voida poistaa, jolloin riskienarviointi tehtävä uudelleen yhteistyössä eri osapuolten kanssa ja niiden merkitys on arvioitava työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle. (Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen turvallisuudesta 578/2003, 7. §).

Päätoteuttajan on suunniteltava, rakennustyön turvallisuudesta annetun valtioneuvoston päätöksen 8 §:ssä tarkoitettussa rakennustyömaa-alueen käyttö, kiinnittäen elementtirakentamisessa erityistä huomiota ainakin seuraaviin seikkoihin:

- 1) elementtien vastaanotto- ja varastointipaikat
- 2) nostureiden ja nostopaikkojen sijoitukset ja tällöin nostotyötä tekevien mahdollisimman esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen
- 3) nostureiden nostosäteet ja -kapasiteetit
- 4) elementtien siirto- ja kuljetustiet sekä työmaaliikenteen ja henkilöliikenteen liittymiskohdat
- 5) henkilönostolaitteiden sijoitukset sekä kulku- ja nousutiet.

Päätoteuttajan on huolehdittava, että elementtien varastointipaikkojen, kuljetusteiden, nostureiden nostopaikkojen sekä lastaus- ja purkupaikkojen perustus toteutetaan niin, ettei maapohja murru eikä siihen synny työturvallisuutta vaarantavia muodonmuutoksia. Mikäli maapohjan kantavuudesta ja vakavuudesta ei ole varmuutta, se on selvitettävä luotettavalla menetelmällä ja maapohja on tarvittaessa vahvistettava. Elementtiasennuksesta on tehtävä kirjallinen elementtien asennussuunnitelma (liite 3), joka on hyväksyttävä asianmukaisella tavalla rakennuttajalla, geo- ja rakennesuunnittelijoilla. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta VNa 205/ 2009.)

Suunnitelmassa on mainittava nostotyön nostokalusto, taakkojen paino elementtityypeittäin, nostopaikat, nostoapuvälineet elementtityypeittäin, nostojen ohjaus ja mahdolliset rajoitukset. Suunnitelmassa on mainittava asennusnosturiksi valittava laite, kuten ajoneuvonosturi tai muu suoritusarvoltaan riittävä ja muilta ominaisuuksiltaan tarkoitukseen soveltuva nosturi. Nostolaitteiden nostokyvyn ja ulottuvuuden on oltava riittävät asennustyön turvalliselle tekemiselle. Betonielementin nostokohta, kuten esimerkiksi nostokorvake, on määritettävä yksityiskohtaisesti elementtisuunnitelmissa. Betonielementtien asennussuunnitelmassa on esitettävä elementtien varastointilinieneen turvallista käyttöä varten tarvittavat tiedot. Muun muassa korkeiden betonielementtien painopisteen sijainti ja betonielementin epäsymmetrinen muoto on otettava huomioon määritettäessä elementin varastointitapaa.

Betonielementtien varastoinnissa on otettava huomioon betonielementin valmistajan antamat ohjeet. (Valtioneuvoston työturvallisuuslaki 23.2002, 738/2002.)

2.1 Putoamissuojaus betonielementtiasennuksessa ja tulityöt

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (VNa 205/ 2009) antaa ohjeita betonielementtirakentamisen suunnitteluun ja asentamiseen. Rakennuttajan tulee nimetä turvallisuuskoordinaattori ja antaa turvallisuusasiakirjassaan suunnittelijalle riittävät lähtötiedot rakennushankkeen ominaisuuksista ja olosuhteista. Pää toteuttajan on huolehdittava, että työmaalla on käytössä putoamissuojaussuunnitelma putoamisvaaran torjumiseksi ja huolehdittava, että siinä on esitetty käytännön ratkaisut, joilla toteutetaan työtasojen ja kulkuteiden reunojen sekä erilaisten rakentamisen yhteydessä syntyvien aukkojen suojaus. (Valtioneuvoston työturvallisuuslaki 23.2002, 738/2002.)

Työmaalla on järjestettävä asennustyön aloituskokous vähintään viikko ennen asennustyön aloitusta, jossa käydään läpi muun muassa asennussuunnitelma, työmaan olosuhteet, vastuunjako, työturvallisuussuunnitelma sekä projektin aikataulutilanne. Myös rakennesuunnittelijan tulee osallistua aloituskokoukseen. Asennustyötä johtavalla työnjohtajalla tulee olla betonielementti- ja betonityönjohtajan pätevyys. Asennushenkilöstö tulee perehdyttää työmaahan ja heidän kanssaan tehdään työhön perehdytys ja työmaan riskikartoitus asennustyön työturvallisuudesta. (VNA 205/2009, 44. §)

Työmaalla mahdollisesti suoritettavista tulitöistä, kuten kulmahiomakoneen käytöstä ja sähköhitsaustyöstä, on työmaalle laadittava tulityösuunnitelma ja merkittävä vakinainen tulityöpaikka tulityön suorittamiseksi. Muualla kuin vakituisella tulityöpaikalla tehtävistä tulitöistä tehdään riskikartoitus ja aina tulityöhön ryhdyttäessä, siihen laaditaan tulityölupa, jonka yleensä työmaan vastaava työnjohtaja laatii tulityön tekijälle. Tulityölupa on nimetty vain tulityötä tekeväille työntekijälle määrätulle ajanjaksolle eikä muut työntekijät saa käyttää sitä muihin tulitöihin. Sähkö- ja kaasuhitsaus kuuluu tulitöihin ja siinä noudatetaan samaa tulityölupakäytäntöä. Työmaahitsauksia koskevat samat vaatimukset kuin tehdashitsauksia. Bitumi- ja kattobitumityössä pätevät samat säännöt ja ohjeet. Tulityön jälkeen varataan vähintään tunnin jälkivartiointi tulityölle. Sammutuskalusto on oltava tulityökohteen välittömässä läheisyydessä ja tulityöntekijän on osattava käyttää sammukspeitetä sekä vahto- tai hiilidioksidisammutinta. (Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysturvallisuudesta 577/2003.)

Valtioneuvoston asetuksella (403/2008) työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta varmistetaan käytettävien teknisten työvälineiden, koneiden tai laitteiden turvallisuudesta sekä niiden tarkastuksesta työturvallisuussäädösten mukaisesti, toisin sanoen, pääasia tässä asetuksessa on esitetyt vaatimukset ja määräykset työvälineiden turvalliseen käyttöön, asennukseen, kunnossapitoon, tarkastuksiin ja muihin työvälineisiin liittyviin toimintoihin sekä määrätty työnantajan velvollisuudet työturvallisuuteen liittyen. (Valtioneuvoston Käyttöasetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 2008, 20. §)

Nostolaitteissa ja -apuvälineissä on oltava turvallisen käytön kannalta tarpeelliset merkinnät, kuten suurin sallittu kuorma, vuosittain vaihtuva oikea turvaväri nostoketjuissa ja voimassa oleva katsastusmerkinnät. (Valtioneuvoston Käyttöasetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 2008, 22. §)

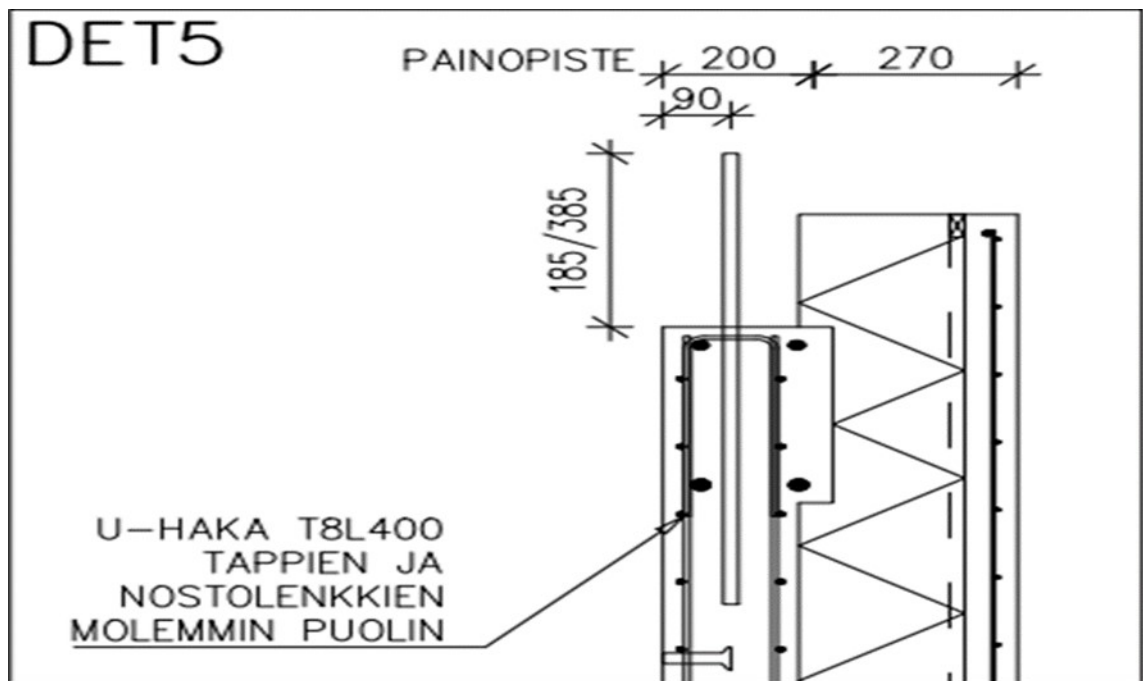
Käyttöasetuksessa nostoapuvälineisiin liittyen on ohjeistettu seuraavaa Valtioneuvoston Käyttöasetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 2008, 24. §:ssä:

1. nostoapuvälineen kunto ja asianmukaiset merkinnät on varmistettava ennen käyttöä
2. nostoapuvälinettä ei saa käyttää, jos maksimikuorman merkintä puuttuu
3. nostoapuvälineille on järjestettävä asianmukainen säilytys
4. rikkiäisen laitteen käyttö on kielletty
5. taakkaan kiinnitys ainoastaan suunnitelluista nostopisteistä tai turvallisen noston varmistus muulla tavoin.

Jokaisessa elementissä on oltava tarpeelliset tunnistetiedot valmistajasta, elementin painosta sekä merkinnät sen turvallisesta nostamisesta ja elementin valmistuspäivämäärästä. Elementti on varustettava näkyvällä ja pysyvällä kokonaispainomerkinnällä. Työmaalla käännettävät elementit on merkittävä selvästi asennussuunnitelmaan ja tehtaalla elementit on varustettava kääntämiseen mahdollistavilla nostolenkeillä. Käännettävien elementtien kanssa on noudatettava erityistä varovaisuutta ja suunnitella nostotyö huolellisesti etukäteen. (Periaatepiirustus).

2.2 Sandwich-elementti

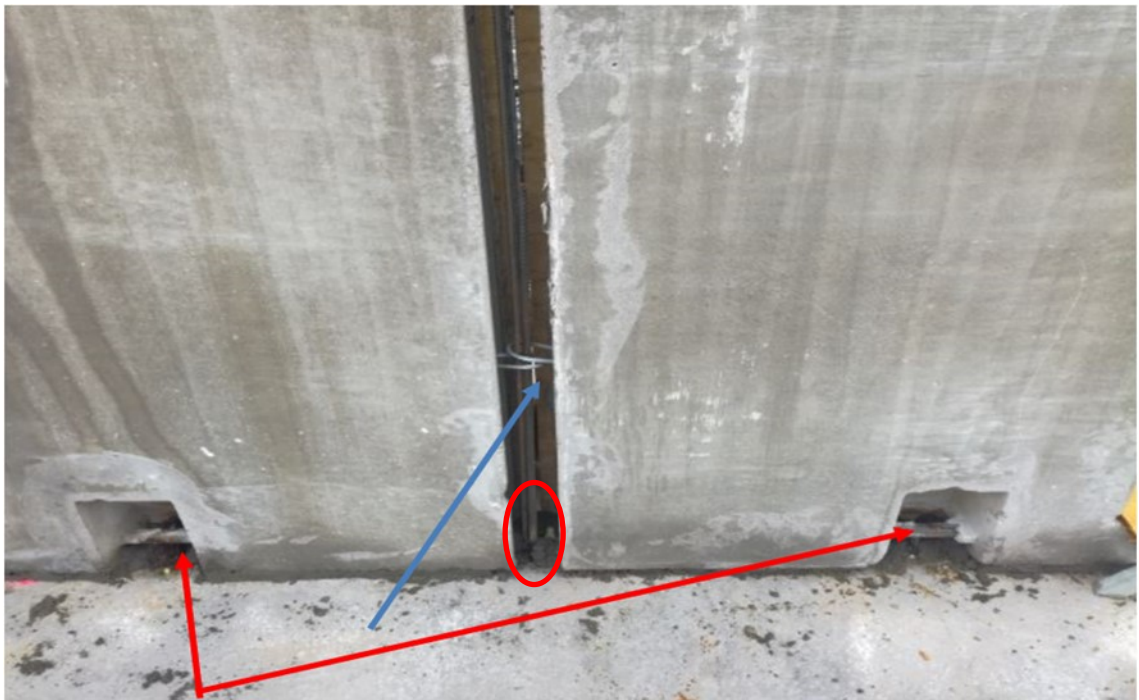
Sandwich-elementin rakenteen (kuva 1) muodostaa kaksi teräsverkolla ja reunateräksillä raudoitettua betonilevyä, jotka on liitetty toisiinsa levyjen välissä olevan lämmöneristeen läpi menevillä teräsansoilla. Rakenteen stabiilisuusominaisuuksiin kuuluu se, että levyt toimivat yhdessä ja että ansasteräkset vaikuttavat rakenteen jäykkyyteen. (Hytönen & Seppänen 2009, 48.)



