

Jalmari Nurminen
VALMIIDEN BETONIELEMENTTIEN LAADUNVALVONTA

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
2021

VALMIIDEN BETONIELEMENTTIEN LAADUNVALVONTA

Nurminen, Jalmari
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2021
Sivumäärä: 75
Liitteitä: 7

Asiasanat: Betonielementti, laadunvalvonta, elementtipiirustus, kustannusarvio

Opinnäytetyön aiheenani oli tutkia valmiiden betonielementtien laadunvalvontaa. Opinnäytetyön oli tilannut Porin Elementtitehdas Oy. Laadunvalvonta koski betonielementtejä, jotka oli tilannut NCC.

Laadunvalvonta on tärkeä osa betonielementtien rakentamisessa, koska sillä pyritään valvoa elementtien valmistusta niin, että tehdään suunnitelmien mukaiset elementit. Betonielementtien rakentamisessa pyritään siihen, että valmiiden betonielementtien korjaustarpeet olisivat vähäiset, koska ei tulisi ylimääräisiä kustannuksia yritykselle.

Opinnäytetyön päätavoite oli tutkia valmiiden betonielementtien laatua ja selvittää, että minkälaisia kustannuksia syntyi yritykselle elementtien korjauksista.

Haluan kiittää yrityksen Toimitusjohtajaa Jaakko Virtasta tämän opinnäytetyön mahdollistamisesta. Lisäksi haluan kiittää yrityksen Työpäällikköä Roni Virtasta, Logistiikkapäällikköä Marika Haapaniemeä ja Laatupäällikköä Joni Kukkulaa, koska he auttoivat ja neuvoivat tämän työn aikana minua. Lisäksi haluan myös kiittää yrityksen työntekijöitä, jotka olivat työskentelemässä tässä urakassa.

QUALITY CONTROL OF FINISHED CONCRETE ELEMENTS

Nurminen, Jalmari

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction and Civil Engineering

February 2021

Number of pages: 75

Appendices: 7

Keywords: Concrete elements, quality control, element drawing, cost estimate

The subject of this thesis was to examine the quality control of finished concrete elements. The thesis was ordered by Porin Elementtitehdas Oy. The quality control concerned the concrete elements, that were ordered by NCC.

Quality control is an important part of the construction of precast concrete elements, because it seeks to monitor the manufacturing of elements by constructing the elements as planned. In the construction of precast concrete elements, the aim is to keep the repair needs of the finished precast concrete elements to a minimum, as there would be no additional costs for the company.

The main goal of the thesis was to study the quality of the finished concrete elements and to find out what kind of costs the company incurred from the repairs of the elements.

I would like to thank the company's CEO Jaakko Virtanen for making this thesis possible. In addition, I would like to thank the company's Construction Manager Roni Virtanen, Head of Logistics Marika Haapaniemi and Quality Control Manager Joni Kukkula, because they helped and advised me during this work. In addition, I would also like to thank the employees of the company who were working on this contract.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Opinnäytetyön esittely	7
1.2	Opinnäytetyön tavoite.....	9
1.3	Porin Elementtitehdas Oy:n laatuvaatimukset.....	9
2	LAADUNVALVONTA.....	11
2.1	Betonielementtien laadunvarmistus	11
2.2	Tunnuslappu.....	12
2.3	Betonielementtien mittaaminen	13
2.4	Tarkastuskortti	13
2.5	Viimeistelylinja.....	17
3	BETONIELEMENTTIRAKENTEET	17
3.1.1	Massiivilaatta	18
3.1.2	Sisäkuorielementti.....	19
3.1.3	Väliseinäelementti.....	21
3.1.4	Palkkielementti	22
3.1.5	Betonielementtiparveke	22
3.1.6	Hissikuilun yläpään elementti.....	24
3.2	Teräsbetoni.....	24
3.2.1	Betonipeite	25
3.2.2	Betonin puristuslujuus	26
3.2.3	Rasitusluokat.....	26
3.2.4	Betonielementtien pintakäsittelyt.....	28
3.3	Betonielementtien teräs- ja metalliosat	31
3.3.1	Nostolenkit.....	31
3.3.2	Nostoankkurit.....	32
3.3.3	Tartuntatapit	34
3.3.4	Massiivilaattojen tartuntateräksiset	34
3.3.5	Hitsausliitokset.....	35
3.3.6	VS-vaijerilenkit.....	36
3.3.7	Valuankkuri.....	38
3.3.8	Holkkiosat	39
3.3.9	Työsaumaraudoite.....	41
3.3.10	Betonielementtiparvekkeiden teräsosat	42

3.3.11	Kuljetustuki.....	43
3.4	Betonielementtien puuosat.....	44
3.4.1	Ikkuna-aukkojen karmipuut.....	44
3.4.2	Kynnyspuu.....	45
3.4.3	Vaarnauriin käytetyt puuosat.....	45
3.4.4	Kaidepuut.....	47
3.5	Lämmöneristys.....	47
3.5.1	Ikkuna-aukkojen lämmöneristys.....	48
3.5.2	Aluskermi.....	49
3.5.3	Sääsuojarappaus.....	50
3.6	Betonielementtien sähkötyöt.....	51
3.6.1	Sähköasiat ja -varaukset.....	53
3.6.2	Sähkörasioiden sijaintitoleranssit.....	55
3.6.3	Sähköputket.....	56
3.7	Hanakulmarasioiden varaukset.....	57
3.8	Reikäpiirustukset.....	57
3.8.1	Reikä.....	58
3.8.2	Tartuntaterästen kolot.....	58
3.8.3	Syvennykset.....	59
3.8.4	Ulkonema.....	59
4	LOGISTIIKKA.....	60
4.1	Betonielementtien muottisiivujen purkaminen.....	60
4.2	Betonielementin nostaminen.....	60
4.3	Betonielementin siirtäminen hallissa.....	61
4.4	Betonielementtien varastointi ulkovarastoon.....	62
4.5	Betonielementtien kuljetukset.....	63
4.5.1	Betonielementtien lastaukset kuljetusajoneuvoihin.....	63
5	VALMIIN BETONIELEMENTIN KORJAUSVAIHTOEHDOT.....	65
5.1	Piikkaustyö.....	65
5.2	Laastipaikkaus.....	66
5.3	Betonipaikkaus.....	66
6	LAADUNVALVONNAN PARANNUSEHDOTUKSET.....	67
6,1	Laadunvalvonnan tulokset.....	69
6.3	Korjauskustannusarvio.....	70

7 YHTEENVETO	72
LÄHTEET	73
LIITTEET	75

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia valmiiden betonielementtien laadunvalvontaa mitauksien avulla. Työssä tutkittiin yhden alkavan rakennushankkeen kaikki valmiit betonielementit. Opinnäytetyön oli tilannut Porin Elementtitehdas Oy, joka valmisti rakennushankkeen betonielementit.

Tässä työssä pyrittiin mittaamaan valmiita elementtejä, jotta pystyttäisiin varmistamaan niiden oikeellisuus. Lisäksi tarkastuksien yhteyksissä pyrittiin löytämään elementeistä virheitä, jotka piti korjata. Valmiiden elementtien tarkastuksien jälkeen olisi tärkeätä informoida työnjohtoa ja työntekijöitä löytyneistä virheistä, koska silloin pystyttäisiin ehkäisemään virheiden uusiutuminen. Lisäksi oli huolehdittava, että löytyneet virheet korjattaisiin hyvissä ajoin, ettei myöhästyttäisi suunnitelluista aikatauluista, mikä taas aiheuttaisi ongelmia tilaajalle.

Raportissa on esitetty kustannusarvio siitä, että paljonko virheiden korjaukset kustantaisivat, jos ne suoritettaisiin tehtailla. Rakennushankkeen loppuselvityksessä nähtäisiin todellinen kustannusarvio elementtien korjauksista. Opinnäytetyössä pyritään kertomaan sitä, että miten betonielementtien laadunvalvontaa pystyttäisiin parantamaan ja mitä asioita betonielementeistä oli tutkittava.

1.1 Opinnäytetyön esittely

Opinnäytetyön oli tilannut Porin Elementtitehdas Oy. Syksyllä 2019 yrityksen toimitusjohtaja Jaakko Virtanen ehdotti opinnäytetyön aiheeksi alkavaa kerrostalourakkaa, jossa tutkittaisiin valmiiden betonielementtien laadunvalvontaa. Urakan betonielementit oli tilannut NCC, jonka työmaa sijaitsi Turussa. Urakan nimi oli Harppuuna Ankkuri.

Betonielementtien valmistukset alkoivat yrityksessä lokakuun puolella välissä samana vuonna. Viimeiset betonielementit valmistettiin keväällä 2020. Betonielementtejä valmistettiin yrityksen kahdessa eri tehtaissa. Tehtaat olivat nimiltään Kar-

jalankadun tehdas ja Uudenniityn tehdas. Karjalankadun tehtaalla valmistettiin betonielementtiparvekkeet, kerrostalon ylimmän kerroksen massiivilaatat ja hissikuilun yläpään elementti. Uudenniityn tehtaalla valmistettiin urakan kaikki muut betonielementit. Näitä betonielementtejä olivat väliseinäelementit, sisäkuorielementit, palkkiel-
ementit ja kaikki muut massiivilaatat.

Valmiiden betonielementtien tarkastukset ja mittaukset tehtiin seuraavana aamuna teh-
taiden viimeistelylinjoilla, jonne kuivuneet betonielementit siirrettiin välivarastoon
viimeistelytöitä varten. Karjalankadun tehtaan ulkovarastossa jouduttiin tarkistamaan
myös muutamia betonielementtejä. Tarkastettujen betonielementtien tiedot ja niiden
tarkistuspäivät löytyvät liitteestä 2. Tärkeätä oli se, että kaikki urakan betonielementit
tarkastettiin ennen, kuin ne lähetettiin työmaalle. Liitteestä 3 löytyy päivämäärät, jolloin
kaikki betonielementit kuljetettiin tilaajan rakennustyömaalle.

Tutkimuksien yhteyksissä tehtiin valmiisiin betonielementteihin betonipeitepaksuus-
mittaukset yrityksen antamien ohjeiden avulla. Valmiiden betonielementtien mittauk-
sissa saadut betonipeitteiden tulokset löytyvät liitteestä 4.

Yksi työn tärkeimmistä asioista oli tehtävä seuranta, minkälaisia valmistusvirheitä
löytyi tutkiessa valmiista betonielementeistä. Tutkittujen valmiiden betonielementtien
huomautukset löytyvät liitteestä 5. Näiden perusteella tehtiin kustannusarvio siitä, että
paljonko elementeistä löytyneiden korjaukset maksaisivat, kun ne korjattaisiin teh-
tailla. Kustannusarvio löytyy liitteestä 6.

Liitteestä 7 löytyy NCC:n loppuselvitys urakasta, joka saatiin syksyllä 2020. Loppusel-
vityksen korjauskustannusarvoja ja liitteen kuuden kustannusarvoja käytettiin vertailu-
kohtina. Kustannuksia tutkiessa piti havainnollistaa virheisiin vaikuttavat syyt ja se,
miten voitaisiin vähentää ylimääräisten kustannuksien syntymiset tulevaisuudessa.

1.2 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetön tilaajalla oli kaksi päätavoitetta työn suhteen. Ne olivat valmiiden betonielementtien laadunvalvonta ja kustannusarvio.

Laadunvalvonta:

- Tutkimalla ja mittaamalla kaikki urakkaan kuuluvat valmiit betonielementit elementti- ja osien valmistusprosessien ja mittavälineiden avulla.
 - ➔ Tutkittavia betonielementtejä oli yli 250 kappaletta.
- Kertoa kaikki tutkittavat osa-alueet, joita oli tutkittava betonielementeistä.
- Löytyneiden virheiden informointi työnjohtajille ja työntekijöille.
 - ➔ Virheiden korjaaminen ja minimoida virheiden toistumiset seuraavissa valmistettavissa elementeissä.
- Dokumentoida kaikki työhön kuuluvat raportit, valokuvat ja tulokset.

Kustannusarvio:

- Kertoa, että minkälaisia valmistusvirheitä löytyi valmiista elementeistä.
- Tehdä kustannusarvio siitä, että mitä virheiden korjaukset maksaisivat, kun ne korjattaisiin tehtailla.
- Tärkeätä olisi se, että kaikki löytyneet virheet korjattaisiin tehtailla, koska se olisi edullisempaa. Jos korjaukset tehtäisiin työmaalla, niin elementtien korjauskustannukset voivat nousta moninkertaisiksi.

1.3 Porin Elementtitehdas Oy:n laatuvaatimukset

Betonielementtien tuotantovaiheessa oli noudatettava erilaisia viranomaisvaatimuksia. “Yhteiskunta valvoo rakentamista rakennusviranomaisten, rakennustuotteiden markkinavalvontaviranomaisten tai riippumattomien sertifiointi-laitosten avulla.” (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018) Viranomaisten tehtävänä on valvoa, että rakennuksissa käytettävät rakennustuotteet tai -materiaalit olisivat lainsäädännön mukaisia.

Viranomaisvalvontaa ylläpidetään yrityksessä erilaisten tarkastuksien avulla. Ne voivat olla joko yrityksen sisällä tapahtuvaa laadunvalvontaa tai viranomaisten omia tarkastuksia. Viranomaiset ovat myöntäneet sertifikaatteja yritykselle, joiden avulla ilmoitetaan, että yrityksen laatuasiat koskien betonielementtejä olisivat standardien mukaiset. Suomessa sertifikaatteja betoniteollisuudessa valvoo ja myöntää Inspecta Sertifiointi Oy. Laadunvalvonnan avulla saadaan pidettyä betonielementtien valmistuksien laadut korkeana, vahvistamalla yrityksen kilpailukykyä ja auttaa yrityksen kasvamisessa.

Porin Elementtitehdas Oy:n laatudokumentit ovat sertifikaatit ISO 9001:2015, TR 15 ja TR 61. Lisäksi yrityksellä on CE-todistukset ja suoritusasoilmoitukset molemmille tehtaille (Porin Elementtitehdas Oy:n [www-sivut](#)). Koska opinnäytetyö koski pelkästään valmiita betonielementtejä, niin tässä työssä ei perehdytä enempää näihin sertifikaatteihin tai dokumentteihin. Nämä laatuasiat tulisivat ottaa huomioon jo betonielementtien rakentamisissa. Porin Elementtitehdas Oy:llä on vuosikymmenien kokemus ja tietämys nykyajan määräyksistä.

Porin Elementtitehdas Oy:llä on oikeudet käyttää betonielementeissään CE-merkintää. CE-merkinnällä yritys osoittaa elementtiensä ominaisuuksien olevan eurooppalaisen tuotestandardin tai teknisen hyväksynnän mukaiset. “CE-merkintä on pakollinen kaikille niille rakennustuotteille, joille on määritelty harmonisoitu tuotestandardi. Rakennustuotteet ovat rakennuksen kiinteäksi osaksi tulevia tuotteita, kuten betonielementtejä, ikkunoita, teräsrakenteita ja sahatavara.” (Ympäristöministeriön [www-sivut 2019a](#)) Betonielementtien rakentajina yrityksen täytyy huolehtia siitä, että käyttävät elementeissä CE-hyväksytyjä rakennusmateriaaleja tai -tuotteita. Tämä on sen vuoksi, koska yritys vastaa valmistettavan betonielementin oikeanlaisuudesta. Rakennusmateriaaleja, joita yritys ei itse valmista olisivat esimerkiksi terästuotteet, puutuotteet tai lämmöneristeet. Suoritusasoilmoitus tekeminen on välttämätön edellytys CE-merkinnän käyttämiselle yrityksessä. Se on ainoa tapa kertoa tuotteen ominaisuuksien arvot ja luokat.