Kuva 1. Sandwich-elementin havainne leikkaus.

Suomalaisessa asuinrakentamisessa elementti tekniikan käyttö 1950-luvulla oli vasta alkamassa, vaikka tekniikka jo tunnettiin, eikä sillä juuri ollut vaikutusta rakentamisen perinteisiin tapoihin. Suomessa betonielementtirakentamisen osuus kaikesta rakentamisesta vuonna 1959 oli noin kaksi prosenttia. Vastaava luku Ruotsissa oli 5,5 prosenttia vuonna 1958. Hollannissa betonielementtirakentamisen osuus oli 12 prosenttia ja Ranskan osuus oli 4–5 prosenttia. Uuden elementtirakentamistekniikan odotettiin tuovan myös kustannussäästöjä, mutta kustannusten vaikutusten mittaamiselle ei ollut riittävästä kokemuksesta ja pohjasta. (Hytönen & Seppänen 2009, 57.)

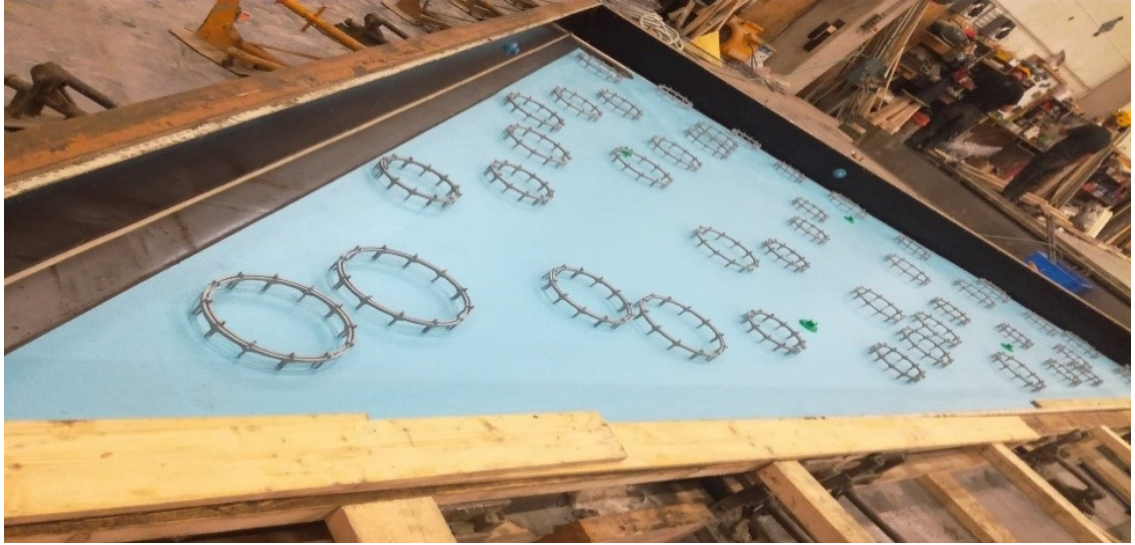
Elementeille järjestetään normaalisti elementtikatselmus joko tehtaalla tai työmaalla tilaus- ja valmistuslaadun varmistamiseksi. Samassa tilaisuudessa todetaan havaitut epäkohdat ja tehdään muutostoimenpiteistä listaus tehtaalle. Elementtien ikkuna- ja oviaukot mitat tarkastetaan, aukkojen ja eristeiden suojauksen riittävyys varmistetaan sekä esimerkiksi S-pisteterästen kiinnitysvaakaterästen (merkitty nuolella varauksiin) etäisyys toisistaan, jos on tuplateräs, joiden väliin kiinnitystappi asettuu, niiden etäisyys voidaan muuttaa leveämmäksi elementissä oleviin S-pistevarauksiin. Kuvassa 2 on yksi vaakateräs S-pisteen kiinnitystä varten, jolloin kiinnitysterästäpille jää enemmän tilaa varaukseen. (Kuva 2).



Kuva 2. S-pisteet ja saumateräs. Holvista nouseva harjateräs on ympyröity.

Kuvasta 2 ilmenee elementin alaosan varauksessa olevan vaakateräksen, johon S-pisteteräs hitsattiin kiinni. Hitsaamisella varmistetaan siitä, ettei elementin alapää liiku esimerkiksi törmäyksen tai lattiavalun aikana paikaltaan. Hitsaustyön suorittaa henkilö, jolla on hitsaustyöhön soveltuva koulutus ja voimassa oleva tulityökortti. Hitsaustyöhön laaditaan sitä suorittavalle henkilölle työnaikainen henkilökohtainen tulityölupa.

Kuvassa 3 on päätykolmion pesubetonipintainen elementti raudituskorokkeineen odottamassa raudoituksen ja tarvittavien komponenttien asennusta ennen betonivalua.



Kuva 3. Julkisivuelementin muotti happomaalattuna ja raudituskorokkeineen.

Kuvassa 4 on sokkelielementti raudoitettuna ja hitsauskiinnitysraudat on merkitty nuolella.



Kuva 4. Sokkelielementin muotti raudoitettuna.

Kuvassa 5 olevat eristeelliset sokkelielementit eivät liity käsiteltävään kohteeseen, koska rakennetun kohteen sokkelissa käytettiin kuorielementtejä, joissa ei ole eristettä eikä si-
säkuorta. Kuvan elementit havainnollistavat sokkelielementtien mallia.



Kuva 5. Valmiita sokkelielementtejä.

Kuvassa 6 elementit pestään korkeapainepesurilla ja varmistetaan niiden tilausta vas-
taava kunto tehtaalla ennen työmaalle toimitusta. Elementtien maalausta edeltävinä työ-
vaiheina työmaalla suoritettiin mahdolliset elementtien paikkaukset, elementtien massa-
saumaus sekä painepesu.



Kuva 6. Elementtien pesu.

Kuvassa 6 väliseinäelementti pesuhallissa, jossa elementti on tuettu hyvin seinällä olevaan kiinnityspuomiin ja elementin alle on asennettu puulankut estämään alla olevan valuvesialtaan kansiritilän vääntyminen tai painuminen. Betonielementtien pesuprosessissa on huolehdittava työturvallisuudesta käyttämällä kasvojen edessä suojavisiiriä, kypärää, korkeavartisia turvajalkineita ja vettä hylkiviä suojavaatteita. Tilan ilmanvaihto ja lämmitys varmistavat elementtien kuivumisen pesun jälkeen.

Valmiit betonielementit varastoidaan pystyasentoon, jolloin ne ovat helposti siirrettävissä kuljetusauton elementtikuljetusalustalle (kuva 7), joka toimii työmaalla samalla väliaikaisena säilytysalustana. Kuljetusauto pääsee noutamaan uuden trailerin tehtaalta, sillä välin kun elementit asennetaan paikalleen. Täysi elementtitraileri lasketaan tyhjän viereen

ja otetaan tyhjä kyytiin työmaalta lähtiessä. Työmaan ei tarvitse hankkia erillistä elementtivarastointitelinettä.



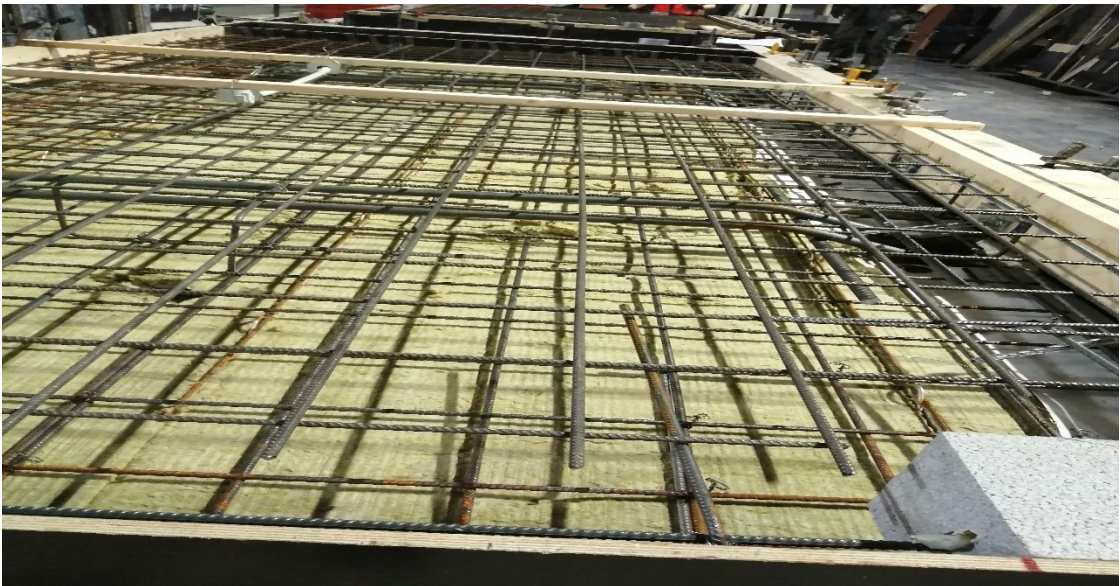
Kuva 7. Valmiita elementtejä kuljetusalustalle nostettavissa.

Tehtaalla elementtejä siirrellään kätevästi siltanosturilla säilytystelineistä kuljetusauton kuljetustraileriin. Elementtivarastossa on monien kohteiden elementtejä odottamassa kuljetusta, joten kunkin kohteen elementtimerkinnät tulee olla lastaajalle selvästi näkyvissä.



Kuva 8. Elementtien kuljetusalusta tyhjänä.

Seuraavissa kuvissa on kuvamateriaalia sandwich-elementtien valmistuksesta. Kuvissa 9, 10 ja 11 esitetään julkisivu- ja väliseinäbetonielementtien raudoitusta ja niihin tulevaa kiinnitys- ja LVIS-tekniikkaa. Kuvassa 9 havainnollistetaan sandwich-elementin sisäkuoren raudoituksen ja muiden elementtiin tulevien elementtisuunnitelman mukaisien komponenttien asennustyötä. käynnissä. Vihertävänä materiaalina kuvassa näkyy kova eristevilla, jonka päälle elementin sisäpuolen kuoribetonivalu, betonilaatu C37/45 XF-1, valetaan.



Kuva 9. Sandwich-elementin kuorivaluraudoitus.

Kuvassa 10 vaneria vasten olevat raudituskorokkeet varmistavat suojabetonikerroksen, 25–30 mm, toteutumisen muottipinnan ja raudituksen väliin valun aikana. Elementissä on tuplaverkkoraidoitus ja ne valmistellaan alustalle, joka betonivalun aikana laitetaan tärisemään, jolla varmistetaan betonin tiivistys ja saavutetaan hyvä sekä vähähuokoinen pinta betonielementille. Elementtiin sijoitettavat suunnitelmien mukaiset LVISA-komponentit asennetaan niille suunniteltuihin paikkoihin raudituksen yhteydessä. Väliseinäelementin betonilaatu C37/45 XF-1.



Kuva 10. Väliseinäelementti raudoitettuna.

Kuvassa 11 betonielementin ikkuna- ja ovivaraukset on asennettu ja elementin rauditus elementtiin kuuluvine komponentteineen, ovat valmiina valettavaksi, seinäelementeissä käytettävä betoni C37/45 XF-1 ja parveke-elementeissä C37/45 XF-3.



Kuva 11. Julkisivuelementti ikkuna- ja oviaukko varauksineen raudoitettuna.

3 KOHTEEN PERUSTIEDOT

Rakennettava kohde sijaitsee Jokioisissa, rakennettava tontti sijaitsee rakentamattomalla pientä puustoa kasvavalla pellolla. Tontille oli vuosien saatossa ajettu vähäinen määrä maata, joka todettiin puhtaaksi ja mahdollisesti käytettäväksi pintarakennustöissä. Kohteen tilaajana ja rakennuttajana toimi Kehitysvammaisten Palvelusäätiö Oy. Rakennettava kohde on asumispalveluyksikkö, jossa lapsuudenkodistaan muuttavat nuoret sekä varttuneemmat aikuiset saivat turvallisen kodin turvallisessa ja rauhallisessa ympäristössä. Henkilökunta on vuorokauden ympäri paikalla auttaakseen omillaan asuvia asukkaita uusissa kodeissaan.

Kohde toteutetaan KV-urakkana, jossa tilaaja vastasi suunnittelusta sekä sandwich-betonijulkisivuelementtien hankinnasta. Pääurakoitsija, Ojarannan Rakennus Oy, vastasi rakennustyömaanorganisaatiosta, rakentamisesta, työmaatiloiosta, aikataulutuksesta sekä tarvittavien rakennusmateriaalien oikea aikaisista hankinnoista ja työmaatoimituksista.

Maanrakennustöissä noudatettiin Geopalvelut Oy:n laatimaa pohjarakennesuunnitelmaa. Suunnitelmaa varten tontilta suoritettiin ennen rakennustöiden alkua pintavaaitus, -kartoitus sekä pohjatutkimukset. Tutkimus suoritettiin asemapiirroksen pohjalta. Rakennuspaikan tontti vaaittiin ja kartoitettiin täkymetrillä sekä VRS GPS -mittauksella korkeusjärjestelmän N2000 mukaan. Tontilla suoritettiin kymmenessä mittauspisteessä painokairausmenetelmällä maankerrosten laatu ja kovan pohjan syvyys.

Joulukuussa 2019 valmistunut asumispalveluyksikkö, kokonaisalaltaan 1 156 m², kerrosalaltaan 1 153 kem² ja tilavuudeltaan 4 300 m³, on kaksikerroksinen ja paaluantura-perusteinen ja siinä on sandwich-betonielementtirunko. Rakennuksen ala- ja välipohja ovat paikalla valettuja 200 mm:n paksuisia teräsbetonilaattoja, ylin holvi on 220 mm:n paksuinen ontelolaattarakenne, jonka päälle ullakotilaan rakennettiin ilmastointikonehuone. Ala- ja välipohjaan asennettiin asuinhuoneistojen sekä yhteistilojen alueille ensimmäiseen kerrokseen 30 mm:n ja toiseen kerrokseen 50 mm:n askeläänieriste, jonka päälle valettiin 80 mm:n kuitubetonilaatta. Ennen kuitubetonointia asennettiin askeläänieristeeseen lattialämmityspotkisto (kuva 12), jonka asensi siihen erikoistunut lattialämpöurakoitsija, kiinnittäen sen muovisilla kiinnitysosilla (kuva 13) askeläänistyroxiin. (Uponor 2020.)



Kuva 12. Lattialämmitysputkisto kiinnitettynä askeläänistyroxiiin.



Kuva 13. Lattialämmitysputkenkiinnike styroxiiin.

Rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen tuli ryhmäkoti ja asuntoja palvelevat yhteistilat. Toiseen kerrokseen tuli kaksi ryhmäkotia, joissa kussakin ryhmäkodissa on viisi asuinhuoneistoa pinta-alaltaan 28 m².

Asuinhuoneisto sisältää asuinhuoneen (17 m²), suihkuhuoneen (5 m²) ja alkovi (6 m²). Ullakolle rakennettuun ilmastointikonehuoneen (154 m²) lattiaan, ontelolaattaholvin päälle, asennettiin 50 mm:n askeläänieriste ilman lattialämmitysputkistoa, jonka päälle valettiin kuitubetonilla 100 mm:n pintabetonilaatta. Rakennukseen asennettiin potilas-käyttöön soveltuva hissi.

Rakennuksen julkisivubetonielementit oli suunniteltu työmaalla paikalla maalattaviksi pesubetonipintaisina. Tehtaalla pesubetonipinta saadaan aikaiseksi happomaalilla, joka levitetään maalaustelalla tai pensselillä, tärymuotin pohjalle muottilaudoituksen teon jälkeen. Happomaalia käytetään kahta eri väriä: sininen syövyttää 0,5 mm:n syvyyteen (kuva 3) ja vihreällä päästään 5 mm:n syvyyteen. Happomaali syövyttää sementtiliiman pois elementin pinnasta, joka pestään pois elementin pinnasta painepesulla. Happomaalin vahvuutta käytetään elementtien käyttökohteesta ja pinnoitustavasta riippuen. Tässä rakennuskohteessa käytettiin sinistä happomaalia.

3.1 Kosken Betonielementti Oy

Kosken Betonielementti Oy perustettiin vuonna 2008. Yhtiö kuuluu neljän yrityksen konserniin, jotka ovat kaikki rakennusteollisuudessa mukana. Betonielementtitehtaan toiminnan kasvu neljässä vuodessa kolminkertaisti tehtaan toiminnan perustamisvuoteen verrattuna. Kasvu on jatkunut ja tällä hetkellä yritys työllistää yli 40 henkilöä.

Kosken Betonielementtitehtaan yli 10 vuotta kestänyt kokemus betoniteollisuudessa näkyy tehtaan laadussa ja asiakastyytyväisyydessä. Laadun takana on motivoituneita betonialan ammattilaisia, joita ovat laborantit, julkisivutyönjohtajat sekä tehtaan vieressä olevan betoniaseman ammattitaitoiset betonimyllärit.

Betonielementit valmistetaan 5 200 m² kahdessa erillisessä lämpimässä hallissa, joista toisessa sijaitsee yhdeksän elementtien valmistuspöytä, jotka ovat yhteisalaltaan 530 m², suurimmat elementtien valmistuspöydät ovat 13 m x 5 m. Hyväkuntoiset elementtien valmistuspöydät varmistavat elementtien hyvän laadun ja mittatarkkuuden. Toinen lämmin halli toimii elementtien varastona ja jossa betonielementtien kuljetusautot lastataan.

Tehtaalle on rakennettu vuonna 2011 värillisen betonin valmistusta varten rouheasema. Elementtien kuljetus kalusto on alan uusinta tekniikkaa. (Kosken Betonielementti.fi)

Betoniteollisuudessa valmisbetonin tuotanto kasvoi kaksi prosenttia ja betonielementtien valmistusmäärät kasvoivat yhteensä 14 prosenttia. Paalujen tuotantomäärät kasvoivat yli viidenneksen.

Rakentamisen kasvu vuonna 2017 heijastui positiivisesti rakennustuotteiden menekkiin jo toista vuotta peräkkäin. Rakennusmateriaalien menekki-indeksin mukaan rakennustuotteiden toimitukset kotimaahan lisääntyivät vuonna 2017 yhteensä reilut viisi prosenttia. (Valtiovarainministeriön julkaisu 2018.)

3.2 Geotutkimus

Häiriintyneen maakerroksen tutkimusnäyte otettiin yhdestä tutkimuspisteestä, joka lähetettiin näytteen ottajan laboratorioon tutkittavaksi. Tutkimuksen aikainen pohjaveden havaintoputki asennettiin yhteen näytteenottopisteeseen, josta havaittiin tutkimusajankohdalla pohjaveden pinnan olevan +106,41 metriä merenpinnasta, eli noin 4,0 m:n syvyydessä maanpinnasta. Tutkittu alue on taajamassa, joten lähiympäristössä sijaitsee asuinaluetta. Tontti rajoittuu metsän reunaan ja oli rakentamatonta maata, jonka perusteella sen maaperän voitiin olettaa olevan puhdasta. Tontille oli ajettu pieni määrä ulkopuolista maata. Pintasuhteiltaan tontti oli tasainen, mutta eteläreunalta maanpinta kohosi jyrkemmin. Maanpinta tontilla on noin tasossa +109...+115 metriä merenpinnasta, rakennuksen kohdalla +111 metriä merenpinnasta.

Pintamaana tontilla on metsän humuskerros. Yhden tutkimuspisteen kohdalla oli ohut, noin 0,5 m:n paksuinen täyttökerros. Pintamaakerroksen alla oli noin 1,5–9 m koheesio- maata, jonka tiiviyys kairausvastuksen perusteella vaihteli erittäin löyhästä keskittiiviiseen. Perusmaan vesipitoisuus näytteissä oli 4–6 prosenttia kuivapainosta laskettuna. Maa- lajeiksi näytteistä määriteltiin lihava savi. Painokairaukset päättyivät noin 2,5–11 m:n syvyydessä maanpinnasta tiiviiseen maankerrokseen tai moreenissa oleviin kiviin, lohka- reisiin tai kallioon. Perusmaakerrokset ja täytemaa olivat routivia.

Liikennealueilla käytettiin vaahtolasia keventävänä pohjarakenteena 400 mm:n kerroksena (kuva 14). Vaahtolasin käytössä on noudatettava valmistajan sekä geo- ja pohjarakennesuunnittelun laatimia ohjeita ja määräyksiä. (Uusioaines /tuotteet/vaahtolasi).



Kuva 14. Vaahtolasin käyttö liikennealueella.

3.3 Maankaivuu ja täyttötöät

Maanrakennus ja pohjatöillä tarkoitetaan sitä, kun maastoon mitattu ja merkattu alue raivataan ja muokataan luonnontilasta kunnallistekniikan sekä kiinteistölle tulevan muun tekniikan kanssa rakennettavaan tilaan. Tätä työvaihetta ja siihen kuuluvia vaihteita käydään seuraavassa läpi, aloittaen maaperän pohjatutkimuksesta siirtyen vaiheittain perustus- ja pohjatöihin, avaten työvaihteita pohjarakennesuunnitelmaa seuraten. (Työmaa-kohtainen julkaisematon pohjarakennesuunnitelma.)

Maankaivu suoritettiin koko rakennusalueella ja urakka-alueella maanrakennussuunnitelmien mukaisesti. Urakoitsija huolehti työnaikaisten peruskuoppien, kaivantojen kivi- ja maapohjan pidosta, tuennasta, aitauksesta, sekä siitä, että maapohja perustamistasossa ja sen alapuolella pysyi sulana koko täyttötöiden ajan. Kaivutöissä oli huomioitava tontin kautta mahdollisesti kulkeva kunnallistekniikka. Kuvassa 15 on esitettyä kaivutöitä ja N3-luokan suodatinkangas.



Kuva 15. Kaivutyöt ja suodatinkangas vahvuudeltaan N3.

Ruokamulta poistettiin piha- ja rakennustöiden vaatimassa laajuudessa kuvan 15 mukaisesti. Mullan soveltuessa tontilla käytettäväksi, se varastoitiin korkeintaan 1,5 m:n korkuisiin kasoihin tontille, sopiviksi katsottuihin sijoituspaikkoihin. Ylimääräiset sekä rakenteisiin kelpaamattomat kaivumassat, kuljetettiin pois esimerkiksi maankaatopaikalle (kuva 16).



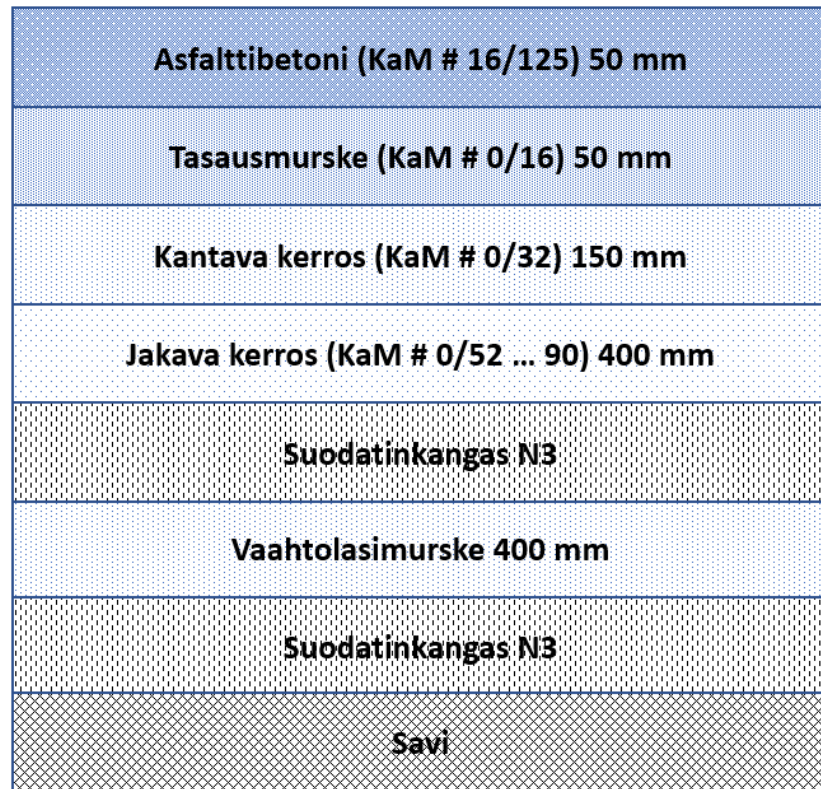
Kuva 16. Maa-aineksen pois kuljettaminen.

Kaivuutyö suoritettiin rakennepiirustusten ja salaojitussuunnitelman edellyttämässä laajuudessa. Kaivannot tehtiin niin laajoiksi, että putkien alle voitiin tehdä tiivistettävät ari-akerrokset. Ympäristäytöt putkien sivuilla toteutettiin rakennesuunnitelmien mukaisesti. Kaivantoja ei tarvinnut tukea koska niiden syvyys ei ylittänyt tukemiseen vaadittavaa mitta. Salaojakaivannot tehtiin rakennuspohjan maankaivuun yhteydessä. Kaivoille toteutetut ympäristäytöt ja kaivojen alle tehtävät asennuskerrokset toteutettiin pohjarakennesuunnitelmien mukaisesti. Kaivutöissä tuli varmistaa, ettei johtoja, eristeitä, tai muita rakennusosia tai kunnallistekniikkaa vahingoitettu.