2 LAADUNVALVONTA

Laadunvalvonta oli tärkeässä osassa yrityksen kokonaisvaltaisessa laatujohtamisessa. Laatujohtamisen tarkoituksena oli yrityksen johdon ja työnjohtajien kyky parantaa yrityksen laatua erilaisten laatuparannuksien avulla. Lisäksi heidän täytyi yhdessä miettiä, että miten erilaisia laatuparannuksia pitäisi toteuttaa betonielementtien valmistuksessa. Laatujohtamisen onnistumiseksi oli tuotannossa betonielementtien tekijöiden ja työnjohtajien yhdessä toimittava, jotta saataisiin valmistettavista betonielementeistä suunnitelmien mukaisiksi. Betonielementin tekijän oli ymmärrettävä valmistettavan betonielementin elementtipiirustuksia ja tarvittaessa kysytävä neuvoja työnjohtajalta, jos tuntisi epävarmuutta piirustuksien ymmärtämisissä. Jos työnjohtaja ei ymmärtäisi tiettyä merkintää elementtipiirustuksista, niin hänen oli kysyttävä yrityksen johdolta neuvoja. Kommunikaatioiden avulla pystyttäisiin parantamaan elementtien laadunvalvontaa. Tarkistukset olivat betonielementtien tuotannossa tärkeässä osassa erityisesti ennen, kuin valmiiksi rakennettuihin elementteihin valettaisiin betonia. Työnjohtajan oli tarkistettava elementit huolellisesti tekijöiden kanssa ja huomatu virheet oli korjattava.

2.1 Betonielementtien laadunvarmistus

Betonielementtien rakentamisessa käytettävä sana "laatu" määrittää yleensä asiakkaan tarpeet, odotukset ja yhteiskunnan määrittämät vaatimukset. (By 201, Betonitekniikan oppikirja 2018) Tuotantovaiheessa elementtien rakentamisissa käytettiin rakennesuunnittelijoiden tekemiä elementtipiirustuksia ja niitä oli noudatettava hyvin tarkasti, koska he olivat suunnitelleet valmistettavat betonielementit asiakkaan toiveiden mukaisiksi. Jos elementtipiirustuksista löytyisi epäselviä kohtia, niin olisi hyvä varmistaa suoraan kysymällä rakennesuunnittelijalta ongelmiin ratkaisuja, jotta rakennettavasta betonielementistä tulisi oikeanlainen ennen lopullista tarkastusta. Tämän jälkeen betonielementti valettaisiin. Valmiiden betonielementtien tarkastuksessa oli tarkistettava, että betonielementit olivat valmistettu ja valettu suunnitelmien mukaisiksi. Jos valmiista betonielementistä löytyisi virheitä, niin ne piti korjata suunnitelmien mukaisiksi. Lisäksi piti oppia löytyneiden virheiden johtavia syitä, sillä

niiden avulla pystyttäisiin ennaltaehkäisemään niitä tulevaisuudessa valmistettavissa betonielementeissä. Virheiden oppiminen auttaa yritystä parantamaan betonielementtien laatua.

2.2 Tunnuslappu

Jokaiselle betonielementille tuli olla oma tunnuslappu, joka kiinnitettiin näkyville valmiissa elementissä. Esimerkki tunnuslapusta on esitetty kuvassa yksi.

Elementtien tunnuslapussa oli ilmoitettu:

- Elementin valmistaneen yrityksen tiedot
- CE- hyväksyntä
- Elementin tunnus
- Elementin valmistuspäivä
- Työmaan tiedot
- Elementin paino

Betonielementin tunnuslapun kiinnityksessä oli huomioitava se, että se kiinnitettäisiin helposti luettavalle paikalle elementissä. Seinäelementeissä tunnuslappu olisi hyvä kiinnittää elementin päädyn vaijerilenkkiin kiinni ja kirjoittaa sitten toiseen päättyyn säänkestävällä korjauskynällä elementin tunnus. Tämä sen takia, koska ulkoveras-toissa oli paljon erilaisia betonielementtejä, joka voi hankaloittaa oikean elementin löytymistä. Elementtien tunnuslappujen oikein sijoittamisilla pystyttäisiin löytämään tietyt elementit sujuvammin, jonka jälkeen ne lastattiin kuljetusajoneuvoihin ja kuljettiin työmaalle.



Kuva 1. Elementtien tunnuslappu.

2.3 Betonielementtien mittaaminen

Valmiita betonielementtejä tutkittiin elementtipiirustuksien avulla, koska niistä löytyi kaikki tarvittavat mitat ja erilaisten osien sijainnit. Valmiita betonielementtejä tutkiessa oli erityisen tärkeää se, että ne olisivat elementtipiirustuksien mukaisia. Tämän takia, koska ne olivat mittatilaustöitä, joita asiakas oli toivonut.

Betonielementtien mittauksissa tärkeimmät työkalut olivat tutkittavan elementin piirustukset, mittanauha ja etäisyysmittari. Mittanauha oli tarkin mittaustyöväline, koska kaikki valmiit elementit oli mitattava. Mitattavia kohteita olivat esimerkiksi elementtien oikean koon ja aukkojen sijaintien varmistaminen. Lisäksi oli varmistettava mittaamalla myös kaikki rakennusosien sijainnit elementtien pinnoilta.

Mittauksissa jouduttiin käyttämään myös etäisyysmittaria. Etäisyysmittari oli hyvä mittatyöväline esimerkiksi ikkuna-aukkojen tai oviaukkojen kokojen mittauksissa, koska aukkojen kokojen kanssa oli oltava erityisen tarkka. Tämä sen takia, koska vaaleissa aukkojen muotisiivut voivat pullistua aukkoon päin heikon tuennan vuoksi.

2.4 Tarkastuskortti

Yritys käytti tarkastuskortteja laadunvalvonnassa. Tarkastuskortti on esitetty liitteessä yksi. Tehtaiden työnjohtajat tekivät jokaiselle valmistettavalle elementille oman tarkastuskortin. Tarkastuskorttia käytettiin asiakirjana laadunvalvonnan seuraamisessa. Tarkastuskortin etupuolella oli tarkastuskortti osio, johon täydennettiin elementin tarkastuskohdat ennen valua ja valun jälkeen. Tarkastuskortin toiselta puolelta löytyi toleranssiarvoja, joita käytettiin betonielementtien mittauksissa.

Kun elementti oli valmiiksi rakennettu ennen valutöiden suoritusta, niin työnjohtaja tarkasti yhdessä elementin tekijän kanssa, että elementti oli tehty oikein. Tämän jälkeen hän antoi valua betonielementin. Työnjohtaja täydensi tarkastuskortin loppuun siinä vaiheessa, kunnes valmis elementti oli siirretty välivarastoon. Tämä oli hyvä tyyli

sen takia, koska laadun taso oli pidettävä korkeana, saadaan vähennettyä korjauskustannuksia ja asiakas saadaan pitämään tyytyväisenä.

Tarkastuskortin toiselta puolen löytyi betonielementtien toleranssiarvoja, jotka tarkoittavat tutkittavan betonielementin mittojen sallittua vaihtelua/poikkeamaa. Elementti-
piirustuksissa oli annettu kaikki perusmitat, joita käytettiin elementin valmistamisessa ja niitä täytyi noudattamaan. ”Rajamitoilla, ylä- ja alarajamitta, tarkoitetaan ääriarvoja, joiden välissä mittaamalla saadun mitan tulee olla. Poikkeama tarkoittaa mitatun mitan ja vastaavan perusmitan välistä erotusta.” (By 65, Betoninormit 2016) Betonielementtien mittatarkkuusluokat olivat joko Normaaliluokka (N) tai Erikoisluokka (E). Elementtien mittauksissa toleranssien mittatarkkuusluokkana käytettiin yrityksen ohjeistamana Normaaliluokkaa, koska tutkitut betonielementit kuuluivat siihen luokkaan. Toleranssiarvot löytyvät liitteestä yksi. Toleranssitaulukosta löytyi annetut toleranssiarvot Normaali- ja Erikoisluokille erikseen. Valmistustoleranssien arvot olivat Normaaliluokassa $\pm 5 \dots \pm 20$ millimetriä riippuen tutkittavista osista betonielementeissä. Kun mitattiin betonielementtejä, niin tutkittavan osan valmistustoleranssit oli tarkistettava oikeanlaisuuden varmistamiseksi. Toleranssien arvoihin vaikuttivat tutkittavan betonielementin tyyppi ja niihin asennettavien osien sijainnit. Valmistustoleranssien annetut arvot olivat hyvin tärkeitä tietää, koska niiden avulla pystyttäisiin selvittämään, että oliko betonielementissä mitattavat asiat rajamittojen sisäpuolella. Jos elementissä mitattava osan toleranssit menisivät yli annettujen arvojen, niin elementti olisi silloin viallinen ja se pyrittiin korjaamaan. Taulukoista yksi ja kaksi näkyvät työhön kuuluvien betonielementtien kokoon vaikuttavista toleransseista. Taulukko 1 kertoo seinärakenteiden ja taulukko 2 laattojen ja palkkien toleranssit. Taulukko 2:n arvoja sovelletaan myös laattapalkeille ja laattatasoille.

Taulukko 1. Seinärakenteiden toleranssit, Normaaliluokka (By 47, Betonirakentamisen laatuohjeet 2013)

Mittauksen kohde	Toleranssit (mm)
Korkeus (H)	±10
Pituus (L)	±10 tai L/750 ¹⁾
Paksuus (b)	±8 ³⁾
Sivun käyryys	
- seinä (a)	±10
- ovet ja ikkunat	±5
Aukot, joka suunnasta	
- mitat h ja l	±15
- mitat e	±15
- kulmien sijainnin ero	10
Seinä käyristymä (d) tai poikkeama pystysuorassa (p)	L/300
Sivusijainnit (S)	±15
Sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä (s)	±10
Vapaa väli (V)	±15
Yläreunan korkeusaseman vaakarakenteisiin liityttäessä (K)	±10

1) Lukuarvosta käytetään suurempaa

3) Alle 200 mm paksuisissa 1-rakenneluokan kantavissa seinissä toleranssit ovat -5, +8 mm.

Taulukko 2. Laattojen ja palkkien toleranssit, Normaaliluokka (By 47, Betonirakentamisen laatuohjeet 2013).

Mittauksen kohde	Toleranssit (mm)
Laatan paksuus	± 15 ¹⁾
Palkin leveys	± 15 ¹⁾
Palkkien vapaa väli (V)	± 15
Ala- ja yläpinnan korkeusasema tuella (K)	± 15
Sivusijainti	± 20
Sivusijainnin hammastus (mm/100 mm)	10

1) Jos mittauksen kohteen suuruus on alle 200 mm, niin toleranssit ovat 1-rakenneluokassa -5, + 15 ja 2-rakenneluokassa -10, +15.

2.5 Viimeistelylinja

Valmiiden betonielementtien tarkastukset suoritettiin yrityksen tehtaiden viimeistelylinjoilla, jonne ne siirrettiin väliaikaisesti varastoon ja tuettiin telineisiin. Esimerkki viimeistelylinjasta on esitetty kuvassa neljä. Myös elementtien korjaukset suoritettiin myös samalla, jos niitä löydettiin. “Rakennuksien elementtirakentamisella pyritään ensisijaisesti nopeaan ja taloudelliseen kokonaistoteutukseen. Tämä on johtanut entistä pidemmälle vietyyn elementtien viimeistelyyn tehtaassa ja työmaalla työn vähentämiseen.” (By 201, Betonitekniikan oppikirja 2018) Betonielementtien oli oltava suunnitelmien mukaisia ennen valuja, koska valmiiden elementtien korjaukset voivat olla työläitä ja se kasvattaisi korjauskustannuksia yritykselle.

Viimeistelylinjalla suoritettiin:

- Korjaustyöt (esimerkiksi elementtien paikkaustyöt, piikkaustyöt ja sähkövarauksien puhdistukset).
- Vaijerilenkkien kääntämiset oikeisiin asentoihin.

- Varauskolojen puhdistukset.
- Lämmöneristeiden korjaukset.
- Sisäkuorielementtien sääsuojarappaukset.



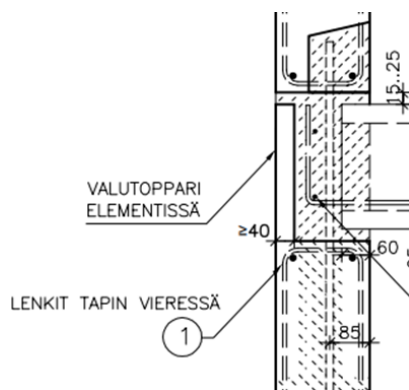
Kuva 4. Viimeistelylinja.

3 BETONIELEMENTTIRAKENTEET

“Betonielementtirakenteet ovat Suomessa yleisin tapa toteuttaa monikerroksisten asuin-, toimisto-, liike- ja julkisten rakennusten sekä teollisuus- ja varastorakennusten rungot.” (RT-82-10821, Betonielementtirunkorakenteet) Kappaleessa kolme kerrotaan sitä, että minkälaisia työhön kuuluvia betonielementtejä tutkittiin ja mitä asioita oli otettava huomioon tutkiessa valmiita betonielementtejä. Aluksi kerrotaan kaikki rakennetut betonielementtirakenteet ja asioista, joita tutkittiin valmiista betonielementeistä. Tämän jälkeen kerrottiin kaikki rakennusmateriaalit, joita tutkittiin. Niitä olivat esimerkiksi teräsbetoni, terästuotteet, puuosat ja sähkövarusteet. Rakennusmateriaalien kerronnassa oli tärkeintä kertoa se, että mitä valmiista elementeistä tutkittiin ja mitattiin. Myös se, että miten niiden asentamiset betonielementteihin oli huomioitava tuotantovaiheessa, jotta ne olisivat elementtipiirustuksien mukaan oikein tehty.

Sisäkuori-, väliseinä- ja palkkielementteihin tuli piirustuksien mukaiset valutopparit elementtien yläosiin. Kuvassa 5 on esitetty valutoppari, jonka tehtävänä oli toimia

muurina välipohjarakenteiden valutöissä. Lisäksi joihinkin sisäkuorielementteihin tehtiin elementtipiirustuksien mukaisesti valutopparit elementtien päätyihin.



Kuva 5. Valutoppari elementissä. (Elementtisuunnitelu www-sivut 2019d)

3.1.1 Massiivilaatat

Massiivilaattaelementtien tunnuksot olivat elementtipiirustuksissa L. Massiivilaatat ovat joko jännitettyjä betonilaattoja tai teräsbetonilaattoja. Tämän työn urakassa valmistimme pelkästään teräsbetonisia massiivilaattaelementtejä, joka on esitetty kuvassa 6. Jännitetyt betonilaatat tarkoittaisivat esimerkiksi ontelolaattoja, joita yritys ei valmista. ”Porrastasojen laattaelementit tuetaan tavallisesti porrashuoneiden kantaviin betoniin sisäseiniin.” (RT-82-10821, Betonielementtirunkorakenteet)

Massiivilaatoissa tutkittiin:

- Elementtien koko. (pituus, leveys ja paksuus)
 - Massiivilaatat olivat paksuudeltaan vähintään 190 mm.
 - Lisäksi oli tutkittava, että syvennykset ja ulkonemat olisivat tehty elementtipiirustuksien mukaiset oikein.
- Reiät
 - Reikien koot ja niiden sijainnit olisivat oikein sijoitettu.
- Tartuntalengkien sijainnit elementtien kyljissä.