Kaukolämpöjohtokaivannot, kaapelikaivannot, salaojakaivannot, ynnä muut vastaavat kaivannot tehtiin suunnitelmien ja asianomaisten laitosten ohjeiden mukaan. Mikäli pohjamaa kaivutason alapuolella olisi häiriintynyt, olisi häiriintynyt maa-aines korvattu suunnittelijan ohjeiden mukaisella täytöllä.

Painuma- ja routasyistä tehtävät siirtymärakenteet muun muassa routakiilat oli toteuttava yksityiskohtaisten suunnitelmien (rakennustyöselostuksen) mukaisesti. Rakenteisiin kelpaavia kaivumassoja voitiin käyttää alueella tehtäviin täyttöihin ja pengerryksiin. Rakennusalueen maanpinnan korkeudet ilmenivät pohjatutkimuksesta ja rakennusalueen tulevat maastokorkeudet ilmenivät asemapiirroksista, piha- sekä pinnantasasuunnitelmasta.

Täyttö ja tiivistys suoritettiin käyttäen sellaisia kerrospaksuuksia, tiivistyskalustoa ja tiivistyskertoja, että vaaditut tiivistysvaatimukset saavutettiin. Tiivistyksessä käytettiin 400 kg painavaa maantiivistys laitetta. Pienissä, esimerkiksi kaivon pohjakaivannoissa ja putkiarinoissa 60 kg painavaa maantiivistys laitetta riippuen kaivannon ja putkiarinan leveydestä. Täyttöä ei saanut suorittaa, ennen kuin peittyvät rakenteet oli tarkastettu ja rakennustyönvalvojalle oli toimitettu täyttömateriaalien rakeisuuskäyrät. Rakennuksen lattian tuli olla vähintään 400 mm ympäröivää pihatasoa korkeammalla. Kuvassa 17 on esitettyinä maanrakennuskerrokset.



Kuva 17. Maanrakennuskerrokset.

3.4 Salaojat

Salaojissa käytettiin salaojasuunnitelmien mukaisia 110 mm:n paksuisia salaojaputkia ja salaojat toteutettiin tarkastuskaivotuksen kanssa siten, että ne voidaan kuvata ja huoltaa. Salaojien kuvaaminen tapahtui videokuvaamisena, ennen käyttöönottoa, jonka materiaali tallennettiin muistitikulle, tilaajalle luovutusaineiston mukana luovutettavaksi. Salaojien alle ja ympärille asennettiin InfraRYL 2010 määräysten ja salaojasuunnitelman mukaiset täytöt määräysten mukaisesti.

Salaojat hyväksyttiin valvojalla ennen peittämistä ja tarkastettiin kaatojen määräysten mukaisuus vesivaakaa käyttäen. Salaojitusputkien ympärille tehtiin sepelistä # 6...8/16 arina, sivuille nostettiin vähintään 100 mm sepeliä ja salaojanpäälle sepeliä vähintään 200 mm. Sepeli ympäröitiin suodatinkankaalla. Lopputäyttö tehtiin rakenteen edellyttämällä täyttömateriaalilla. Työn alku- ja loppukatselmukset pidettiin ja niistä laadittiin katselmuspöytäkirja.

Salaojien paikkaa sai siirtää sivusuunnassa suunnitelmissa esitetyistä korkeintaan 500 mm:ä, suurempiin sivuttaissiirtoihin oli saatava geosuunnittelijan lupa. Salaojaputkien sallitut poikkeamat olivat vaakasuorasta linjasta ± 50 mm ja suunnitelmien mukaisesta korkeudesta ± 20 mm. Salaojien vedenpoisto ohjattiin tontin rajalle kaivettuun valtaojaan pinnantasaussuunnitelmaan annettuun korkoon. (RT-Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus).

3.5 Paalutus

Paalutuksessa käytettiin RIL:n ja Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen paalutusohjetta PO-2016 (Tuotelehti 2018) mukaisia TB-300b teräsbetonipaaluja. Paaluissa käytettiin maakärkiä. Kohteen seuraamusluokka oli CC2, geotekninen luokka 2 ja paalutustyöluokka PTL2, joka sisältyi pohjarakennesuunnitelmaan.

Paalujen hankintapituuksia arvioitaessa paalujen voitiin olettaa tunkeutuvan 1-2 metriä kairausten päättymissyvyyksien alapuolelle. Paalupituuksien varmistamiseksi paalutus oli syytä aloittaa koepaalutuksella. RT-tuotelehden (Tuotelehti 2018) mukaisessa asianomaisessa taulukossa on ilmoitettu eripituisten paalujen painumat millimetrimä kymmenen loppulyönnin sarjalle. Tulokset on ryhmitelty paalutustyöluokan ja tarvittavan pudotuskorkeuden tai lyöntienergian mukaan jaoteltuna.

Kun paalun kärki ulottuu kantavaan maakerrokseen ja paalun painuma pienenee, lyödään loppulyönnit. Yleensä loppulyönnit sisältävät 3–5 kymmenen lyönnin sarjaa. Loppulyöntisarjojen lukumäärä määritellään olosuhteiden mukaan. Jos paalun painuminen pienenee hitaasti, lyödään useampia sarjoja ja jos painuma pienenee nopeasti, lyödään vähemmän. Mikäli paalun painuma kymmenen lyönnin sarjalla alittaa 10 mm, on lyönti lopetettava välittömästi paalun vaurioitumisen estämiseksi. Lyönti voidaan lopettaa tähän, jos paalu on lähellä tavoitetasoa, tai jos mikään muu erityiseseikka ei pakota jatkaamaan paalun upotusta. Tällainen erityiseseikka voi olla esimerkiksi se, että paalu on kaukana tavoitetasosta tai paalun on tunkeuduttava kallioon. Mikäli upotusta jatketaan, käytetään enintään 0,2 m:n pudotuskorkeutta. (Tuotelehti 2018). Alle 5 m:n pituisilla paaluilla oli huolehdittava niiden riittävästä sivuttaistuennasta. Alle 3 m:n pituiset paalut oli kiinnitettävä jäykästi anturaan. Paalun pienin maan sisässä olevan osan mitta on 2,0 m. Rakenne-, ja geosuunnittelija määrittivät yhdessä paalutustyön jälkeen mahdollisten lisäpaalujen tai korvaavien paalujen tarpeen. (Tuotelehti 2018, 5.)

3.6 Rakennuksen lattianalus- ja seinänvierustäytöt

Perustamistasosta ylöspäin tehtävät lattianalustäytöt rakennettiin kerroksittain tiivistäen puhtaasta, kantavasta ja hyvin tiivistyvästä murskeesta. Kerralla tiivistettävän täyttökerroksen paksuus sai olla korkeintaan 0,3 m. Välittömästi maata vasten valettavien lattioiden alle oli tehtävä kosteuden kapillaarisen nousun katkaiseva kerros sepelistä # 6...8/16 mm. Salaojituskerroksen alle asennettiin suodatinkangas tyypiltään N3. Rakennuksen vierustalle oli tehtävä sokkelin vastainen, $\geq 0,2$ m:n paksuinen salaojituskerros sepelistä # 6...8/16 mm. Täyttösoran päälle asennettiin 180 mm:n uritettu styrox-levy, jonka päälle lattian betonivalu tehtiin. (Työmaakohtainen julkaisematon rakennustyöselostus.)

Sokkelin patolevyn yläpäähän asennettiin suojalista estämään veden valumisen patolevyssä olevien pystyurien kautta sen taakse kuvassa 18 esitetyllä tavalla.



Kuva 18. Patolevy asennettuna ylälistan kanssa.

Sokkelin ja ulkopuolisen täyttömaan väliin sokkeliä vasten asennettiin patolevy siten, että sen yläpää asettui maanpinnan tasoon kuvan 19 mukaisesti. (RT 38792, 2016). Patolevyn ylälistan kiinnitys tapahtuu sokkeliin esimerkiksi alumiinilyöntiniiteillä tai

rakennesuunnitelmissa muulla mainitulla tavalla. (Työmaakohtainen julkaisematon rakennustyöselostus.)



Kuva 19. Täyttö patolevyä vasten.

Rakennuksen sokkelin vieressä päätettiin nurmi- tai istutusalue noin 400 mm:n etäisyydelle seinästä. Sokkelinvierusalue päällystettiin 200 mm:n paksuisella karkealla, halkaisijaltaan 100–150 mm:n seulanpääkivikerroksella. Kiveys tiivistettiin kivituhkalla. Seulanpääkivialue rajattiin istutusalueesta syrjälleen asennettavalla 28 x 95 mm:n kestopuulla. Rajauksen tarkoituksena oli erottaa nurmialue sokkelin vierustan kivityksestä, rajaukseen voidaan käyttää myös muovista erotuskaistaa mutta kestopuulla saadaan luonnollisempi ja aikaa kestävämpi lopputulos.

3.7 Viemäreiden kannakointi ja kaivot

Lattioiden alla putkijohdot kannakoitiin alapohjan varaan 10 mm:n sinkittyä kierretankoa käyttäen, kierretangot lukittiin lattian raudoitukseen ja alapohjan betonivalun jälkeen kannakointi (kuva 20) pysyy tukevasti paikallaan estäen viemäriputkien painumisen.



Kuva 20. Runko- ja sivuviemäriputkien kannatus.

Maanvastaisiin kantaviin lattioihin keskikäytävälle, oli tehtävä viemärin runkoputkilinjan kohdalle tarkastusluukut noin kuuden metrin välein. Muilta osin putkijohdot voitiin rakentaa maanvaraisesti vähintään 0,2 m:n paksun asennuskerroksen ja sen alle mahdollisesti asennettavan peltiarinan välityksellä. Mahdollisiin vähäisiin painumiin tuli varautua suunnittelemalla putkilinjoihin normaalia suuremmat viettokaltevuudet. Kaivojen asennusalustan ja ympärystäyttö tehtiin murskeella # 0/16 mm, asennusalustan paksuus 200 mm ja ympärystäyttö kaivon ympärille 400 mm. Lopputäyttö tehtiin kaivannon viereisen rakenteen täyttömateriaalilla.

Putkikanaalien asennusalusta ja alkutäyttö tehtiin murskeella # 0/16 mm, asennusalustan paksuus 150 mm ja ympärystäyttö vähintään 300 mm ylimmän putken laen yläpuolelle. Kaapelikanaalien asennusalusta ja alkutäyttö tehtiin suodatinhiekalla. Asennusalustan paksuus on 200 mm, alkutäyttö vähintään 200 mm ylimmän putken tai kaapelin suojakourun yläpuolelle. Hiekka ympäröitiin kuitukankaalla vahvuudeltaan N2. Lopputäyttö tehtiin kanaalin viereisen rakenteen täyttömateriaalilla.

3.8 Pihan liikennealueet

Rakennusten asuintilojen lattioiden oli oltava vähintään 0,3 m ylempänä tulevia maapintoja. Maanpinnat oli muotoiltava rakennuksen seinustoilta laskeviksi kaltevuudessa 1:20 vähintään 3 m, pintavesien ohjaamiseksi pois päin sokkelista. Perusmaan heikon kantavuuden, liHAVAN saven, vuoksi suositeltiin pohjarakennesuunnitelman mukaan käyttämään pihan liikennealueen rakennekerroksissa kevennysrakenteita, esimerkiksi vaahtolasia 400 mm:n kerrosvahvuudella. (taulukko 1). (RT-Piha-alueiden päällysrakenteet.)

Taulukko 1. Rakennekerrokset liikennealueilla.

Asfalttibetoni AB	16/125/Kivituhka	50 mm
Tasausmurske	KaM # 0/16	50 mm
Kantava kerros	KaM # 0/32	150 mm
Jakava kerros	KaM # 0/52...90	900 mm
Suodatinkangas N3	Polypropeenia	
Vahtolasimurske		400 mm
Suodatinkangas N3	Polypropeenia	
Rakennekerrosten kokonaispaksuus		1050 mm

Tontilla sijainnut vanha oja oli täytettävä tiivistettävällä kitkamaalla ja rakennekerrosten alapintaan oli tehtävä siirtymäkiila. Tontin rajalle kaivettiin uusi valtaoja vesien johtamiseksi pois tontilta.

3.9 Pelastustiet

Liikennealueiden ulkopuolelle nurmikkoalueisiin rajoittuville pelastusteille ja pelastusauton toimipaikoille rakennettiin ajoteiden mukaiset rakennekerrokset. Pelastustien päällysteeksi oli vaihtoehtoisesti kiveys, asfaltti, nurmikivi tai kivituhka. Tässä kohteessa käytettiin asfalttia pelastusteiden pintamateriaalina. Pelastusteiden reunaan asennettiin liikennemerkki (tieliikenneasetuksen (182/1982) 21 §) osoittamaan niiden sijainnit. Pelastusteiden ja toimintapaikkojen alueille ei saanut istuttaa niiden käyttöä estävää kasvillisuutta. Pelastuslaitosta varten laadittiin pihasuunnitelmapohjaan kartta pelastuslaitokselle operatiivisista sijainneista sekä rakennuksen sisällä oleva hyökkäystie strategisine sammutuskaluston sijainteineen sekä savunpoistoluukun ja -ikkunan avauspainikkeet. Kiinteistö liitettiin valtakunnalliseen HÄKE-järjestelmään. (Pelastustoimi 2020.)