- Tartuntalenkkeihin käytettiin 10 Ø mm B500B harjateräksiä.
- Tartuntalenkkiä sijainnit oli ilmoitettu piirustuksissa keskelle.
- Paksuussuunnassa niiden sijainnit olivat 95 mm etupinnasta.
- Tartuntalankit olivat irti elementeistä 80 mm.
- Nostoankkurit
 - Niiden sijainnit olisivat oikeissa kohdissa etupinnassa.
 - Uudenniityn tehtaalla nostoankkurien sijasta käytettiin väännettyjä nostolenkkejä.
 - Karjalankadun tehtaalla asennettuihin massiivilaattoihin asennettiin KK-nostoankkurit.
- WELDA- kiinnityslevyt
 - Laattoihin oli asennettu oikean malliset kiinnityslevyt, joiden koko oli vähintään 100 x 150 mm.
 - Ne oli sijoitettava oikeisiin kohtiin etupintaan. Yleisemmin ne oli upotettu elementin ulkoneman etupintaa. Muutama oli upotettu laatan etupinnan alapuolelle.



Kuva 6. Massiivilaatta.

3.1.2 Sisäkuorielementti

Sisäkuorielementti on elementtityyppi, jota käytetään julkisivuissa kantavina rakenteina. Sisäkuorielementtien tunnus elementtipiirustuksissa olivat SK, joka on esitetty kuvassa 7. Tämä tarkoitti sitä, että ne olivat suunniteltu kantaviksi rakenteiksi. Oli

myös sisäkuorielementtejä, joiden tunnuksset olivat SKx tai RK. ” Kantavan ulkoseinäelementin betonisen sisäkuoren tyypillinen paksuus on 150 mm.” (RT-82-10821, Betonielementtirunkorakenteet) Tässä työssä suurimmaksi osaksi SK-elementteihin julkisivupintaan oli tuotannossa asennettu elementtipiirustuksien mukaisesti ohutrappaukseen tarkoitettua lämmöneristelevyä ISOVER_FL 220, joka toimi lämmöneristeenä rakenteelle. Eristeen paksuus oli 220 mm. Lämmöneristelevyn pinta, joka tuli työmaalla rakennuksen ulkopintaan, niin siihen tehtiin ohutrappauspinta sääsuojaksi tehtaan viimeistelylinjalla.

Sisäkuorielementeistä (SK, ja SKx) tutkittiin:

- Elementtien koko. (pituus, leveys, korkeus ja paksuus)
- Elementtien päätyjen oikeanlaisuudet koskien viisteitä ja vaijerilenkkejä
- Ikkuna-aukkojen koot ja niiden sijainnit
 - Kaidepuiden määrä ja niiden oikeat sijainnit korkeussuunnassa
 - Kuljetustuet aukkojen alaosasta
- Elementtien teräsosat olisivat elementtipiirustuksien mukaisissa paikoissa.
- Aluskermin oikeanlaisuus ikkuna-aukkojen yläosassa.
- Kynnyspuut oli asennettu piirustuksien mukaisesti tiettyjen SK-elementtien yläosiin ikkuna-aukon kohdille.
- Reiät ja läpiviennit
 - Niiden oikeat kokoisuudet ja niiden sijainnit.
- Sähkövarusteet olisivat oikeanlaiset



Kuva 7. Sisäkuorielementti (SK).

Sisäkuorielementti, jonka tunnus oli RK tarkoitti, että betonielementti ei ollut kantava rakenne. Näihin ei tullut lämmöneristeitä eikä karmipuita.

RK-elementeistä tutkittiin:

- Elementtien koko. (pituus, leveys, korkeus ja paksuus)
- Elementtien päätyjen oikeanlaisuudet koskien viisteitä ja vaijerilenkkejä
- Elementtien teräsosat olisivat elementtipiirustuksien mukaisissa paikoissa.
- Ikkuna-aukkojen koot ja niiden sijainnit
- Reiät olivat suunnitelmien mukaiset ja oikeissa kohdissa
- Sähkövarusteet olisivat oikeanlaiset

3.1.3 Väliseinäelementti

Väliseinäelementtien tunnuksot elementtipiirustuksissa oli V. Väliseinäelementeistä tehtiin kerrostalon kantavia rakenteita, jotka toimivat samalla huonetilojen jakavina elementteinä. “Asuinrakennuksen kantavat väliseinät ovat yleensä raudoittamattomia 180 tai 200 mm:n paksuja betonielementtejä.” (RT-82-10821, Betonielementtirunkorakenteet)

Väliseinäelementeistä tutkittiin:

- Elementtien koko. (leveys, korkeus ja paksuus)

- Oviaukkojen koot olisivat piirustuksien mukaiset
- Elementtien päätyjen oikeanlaisuudet koskien viisteitä ja vaijerilenkkejä
- Elementtien teräsosat olisivat elementtipiirustuksien mukaisissa paikoissa.
- Sähkövarusteiden oikeanlaisuudet
- Hanarasioiden kolojen koot ja niiden sijainnit
- Reiät olivat suunnitelmien mukaiset ja oikeissa kohdissa
- Ulkoneman oikeanlaisuus.

3.1.4 Palkkielementti

Palkkielementit, joiden tunnuksat elementtipiirustuksissa olivat K. Palkkielementit voivat olla jännitettyjä jännebetonipalkkeja tai teräsbetonipalkkeja. Tässä työssä tutkittiin pelkästään teräsbetonipalkkeja. Lisäksi tutkittavan palkkielementin tyyppi oli suorakaidepalkki, johon oli lisätty valutoppari palkin yläosaan. “Palkkielementti voi olla monimuotoinen käyttötarkoituksesta riippuen. Palkit muodostavat yhdessä pilareiden kanssa rakennuksen kantavan rungon” (By 208, Elementtityöt)

Palkkielementeistä tutkittiin:

- Elementtien koko. (leveys, korkeus ja paksuus)
- Elementtien oikeanlaisuudet koskien viisteitä ja vaarnauria
- Elementin teräsosat olivat piirustuksien mukaiset
- Reiät olivat suunnitelmien mukaiset ja oikeissa kohdissa

3.1.5 Betonielementtiparveke

“Asuinrakennusten parvekkeet tuetaan yleensä omalla, rakennuksen ulkopuolisella pystyrungolla, joka on sidottu vaakasuunnassa rakennusrunkoon. Laatan rakennuksen puoleinen reuna voidaan tukea myös välipohjalaataston tai julkisivuelementin varaan.” (RT-82-10821, Betonielementtirunkorakenteet) Näiden tunnuksat olivat CL, joka oli esitetty kuvassa 8. Betonielementtiparvekkeet valmistettiin tuotantovaiheessa elementtipiirustuksien mukaisesti, mutta ne valmistettiin niinsanotusti peilikuvana eli

parvekkeiden etupinnat tehtiin muottitason pintaa vasten. Tämä sen vuoksi, koska silloin parvekkeisiin saatiin asennettua vesiurat, parvekaivot, reiät ja nostoankkurit oikeisiin kohtiin. Parvekkeiden takapinta oli pinnassa, johon tehtiin betonin valamisen jälkeen telepinta-käsittely ja lisäksi asennettiin ruostumaton valuankkuri pintaan.

Betonielementtiparvekkeista tutkittiin:

- Elementtien koko. (leveys, korkeus ja paksuus)
- Vesiuran oikeanlaisuus
 - Vesiurissa oli oikeat vesikaadot
 - Vesiuraan asennettu parvekekaivo oli oikeanlainen
- Reiät sadevesiputkia varten olivat oikean kokoinen ja oikeassa kohdassa.
- Nostolenkkien koko ja niiden sijainnit olivat piirustuksi
- Kaidekiinnitysosat (P4X)
 - Olivat oikeanmukaiset
 - Määrät täsmäsivät piirrustuksien mukaisesti
 - Sijoitettu oikeisiin kohtiin
- Nostoankkurien koko ja niiden sijainnit
- Stalan lisäteokset, eli niiden avulla parveke-elementti liitettiin kerrostalon välipohjarakenteisiin.
 - Määrät olivat piirrustuksien mukaiset
 - Sijainnit olivat oikeissa kohdissa.

→Ne olivat näkyvillä 400 mm ja 85 mm telapinnan alapuolella pak-suussuunnassa.



Kuva 8. Betonielementtiparveke.

3.1.6 Hissikuilun yläpään elementti

“Hissikuilut kootaan kerroksen korkuisista elementeistä. Hissikuilun pohjalle tulee kuppielementti, jonka päälle kuiluelementit asennetaan. Yläpäähän tulee myös kuppielementti, jonka korkeus vaihtelee hissitoimittajan mukaan. Elementit voivat sisältää tarvittavat varusteet ja LVIS-installaatiot hissien asennusta varten.” (Elementtisuunnittelun www-sivut 2019f) Hissikuilun yläpään elementin tunnus oli HKY. Kuppielementti asennettiin kerrostalon hissikuilun yläosaan, johon hissi ripustettiin kiinni hylsyankkureihin kiinni.

Hissikuilun yläpään elementistä tutkittiin:

- Elementin koon ja sen oikeanlaisuus
- Kolojen määrät ja sijainnit
- Reikien koot ja sijainnit etupinnassa
 - Reikä 40x150 sijainti oli sijoitettu hissien ovea kohti oikeaan kohtaan.
- Hissien ripustuslenkit (Hylsyankkuri Rd20)
 - Oikea määrät ja niiden sijainnit muottipinnassa. Niitä oli kolme kappaletta.
- Nostoankkurit (Pla 24)
 - Nostoankkurit oli korvattu taitetuilla nostolenkeillä elementin etupinnassa. Näiden avulla elementtiä nostettiin ja siirrettiin.

3.2 Teräsbetoni

Betoni oli tässä työssä tärkein rakennusmateriaali, koska betonista valmistetut elementit toimivat kerrostalossa koossa pitävinä rakenteina. Betonielementit valmistettiin valumuottien avulla, joilla saatiin suunniteltua ja valmistettua monia erilaisia elementtejä. Betoni on joustavaa rakennusmateriaalia, sillä sen avulla saatiin tehtyä tiiviitä rakenteita sauvatäryttimien avulla. Tuotantovaiheessa valumuotit oli oltava tarkkaan mitattu oikein, ja niiden oli oltava suunnitelmien mukaiset. Tämä sen vuoksi, koska valmiista betonielementtiä olisi hankala korjata (piikkaus- ja paikkaustyöt) ja niiden korjaaminen veisi aikaa ja syntyisi ylimääräisiä kustannuksia.

“Betonielementit ovat teräsbetonirakenteita. Niillä on hyvä puristuslujuus, mutta huonoa vetolujuus ja leikkausjännitys. Teräsbetonin tehtävä elementeissä on siirtää leikkaus- ja vetojännitykset betonin teräksille, joilloin puristuslujuus jää betonille.” (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018). Tuotantovaiheessa betonielementeissä oli käytettävä suunnitelmien mukaisilla teräksillä. Terästen koot ja niiden määrät oli ilmoitettu elementtipiirustuksissa ja niitä tuli noudattaa. Niihin asennettavien raudoitusverkkojen piti olla oikean kokoiset. Raudoitusverkkojen kokoon kuului oikeat tankojen koot ja niiden jakoväli. Betonielementteihin ei saanut milloinkaan asentaa pienempiä teräkisiä, mitä elementtipiirustukset vaatisivat, koska se voisi heikentää betonielementin lujuutta ja kantokykyä.

3.2.1 Betonipeite

“Tankojen ympärillä on riittävästi betonia, jotta tangot eivät ruostuisi ja toimivat yhdessä betonin kanssa.” (By 206 Raudoitustyöt) Betonipeite tarkoitti elementeissä suojaetäisyyttä, joka oli elementin pinnan ja raudoituksissa käytettävien tankojen välistä etäisyyttä. Liian vähäinen betonipeite vähentäisi rakenteen säilyvyyttä. Jos valetun elementin raudoitusosat oli sijoitettu liian lähelle betonin pintaa, niin ajan mittaan raudoitusosat voivat ruostua ja pinta alkaa vaurioitua. Nämä pitää korjata. Elementtipiirustuksissa oli ilmoitettu elementtien betonipeitteiden arvot. Tutkimuksien yhteydessä mitattiin betonipeitepaksuuksia elementtien valupinnoista. Mittaukset suoritettiin paksuusmittarin avulla ja tulokset löytyvät liitteestä 4.

Oikean betonipeitteen saaminen elementteihin oli huomioitava elementin eri tuotantovaiheissa. Elementtitehtaan raudoittamossa valmistettiin kaikki raudoitusosat valmiiksi kaikille valmistettaville elementeille, jotka tulevat päivän aikana valuun. Raudoittamossa raudoittaja tutki valmistettavan elementin elementtipiirustuksen raudoiteluetteloa ja alkoi valmistaa suunnitelmien mukaisia raudoiteosia. Raudoittajan oli huomioitava suojaetäisyys valmistaessa niitä, jotta ne sopisivat valmistettavaan betonielementtiin. Kun raudoiteosat oli saatu valmiiksi, niin ne kuljetettiin valmistettavan elementin luo, johon ne oli valmistettu. Muottipintaa vasten asennettavissa raudoituselementeissä tai verkkoraudoituksissa oli elementin tekijän huolehdittava siitä, että ilmoitettu suojaetäisyys täytyisi. Se onnistui asentamalla oikean kokoiset välikkeet

muottipinnan ja raudoitusten väliin koko muottipinnan alueelle. Lisäksi oli käytettävä väliskeitelementtien muottisiivuisissa, jotta niissäkin ilmoitettu betonipeite saatiin varmistettua. SK-elementeissä, joihin asennettiin lämmöneriste, niin väliskeitelementteinä käytettiin oikean korkuisia raudoituskorokkeita, jotta ne eivät uppoaisi lämmöneristeeseen valun aikana.

Jos valupintaan määrättiin myös raudoitusverkko, niin raudoitusverkkojen väliin oli asennettava oikean kokoiset työpukit, joiden päälle pintaverkko asennettiin. Työpukin korkeudessa oli huomioitava se, että ilmoitettu suojaetäisyys myös valupinnassa täytyisi. Pintaverkko oli surrattava hyvin kiinni ja myös raudoiteverkon ulkoreunoilta, koska muuten valun aikana raudoiteverkko voi reunoilta taipua kohti valupintaa ja silloin suojaetäisyys ei enää täytyisi.

3.2.2 Betonin puristuslujuus

“Betonilla on hyvä puristuslujuus, jonka avulla se kestää suuria puristusrasituksia. Betoni luokitellaan puristuslujuuden perusteella lujuusluokkiin, ja muut suunnitellussa käytettävät mekaaniset ominaisuudet saadaan lujuusluokan perusteella.” (By 201, Betonitekniikan oppikirja 2018) Betonin lujuusluokat ovat vähintään C8/10 ja enimmiltään C100/C115. “Talonrakennustekniikassa lujuusluokat liikkuvat C20/25... C50/60 ilmoitettuna viiden yksikön välein.” (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018) Tämän opinnäytetyön betonielementeissä käytettiin C30/37 tai C35/45 lujuusluokan betoniseoksia, jotka olivat ilmoitettu elementtipiirustuksissa. Yritys valmistaa itse Karjalankadun tehtaalla betoniseoksensa tuotantoonsa. Uudenniityn tehtaalla ei pystytty valmistamaan betonia, jonka seurauksena se tilattiin muualta.

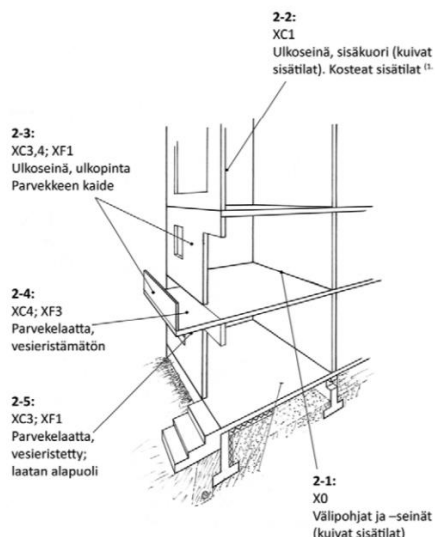
3.2.3 Rasitusluokat

Oikean betonilaadun valinnassa oli huomioitava oikean puristuslujuuden lisäksi se, että betoni kestäisi ympäristön olosuhteita ja rasituksia kerrostalon rakennuskohteessa. Nämä ilmoitettiin elementtipiirustuksissa rasitusluokkana. Rasitusluokka määräytyi

sillä tavoin, että minkälaiseen ympäristöön elementit sijoitettiin. Väärän rasitusluokan betoni heikentäisi betonielementeissä betonin laatua ja se nostaisi kustannuksia. Kuvassa 9 on esitetty tyypillisimmät rasitusluokkayhdistelmät. Kuvassa 10 on esitetty suositeltavat betonilaadut asuinrakennuksien runko- ja julkisurakenteisiin. Rakennesuunnittelijat vastaavat ja suunnittelevat kohteelle käyttöikäsuunnittelun, jonka tehtävänä on suunnitella rakenteille oikeat kestävyudet säilyvyyden osalta. Betonielementtien valmistajina yrityksen oli käytettävä jokaisessa elementissä niihin määritetyjä betoniseoksia, joilla on oikeat puristuslujuudet ja rasitusluokat. Varsinkin kaikki betonielementit, jotka sijoitettiin rakennuksen ulkopintaan, niin niissä betonin oli oltava säänkestävää.

Rasitusluokkayhdistelmä	Selite
X0	Raudoittamattomat rakenteen kuivissa sisältöissä
XC1	Raudoitettut rakenteet kuivissa sisältöissä
XC2	Maanalaiset rakenteet, rakenne pysyy erittäin kosteana
XC3	Sateelta suojattu ulkorakenne, ei pakkasrasitusta (kosteuspitoisuus alhainen)
XC3; XF1	Sateelta suojattu pystyrakenne, pakkasrasitus
XC3,4; XF1	Osittain sateelta suojattu pystyrakenne, pakkasrasitus
XC3,4; XF3	Sateelta osittain tai kokonaan suojaamaton vaakarakenne, pakkasrasitus
XC4; XF3	Sateelle altis suojaamaton vaakarakenne, pakkasrasitus
XC3; XD1	Kloridirasitetut rakenteet sisältöissä
XC3; XF2; XD1	Sateelta suojattu, sateelta suojaamaton tai osittain sateelta suojattu rakenne, kloridirasitus ja lievä pakkas-suolarasitus. XD-luokka on vaativampi kuin XC-luokka ja siten XC-luokalla ei ole merkitystä
XC3,4; XF2; XD1	Sateelta suojattu, sateelta suojaamaton tai osittain sateelta suojattu rakenne, kloridirasitus ja ankara pakkas-suolarasitus. XD-luokka on vaativampi kuin XC-luokka ja siten XC-luokalla ei ole käytännössä merkitystä
XC3,4; XF4; XD2	Sateelta suojattu, sateelta suojaamaton tai osittain sateelta suojattu rakenne, kloridirasitus ja ankara pakkas-suolarasitus. XD-luokka on vaativampi kuin XC-luokka ja siten XC-luokalla ei ole käytännössä merkitystä
XC4; XF4; XD2	Sateelta suojattu, sateelta suojaamaton tai osittain sateelta suojattu rakenne, kloridirasitus ja ankara pakkas-suolarasitus. XD-luokka on vaativampi kuin XC-luokka ja siten XC-luokalla ei ole käytännössä merkitystä
XC3,4; XF4; XD2	Sateelta suojattu, sateelta suojaamaton tai osittain sateelta suojattu rakenne, kloridirasitus ja ankara pakkas-suolarasitus. XD-luokka on vaativampi kuin XC-luokka ja siten XC-luokalla ei ole käytännössä merkitystä
XC2; XS2	Merivedenalainen rakenne
XC3,4; XF4; XS3	Merenrannalla, roiskevyöhykkeessä oleva rakenne

Kuva 9. Rasitusluokkayhdistelmiä. (By 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnitteluun – opas suunnittelijoille 2016.)



Kuva 10. Suositeltavat betonilaadut asuinrakennuksien runko- ja julkisurakenteisiin. (By 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnitteluun – opas suunnittelijoille 2016.)

3.2.4 Betonielementin pintakäsittelyt

Betonielementtien valut piti tehdä mahdollisimman varovasti ja huolellisesti, etteivät valettavan elementin raudoitukset tai sähkövarusteet liikkuisi pois paikoiltaan. Valuissa käytettiin sauvatäryttimiä betoniseoksen tiiveyden varmistamiseksi. Lisäksi oli varmistettava, että valettavan elementin muottisiivut olisivat hyvin tuettuina, jotta ne eivät antaisi periksi valun aikana. Valutöiden jälkeen oli selvitettävä, että minkälainen pinnakäsittely valettuun betonielementtiin tehtäisiin. Tarvittavat tiedot ilmoitettiin elementtipiirustuksissa. Lisäksi kerrottiin myös se, että minkälaiset pintakäsittelyt tehtiin etupintaan tai takapintaan. Takapinnassa eli muottipinnassa oli tärkeintä se, että muottitasen pinta ja valettavan betonielementin muottisiivut käsiteltäisiin hyvin muottiöljyllä. Tämä esti betonin kiinnittymisen muottipintaan ja muottisiivuihin. Lisäksi se myös helpottaisi muottiosien purkamisia valmiista betonielementeistä. Jos muotin pohjaa tai sen muottisiivuja ei käsiteltäisi hyvin muottiöljyllä, niin betoni tarttuu niihin tiukasti kiinni, jonka seurauksena betonin pinta voi vaurioitua purkuvaiheessa tai betonielementin nostovaiheessa. Tämä oli tärkeä asia, jotta ei tulisi ylimääräisiä kustannuksia pintojen korjauksien takia. Betonielementin etupintaan eli valupintaan tehtiin piirustuksien mukaiset pintakäsittelyt. Niitä oli tässä työssä hiertopinta, teräshierto ja telapinta.

- Ennen kuin betonin pintaan tehtiin oikeanlainen pintakäsittely valamisen jälkeen, niin valetun elementin pinnan suoruus oli tarkistettava oikolautaa käyttäen.
- Betonielementtien valujen jälkeen tehdyt jälkihoidot oli tehtävä huolellisesti, jotta niihin ei syntyisi pintahalkeiluja tai pakkasvaurioita.

Valmiiden betonielementtien valupinnat pestiin painepesurien avulla puhtaaksi tehtaiden pesupaikoilla. Tämä sen vuoksi, koska silloin pyrittiin poistamaan betonin pinnoilta sementtiliima. Pintojen oli oltava puhtaita. Tämä oli erityisen tärkeää sen vuoksi, koska betonin pintaan tehtiin pintakäsittelyt työmaalla ja niihin käytettävät rakennuslaastit oli tartuttava betonin pintaan. Ylimääräiset hiomiset lisääisivät kustannuksia ja hidastavat urakan etenemistä työmaalla.

Hiertopinta

Kun valun pinnan suoruus oli tarkistettu oikolaudan avulla, niin valupintaa hierrettiin muovihiertimellä.” Kun massasta on vesi erottunut ja pinta alkaa himmetä, hierretään pinta.” (By 205, Betonityöt) Muovihiertimellä tehtiin kiertoliikkeitä siihen asti, kunnes saatiin tasainen ja hierretty pinta. Hiertopintaa käytettiin massiivilaatoissa. Hiertopinta on esitetty kuvassa 11.

- Kun teki hiertopintaa, niin valupinta ei saanut jäädä epätasaiseksi.



Kuva 11. Hiertopinta.

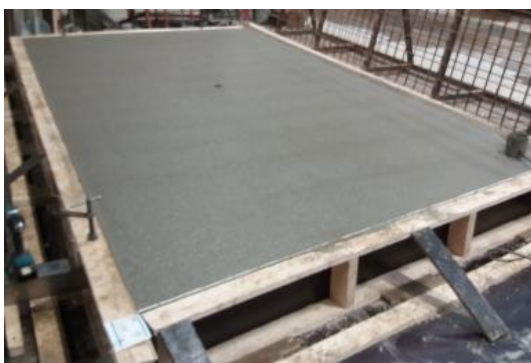
Teräshierto

Kaikkiin muihin betonielementtien valupintoihin tehtiin teräshierto. Teräshierto tehtiin heti hiertopinta-käsittelyn jälkeen. Teräshierto tapahtui teräslipin avulla, jolla tehtiin kaarimaisia liikkeitä valupintaan. Näin pinnasta saataisiin mahdollisimman sileä ja tasainen.

- Valmiiden betonielementtien teräshierto-pinnat hiottiin vielä lattiahiomakoneilla ennen, kuin ne nostettiin pois työpisteiltä. Hiomiset eivät koskeneet betonielementtiparvekkeita.

Telapinta

Telapinta-käsittelyt tehtiin tässä työssä betonielementtiparvekkeisiin. Teräshierron jälkeen valupinnan piti ehtiä vähän aikaa jähmettyä ennen kuin aloittaisi telapinta-käsittelyn. Tämä sen vuoksi, jotta pinnasta saataisiin oikeanlainen. Telapinnat tehtiin lyhytvartisella maalaustelalla. Tela tuotiin rauhallisella liikkeellä telaajaan päin, jolloin saatiin siisti ja telamainen pinta. Telaussuunta oli elementin korkeussuunnassa. Telapinta on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Telapinta.

3.3 Betonielementtien teräs- ja metalliosat

Betonielementtejä rakentaessa niissä piti käyttää elementtipiirustuksien ilmoittamia betoniteräksiä. Suomen yleisin betoniteräs betonielementeissä on ollut A500HW. Nykyään käytetään myös B500B betoniterästä. B500B nimike muodostuu tunnuksista B (betoniteräs), 500 teräksen myötöraja (MPa) ja B (A, B tai C) sitkeysluokkaa.

”Pykälän mukaan tyyppihyväksytyn betoniteräksen nimike koostuu kirjaimesta B (= betoniteräs), teräksen myötörajan ominaisarvoa kuvaavasta 50 MPa jaolla annettusta luokasta (450, 500, 550, 600, 650 tai 700 MPa), mahdollisesta austeniittista – austeniittis-ferriittistä terästä kuvaavasta tunnuksesta X, teräksen sitkeyttä kuvaavasta luokasta (A, B tai C ympäristöministeriön asetuksen hitsattavien betoniterästen ja betoniteräsverkkojen teknisistä vaatimuksista mukaisesti), sekä, mikäli ilmoitettu, väsymislujuutta ja sen määrittämismenettelyä kuvaavasta tunnuksesta (-Fa, -Fb, -Fc tai -Fd) ja betoniteräksen lujuutta korkeissa lämpötiloissa kuvaavasta kirjaimesta (-X).” (Ympäristöministeriön [www-sivut](http://www.ymparisto.fi) 2019b)

Betonielementtien tuotannossa käytettiin teräsosia, mitä elementtipiirustukset olivat vaatineet. Teräsosia olivat esimerkiksi nostolenkit, erilaiset nostoankkurit, elementtien liitoksiin käytetyt teräsosat tai erilaiset holkkiosat.

3.3.1 Nostolenkit

Nostolenkkien avulla saatiin betonielementit nostettua ja siirrettyä. Kuvassa 13 on esitetty nostolenkki. Nostolenkit oli sijoitettava elementtiin oikeille kohdille piirustuksien mukaisesti, jotta elementti olisi tasapainossa nostaessa ja siirtäminen tapahtuisi turvallisesti. Nostolenkit nostettiin 100 mm irti elementin korkeussuunnassa, jotta nostovaiheissa ketjujen kiinnitysleuat saataisiin kiinnitettyä elementteihin huolellisesti.



Kuva 13. SK-elementin nostolenkki.

- Elementtien nostolenkkien koko ja niiden sijainnit piti tarkistaa elementtipiirustuksista.

Massiivilaatoissa nostolenkkeihin asennettiin syvennysvaraukset pintakäsittelyiden jälkeen, joka on esitetty kuvassa 14. Niiden tehtävänä oli saada nostolenkkiä näkyville enemmän valupinnan alapuolelle. Tämän avulla nostolenkit saatiin työmaalla katkaisua valupinnan alapuolelta laatan asennuksen jälkeen, sillä leikattujen nostolenkkien osat jäivät valupinnan alapuolelle.



Kuva 14. Nostolenkkien syvennys massiivilaatassa.

3.3.2 Nostoankkurit

Nostoankkureita käytettiin nostolenkkien tavoin betonielementtien nostamisissa. Se on esitetty kuvassa 15. Nostoankkureita asennettiin parvekelaattoihin. Ankkurien määrät ja koot oli ilmoitettu elementtipiirustuksissa. Nostoankkurit kiinnitettiin muottipintaan naulauslevyjen avulla kiinnipysyvyyden varmistamiseksi. Nostoankkureita

asentaessa elementtiin on huomioitava, että ankkureihin oli asennettu lisäraudoitus, joka oli taivutettu lenkiksi.

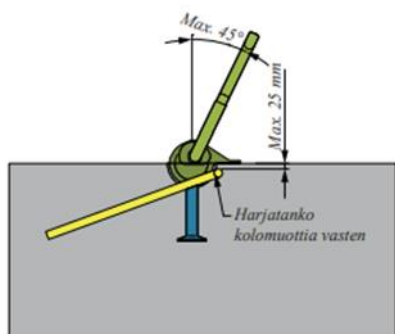
Lenkin koko ja pituus on ilmoitettu piirustuksissa. Lenkin on tultava ankkurin sisäpuolelle kohti elementin keskustaa ja suunnattu poispäin elementin keskustasta. Tämä vähensi vedon vaikutusta elementtiä siirtäessä ja asennusvaiheessa. Ankkurit oli suojattava ulkovarastossa, jottei kolot jäädy talviaikaan.



Kuva 15. Nostoankkuri. (Peikko www-sivut 2020a.)