4 PROJEKTIHALLINTA

Rakennuskohteen projektinhallinta alkaa jo tarjousvaiheessa projektipäällikön toimesta, joka laatii kohteelle alustavan projektisuunnitelman, jossa projektin luonne on määritelty ja jolle laaditaan suunnittelu, toteutus ja seurantavaihekokoukset, joissa projektin vaiheita käydään läpi rakentamisorganisaation kesken. Projektipäällikön tehtävä on löytää paras mahdollinen kompromissi kolmen resurssimuuttujan kesken, jotka ovat aika, kustannukset ja laatu.

Työn ja tavoitteiden määrittely on tehty ennen tarjousvaihetta. Riskien hallinta analyysi ja seuranta sekä projektin laajuus, otetaan tarjouksen laskentavaiheessa huomioon. Työpäällikkö suorittaa resurssien jaon sekä alustavat hankinnat ja muodostaa projektiorganisaation kohteelle. Rakennusvaiheen alkaessa työmaa tekee yhdessä työpäällikön kanssa projektin etenemisen seurantaan varten aikataulun, johon aliurakoitsijat antavat omat aikatauluehdotuksensa työsuorituksistaan liitettäväksi. Projektinhallintaan kuuluu kiinteästi laadun hallinta sekä virheiden ehkäiseminen.

Projektin edetessä rakentamisen tulosten analysointi antaa viitteitä projektin tuloksesta, jolloin laatu kysymykset ja laadunhallinta nousevat kustannusteknisesti esiin. Parempi laatu vaikuttaa kustannuksiin nostavasti ja työmaan kesto pitenee, kuitenkin parempi laadunhallinta on asiakkaan edun mukaista, jolloin aikataulutuksessa se on otettava vakavasti huomioon. Projektinhallinta kokonaisuudessaan sisältää työvälit ja mittarit tehokkaaseen projektinhallintaan ja projektin tulokselliseen päättämiseen. (RT 10–11224, 2016.)

4.1 Aikataulu

Kohteen rakennusaikaisen aikataulun mukainen valmistuminen oli 2.1.2019–23.1.2020. Kohde valmistui etuajassa joulukuussa vuonna 2019. Aikataulutuksessa oli otettu huomioon pääurakoitsijan hankinta-aikataulutuksen sekä eri aliurakoitsijoiden työ- ja urakkakohtaiset aikataulutukset. Aliurakoitsijat laativat omat aikataulutusesityksensä alustavan vastaavan työjohtajan laatiman rakentamisaikataulun pohjalta, joka toimitettiin jokaiselle aliurakoitsijalle erikseen nähtäväksi ja täydennettäväksi omilla työvaiheilla.

Rakennuskohteen vastaava työnjohtaja yhdisti ja laati näiden pohjalta hankkeelle täydennetyn aikataulun, joka esitettiin tilaajalle nähtäväksi sekä työmaakokouksessa hyväksyttäväksi mahdollisine muutoksineen. Materiaalien hankinta-aikataulun laatiminen aloitettiin rakentamisaikataulun rinnalla.

Kohteen aikataulullista etenemistä seurattiin viikoittain tilaajan hankkeelle hankkiman valvojan työmaakäyntien yhteydessä, aikataulun perusteella rakentamisen edistymistä, työmaan siisteyttä sekä työturvallisuutta seurattiin työmaavalvojan tekemien työmaareporttien sekä kuukausittain pidettävien työmaakokousten muodossa, johon kutsuttiin tilaajan edustajat, pää-, ja aliurakoitsijat, suunnittelijat sekä LVISA- ja rakentamisen valvojat. Hankkeen aikataulullinen viivästyminen ja siihen johtavat syyt ja siitä seuraavat sanktiot olisi käsitelty tilaajan kanssa työmaakokouksissa. Aikataulu, sakollisine välitavoitteineen, pidettiin työmaatoimiston seinällä yleisesti nähtävillä.

Hankkeen edetessä suunnitellusti, noin neljä kuukautta ennen suunniteltua valmistumisajankohtaa oli mahdollista esittää tilaajalle esitys lyhentää hankkeen aikataulun mukaista valmistumisajankohtaa. Tähän vaadittiin selvitettäväksi kuitenkin eri työvaiheiden aliurakoitsijoiden sekä pääurakoitsijan työvaiheiden valmistumiset sekä tilaajan valmius ottaa hanke vastaan aiemmin. Edellä mainittujen seikkojen selvityksen jälkeen työmaan edistyminen antoi siihen edellytykset. Hanke valmistuikin yli kuukauden etuajassa ja rakennus luovutettiin virheettömänä luovutuksena tilaajalle vuoden 2019 joulukuussa.

4.2 Laadunvalvonta

Rakennusmateriaaleissa edellytettiin CE-merkintää, eikä piiloon jääviä materiaaleja jätetty tarkastamatta ennen kuin ne jäivät rakenteiden alle tai taakse. TäyttöSORAT toimitettiin kuivana työmaalle ja soran toimittaja laati laatutarkastusasiakirjan toimitetusta materiaalista. Materiaali oli määritelty pohjarakennesuunnitelmassa. Maanrakennusurakoitsija vastasi rakennekerrosten tiivistyksestä, suojaamisesta sekä kaivantojen suojaamisesta. MVR-työturvallisuuskierros suoritettiin joka viikko maanrakennusvaiheen aikana, TR-työturvallisuuskierros suoritettiin rakennustyön edetessä pohjalaatasta ylöspäin. Pöytäkirjat tarkastuksista liitettiin tilaajan edustajan kanssa yhdessä sovittuun tietokantaan, josta rakennustyön valvoja sen kuittasi. MVR- ja TR-mittaustulos mainittiin myös valvojan viikoittaisissa työmaavalvontamuistioissa.

Paalutustyönjohtajana on oltava PO-2016 ohjeiden mukainen, rakennustarkastusviranomaisten hyväksymä paalutustyönjohtaja. Paalutustyöstä pidettiin PO-2016 ohjeiden mukaista paalutuspöytäkirjaa, joka toimitettiin paalutustyön jälkeen geoteknisen suunnittelijan ja rakennesuunnittelijan tarkastettavaksi ja sen jälkeen rakennustarkastusviranomaiselle. Työn valmistuttua laadittiin toteutumapiirustus paalutusohjeen PO-2016 mukaisesti, joka toimitettiin rakennusvalvontaviranomaiselle. (Tuotelehti 2018, 24.)

Kohteessa noudatettiin seuraavia ohjeita ja vaadittuja toimenpiteitä:

- KVV-vastaava työnjohtaja ulko- ja sisäpuolisille LVI-töille
- paalutustyönjohtaja
- elementtiasennustyönjohtaja tai kokemus.
- kosteudenhallinnassa noudatettiin Kuivaketju10-ohjeistusta
- pölynhallintasuunnitelmassa on laadittu toimenpiteet pölynhallintaan
- Terve Talo -ohjeistus P-1-kohteessa
- bitumitöissä tarkastettiin urakoitsijan kattotulityökelpoisuus työhön.

Hitsaus- ja tulityötä ei saanut tehdä ilman henkilökohtaista tulityökorttia ja aloitettavasta tulityöstä laadittavaa tulityölupaa, jonka vastaava työnjohtaja tapauskohtaisesti laati. Tulityöt pyrittiin suorittamaan tulitöille osoitetussa paikassa. Muualla tehtävissä tulitöissä tuli noudattaa erityistä varovaisuutta sekä huolellisuutta. Tulitöiden jälkeen jälkivartiointi vähintään yhden tunnin ajan tai tulityöluvassa määitetyn ajan. (Finanssiala 2017, 6.)

5 KÄYTÄNNÖN RAKENNUSTYÖT

Hankkeen aloituskokous pidettiin Jokioisten Kunnantalon tiloissa rakennustarkastajan järjestämässä tilassa. Kokouksen jälkeen siirtyminen työmaalle, jossa suoritettiin rakennuksen pohja- ja sijaintikatselmus. Kunnan rakennustarkastaja laati pohjakatselmuksesta pöytäkirjan. Sijaintikatselmuksen teki mittamies, joka merkitsi rakennuksen kulma-koordinaatit ja teki toimenpiteestä pöytäkirjan ja toimitti pöytäkirjan rakennusvalvontaan.

Rakennettavan kohteen sijainnin vuoksi esille otettiin rakennuksen mahdollinen 100 mm:n nostaminen, joka neuvottelujen jälkeen kuitenkin päätettiin jättää tekemättä. Aloituskatselmuksen yhteydessä rakennuksen korkoasemaa vertailtaessa maastossa oleviin kuivatusojiin, todettiin korkeusaseman riittävän salaojituksen ja tontin kuivana pitoon.

5.1 Maanrakennus

Työmaalla maanvaihtotyöt aloitettiin 2.1.2019 heti rakennusluvan myöntämisen jälkeisenä ensimmäisenä arkipäivänä. Kunnan mittaryhmä oli merkannut tontin rajakulmat valmiiksi, josta urakoitsijan mittamies sai kunnalta saatujen koordinaattien mukaan rakennettavan alueen kartoitettua. Rakennuspaikan kartoitus suoritettiin N2000-korkeusjärjestelmää noudattaen.

Tontille tilattiin ja asennettiin työaikainen sähköliittymä. Viemäröinnin yhteydessä havaittiin mittajärjestelmän olevan vanha korkeusjärjestelmä N60. Kunta tilasi järjestelmän päivitettäväksi N2000-korkeusjärjestelmään.

Maanrakennuksessa noudatettiin Geopalvelut Oy:n laatimaa Pohjarakennesuunnitelmaa. Suunnitelmaa varten tontilta suoritettiin pintavaaitus, kartoitus sekä pohjatutkimus. Tutkimus suoritettiin asemapiirroksen pohjalta.

Rakennuspaikka lähiympäristöineen vaaittiin ja kartoitettiin takymetrillä sekä VRS GPS-mittauksella korkojärjestelmän N2000 mukaan. Tutkimuksen aikainen pohjaveden havaintoputki asennettiin yhteen näytteenottopisteeseen, josta havaittiin tutkimusajankohdalla pohjaveden pinnan olevan +106,41 m meren pinnasta, eli noin 4,0 m:n syvyydessä maanpinnasta. Tutkittu alue sijaitsee taajamassa ja oli rakentamatonta maata. Liikennealueilla käytettiin vaahtolasia keventävänä pohjarakenteena 400 mm:n kerroksena (ks. kuva 14).

Rakennuksen korkeusasemaa valittaessa oli huomioitava pintavesien johtaminen pois rakennuksen seinustoilta. Tontilla oleva oja oli täytettävä tiivistettävällä kitkamaalla ja rakennekerrosten alapintaan oli tehtävä siirtymäkiila.

Rakennusta välittömästi ympäröivät maanpinnat muotoillaan rakennuksesta poispäin viettäviksi. Sopiva vähimmäiskaltevuus kolmen metrin etäisyyteen sokkelista on 1:20. Rakennus oli vajovesien poisjohtamiseksi salaojitettava. Salaojien ylin kuivatustaso (läh-
tökorkeus) oli oltava vähintään 0,2 m anturan alapintaa syvemmällä perustamistapa-lau-
sunnan mukaisesti. Pintavesien poisjohtaminen oli suoritettava pinnantasasuunnitel-
maa noudattaen. Pelastustiet toteutettiin pohjarakennesuunnitelman mukaisesti ilman
niiden käyttöä estäviä istutuksia ja kasvillisuutta. Rakennekerrokset toteutettiin ajoteiden
rakennekerrosten mukaisesti. Päälysteiden vaihtoehdot rajattiin koskemaan materiaa-
leja: kiveys, kivituhka, asfaltti, betoni tai nurmikivi. Päälysteet toteutettiin asfalttibetonilla.

5.2 Kantavien rakenteiden perustaminen

Ryhmäkotirakennus perustettiin kovaan pohjaan lyötävien paalujen varaan. Pääurakoit-
sija oli lähettänyt paalutustarjouspyynnöt heti rakennusluvan saatuaan kolmelle eri paa-
lutusta suorittavalle yritykselle ja tarjousten perusteella valittiin sopivin urakoitsija paa-
lutukseen. Valitun urakoitsijan kanssa käytiin sopimusneuvottelut ja sovittiin urakka-ajan-
kohta, sekä urakkarajat työlle urakkarajaliitteen mukaisesti. Pääurakoitsija veloitettiin
ilmoittamaan 1–2 viikkoa ennen paalutustyön aloittamista urakoitsijalle. Paalutusta edel-
tävä maarakennus toteutettiin koko alueelta seuraavasti: puuston, juurakon ja pintamaan
poisto 1,5 m:n syvyydelle. Pintamaat kuljetettiin kunnan osoittamaan maansijoituspaik-
kaan. Savi kuljetettiin maankaatopaikalle. Rakennuksen alle toteutettiin täyttökerrokset
ilman vaahtolasia. Tiivistetty sorakerros nostettiin paalutuksen ja paalujen katkaisemisen
jälkeen paaluanturoiden alapinnan tasoon.