Massiivilaatoissa, jotka valmistettiin Karjalankadun tehtaalla, niin niihin asennettiin kuulapääankkurit. Kuulapääankkureissa käytettiin KK-nostoankkureita, jotka kiinnitettiin kolomuottien sisäpuolelle ja ne asennettiin valupinnan kanssa samaan tasoon. Massiivilaattoja nostettiin KK-nostolukkojen avulla, jotka kiinnitettiin KK-nostoankkureihin. Hissikuilun yläpään elementin hylsyankkurit asennettiin elementin sisäpuolelle yläosaan, joihin hissi ripustettiin kiinni hissilenkkien avulla työmaalla.

- Tuotantovaiheessa oli tarkistettava, että kuulapääankkureihin oli asennettu lisäteräket samalla tavalla kuin nostoankkureissa. Tämä on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. KK-nostojärjestelmä. (Peikko www-sivut 2020d)

3.3.3 Tartuntatapit

Sisäkuori-, palkki- ja väliseinäelementtien yläosiin sijoitettiin tartuntatapit, joiden päälle ohjattiin seuraavan kerroksen elementti. Tämä on esitetty kuvassa 17. Tapit olivat tehty B500B harjateräksestä. Tappien oli sijaittava oikeissa kohdissa niin leveys-suunnassa kuin elementin paksuuden suunnassa. Tappien pituus ja paksuus (\emptyset) oli oltava suunnitelmien mukaiset ja lisäksi niiden on oltava suunnitelmien mukaisesti riittävän syvällä valussa väännön vuoksi. Tartuntatappien minimipaksuus oli \emptyset 16 mm.



Kuva 17. SK-elementin tartuntatappi.

3.3.4 Massiivilaattojen tartuntateräkset

Massiivilaattojen sivuihin oli piirustuksien mukaisesti asennettu U-malliset lenkit, joka on esitetty kuvassa 18. Niiden tehtävänä on liittää massiivilaatta kerrostalon välipohjan raudoituksiin. Teräksenä käytimme B500B, jonka paksuus oli suunnitelmien

mukaisesti Ø 10 mm. Lenkit tehtiin taivuttamalla tankoja U-malliseksi, jonka leveys oli 180 mm ja lenkkien jatkospituudet olivat 500 mm, jotka tulivat elementin sisään. Tuotannossa tartuntalenkit asennettiin massiivilaattojen muottien sisäpuolelle L-muotoisiksi ja kiinnitettiin muottisiivuihin kiinni, jotka suojattiin uretaanivaahdolla. Tämä sen vuoksi, koska valmiin massiivilaatan muottisiivujen purkujen jälkeen teräkset taivutettiin oikeisiin asentoihin.

- Niiden täytyi sijaita piirustuksien mukaisesti oikeissa kohdissa leveys- ja paksuussuunnissa. Mitat oli annettu tartuntalenkkien keskelle.
- Myös piti tarkistaa, että lenkit olivat suunnitelmien mukaisesti irti elementistä.



Kuva 18. Massiivilaattojen tartuntateräs väännetty oikeaan asentoon

3.3.5 Hitsausliitokset

Betonielementteihin oli asennettu Welda-kiinnityslevyjä, joka on esitetty kuvassa 19. Näiden levyjen ansiosta saatiin tehtyä liitokset teräs- ja betonirakenteiden välille, jotka liitettiin toisiinsa kiinni hitsaamalla työmaalla asennusvaiheessa. Ne piti sijoittaa oikeisiin kohtiin betonielementeissä. Kiinnityslevyt asennettiin valupintaan valamisen jälkeen, mutta ennen valua oli tarkistettava, että kiinnityslevyt uppoavat hyvin oikeisiin kohtiin johtuen ahtaista raudoituksista. Jos kiinnityslevyt piti asentaa muottipintaan, niin ne piti kiinnittää huolellisesti kiinni naulaamalla tai kuumaliiman avulla. Tämä sen vuoksi, jotta ne eivät siirtyisi valun aikana pois paikoiltaan. Niiden piti olla tasaisesti valupinojen kanssa.

- Elementeissä piti käyttää elementtipiirustuksien mukaisia kiinnityslevyjä.

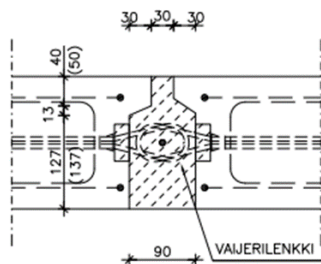
- Milloinkaan elementeissä ei käytetä pienempiä kiinnityslevyjä
- Kiinnityslevyjen sijainnissa piti huomioida myös elementtien paksuussuunnassa, sillä jotkut levyt sijaitsivat esimerkiksi 70 mm valupinnan alapuolella.



Kuva 19. Welda-kiinnityslevy (Peikko www-sivut 2020c)

3.3.6 VS-vaijerilenkit

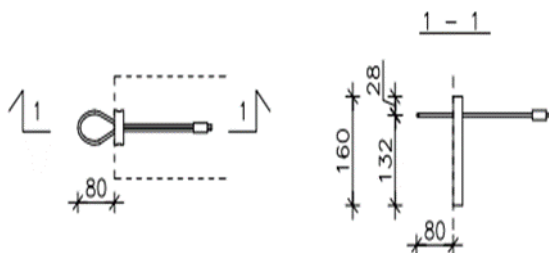
“Vaijerilenkit koostuvat vaarnakotelosta ja sen läpi pujotetusta vaijerilenkistä. Vaarnakotelot on valmistettu joko pellistä taivuttamalla tai muoviraaka-aineesta ruiskupuristamalla. Vaijerilenkit on valmistettu korkealujuusteräksestä.” (Elementtisuunnittelu www-sivut 2019g) Vaijerilenkkien tehtävänä oli liittää seinäelementit toisiinsa kiinni rakennuksessa ja jakaa saumoihin syntyvää leikkausvoimaa. Vaijerilenkit sijoitettiin piirrustuksissa merkittyihin kohtiin, jotka sijaitsivat elementtien päädyissä tai valupinnoissa riippuen siitä, että miten seuraava elementti liitettiin siihen kiinnityömaalla asennusvaiheessa. Seinäelementtien liittäminen toisiinsa vaijerilenkkien avulla tapahtuisi rakennuksessa siten, että ylhäältä päin pujoitetaan pystysaumateräs vaijerilenkkien läpi. Kun pystysaumateräs oli pujoitettu, niin myöhemmin elementtien liitoskohdat täytettiin pystysaumabetonilla. Tämä on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Seinäelementtien liitos vaijerilenkkien avulla. (Elementtisuunnitelu www-sivut 2019e)

Vaijerilenkit asennettiin vaurnauriin elementtien valupintoihin tai päätyihin. Ne oli asennettava tuotantovaiheessa suunnitelmien mukaisiin kohtiin. Sisäkuori- ja väliseinäelementeissä ensimmäinen vaijerilenkki asennettiin elementin alaosasta 300 mm korkeuteen lenkin kohdalle ja siitä ylöspäin asennettiin vaijerilenkit 500 mm välein eli K500 jaolla lenkien kohdilta. Vastaavasti palkkielementeissä ensimmäinen vaijerilenkki asennettiin 250 mm korkeuteen lenkin kohdalle ja siitä ylöspäin K400 jaolla.

- Elementeistä täytyi tarkistaa, että niihin oli asennettu oikean kokoiset vaijerilenkit, ja määrät olivat oikein. Koot olivat VS 80 tai VS 100. Kuvassa 21 on esitetty VS 80 vaijerilenkin mitat.



Kuva 21. Vaijerilenkki VS 80 (Elementtisuunnitelu www-sivut 2019e)

Vaurnaurissa käytetyt puosat poistettiin, jonka jälkeen vaijerilenkkien suojateipit poistettiin ja vaijerilenkit taivutettiin ulos koteloista. Kuvassa 22 on esitetty valupintaan asennettu vaurnaura, josta VS 80 vaijerilenkkien suojateipit pitävät vielä poistaa.



Kuva 22. Vaijerilenkit (VS 80) vaarnaurassa

3.3.7 Valuankkuri

Betoniementtien pintoihin oli asennettava oikeanlaiset valuankkurit, joka on esitetty kuvassa 23. Varsinkin seinäelementeissä niiden tehtävänä oli saada elementti tuettua työmaalla asennenuksien yhteydessä tönärien avulla. Tönärit kiinnitettiin betonielementteihin asennettuihin valuankkureihin pulttien avulla.

Betonielementeissä oli käytettävä elementtipiirustuksien määräämiä malleja. Yleisin malli oli Vemo M16. Näihin kierrettiin muoviset naulauslevyt, joilla varmistettiin valuankkurin kiinnipysyvyys. Ne asennettiin elementteihin ennen valuja muottipintaan kiinni tai valupintaan pintakäsittelyn jälkeen elementtipiirustuksien ilmoittamiin paikkoihin. Valuankkurien kiinnitykset muottipintaan kiinnitettiin naulaamalla naulauslevyt kiinni pohjaan, jos muottitaso oli vaneria. Mutta jos muottitason pinta oli metallinen, niin kiinnitys muottipintaan tapahtui magneettisilla naulauslevyillä.



Kuva 23. Valuankkurin kiinnitys muottipintaan. Naulauslevy (punainen).

Valupintaan asennetut valuankkurit asennettiin elementin pintakäsittelyn jälkeen. Valuankkurit asennettiin niin, että valuankkuriin kierretty naulauslevy olisi valupinnan kanssa samassa tasossa. Naulauslevyn kartiomainen muoto esti sisäkierreankkurin uppoamisen liian syvälle ja niiden ansiosta sisäkierreankkurit saatiin upotettua 15 mm betonipintojen sisäpuolelle. Kuvassa 24 on esitetty naulauslevy, joka on sijoitettu valupintaan.



Kuva 24. Naulauslevy valupinnassa.

- Välseinä- ja sisäkuorielementteihin asennettiin vähintään kaksi kappaletta valupintoihin.
- Naulauslevyt poistettiin valmiista betonielementeistä.
- Parvekkeisiin asennettiin yksi valuankkuri telapintaan ja sen oli oltava ruostumattomasta teräksestä (Rst) tehty.

Parvekkeisiin valuankkurit asennettiin telapintaan sen vuoksi, koska myöhemmin kerrostalon parvekkeella työskenneltiin. Näihin asennettiin parvekekaiteet ja niitä asennettaessa saatiin turvavaljaat kiinnitettyä seuraavan kerroksen parvekkeen pohjan valuankkuriin. Näin parvekkeilla pystyttiin työskentelemään, jolloin kaideosien asennukset ja niiden lasitukset tapahtuisivat turvallisesti.

3.3.8 Holkkiosat

Holkkiosia käytettiin turvakaideosina työmaalla. Niillä ehkäistiin putoamisvaaran rikkejä työskenneltäessä rakennuksen työpisteiden reunoilta. Holkkiosat asennettiin tuotantovaiheissa suunnitelmissa tiettyjen sisäkuori- ja väliseinäelementtien

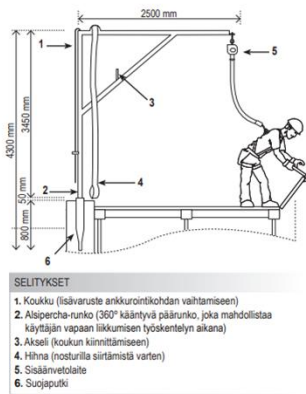
seinäosuuksien yläosiin betonin sisään. Hilma-holkkiosia asennettiin sisäkuorielementteihin, joka on esitetty kuvassa 25. Alsipercha-valuosat asennettiin väliseinäelementteihin, joka on esitetty kuvassa 26.

Hilma-holkkiosiin asennettiin työmaalla Sami- seipäät, joihin työneekijät kiinnitettiin turvavaljailta putoamisvaaran ehkäisemiseksi. Ne piti asentaa suunnitelmien mukaisesti oikeisiin kohtiin elementeissä. Tämän lisäksi ne piti tukea hyvin kiinni, koska ne eivät saaneet siirtyä pois paikoiltaan betonin valamisen aikana. Ne pitivät olla myös suorassa asennossa elementtien leveys- ja paksuussuunnassa. Hilma-holkkien ison kokonsa vuoksi eristeestä piti leikata holkkien kohdalta 30 mm pois ja 500 mm holkin molemmin puolin leveyssuunnasta koko matkalta elementin seinäosuuden kohdalta korkeussuunnasta. Tämän avulla saatiin tehtyä vahvennus holkin osalle, jonka seinäpaksuudeksi tuli 180 mm. Sisäkuorielementin muiden osuuksien paksuus oli suunnitelmien mukaisesti 150 mm. Lisäksi piti huomioida, että vahvennuskohtaan asennettiin suunnitelmien mukaiset lisäteräkset. Hilma-holkkien yläosat teipattiin tiivistä umpeen. Lisäksi teipattiin myös holkkien alaosan, joka jäi elementin sisään betoniin piiloon.



Kuva 25. Hilma-holkkiosa

Alsipercha-valuosan suojaputki asennettiin suunnitelmien mukaisesti tiettyihin väliseinäelementtien yläosiin. Ne piti asentaa oikeisiin kohtiin leveys- ja paksuussuunnassa. Asennusvaiheessa piti huomioida myös se, että valuosa jäi näkyviin 50 mm elementin yläosasta. Tuotantovaiheessa niihin piti asentaa suunnitelmien mukaiset lisäteräkset. Työmaalla niihin asennettiin Alsipercha turvaorsi, jolla estetään työntekijöiden putoamiset työskentelyiden aikana. Alsiperchan- valuosan yläosan suojattiin siihen asennetulla muovihatulla.



Kuva 26. Alsipercha turvaorsi-järjestelmä (Haucon www-sivut 2019)

Näiden suojaaminen oli tärkeää varsinkin talviaikaan, koska muuten vettä voi päästä niihin ulkovarastoinnin aikana, jolloin vesi alkaisi laajentua jäätyessä elementtien sisällä. Tämän vaikutuksen takia elementit voisivat vaurioitua niiden sisältä ja pintaan syntyisi sen vuoksi vaurioita.

3.3.9 Työsaumaraudoite

Työsaumaraudoite on rakennustuote, jolla saadaan elementtien raudoituksien ongelmakohdat liitettyä paremmin muihin rakenteisiin. “Työsaumaraudoitteen esitavutetut betoniterästangot on asennettu sinkityn kotelon sisään niin, että ne voidaan ottaa esiin kotelosta ja taivuttaa suoraksi. Tämä järjestelmä lisää rakennustyömaan työturvallisuutta sekä mahdollistaa paikallavalu- ja elementtirakenteiden liitosten nopean toteutuksen.” (Peikko www-sivut 2020b.) Työsaumaraudoitteita asennettiin väliseinäelementteihin ja RK-sisäkuorielementteihin. Työsaumaraudoitteiden koteloiden oli tarra, jossa oli ilmoitettu tuotteen terästangojen koot, pituudet ja niiden jaot koteloiden. Tuotantovaiheessa ne piti asentaa suunnitelmien mukaiset oikeaan valupintaan ja tarkistettava, että ne eivät siirtyisi valun aikana pois paikoiltaan. Kuvassa 27 on esitetty työsaumaraudoite. Tuotantovaiheessa jatkettujen työsaumaraudoite-osien saumat piti täyttää uretaanivaahdolla, koska muuten betonia pääsisi koteloiden sisään ja ne jouduttaisiin poistamaan piikkaamalla. Koteloiden pintapuolelta olevat kotelonosat poistettiin valmiista elementeistä, mutta terästankoja ei taivutettu oikeisiin asentoihin,

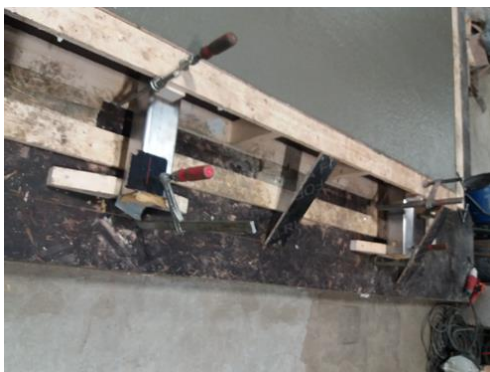
koska se vaikeuttaisi elementtien lastaamisia kuormiin. Tämä sen vuoksi, koska lastauksissa elementit asennettiin lähekkäin toisiinsa kiinni kuljetusajoneuvoissa.