Ennen paalutukseen ryhtymistä lähiympäristön kiinteistölle suoritettiin rakenteiden sil-
määäräinen tarkastus sekä asennettiin kaksi tärinämittauspistettä, joihin asennettiin
tärinämittarit. Tärinämittarit asennettiin lähikiinteistön varistorakennukseen, joka sijait-
see rakennettavan tontin vieressä, sekä sen lähimpään kiinteistöön. Tarkastuksen ja tär-
inämittauksen suoritti Finnrock Oy kolmantena osapuolena. Tärinämittauksista toimitet-
tiin tärinämittauspöytäkirja pääurakoitsijalle.

Paalutuksesta ei pidetty aloituskokousta eikä vaadittu näyttötyötä. Urakoitsija todettiin referenssien, kokemuksen ja aiempien työsuoritusten perusteella ammattitaitoiseksi suorittamaan työn ilman näyttötyötä. Paalutusurakoitsijan oma mittamies suoritti paalutustyöhön laaditun paalukartan perusteella paalujen paikka-asennusmerkkauksen. Paalujen asennuspaikat merkittiin paalukartan osoittamille numeroiduille paikoille, joihin paaluttaja löi yhteensä 73 kappaletta, 300 x 300 mm leveydeltään ja 6 m pitkiä teräsbetonipaaluja. Paalutusurakoitsija toimitti pääurakoitsijalle asennuksesta paalutuspöytäkirjan. Paalutus aloitettiin niin kutsutulla koepaalutuksella, jolla todennettiin pohjatutkimuksessa ilmoitetut tavoitepaalutussyvyudet.

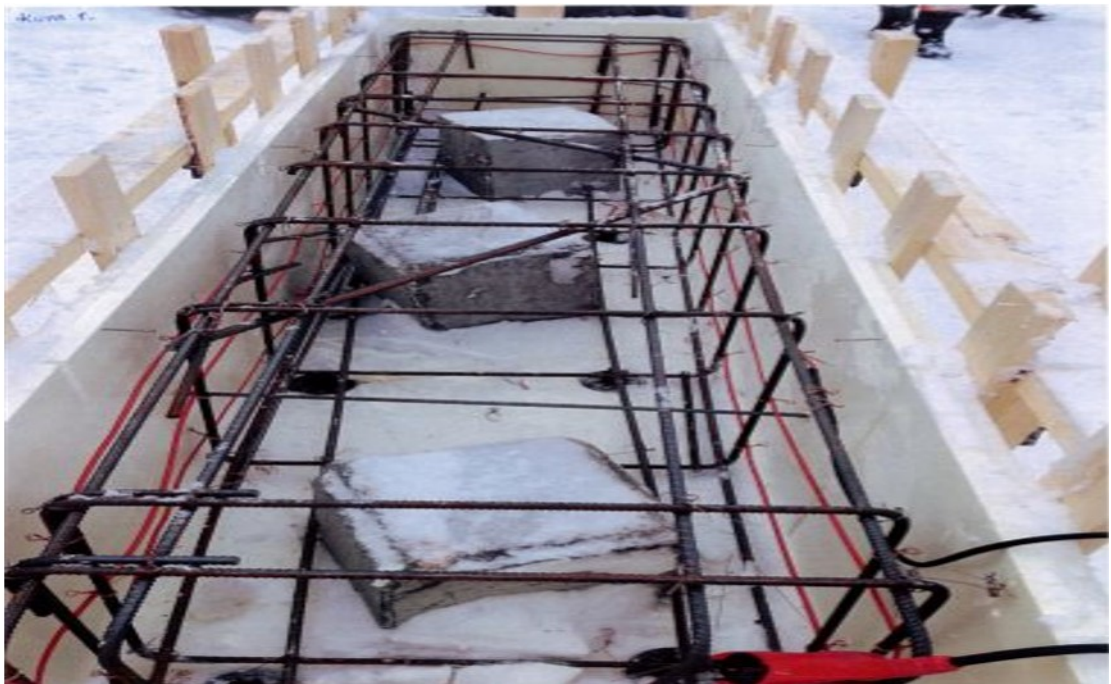
Paalutustyön aikana paalun, numero kaksi, kohdalle osui maatasku, jota maaperän tutkimuksessa ei havaittu, jolloin paalu ”sukelsi” eli upposi koepaalutuksen yhteydessä 1,5 m maan pinnan alapuolelle. Paalu jouduttiin paaluanturalaudoituksen yhteydessä, rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti, jatkamaan ilmastointiputkella, 600 mm halkaisijaltaan ja joka valettiin täyteen ja oikeaan korkoon ja raudoitettiin siten, että paaluanturan raudoitus saatiin yhdistettyä siihen (kuva 21). Paalun ympäryys kaivettiin kaivinkoneella auki jatkoasennuksen suorittamiseksi ja täytettiin putken asennuksen jälkeen.



Kuva 21. Sukeltanut paalu jatkettuna.

Jatketun paalun päähän porattiin halkaisijaltaan 10 mm:n reikiä, joihin lyötiin samankokoisen harjateräkset ja ne sidottiin kiinni ympärille tulevan paaluanturan raudoitukseen. (Kuva 21)

Paalu numero neljä kääntyi vinoon ulos toleranssirajoista, ilmeisesti kiven tai muun sellaisen kääntäessä sen, joten se sai viereensä uuden paalun rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan, joka sitten yhdistettiin muottilaudoituksella vinoon menneen paalun jäädessä suorien paalujen väliin (kuva 22).



Kuva 22. Vinoon menneen paalun vahvistus ja betonin lämmityslangat.

Raudoitus tehtiin muottilaudoituksen mukaisesti. Kuvassa näkyy lämpölangat, punaiset kaapelit, jotka liitettiin sähköverkkoon betonivalun jälkeen lämmittämään betonia valun jälkeiseltä jäätymiseltä. Valetut kohteet suojattiin pakkasmatoilla valun jälkeen. Lumi puhallettiin lehtipuhaltimella pois ennen betoni valua, jäänyt tai muuten jäljelle jäänyt lumi tai jää sulatettiin ennen lämmityskaapeleiden asennusta nestekaasupuhaltimella. Valumuotit pyrittiin suojaamaan lumisateelta yöksi ja viikonlopuiksi mutta jonkin verran lunta pääsi siitä huolimatta muotteihin sisälle.

Paalutuksen päätteeksi urakoitsija laati paalutuksesta pöytäkirjan, josta kävi ilmi käytetyt paalumitat, loppulyöntien määrät sekä paalujen poikkeamat (taulukko 2).

Taulukko 2. Loppulyönnit paaluille. (RT-tuotelehti PO-2016). Taulukko paalutusurakoitsijan laatimasta pöytäkirjasta.

Loppulyönnit paalulle TB300b, PTL2:

Lyöntilaite	Loppulyönnit paalulle TB300b, PTL2:							
	Paalupituus [m]						Pudotuskorkeus lyöntienergia	
	5	10	20	30	40	50	H [m]	E [tm]
Hydraulijärkäle 4t:	21	17	16	16	16	16	0,40	1,60
Kiihdytetty hydraulijärkäle 4t:	23	18	18	18	17	17	0,35	1,40
Hydraulijärkäle 5t:	24	21	20	20	20	19	0,35	1,75
Kiihdytetty hydraulijärkäle 5t:	23	19	18	18	17	17	0,30	1,50

Pöytäkirja toimitettiin rakennesuunnittelijan hyväksyttäväksi sekä rakennustarkastajalle, hyväksynnän jälkeen pöytäkirja liitettiin luovutuskansioon tilaajalle. Paalutuksen päätteeksi urakoitsija vaaitsi paalujen katkaisukorkeuden paaluanturoille annetun korkeuden mukaan ja katkaisi paalut +200 mm:n korkeudelle paaluanturan alapinnan tai sorapinnan yläpuolelle.

Rakennesuunnittelijan suunnitelman mukaiset muotit paaluanturoille asennettiin katkaintujen paalujen päälle, paalujen päiden jäädessä anturan keskelle, noin +200 mm anturan sisään. Anturat raudoitettiin rakennesuunnittelijan raudoitussuunnitelman mukaisesti. Anturan koko on normaalisti 600 x 600 x 600 mm. Lisäraudoitus sukeltaneelle paalulle suoritettiin kaivamalla sukeltanut paalunpää esiin ja poraamalla siihen 10 mm:n harjateräksiä, sekä asentamalla sen ympärille 600 mm:n ilmastointiputki muotiksi paaluanturan alapään valukorkeudelle +200 mm. Vinoon menneen paalun ja sen viereen asennetulle paalulle tehtiin yhtenäinen, noin 3 000 mm pitkä anturavalu, jonka tarkoitus oli vahvistaa vinoon mennyttä paalua.

Raudoitus suoritettiin ylimääräisellä raudoituksella poraamalla 10 mm:n tartuntarautoja rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan vinossa olevaan paaluun ja tekemällä

yhtenäinen raudoitus valumuottiin. Paaluanturoiden muotit ja valu suoritettiin kahdessa osassa koska paalujen ja paaluanturoiden lukumäärä oli 72 kappaletta. Talvivalun vuoksi anturoihin asennettiin lämpölangat jäätymisen eston varmistamiseksi. Lämpölangat surrattiin sidelangalla ja asennettiin siten, että pistotulppa jäi valun ulkopuolelle.

Vaihtoehtoisesti lämpölangat voitaisiin myös sitoa nippusiteellä raudoitukseen kiinni. Työmaalle vuokrattiin iso generaattori varmistamaan virran saanti lämpölangoille sekä anturoihin asennettiin Ø 16 mm:n sähkösuojaputki lämpötilan seuranta varten. Lämpötilan seuranta suoritettiin lämpötila-anturilla, joka asennettiin valun jälkeen suojaputkeen anturan sisälle, noin 150 mm:n syvyyteen olevan putken, jonka betoniin upotettavapää oli teipillä suljettu, pohjalle.

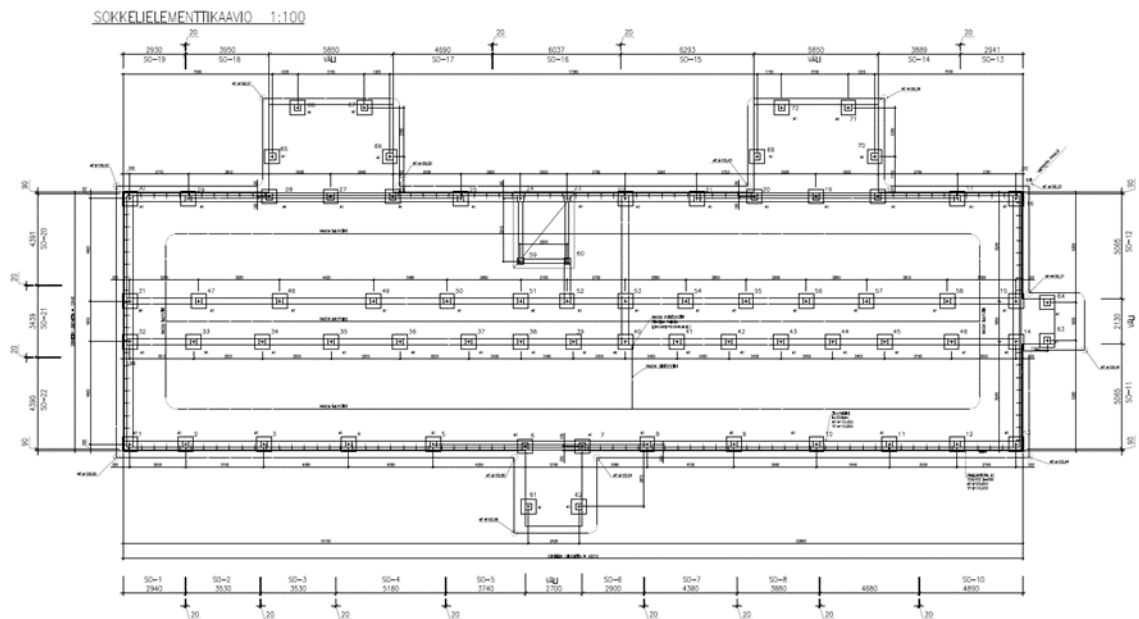
Muutamassa minuutissa anturi antoi valetun anturan lämpötilan, joka merkittiin paaluanturakarttaan merkattuihin muutamiin anturoihin (liite 2). Lämpötilanseuranta suoritettiin kolmena päivänä valun jälkeen ja muotit purettiin seuraavana arkipäivänä valusta. Tässä tapauksessa valupäivä oli perjantai, joten kuivumisaikaa oli kaksi päivää ennen muottien purkua. Muottien purkamisen jälkeen valetut anturat eristettiin 50 mm:n paksuisella Finnfoamilla odottamaan sisäpuolen soratäyttöä.