Kuva 27. Työsaumaraudoite.

3.3.10 Betonielementtiparvekkeiden teräsosat

Betonielementtiparvekkeisiin käytetyt teräsosat oli oltava suunnitelmien mukaisesti oikean mallisia ja oikeisiin kohtiin sijoitettuina. Parvekelaatoissa osat, jotka olivat näkyvillä, niin niitä olivat Stalan lisäteräkset, P4X kaideosat ja Vesivek rst. 82/73 EI30. Kuvassa 28 on esitetty Stalan lisäteräs-osat, joilla parveke sidottiin rakennuksen välipohjarakenteisiin kannattavuuden vahvistamiseksi. Mitat oli annettu niiden keskelle ja piti tarkistaa myös se, että ne olivat sijoitettu oikeaan korkeuteen elementin paksuussuunnasta. Niiden oikea korkeus oli 85 mm telapinnasta alaspäin parvekkeen paksuussuunnassa. Lisäksi oli tarkistettava, että lisäteräkset tulivat piirustuksien mukaisesti ulos parvekelaatta-elementistä, jotta se saatiin liitettyä välipohjarakenteisiin. Annettu mitta oli 400 mm. Tuotantovaiheessa näiden suoruus tarkastettiin vesivaakan avulla, koska ne eivät saaneet liikkua valun aikana.



Kuva 28. Stalan lisäteräksien tuenta valutöiden aikana.

Parvekkeisiin asennettiin elementtipiirustuksien mukaisesti kaiteiden kiinnikkeet P4X-osat, joihin kiinnitettiin parvekkeiden kaiteet työmaalla. Tuotantovaiheessa ne pitää olla oikeisiin kohtiin sijoitettuina ja hyvin tuettuina. Ne oli sijoitettu 40 mm telapinnasta parvekkeen paksuussuunnassa. Kiinnikkeiden täytyy sijaita tarkasti piirustuksien mukaisissa paikoissa, koska niihin asennettavissa parvekkeiden kaideosissa ei ole paljon liikkumavaraa asennusvaiheessa.

Vesiurien kohtaan, josta vesi poistui elementistä niin siihen piti asentaa elementtipiirustuksien mukaisesti ilmoitettu parvekekaivo. Käytimme mallia Vesivek rst. 82/73 EI30. “Yleisin kaivotyyppi uudisrakennustuotannossa ja uusissa parvekejärjestelmissä. Parvekekaivo asennetaan elementtitehtaalla tai paikalla valaen. Kaivo on suunniteltu yhteensopivaksi Ø 73 parvekeputkijärjestelmille.” (RT 38 760, Parvekkeiden vedenpoistojärjestelmät) Rst merkintä tarkoittaa sitä, että kaivon putki oli tehty ruostumattomasta teräksestä. Putkeen oli tehty palokatko, koska siihen oli merkitty EI30-merkintä. Se tarkoitti sitä, että parvekeputkijärjestelmä täyttää EI30 min palonkestävyysvaatimukset.

3.3.11 Kuljetustuki

“Elementtisuunnittelijan tulee mitoittaa elementit siten, että ne kestävät kuljetusten ja nostojen aikaiset rasitukset ja lisäksi hänen tulee määritellä elementtien nosto- ja käsittelytavat suunnitelmissaan.” (Elementtisuunnittelu www-sivut 2019g) Kuljetustuet asennettiin kaikkiin sisäkuorielementtien ikkuna-aukkojen ja väliseinäelementeissä kaikkien oviaukkojen alaosiin. Kuvassa 29 on esitetty väliseinäelementin kuljetustuki. Kuljetustukena käytettiin vähintään Ø 16 mm:n harjaterästä, jonka päät oli upotettu betoniin. Kuljetustuet katkaistiin vasta työmaalla, kunnes elementit oli asennettu paikoilleen ja työnjohtaja oli antanut siihen luvan.



Kuva 29. Väliseinäelementin oviaukon kuljetustuki.

3.4 Betonielementtien puuosat

Sisäkuorielementeissä käytettiin painekyllästettyä puutavaraa ikkuna-aukkojen karmipuina ja kynnykspuussa. “Maankosteuden ja muun jatkuvan kosteuden kanssa kosteuksiin johtuvat puurakenteet on tehtävä kyllästetystä puutavarasta.” (Kavaja, R. 2009.) Tuotantovaiheessa elementtien rakentamisissa käytetyt ylimääräiset puuosat oli poistettava, joita olivat esimerkiksi muottiosat ja vaarnaurien puuosat. Nämä oli poistettava elementeistä siististi, jotta ne eivät kolhisi elementtien pintoja. Ainoat puuosat, jotka jäivät elementteihin olivat sisäkuorielementteihin asennetut painekyllästetyt karmipuut ja kynnykspuut. Lisäksi jäivät “kakkosneloet” ikkuna-aukkoihin, jotka toimivat kaidepuina.

3.4.1 Ikkuna-aukkojen karmipuut

Sisäkuorielementeissä ikkuna-aukoissa karmipuina käytettiin kestopuuta AB- luokkaan kuuluvaa painekyllästettyä puutavaraa (koko oli 50 x 100 mm). Karmipuiden kiinnitys elementeissä tapahtui kansiruuveilla (koko 6 x 120 mm), jotka kiinnittyivät betoniin. Kuvassa 30 on esitetty karmien kiinnitykset, jotka tapahtuivat ruuvaamalla karmiosat ikkuna-aukon muottiin kiinni. Ruuvaaminen tapahtui ikkuna-aukon sisäpuolelta. Ikkuna-aukon muotin purkutilanteessa ruuvit poistettiin.



Kuva 30. Karmipuiden kiinnitys ikkuna-aukkoon.

Sisäkuorielementit (SK ja SKx), joihin ei tullut lämmöneristettä, niin ikkuna-aukkojen karmipuut oli asennettu valupintaan valmiiksi ennen valuja. Karmipuiden kiinnitysvyvyys elementeissä varmistettiin kansiruuveilla (6 x 120 mm), jotka upotettiin betoniin. Karmipuiden tukeminen oikeaan korkeuteen varmistettiin kulmarautojen avulla, jotka ruuvattiin aukkojen muottisiivuihin kiinni.

3.4.2 Kynnyspuu

SK-elementeissä oli tarkistettava, että tiettyihin sisäkuorielementteihin oli asennettu kynnyspuut näiden yläosiin. Kynnyspuut olivat painekyllästettyä puuta (48 x 148 mm). Kynnyspuut asennettiin isojen ikkuna-aukkojen kohdille lämmöneristeiden puolen yläosaan eristeeseen upotettuna. Kynnyspuun syrjä kiinnitettiin elementin yläosaan valutoppariin kiinni lämmöneristeiden puolelta. Lämmöneristeiden asennusvaiheessa eristeestä leikattiin kynnyspuun kokoinen kolo pois, johon kynnyspuu upotettiin. Kynnyspuuhun oli ruuvattu kansiruuveja jotka kiinnittyivät elementin valutoppariin kiinni elementin valamisen jälkeen.

3.4.3 Vaarnauriin käytetyt puuosat

Vaarnaurat saatiin tehtyä betonielementteihin lauta- tai lankkutavarasta riippuen vaarnauran sijainnista ja syvyydestä. Puutavaroihin tehtiin suunnitellut viisteet. Puuosiin kiinnitettiin sisäkuori- ja väliseinäelementeissä vaijerilenkit elementin koko matkalle korkeussuunnassa. Palkkielementeissä (K) tehtiin suunnitelmien mukaiset vaarnaurat elementtien päätyihin ja valupintoihin. Sisäkuori- ja väliseinäelementeissä

valupintoihin tehdyt vaarnaurat saatiin tehtyä lautatavarasta (25 x 100 mm) ja niiden oikeat määrät ja sijainnit piti tarkistaa. Kuvassa 31 on esitetty, jossa vaarnaurat asennettiin elementteihin ennen valutöitä. Laudoista leikattiin kyljet vinoon niin, että laudan kapeampi pinta meni elementtiin ja leveämpi osa jäi elementin pintaan näkyviin. Lautojen kiinnitys tapahtui muottitason vaneripintaa vasten naulaamalla. Lautojen kiinnitys metallipintaan tapahtui kuumaliiman avulla kiinnipysyvyyden varmistamiseksi. Valupinnassa vaarnauran piti olla valupinnan kanssa tasan ja sen kiinnipävyys saatiin varmistettua naulaamalla se ”kakkosneloseen” kiinni. Oli tarkistettava, että väliseinä- ja sisäkuorielementeissä tuli myös vaarnaurat elementtien päätyihin. Vaarnauriin käytetyt puuosat oli käsiteltävä tuotantovaiheessa hyvin muottiöljyllä niiden poistamisen helpottamiseksi. Lisäksi ne pitivät purkaa siististi ja putsattava hyvin, koska niitä käytettiin uudestaan seuraavissa elementeissä.



Kuva 31. Vaarnaurien puuosien kiinnitykset valu- ja muottipintaan.

Kuvassa 32 on esitetty, jossa sisäkuorielementtien päätyihin tehtiin vaarnausta 30 mm paksuisesta lankusta, joihin leikattiin suunnitelmien mukaiset viisteet ja niihin asennettiin vaijerilenkit oikeisiin kohtiin.



Kuva 32. SK-elementin päädyn valmis vaarnausta.

3.4.4 Kaidepuut

“Korkealla tehtävässä työssä on käytettävä putoamisen estävällä suojauksella varustettuja työtasoja tai henkilönostolaitteita, suojaverkkoja tai muita rakenteisiin kiinnitettäviä putoamisen estäviä suojarakenteita.” (Elementtisuunnitelu www-sivut 2019c.) Tässä opinnäytetyössä kaidepuut asennettiin SK-elementtien ikkuna-aukkoihin. Kaidepuuna käytettiin ”kakkosnelosta”, jotka kiinnitettiin karmipuihin kiinni naulaamalla. Kuvan 33:n valmiista SK-elementistä oli tarkistettava, että ikkuna-aukkoihin oli asennettu kaidepuut oikeisiin kohtiin.



Kuva 33. Kaidepuiden asennukset sisäkuorielementteihin

3.5 Lämmöneristys

Tässä työssä käytimme lämmöneristeenä SK-elementeissä ohutrappaukseen tarkoitettua lämmöneristelevyä ISOVER_FL 220. Eristeen paksuus oli 220 millimetriä. ”Betoni- ja muurien yhteydessä käytettävät lämmön- tai ääneneristyslevyt ovat riittävän jäykkiä ja riittävän kokonpuristumaton siten, että betonirakenteen sijainti- ja rakentamistarkkuusvaatimukset täyttyvät, levyt eivät vaurioidu eivätkä niiden ominaisuudet huonone betonoitaessa tai muotteja purettaessa.” (RT 14-11016, Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset) Eristeet asennettiin muottitason pintaa vasten, jonka päälle aloitettiin rakentamaan elementtiä. Eristeet asennettiin tiiviisti kiinni toisiinsa, koska muuten niihin syntyisi ylimääräisiä saumoja, joista betoni voisi päästä läpi valaessa. Tällöin syntyisi kylmäsiltoja, jolloin lämpöä vuotaa enemmän rakenteen läpi, joka heikentää eristeen toimivuutta. Jos ylimääräisiä saumoja syntyi tuotantovaiheessa, niin ne piti

tukkia umpeen uretaanivaahdolla. Joissakin elementtipiirroksissa ilmoitettiin myös kohtia, joihin ei tule eristettä. Nämä olivat tyypillisesti isojen ikkuna-aukkojen alakulmat. Näihin täytyi tehdä polystyreenistä palat, joilla saatiin suojattua oikeat kohdat eristykseltä. Lämmöneriste liimaantui betoniin valaessa kiinni, jonka ansiosta se pysyy kiinni elementissä.

Kuvassa 34 on esitetty, jossa eristeiden yläosaan asennettiin Tyvek-kangas eristeiden työnaikaiseksi sääsuojaksi. Tämä sen vuoksi, koska elementit olivat kauan ulkona varastoituina sään armoilla. Kastunut lämmöneriste heikentää eristeen toimivuutta. Tyvek-kangas kiinnitettiin elementin valutoppariin, josta se taitettiin niin, että suojaisi eristeiden ylintä osaa. Lopuksi se taitettiin elementin eristepintaan, johon tehtiin säänsuojarappaus.



Kuva 34. SK-elementin yläosan lämmöneristeiden suojaus Tyvek-kankaan avulla.

3.5.1 Ikkuna-aukkojen eristystyöt

Ikkuna-aukkojen eristykset oli tehtävä huolellisesti, jotta ei jäisi ylimääräisiä vuotokohtia syntyisi ikkuna-aukkojen läheisyyksissä. Ikkunapuiden karmipuita varten oli leikattava eristeeseen ura, johon runkopuu sopisi. Runkopuun alapuolelta leikattiin eristettä pois vielä 45 mm ja eristettä tuotiin 20 mm ikkuna-aukkoa kohti. Tämä 20 mm sen vuoksi, koska elementtipiirustukset olivat vaatineet. Tämä eristystekniikka koski ikkuna-aukkojen yläosan ja pystysuunnan osia. Tämä on esitetty kuvassa 35.



Kuva 35. Ikkuna-aukkojen eristeiden leikkaaminen.

Kuvassa 36 on esitetty, jossa SK-elementtien ikkunoiden alaosissa käytettiin polystyreeni kaistaa, joissa oli jo valmiiksi leikattu viiste.



Kuva 36. Polystyreenikaista ikkuna-aukon alaosassa.

Ikkunoiden eristystöissä ylimääräiset kolot paikattiin uretaanivaahdolla ja ikkunoiden runkopuut pitivät olla puhtaat sen vuoksi, jotta niiden ylimääräiset puhdistukset eivät hidastaisi ikkunoiden asennustöitä työmaalla. Varsinkin tuotantovaiheessa oli huolehdittava siitä, että ikkunan muottiosien ja runkopuiden väliset saumat tukittaisiin, jotta betoni ei pääsisi niiden väliin valujen aikana.

3.5.2 Aluskermi

Sisäkuorielementeissä ikkunoiden aluskermanä käytettiin bitumikaistaa, joka on esitetty kuvassa 37. Bitumikaistan avulla saatiin suojattua ikkunoiden yläosat. Bitumikaista asennettiin ikkuna-aukon yläosan karmipuuhun kiinni. Bitumikaista liimattiin kiinni puuhun kuumailmapuhaltimella. Tämä tehtiin paloturvallisessa ympäristössä,

jonka jälkeen puu asennettiin elementin ikkuna-aukon muottiin kiinni ennen eristysten aloittamista. Aluskermin yläosasta vähintään 10 mm upotettiin betoniin. Ikkuna-aukkojen kohdilla aluskermiä piti jäädä näkyviin vähintään 100 mm koko matkalla. Tämän avulla saimme tehtyä ikkunoihin suunnitelmien mukaiset eristystyöt. Tuotantovaiheessa SK-elementtien aluskermi oli taivutettu karmipuuhun ja ikkuna-aukon muottisiivun väliin, jotta aluskermiä saatiin näkyviin tarvittavat 100 mm. Aluskermi leikattiin mattopuukolla ikkuna-aukon yläkulmista auki ja taivutettiin alaspäin roikkumaan. Tuotantovaiheessa betonin ja aluskermin väliseen saumaan laitettiin uretaania, koska se helpotti aluskermin taivuttamista, eikä aluskermi kiinnittyisi betoniin.



Kuva 37. Ikkuna-aukon yläosan aluskermi.

SKx-elementeissä aluskermi asennettiin valupintaan asennettuihin aukkojen karmipuiden yläosiin valmiiksi ennen valuja. Huomioitavaa aluskermin kiinnityksessä oli se, että aluskermi upotettiin betoniin vähintään 10 mm.



























3.5.3 Sääsuojarappaus

Sisäkuorielementit, joihin asennettiin lämmöneriste niin eristeen ulkopintaan tehtiin sääsuojarappaus. Siinä käytettiin ohutrappauslaastia. Sääsuojauskeityksen tehtävänä oli suojata eristeitä sään vaikutuksilta, kunnes elementin pintaan tehtiin työmaalla suunnitelmien mukainen rappaus sääsuojausrappauksen pintaan. Sääsuojarappaus tehtiin tehtaan viimeistelylinjalla. Aluksi eristeen pinnasta piti paikata ylimääräiset kolot uretaanivaahdolla. Uretaanin annettiin kuivua, jonka jälkeen ylimääräiset uretaanit

leikattiin pois niin, että eristeen pinta olisi tasainen. Pinnasta poistettiin ylimääräiset liat harjan avulla. Ohutrappauslaastin täytyi olla ohjeiden mukaisesti tehty kiinnitysvyyden varmistamiseksi. Liian juokseva tai liian kuiva seos hankaloitti rappautöitä. Ohutrappauslaasti levitettiin eristeen päälle rappausruiskun avulla tasaisesti pinnalle. Pinta viimeisteltiin teräslipin avulla, koska pinnasta tulisi tasaisen ja rappaus kiinnittyisi eristeisiin. Lisäksi oli tarkistettava, että säänjuojaus tehdään ikkuna-aukkojen kohdille ohjeiden mukaisesti.

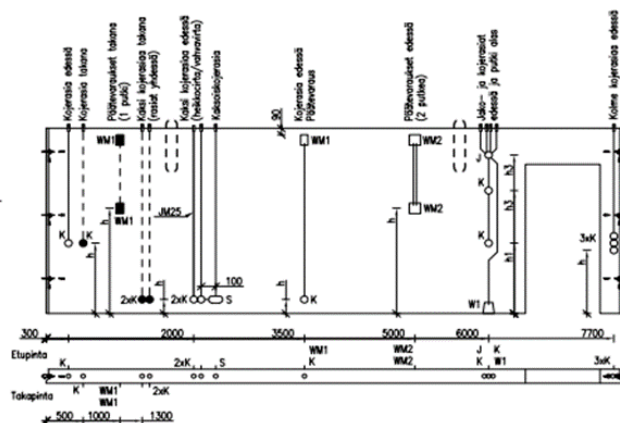
3.6 Betonielementtien sähkötyöt

Tässä työssä varsinkin sisäkuori- ja väliseinäelementteihin tehtiin paljon erilaisia sähkövarusteiden ja sähköläpivientien asennuksia. Ne asennettiin elementtien sisään, joista kuljetettiin kerrostalon sähkökaapelit asuntojen sähkötöitä varten. Betonielementtien sähkövarusteiden sijainnit olivat oltava elementtipiirustuksien mukaisesti oikeissa kohdissa ja oikeissa valupinnoissa hyvin tuettuina. Kuvassa 38 on taulukko, jossa näkyy sähkövarusteiden symbolimerkinnot. Ne oli taulukoitu siten, että kumpaan valupintaa sähköasiat tai -varaukset sijoitettiin betonielementeissä. Muottipintaan eli takapintaan asennetut sähköasiat tai -varaukset oli väritetty mustiksi. Valupintaan eli etupintaan tulleet sähköasiat tai -varaukset oli väritetty valkoisiksi. Tällä tyyllillä pystyttäisiin erottamaan, että kumpaan valupintaan sähkövarusteet asennettaisiin. Tuotantovaiheessa väliseinäelementtejä tehdessä elementin tekijät olivat voineet tehdä rakennettavan väliseinäelementin pelikuvana sähkövarusteiden asennuksien helpottamiseksi. Peilikuvana rakennettu elementti voi johtaa suuriinkin rakennusvirheisiin, koska jos tekijät eivät huomioisi siirtäessä kaikkia elementtiin tulleita rakennusosia oikeisiin kohtiin.

Etupinnassa	Takapinnassa	
		Kojerasia (ABB AU3.2; Schneider Electric JR00)
		2 kojerasia toisissaan kiinni Yhdyskappale ABB PMR71; Schneider Electric JL71)
		Kojerasiat valkoisilla symbolilla Yhdyskappaleet ABB PMR490, PMR502; SE JL85, JL100 (Heikkovirta-/valvovirtarasiat)
		Kokoiskojerasia, huom. osennussuunta (ABB AU17.2; Schneider Electric JR20)
		Jakorasia (ABB AU19; Schneider Electric JR08)
		Varaus 150x160x120 (lev x kork x syv)
		Varaus 270x160x120 (lev x kork x syv)
		Varaus 340x160x120 (lev x kork x syv)
		Päätevaraus 75x125x50 (lev x kork x syv), 1 putki (alakatot, kaapelojen yllästat)
		Päätevaraus 100x125x50 (lev x kork x syv), 2 putkea (alakatot, kaapelojen yllästat)
		Jatkosholkki (ABB AJ16, AJ20, AJ25; Schneider Electric RJM16, RJM20, RJM25)
		Pääteholkki (ABB AJ5.16, AJ5.20)
		Putkinytä (ABB AN16, AN20, AN25; Schneider Electric JN20, JN25)

Kuva 38. Sähkötarvikkeiden ja -varauksien symbolimerkinntät. (Elementtisuunnitelu www-sivut 2019b)

Sähkövarusteiden paikat elementtipiirustuksissa oli mitoitettu erilliseen tasopiirustukseen. Näiden paikat oli merkitty elementin betonireunasta niiden keskelle. Myös näille oli annettu erillinen mitta näiden keskelle betonielementin korkeussuunnassa. Näiden lisäksi jokaiseen sähkövarauseen tai sähkörasiaan oli merkitty, että jos niihin oli vaadittu käytettäväksi Jm 25 sähköputkea. Kuvassa 39 on esitetty esimerkki-piirustus sähköosien sijoittamisesta väliseinäelementissä.



Kuva 39. Esimerkki-piirustus sähköosien sijoittamisesta. (Elementtisuunnitelu www-sivut 2019b)

3.6.1 Sähköasiat ja -varaukset

Tässä työssä betonielementeissä käytettiin sähkörasioina kojerasioita tai jakorasioita. Sähköasiat ja -varaukset oli asennettava elementtipiirustuksien merkittyihin paikkoihin ja oikeisiin valupintoihin. Valupintaan asennettavat sähköasiat pitivät olla hyvin tuettuina, jotta ne eivät siirtyisi pois paikoiltaan betonivalun aikana. Niiden oli oltava tasaisesti valupintojen kanssa. Muottipintaan asennetut sähköasiat kiinnitettiin pintaan nauloilla, jos työpisteen pohja oli vanerista tehty. Tämä on esitetty kuvassa 40. Lisäksi valmiiden elementtien muottipinnasta sähkörasioiden kiinnityksissä käytetyt naulat oli katkaistava. Metallipintaissa muottitasoissa sähköasiat kiinnitettiin kiinnitysmagneettien avulla. Rasiat oli suojattava hyvin, jotta betonimassa ei pääsisi rasioiden sisään betonielementin valamisen aikana.



Kuva 40. Sähkörasia muottipinnassa.

Sähkövaraukset olivat joko varauksia tai päätevarauksia. Kuvassa 41 on esitetty sähkövaraus kolo. Nämä tehtiin polyuretaanista tai polystyreenista tehdyistä levyistä. Niistä leikattiin piirustuksien ilmoittamien varauksien kokoiset osat, jotka poistettiin valmiista betonielementeistä. Ne kiinnitettiin muottipinnan vaneripintaan naulaamalla kiinni. Jos muottipinta oli metallipintainen, niin varaukset kiinnitettiin magneettiosilla tai kuumaliiman avulla. Jos varaukset kiinnitettiin kuumaliiman avulla, niin elementin valaminen piti tehdä varovasti, koska muuten varaukset voivat siirtyä pois paikoiltaan valutöiden aikana.



Kuva 41. Sähkövarauksien kolo.

Varausosien paikkojen mittaamisessa oli piirustuksista selvittävä, että mihin kohtaan varauksesta oli mitat annettu. Päätevarauksissa mitat oli annettu aina sen keskelle, mutta varauksissa niiden korkeusmitta voitiin ilmoittaa myös varauksien alapintaan. Kuvassa 42 oli malliesimerkki sähkörasioiden tai -varauksien asennuksista valupintaan. Kuva oli otettu Betonielementtien Sähköasennukset- oppaasta. Kuvassa oli valupintaan asennettu päätevaraukset, jotka oli kiinnitetty tukipuuhun teip-paamalla. Tukipuu oli asennettu valupinnan kanssa samaan tasoon. Tämä oli hyvä tapa, koska tällä tyylillä saatiin päätevaraukset asennettua valupinnan kanssa samaan korkeuteen. Valun jälkeen betonin annettiin jähmettyä, jotta päätevaraukset eivät liik-kuisi valupinnassa. Tämän jälkeen tukipuu poistettiin ja valupinnan pintakäsittely tehtiin loppuun tukipuun kohdalta.



Kuva 42. Päätevarausten kiinnitys valupintaan. (Elementtisuunnitelu [www-sivut 2019b](#))

Uudenniityn tehtaalla käytettiin erilaista tekniikkaa valupintaan asennettavien osien kiinnityksissä. Tässä tekniikassa oli tärkeä huomioitava se, että valun ylittävä tukipuu

olisi irti valupinnasta, jotta tukipuun alle pystyttäisiin tekemään pintakäsittelyt muovihiertimellä ja teräslipillä. Tämä onnistui sillä tavoin, että nostettiin tukipuuta irti valupinnasta asentamalla tukipuun päätyjen alle puupalikat ja lisäksi asennettiin saman korkuinen puupalikka tukipuun ja varauskolojen tai sähkörasioiden väliin, jotta ne olisivat oikein valun pinnan kanssa. Tämä oli minusta hyvä tekniikka sen takia, koska tukipuita ei tarvinnut purkaa valujen jälkeen ja silti päästäisiin tekemään pintakäsittelyt erilaisten varausten tai rasioiden ympäriltä. Tukipuut poistettiin seuraavana aamuna betonielementtien muottisiivujen purkujen yhteydessä.

3.6.2 Sähkörasioiden sijaintitoleranssit

Elementtien rakentamisvaiheessa sähkövarauksien oikeanlaisuus piti tarkistaa ennen valutöitä. Sähkövarauksien sijaintitoleranssit on esitetty kuvassa 43. Sähkörasijoiden mitat oli annettu mitat rasioiden keskelle niin leveys- ja korkeussuunnassa. Jokaiselle rasialle tai varaukselle oli annettu omat mitat. Lisäksi oli tarkistettava, että ne oli tehty oikeaan valupintaan ja ne oli kiinnitetty hyvin kiinni. Tämä sen vuoksi, että ne eivät siirtyisi valujen aikana pois paikoiltaan.

Sähkörasioiden valmistustoleranssi [mm]	Normaaliluokka	Erikoisluokka
Rasian sijainti		
• pinnan suunnassa	± 15	± 10
• syvyysuunnassa	± 5	± 5
• rasiaryhmässä	± 5	± 5
Rasiaryhmän kiertymä	± $\frac{\text{rasiaryhmän pituus}}{40}$ kuitenkin enintään 4 mm	± $\frac{\text{rasiaryhmän pituus}}{40}$ kuitenkin enintään 4 mm

Kuva 43. Sähkörasioiden sijaintitoleranssit (Elementtisuunnitelu www-sivut 2019b)

3.6.3 Sähköputket

Sähköputkien avulla saatiin vedettyä sähköjohdot betonielementtien sisältä läpi sähkörasioihin ja -varauksiin työmaalla. Sähköputket pitivät kiinnittää siten, että ne eivät irtoaisi sähkörasioista tai -varauksista valun aikana. Sähköputket voitiin sitoa raudoiteverkkoihin kiinnipysyvyyden varmistamiseksi. Sähköputkena betonielementeissä käytettiin suoraa Jm 20 putkea. Betonielementeissä voitiin käyttää myös taipuvaa Jm 20 sähköputkea paikoissa, mihin suoran Jm 20 sähköputken asennus ei onnistuisi. Isompaa Jm 25 putkea käytettiin sähkövarusteiden liitoksissa, jos elementti-piirustuksissa se oli vaadittu erikseen. Jm 25 sähköputkea käytettiin usein jakorasioiden liittämisisä. Sähkörasioiden ja -putkien liittäminen toisiinsa tapahtui rasiaynsien avulla, jotka painettiin sähkörasioiden loviin kiinni. Rasiaynsinä käytimme kokoja Jm 20 ja Jm 25.

Betonielementtien yläosissa sähköputket liitettiin pääteholkkeihin kiinni, jotka on esitetty kuvassa 44. Pääteholkit pitivät sijoittaa elementeissä oikeisiin kohtiin leveys- ja paksuussuunnissa. Elementtien yläosan muottisiivuun tai valutoppariin porattiin reiät pääteholkkeja varten, joista ne työnnettiin läpi. Pääteholkkien tehtävänä oli suojata sähköputkia ylimääräisiltä roskilta, jolloin putket voivat mennä tukkoon. Pääteholkit piti saada asennettua riittävän ulos elementtien yläosissa, koska työmaalla sähköasentajat leikkasivat pääteholkkien tulpat pois sähkötöiden vuoksi. Jm 20 sähköputkien liittämisisä käytettiin niihin sopivia pääteholkkeja. Jm 25 sähköputkien osalta tehtiin siten, että Jm 25 sähköputkiin liitettiin Jm 25 jatkoholkit, jotka oli riittävän ulkona elementistä ja ne suojattiin teippaamalla.



Kuva 44. Jm 20 pääteholkit (valkoiset) ja Jm 25 jatkoholkki (vihreä).