Sama jälkimittaus lämpötiloista toistettiin, kun rakennuksen toisen puolen paaluanturat valettiin. Tällä toimenpiteellä varmistettiin, etteivät paaluanturat jäätyneet ja että lämpölangat olivat ehjiä. Lämmitystä jatkettiin, kunnes pohjan täyttö oli suoritettu ja alapohjan styroxointi alkoi ja voitiin olla varmoja betonin tarvittavan lujuuden saavuttamisesta.

6 BETONIELEMENTTIASENNUS TYÖMAALLA

Tässä luvussa esitellään havainnointi kohteena olleen työmaan betonielementtiasennus ja sen vaiheet siihen liittyvine työvaiheineen. Luvussa kerrotaan, miten elementtiasennus ja siihen liittyvät alustavat työvaiheet suoritettiin käytössä olevien vuosien varrella vakiointuneiden nimikkeistöjen mukaisesti. Elementtiasennuksessa vakiintuneet työskentelytavat pohjautuvat RT-kortin ohjeisiin ja Valtioneuvoston antamiin säädöksiin ja määräyksiin, sekä vuosien saatossa vakiintuneisiin asennustapoihin. Kaikissa betonielementtiasennustyöhön liittyviin, sekä koko työmaan työtehtäviin tehtävästä riippumatta, vaadittiin jokaiseen työtehtävään tehtävän perehdytyksen yhteydessä mainittuja työturvallisuustoimenpiteitä noudatettavaksi ja henkilökohtaisia työskentelyyn sopivia ehjiä suojavausteita.

Sokkelielementtien pohjat vaaittiin oikeaan korkoon anturan päältä ja mittanauhaa tai GPS-mittalaitetta käyttäen sokkeleiden pystysaumapaikat. Jos saumat merkataan muulla laitteella kuin GPS-mittalaitteella niin mittanauhalla tarkastetaan sokkelielementtiasennuskuvassa (kuva 23) olevat mitat paikkansapitäviksi. Sokkelielementtikaavio löytyy myös suurempana opinnäytetyön liitteistä.



Sokkelielementtien linjat ja nurkkapisteet mittamies merkitsee käyttäen rakennuksen paikasta annettuja koordinaattipisteitä GPS-mittalaitteella sokkelin ulkolinjaan siten, ettei lisätty merkki häviä. Yleisesti käytössä oleva merkitsemistapa on porattava lyöntiniitti. Rakennesuunnittelija suunnitteli asennusjärjestys- ja mitoituspiirustuksen (kuva 23).

Sokkelielementit tuettiin hyvin asennuksen jälkeen (kuva 24) sekä linjattiin paikoilleen käyttäen linjalankaa sekä vesivaakaa pystysuoruuden varmistamiseksi, jonka jälkeen ne hitsattiin alaosaan anturoissa, sekä elementeissä kohdakkoin olevien tartuntarautojen kohdilta toisiinsa kiinni. Hitsauskohdat valettiin umpeen juotosbetonilla ennen sisäpuolen soratäyttöä. Sokkelielementin yläpäässä oli myös tartunnat hitsausta varten, jotka kiinnitettiin yläpäähän tukemiseksi. Hitsauksen jälkeen elementtien alapäätt laudoitettiin 200 mm:n levyisesti molemmin puolin siten, että elementin alapuolel tulivat täyteen betonia. Ulkopuolella tehtiin vielä viiste elementin ja valun yhtymäkulmaan vesieristyksen saamiseksi viettämään sokkelin pintaa myöden valuvan veden pois sokkelin viereltä.



Kuva 24. Sokkelikuorielementtien tuenta.

Elementtien hitsauksen jälkeen voitiin aloittaa rakennuksen sisäpuolinen täyttö. Holvivalun tai ontelolaatta-asennuksen jälkeen mittamies mitoitti S-pisteet harjateräs, joka nousee holvista elementin alapäässä oleviin varauksiin (ks. kuva 2), sekä merkitsee seinäelementtien sisälinja- ja pystyjakomerkit. Valuholviin tai ontelolaatan saumaan oli ennen betonivalua mitoitettu pystyyn asennettavat 12–20 mm:n harjateräkset noin 1 000 mm holvin kannan yläpuolelle, jotka toimivat elementtien pystysiderautana.



Kuva 25. Elementtitikkaat.

Kuvassa 25 valmistaudutaan elementtien yläosan lämmöneristeen suojaamiseen kastumiselta. Työmaalle on laadittu kosteudenhallintasuunnitelma, jossa on käsitelty työmaan kosteudenhallinnan riskikohdat ja niiden hallittu toteutus. Talviaikaan rakentaminen

ilman sääsuojaa on työmaalle suuri huolenaihe, koska sääolosuhteet saattavat muuttua nopeasti ja niihin pitää reagoida nopeasti.



Kuva 26. Elementtien saumateräs yhdistettynä elementtien lenkkeihin.

Elementtiasennuksen jälkeen, kun elementit olivat paikoillaan päädyt vastakkain, yläkautta pujotettiin saumaharjateräs siten, että teräksen pää jäi seuraavan holvin yläpuolelle noin 1 000 mm. Nykyään elementeissä käytetään vaijerilenkkejä, jolloin toisena asennettavan alimmaista lenkkiä ei tarvitse katkaista päästään, vaan se voidaan pujotta kaikkien ehjien lenkkien läpi sitoen pujotettu harjateräs alhaalta holvista (kuvassa 26 ympyröity) nousevaan harjateräkseen kiinni kuvan 26 mukaisesti. Elementtienjuotosvalujen

täyttymiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota holvivalun yhteydessä. Saumojen puhdistus lumesta ja jäästä on tärkeää talviolosuhteissa. Tarvittaessa juotosvaluja lämmitetään lämpölangoilla tai lämpöpuhaltimilla noudattaen lämmitystyöhön laadittuja ohjeita ja säädöksiä (kuva 26).

Elementit toimitettiin tehtaalta matalatelisellä betonielementtien kuljetustrailerilla (kuva 7), jossa on siirrettävä elementtisäilytysteline, jossa elementit voitiin säilyttää asennuksen vaatiman ajan. Tällä säästettiin ylimääräinen elementtien siirtely trailerista pois ulkoiseen säilytystelineeseen. Tämä tietysti toteutuu, kun elementtisuunnitelma on laadittu siten, että elementit voidaan asentaa niiden tulojärjestyksessä, elementtien mukaan 4–8 kappaletta traileriin, suunniteltu purku aika elementtikuormalle oli kaksi tuntia. Elementit tarkastettiin välittömästi niiden saavuttua työmaalle ja havaitut kolhut ja muut viat reklamoiitiin valokuvin toimittajalle.

Elementit nostettiin autonosturilla, jonka toimintasäde ja nostorajat vastaavat elementtien rakennesuunnittelijan ilmoittamiin maksimipainoihin. Autonosturin alusta pitää olla varmistettu kestävä elementtien paino. Nosto- ja asennussuunnitelma käytiin läpi ajoneuvonosturin kuljettajan, sekä elementtien asennusryhmän kanssa ja sovittiin asennuksessa käytettävät toimintatavat. Ajoneuvonosturin pystytyspöytäkirja täytettiin jokaisen siirron jälkeen ja ajoneuvon kuljettaja vastasi siitä, että nostoketjujen merkinnät ja värit vastasi niille annettuja työturvallisuusmääräyksiä. Radiopuhelimet olivat käytössä yhteyden varmistamiseksi näköyhteyden puuttuessa.

Sandwich-seinäelementtien eristepintaan lisättiin Paroc-villakaista ennen asennusta, jolla varmistettiin sauman tiiveys. Noston jälkeen, kun elementti oli alapäästään paikallaan, se tuettiin vinokierretuilla (kuva 27). Kuvassa elementtien alla olevan betonin nähdään olevan sulana vastoin kuin elementtien välissä oleva lumen osuus. Talviolosuhteissa valettaviin betoniholveihin asennetaan lämpölangat elementtien linjoille pitämään betoni lämpimänä, jolloin elementtien alle asennettava S-100 pohjasementti ei jäädy (kuva 27).

Julkisivuelementtien aukot suljetaan muovilla, kun kerroksen holvilaudoitus on valmis ja nestekaasu- tai öljypuhallinlämmitys aloitetaan, jolloin rakenteiden kuivuminen saadaan mekaanisesti alkuun. Lämmitystä jatketaan talviolosuhteissa tarpeen mukaan ja betonilattioista otetaan kosteusmittausnäytteitä alkaen, betonilaatan vahvuuden mukaan, noin 10–12 viikon kuluttua betonivalusta. Kosteusmittaustuloksen kosteuden (RH-prosentti)

tulee olla 75 prosenttia tai kuitenkin alle 85 prosenttia, päällystettävyyden määräytyy pinnoitemateriaalin tuotekortissa annetun kosteusprosentin mukaan.



Kuva 27. Elementtien tuenta.

Elementissä oli valmiina vemot (elementin yläpään kiinnityskappale) kiinnityspultteja varten ja tuki asennettiin noin 45 asteen kulmaan (kuva 27) alapäästä kiinnittäen 10 mm:n betoniruuvilla. Ennen betonielementin paikalleen laskemista sen alle levitettiin pohjasementti elementin sisäpuolisen kuoren kohdalle, joka siistittiin pois kun elementin asennus oli valmis. Elementtien pystysaumaan eristekaista asennettiin myös valmiiksi eristeiden kohdalle. Elementin pystysuoruus tarkastettiin vesivaakaa ja vaakasuoruus tasolaseria apuna käyttäen. Elementtien alle vaaittiin asennuspalat tasolaseria käyttäen, elementtien sijoittamiseen samaan korkeusasemaan keskenään. Vinotuen avulla elementti saatiin pysymään pystyssä kunnes yläpuolinen betoniholvi ja elementtien pystysaumamat olivat valettu. Tuet poistettiin elementeistä kun riittävä kuivumislujuus oli saavutettu. Betonielementtien pystysaumaus suoritettiin pystysaumapumpkauksella (kuva 28).



Kuva 28. Seinäelementtien pystysaumapumppaus.

Kuvassa 28 saumaaja täyttää elementtien saumaa alhaalta ylöspäin letkun päässä olevan suuttimen tai putken avulla.

Saumojen valaminen yläpuolelta holvi- tai ontelolaattasaumavalun yhteydessä, vaati tukelaudoituksen, joka useimmissa tapauksissa vuotaa, jolloin siitä seuraa ylimääräistä työtä. Pystysaumapumppauksella säästyttiin valmispintaisten julkisivu sandwich-betonielementtien tukelaudoituksen tekemiseltä. Kantavien betoniväliseinäelementtien toisen puolen tukkiminen jouduttiin kuitenkin tekemään. Saumausmateriaalina Fescon 2020. Pystysaumabetoni PSB K30, joka on valumaton erikoisbetoni, jota käytetään betonielementtien pystysaumavaluissa. Maksimi raekoko on 3,0 mm ja betonin lujuusluokka C 25/30. (Fescon Oy, 2020.)

7 POHDINTA

Rakennettavan kohteen käytännön rakennustyöt sujuivat onnistuneesti ottaen huomioon rakenne- ja LVISA-suunnitelmien välinen ristiriitaisuus. Työaikaa kului useita tunteja tiedusteluiden tekemiseen soittamalla tai vastaussähköposteja odottaen. Rakennushankkeen suurimpina ongelmina näkisinkin suunnitelmien keskeneräisyyksien sekä niiden suunnittelussa olevien virheiden kaatumisen työmaan vastuulle. Pääsuunnittelijan tehtäviin kuuluu suunnitelmien ristiin tarkastaminen ja työmaan vastuulle suunnitelmiin perehtyminen sekä huomioiden antaminen turvallisen, laadullisen ja tehokkaan rakentamisen eteenpäin viemiseksi. Suurimpana haasteena näen työmaasuunnittelun edellä mainitusta syistä, koska suunnitelmien ristiriitaisuudet vaikuttavat oleellisesti rakentamisen aikataulutukseen sekä hankinta-aikataulutukseen.

Rakennuskohteiden aloitusajankohta vaikuttaa myös oleellisesti rakentamisen laatuun sekä käytettävissä oleviin määräyksiin rakenteiden kuivana pitämiseen ilman sääsuojaa. Tämä on tietysti kustannuskysymys, mutta kustannuksia syntyy mahdollisesti myöhemmin, kun rakenteisiin jäänyt kosteus aiheuttaa rakennukseen kosteusvaurioita. Työmaan on lähes mahdotonta pitää rakenteet niin hyvin suojattuina, että ohjeiden ja määräysten mukainen kosteusprosentti saadaan toteutettua. Kohteen maanrakennus-, paalutus sekä pohjatyöt saatiin valmiiksi hieman etuajassa, lukuun ottamatta paalutuksessa tapahtuneita pieniä poikkeuksia. Rakennustyön aikana tehdyt havainnot ja kehitysehdotukset perustuvat työn tekemisen aikana tapahtuneisiin huomioihin.

Rakennustyön edetessä suurimmat havaintoni tein aiemmin tuntemattomasta maanrakennusmateriaalista, vaahtolasista ja sen monipuolisista käyttömahdollisuuksista. Betonielementtien sisäpuolisen pinnan tasoitettavuus ilman esihiontaa säästi huomattavan paljon työaikaa. Kosken Betonielementti Oy on hakenut sertifikaatin elementin sisäpintaan jäävästä sementtiliimasta, joka on tasoitettavissa ilman betonipinnan etuhiontaa ennen seinäelementtien tasoitetyön aloittamista.

Oviaukoissa olevien ovenkarmin asennusta helpottavien kiinnitysrautojen sijainnin muuttaminen sisäkuoresta ulkokuoreen toisi todellista helpotusta ulko-ovien asennukseen, koska nyt niitä ei voinut käyttää asennustyössä. Eristevillaan jouduttiin leikkaamaan ura karmin kiinnitystä varten jälkiasennettavalle puulle jokaiseen kiinnityskohtaan erikseen, samoin jouduttiin tekemään myös porrashuoneen isoon elementti-ikkunaan.

Kiinnitysrautojen sijaintiin olisi hyvä saada kunnon selvitys suunnitelmatasolla ja sen myötä myös betonielementtivalmistajien suunnitelmiin ja valmistukseen.

Elementtiasennussuunnitelmassa määritettynä ollutta tavoitenopeutta, 21 elementtiä työvuoron aikana, ei kuitenkaan saavutettu logististen haasteiden takia, jolloin asennusnopeus jäi määrään 14 elementtiä työvuoron aikana. Asennustyön keskeydyttyä tehtiin korvaavia töitä, jotka jouduttivat työn etenemistä. Aikataulullisesti työn keskeytyksellä oli merkitystä vain kahden työvuoron viivästyksen töiden aikataulutuksessa, joka saatiin kurottua kiinni myöhemmissä työvaiheissa.

Holvivalun yhteydessä olisi tarpeen käyttää esimerkiksi irrotuskaistaa elementin ja holvin yhtymäkohdassa, koska muottivaneriin jää väistämättä rakoja, joista valettava betoni pääsee valumaan alapuoliselle seinäpinnalle. Useita betonipintojen puhdistustunteja, ennen tasoitettöitä, säästettäisiin tällä toimenpiteellä.

Rakentaminen muuttuu tapakulttuureineen jatkuvasti uusien tekniikoiden ja innovaatioiden myötä. Uusien mahdollisuuksien myötä terveellisen ja turvallisen asumisen mahdollistavan rakentamisen mielekkyys ja rohkeus pitää rakennusalan toiminnan käynnissä kaikkien osa-alueidensa kanssa tässä muuttuvassa ja kansainvälistyvässä maailmassa.

LÄHTEET

Elementtisuunnittelu 2020. Elementtirakentamisen historia. Viitattu 22.2.2020. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>.

Fescon Oy. Pystysaumabetoni PSB K30. Viitattu 8.4.2020. Saatavilla <https://www.fescon.fi/tuotteet/kuivabetonit-ja-sementtilaastit/8/pystysaumabetoni-psb-k30>.

Finanssiala 2017. Tulityöt. Turvallisuusohje. Viitattu 20.2.2020. Saatavilla https://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/Tulityot_turvallisuusohje.pdf.

Hytönen Y & Seppänen M. 2009. Tehdään elementeistä. Helsinki: Betonitieto Oy.

Julkisivuelementit 2020. Kosken Betonielementti Oy. Viitattu 20.2.2020. Saatavilla <https://www.koskenbetonielementti.fi/Julkisivuelementit>.

Pelastustoimi 2020. Pelastustie. Helsinki: Sisäministeriö. Viitattu 20.2.2020. <https://www.pelastustoimi.fi/turvatieta/esta-palon-leviaminen/poistumismahdollisuudet/pelastustie>.

Periaatepiirustus 2020. Betonielementtien nosto. Helsinki: Betoniteollisuus ry. Saatavilla https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23352/R_X004.pdf.

Rakennustieto 2020. Vaahtolasimurske. Viitattu 22.2.2020. Saatavilla <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK140402.pdf>.

RATU TT TUR0500442. Elementtien asennussuunnitelma 2003. Viitattu 18.2.2020. Saatavilla <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RatuTT%2005-00442>.

RT-piha-alueiden päällysrakenteet 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10-11224. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 16-10660. 2016. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. YSE 1998. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 81-11000. 2010. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus.

RT 82-10821. 2004. Betonielementtirunkorakenteet.

RT 38792. 2016. Perustusten kosteuden ja radonin eristys. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tuotelehti 2018. PO-2016 mukaiseen paalutuksen suunnitteluun ja paalutustyöhön RT betonipaaluilla®. Helsinki: Rakennusteollisuus. Saatavilla <https://betoni.com/wp-content/uploads/2018/09/RT-Betonipaalu-Tuotelehti-PO-2016.pdf>.

Uponor 2020. Lattialämmitys tuo tasaista lämpöä. Viitattu 17.4.2020. https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/lattialammitys_viilennys/vesikiertoinen_lattialammitys.

Uusioaines Oy 2020. Foamit-vahtolasimurske on monipuolinen uusiomateriaali. Viitattu 22.4.2020. <https://foamit.fi/tuotteet/>.

Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta, 578/2003. Annettu Helsingissä 18.6.2003. Viitattu 22.2.2020. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030578>.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta VNa 205/2009. Annettu Helsingissä 26.3.2009. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta

403/2008. Annettu Helsingissä 23.2020. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080403>.

Valtioneuvoston työturvallisuuslaki 738/2002. Annettu Helsingissä 23.8.2002. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20020738>.

Valtiovarainministeriö 2018. Rakentaminen 2018–2019. Rakennusalan suhdanneryhmä 27.3.2018. Saatavilla <https://vm.fi/documents/10623/7432802/Raksu+2018/62da948f-d718-4504-ae44-4070ae64af1d/Raksu+2018.pdf?version=1.0>.

Betonivalmisosien asennussuunnitelma

BETONIVALMISOSIEN ASENNUSSUUNNITELMA





































Ohjeellinen malli, jonka sisältöä voidaan muokata projektikohtaisesti. Suunnitelma suositellaan laadittavaksi siten, että osan A lihtötiedot tulevat päätoteuttajalta, osan B rakennesuunnittelijalta ja osan C asennusurakoitsijalta

Osa A.

1. Kohdetiedot

Rakennuskohde			
Rakennuslupa nro		Puhelin	
Sähköposti		Fax	

Toteutusorganisaatio	Nimi	Puhelin
	Sähköposti	FAX Fax
Päätoteuttaja (pääurakoitsija, rakennuttaja)		
		FAX
Rakennuttajan turvallisuuskoordinaattori		
		FAX
Vastaava työnjohtaja		
		FAX
Betonyönjohtaja		
		FAX
Työmaan työsuojelupäällikkö		
		FAX
Työmaan valvoja		
		FAX
Päsuunnittelija		
		FAX
Vastaava rakennesuunnittelija		
		FAX
Valmisosasuunnittelija		
		FAX
Elementtitoimittaja A		
		FAX
Tuotannon vastuhenkilö		
		FAX

Toteutusorganisaatio	 Nimi	 Puhelin
	 Sähköposti	FAX Fax
Kuljetuksen vastuhenkilö		
		FAX
Elementtitoimittaja B		
		FAX
Tuotannon vastuhenkilö		
		FAX
Kuljetuksen vastuhenkilö		
		FAX
Elementtitoimittaja C		
		FAX
Tuotannon vastuhenkilö		
		FAX
Kuljetuksen vastuhenkilö		
		FAX
Elementtiasennusurakoitsija		
		FAX
Asennustyönjohtaja		
		FAX
Mittaustyöt		
		FAX
Jälkivalutyöt		
		FAX

Työmaan lähtötiedot	
Työmaatiet, nostopaikat, varastointialueet	Piirros aluesuunnitelmasta liitteenä <input type="checkbox"/>
Pohjatutkimusselvitys tehty <input type="checkbox"/>	Työmaan työturvallisuusasiakirja laadittu <input type="checkbox"/> liitteenä <input type="checkbox"/>
Geotekninen tarkastus tehty <input type="checkbox"/>	Työmaan turvallisuusopas jaettu <input type="checkbox"/> Asennustyön aloituskokous pidetty <input type="checkbox"/> liitteenä <input type="checkbox"/>

Osa B.Työmaan turvallisuusasiakirja tarkastettu **2. Rakenteet**Elementtiluettelo liitteenä

Betonelementit	Tyyppi	Max. paino (kN)	Huomattavaa (kuljetus, asennus, varastointi)
Teräselementit			

3. Rungon asennusaikainen tuenta ja vakavuus

Rungon jäykistystapa			
Asennusjärjestys (asennusaikaisen stabiliteetin vaatima)			
	Tarvittavat väliaikaistuennat ja niiden poisto	Asennus- tai muu ohje	As. piirustus
Seinät		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pilarit		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betonipalkit		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teräspalkit		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kuorilaatat		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Minimitukipinta (mm)	Asennusvaiheen sallittu kuormitus (kN, kN/m ²)	
Ontelolaatat			
Kuorilaatat			
TT/HTT-laatat			
Massiivilaatat			

	Minimitukipinta (mm)	Asennusvaiheen sallittu kuormitus (kN, kN/m ²)
Betonipalkit		
Teräspalkit		
Porrassyöksyt		

4. Mittatarkkuus ja liitokset

Toleranssiluokka	Normaaliluokka <input type="checkbox"/>	Erikoiluokka <input type="checkbox"/>	Kohdekohtaiset erikoistoleranssit, ohje liitteenä <input type="checkbox"/>
Hitsausluokat ja tarkastukset			
Juotosbetonien lujuusluokat			
Peruspultit			
Rakennesuunnittelijan tarkastukset			

Osa C.

5. Pätevydet ja valvonta

Henkilöpätevydet	
Asennustyönjohto	
Asentajat	
Betonointityönjohto	
Hitsauspätevydet	
Työturvallisuuskortit	
Tulityökortit	
Tarkastukset	
Malliasennukset	
Asennustyön valvonta ja laadunvarmistus	Erillinen suunnitelma liitteenä <input type="checkbox"/>

6. Poikkeamien ja muutosten käsittely

7. Työturvallisuus

Asennustyön työturvallisuusriskit kartoitettu <input type="checkbox"/> , liitteenä <input type="checkbox"/>		
Asennustyönjohtaja perehdytetty työmaahan <input type="checkbox"/> Työntekijät perehdytetty työmaahan <input type="checkbox"/>		
Suunnitelma, tehtävä	Vastuutaho	Asennus- ja purkuajankohdat
Työtasot, työelineet, henkilönostimet ja nostokorit		
Nousutiejärjestelyt		
Kaiteet, kerrosten putoamissuojaus, Erillinen putoamissuojaussuunnitelma laadittu <input type="checkbox"/>		
Turvavaljaat ja -köydet		
Erityistoimenpiteet		

8. Nostokoneet ja -laitteetNostosuunnitelma liitteenä

Nosturityyppi	Nostoteho (tn)	Enimmäistukijalkakuorma (tn)	Uloottuma (m)
Nostoapuvälineet			

9. Vastaanotto ja välivarastointi

Elementtien vastaanottotarkastus	Ohje liitteenä <input type="checkbox"/>
Elementtien purkujärjestys	Ohje liitteenä <input type="checkbox"/>
Varastointipaikat	
Varastointikalusto ja -tapa	

10. AsennusjärjestysYksityiskohtainen asennusjärjestys liitteenä

Asennusjärjestys rakennuksittain/lohkoittain
Yksittäisten elementtien asennusjärjestys tyypeittäin, saumaamattomien tasojen kuormittaminen
Kiinnitysjärjestys (juotos, hitsaus)

11. Mittaustyöt

Lähtömittaus, lähtökorot	Mitattavat kohteet	Mittausperiaate	Vastuhenkilö	
Tarkemmittaukset, vastuurajat	Mitattavat kohteet	Mittausperiaate	Vastuhenkilö	Suoritusajankohta

12. Elementtien lopulliset kiinnityksetElementtityyppikohtaiset ohjeet hitsauksista liitteenä

Hitsausmenetelmä	Perusaine	Lisäaine
Hitsausseamien tarkastus		

Betoniliitos	Juotosbetonityyppi	Kovettumisaika	Betonointitapa (pumppaus tms.)
Lämmitys			
Lujuudenkehityksen seuranta	Muu laadunvarmistus		
Talvibetonointisuunnitelma liitteenä <input type="checkbox"/>	Elementtityyppikohtaiset ohjeet betonoinnista liitteenä <input type="checkbox"/>		

Pultit, erikoispultit
Elementtityyppikohtaiset ohjeet pulttiliitoksista liitteenä <input type="checkbox"/>

Asennussuunnitelman liitteet

Liite 1	Nimi
Liite 2	Nimi
Liite 3	Nimi
Liite 4	Nimi
Liite 5	Nimi

Allekirjoitukset

Suunnitelman laatija	Päiväys
Vastaava rakennesuunnittelija	Päiväys
Asennustyönjohtaja	Päiväys
Vastaava työnjohtaja	Päiväys