3.7 Hanakulmarasioiden varaukset

Veliseinäelementteihin tehtiin varauskolot hanarasioita varten, joka on esitetty kuvassa 45. Elementtitehtaalla emme asentaneet hanakulmarasioita, vaan ne asennettiin vasta työmaalla. Asensimme pelkästään niihin tarvittavat suojaputket ja varaukset elementtipiirustuksien mukaisesti merkityille kohdille. Suojaputkena käytimme sinisen väristä Wirsbo 28/23 suojaputkea. Punaisen värisiä suojaputkea käytimme, jos elementtipiirustukset vaativat. Sininen suojaputki merkitsee kylmän käyttöveden putkea ja punainen lämpimän käyttöveden putkea.



Kuva 45. Hanakulmarasioiden varaukset ja suojaputket.

3.8 Reikäpiirustukset

“Reikäpiirustukset laatii yleensä rakennesuunnittelija yhdessä LVI- ja sähkösuunnittelijan kanssa” (Kyyrönen, K. 2008). Reikäpiirustuksien merkinnät oli merkitty elementtipiirustuksien tasopiirustuksiin. Elementtien tuotantovaiheessa täytyi huolehtia siitä, että elementteihin tulisi tehtyä kaikki piirustuksien vaadittavat reiät, varaukset, kolot, syvennykset ja ulkonemat.

3.8.1 Reikä

Betonielementeissä asennettavien reiät voivat olla neliön tai ympyrän muotoisia. Elementeissä reikien oli asennettava oikeisiin kohtiin, koska niistä vietiin esimerkiksi LVI-tekniset läpiviennit. Niiden piti olla oikean kokoisia, sijoitettava oikeisiin kohtiin piirustuksien mukaisesti ja varmistettava kiinnipysyvyys, sillä ne eivät saisi siirtyä betonivalun aikana pois paikoiltaan.

Neliön muotoiset reiät kannatti valmistaa polystyreenistä purkamisen helpottamiseksi. Jos ne tehtäisiin vanerista, niin purkaminen olisi hankalampaa, jos niitä ei ole sijoitettu betonielementin reunaan kiinni.

Elementteihin saimme tehtyä ympyrän muotoiset reiät muoviputkista. Reikien koko oli ilmoitettu halkaisijalla ja niiden sijoitukset elementeissä oli annettu reikien keskelle. Reikien koko piti olla elementtipiirustuksien mukaisesti oikean kokoiset ja määrittään oikeat. Milloinkaan reikien koko ei saanut olla pienempi kuin kuvissa oli määrätty. Reikien tekemisiin käytetyt muoviputket oli käsiteltävä hyvin muottiöljyllä, koska sen avulla putkien irrotukset helpottuisivat valmiista elementeistä. Muoviputket poistettiin seuraavana aamuna elementtien muottisiivujen purkamisten yhteydessä.

3.8.2 Tartuntaterästen kolot

Betonielementtien alaosiin sijoitettiin erilliset muovikolot (esim. 150x150x150 kokoinen kolo). Tämä on esitetty kuvassa 46. Näitä asennettiin hissikuilun yläpään elementtiin, sisäkuori- ja väliseinäelementteihin. Kolojen sisällä oli kaksi kappaletta elementin sisällä kiertävää pieliterästä. Tuotantovaiheessa kolojen muoviosat oli käsiteltävä muottiöljyllä ja lisäksi kolojen pieliterästen kohdat täytettiin uretaanivaahdolla, jotta ne irtoaisivat hyvin valmiista elementeistä. Valmiista elementeistä muovikolot ja pieliterästen väliin jäänyt betoni poistettiin.

Tartuntaterästen kolot oli sijoitettava oikeisiin kohtiin betonielementeissä. Tämä sen vuoksi, koska kun työmaalla betonielementti asennettiin oikealle kohdalle, niin elementin asennuskohdan alapuolella sijaitsevat valmiiksi tartuntateräkset ja niiden oli

osuttava koloihin ja sen sisällä kiertävien pielierästen väliin. Jos kolot olisi sijoitettu väärin kohtiin, niin koloja jouduttaisiin suurentamaan leveyssuunnassa, jotta tartuntateräksiset osuisivat koloihin. Työmaalla elementin asennuksen jälkeen kolot täytettiin umpeen.



Kuva 46. Tartuntaterästen kolo

3.8.3 Syvennykset

Syvennyksiä tehtiin kaikkiin betonielementteihin, joihin se oli vaadittu. Syvennys tarkoitti uraa tai varausta, joka ei tullut betonielementin läpi. Syvennykset oli tehtävä oikeisiin valupintoihin, elementtipiirustuksien mukaisesti oikean muotoisiksi ja niiden oli oltava oikeilla syvyyksillä. Syvennykset tehtiin polystyreenistä tai polyuretaanista, koska niiden poistamiset helpottuisivat valmiista betonielementeistä. Elementeissä ne piti kiinnittää ja tuettava hyvin valujen takia. Elementin paksuussuunnassa syvennyksien syvyydet eivät saa heittää, koska ne jouduttaisiin korjaamaan piikkaamalla tai lisätäytteinä.

3.8.4 Ulkonema

Ulkonema eli konsoli tarkoitti betonielementeissä erikseen valettavaa betoniosaa, joihin jouduttaisiin tekemään erillinen valumuotti. Varsinaisen betonivalun täytyi ehtiä jähmettyä ennen konsolin valamista, koska se esti konsolia valaessa ylimääräisen betonin poistumista valmiiksi valetulle alueelle. Konsoliin valetun betonin tiiveys oli varmistettava hyvin sauvatäryttimen avulla. Konsoleita valettiin suunnitelmien mukaisesti tiettyihin massiivilaatta- ja väliseinäelementteihin.

4 LOGISTIIKKA

4.1 Betonielementtien muottisiivujen purkaminen

Ennen valmiiden betonielementtien nostamista pois työpisteiltä oli tehtävä erilaisia valmisteluita, jotta valmis betonielementti saataisiin siististi pois. Tämä sen takia, jotta ei syntyisi ylimääräisiä vaurioita elementteihin nostovaiheessa ja samalla purkaminen tapahtuisi turvallisesti. Ensiksi purettiin ylimääräiset muottisiivut betonielementtien ympäriltä sekä vaarnaurat betonipinnoilta purkuvälineiden avulla. Oli tärkeä poistaa myös elementin yläosassa kaikki helposti irtoavat osat pois, koska muuten ne voivat tippua alas siirtymävaiheessa aiheuttaen vaaratilanteita. Työpisteiden laidat aukaistiin elementin poiston helpottamiseksi ja ettei elementin kulmat vaurioituisi, jos elementti on rakennettu työpisteen reunaan. Laidat aukesivat lukituksen avulla vain sen verran, että elementti saatiin irrotettua ja ettei sormet jäisi laidan ja työpisteen väliin.

- Purkaessa muottiosia oli oltava työvälineet ja suojarusteet kunnossa.
- Elementtien muottien purkutyöt oli tehtävä turvallisesti muita työntekijöitä vaarantamatta.

4.2 Betonielementin nostaminen

Kun purkuvaihe oli suoritettu ja muottiosat oli poistettu, niin voitiin aloittaa valmistelemaan elementin pois siirtämistä työpisteeltä. Tehtaiden työpisteiden muottitasoissa on hydraulijärjestelmät, joiden avulla saatiin elementin nostokulmaa parannettua. Elementit nostettiin hallinosturin avulla nostolenkkeihin kiinnitettyinä. Jos elementti on isokokoinen, niin jouduttiin käyttämään nostopuomia, joissa on raksit. Tämän avulla saatiin elementti nostettua tasaisemmin. Ketjujen avulla voitiin nostaa pieniä ja kevyitä elementtejä. Kun elementti oli kiinnitetty hallinosturiin nostolenkeistä ja niiden kiinnitysvyvyys oli tarkastettu, niin työpistettä ruvettiin nostamaan rauhallisesti ylöspäin kohti oikeaan nostokulmaan. Työpistettä nostaessa oli huomioitava myös se, jos työpisteessä on toinen elementti irtonaisena, niin nostaminen on tehtävä erittäin varovasti. Tämä sen takia, jotta ei syntyisi vaaratilannetta, kuten esimerkiksi elementin kaatuminen nostotilanteessa. Kun oikea nostokulma oli saavutettu, niin elementti nostettiin

varovasti pois, jonka jälkeen työpiste laskettiin rauhallisesti alas. Lopuksi laitetaan laikat takaisin kiinni.

- Elementin nostaminen on tapahduttava rauhallisesti, ettei elementin alareunat lohkeilisi
- Elementin nostaminen oli tapahduttava turvallisesti.
- Ei työskennellä elementin nostamisen läheisyydessä.

4.3 Betonielementin siirtäminen hallissa

Betonielementtiä kuljettiin rauhallisesti ensiksi tehtaan pesulinjalle ja sitten viimeistelylinjalle välivarastoon. Siellä se laskettiin aluspuiden päälle, koska muuten elementin alakulmat vaurioituisivat varastoidessa betonilattian päälle. Aluspuita pitää olla hyvillä välein asennettuina ja ne tulisivat olla elementin alla samansuuntaisesti. Massiivilaattoja varastoidessa laatan päihin sijoitettiin puut alle niin, jotta massiivilaatta olisi irti maasta. Jos massiivilaatan alle keskelle sijoittaisi myös puun, niin pahimmassa tapauksessa, jos se olisi korkeammalla kuin päätypuut, niin laatta voi taipua ja murtua. Sisäkuori-, väliseinä- ja parveke-elementit tuettiin varastotelineisiin kiinni tuentatap-pien avulla. Tarvittaessa käytettiin kiiloja, jotta elementit eivät pääsisi kaatumaan. Kun elementtiin oli tehty tarvittavat käsittelyt ja korjaukset viimeistelylinjalla, niin se siirrettiin hallin viimeistelylinjalta hallin A-vaunuun, josta se kuljetettiin hallista ulos ulkovarastoon. Tämä on esitetty kuvassa 47.

- Ei tukita elementin kulkusuuntaa siirtäessä.
- Tarkistetaan elementin pysyvyys varastotelineissä ja A-vaunussa.
- Aluspuita pitää lisätä varastotelineisiin, jos niitä ei ole tarpeeksi. Esimerkiksi oviaukkojen kohdille.
- Siirrettävän elementin alta ei kuljeta tai työskennellä.



Kuva 47. A-vaunu

4.4 Betonielementtien varastointi ulkovarastoon

Kun A-vaunu oli siirretty ulos hallista, niin elementit nostettiin torninosturilla pois ulkovarastoon. Ulkona oli monia varastotelineitä ja niihin oli oltava selkeä näköyhteys nosturin kuljettajalla. Nosturin kuljettaja ei kuljeta elementtiä työntekijöiden yli siirtovaiheessa. Varastotelineissä oli myös aluspuut alla, mutta maaperä on heikompi ja epätasaisempi, joten betonielementtien varastointi ulkovaraston piti tehdä erityisen varovaisesti. Aluspuuta piti lisätä, jos niitä ei ole tarpeeksi. Esimerkiksi oviaukkojen kohdille. Kiiloja käytettiin tukemisen parantamiseksi varastotelineissä. Kuvassa 48 on esitetty sisäkuorielementin varastointi ulkovaraston telineisiin.



Kuva 48. Sisäkuorielementti varastoitu ulkovaraston telineeseen

4.5 Betonielementtien kuljetukset

“Koska elementtien varastointi työmaalla on hankalaa, elementtikuljetukset on ohjelmoitava asennusaikataulun mukaisesti. On tärkeätä laatia riittävän ajoissa tarkka asennusaikataulu, josta käy ilmi kunakin päivänä asennettavat elementit asennusjärjestyksineen. Asennusaikataulu luo perustan elementtien kuljetussuunnitelmalle, jossa määritellään yksityiskohtaisesti elementtikuormien saapuminen työmaalle siten, että asennus voi tapahtua ilman turhia välivarastoita ja että asennusrytmi ei häiriinny elementtien puuttumisen takia.” (Rakentamisen Tuotantotekniikka. 2010)

Betonielementtien tilaaja ilmoitti rakennusurakan edetessä yritykselle, että milloin tietyt betonielementit oli saatava työmaalle. Yrityksen logistiikkapäällikkö suunnitelti lähetettäville betonielementeille oikeanlaiset kuljetuskalustot. Betonielementtien kuljetuskalustoon vaikutti lähetettävien betonielementtien elementtityypit, niiden leveys-, korkeus- ja paksuusmitat. Lisäksi oli huomioitava kuljetettavien betonielementtien kokonaispainot kuljetuskaluston valinnassa. “Betonielementtien kuljetuksissa on usein kyse erikoiskuljetuksista normaalien mitta- tai massarajojen ylittyessä kuljettaessa jakamattomia esineitä. Tällöin noudatetaan vastaavia erikoiskuljetusmääräyksiä.” (Elementtisuunnitelu www-sivut 2019a)

4.5.1 Betonielementtien lastaukset kuljetusajoneuvoihin

Ennen betonielementtien kuljetuskalustojen saapumisia tehtaalle oli nosturikuskin ja alamiehen oli selvitettävä, että missä sijaitsivat kuljetukseen määräämät elementit ulkovarastossa. Tämä sen vuoksi, koska ulkovarastossa oli paljon elementtejä, jolloin pystyttiin nopeuttamaan elementtien lastauksia. Kun kuljetuskalusto saapui tehtaalle, niin elementtien kuljettaja, nosturikuski ja alamies tekivät suunnitelmat elementtien lastausjärjestyksistä kuljetusajoneuvoon. Lastausjärjestyksen tavoite oli sijoittaa elementit lastattavaan kuljetusajoneuvoon siten, että kuormasta tulisi tasapainoinen. Lisäksi se ei aiheuttaisi vaaratilanteita kuljetuksen aikana tai kuorman purkutilanteessa työmaalla.

Alamies kiinnitti ulkovarastossa lastattavat elementit nosturin ketjuihin kiinni, josta nosturin kuljettaja ohjasi elementin kuljettajan haluamalle kohdalle kuljetusajoneuvossa. Kommunikointi oli erityisen tärkeää tässä tilanteessa, jotta ei syntyisi vaaratilanteita. Kommunikointia käytettiin lastauksien aikana radiopuhelimien ja selkeiden käsimerkkien avulla.

Kuvassa 49 on esitetty väliseinäelementin kiinnitys kuljetusajoneuvoon. Elementtien kiinnipysyvyyden parantamiseksi ne kiinnitettiin ketjuilla ja kiristettiin vanttiruuvien avulla. Kuljetusajoneuvot, joissa oli A-pukit kiinnitetty, niin elementit laskettiin pukille niin, että ne nojasivat pukkiin päin. Kiinnitykset tehtiin pukin yläosassa ja ketjut tuettiin ja kiristettiin nostolenkkeihin.



Kuva 49. Kuljetusajoneuvossa väliseinäelementin kiinnitys A-pukkiin ketjujen ja vanttiruuvien avulla.

Massiivilaattoja pystyttiin lastaamaan kuormiin päällekkäin, joka on esitetty kuvassa 50. Huomioitavaa oli se, että laattojen päihin oli asennettu aluspuut.



Kuva 50. Massiivilaattojen lastaus kuljetusajoneuvoon.

5 VALMIIN BETONIELEMENTIN KORJAUSVAIHTOEHDOT

Betonielementtien valmistuksissa tärkein valmistusvirheiden ehkäisyyn oli tuotantovaiheessa, jossa työnjohtajan oli tarkistettava, että valmistettava elementti oli piirustuksien mukaisesti tehty ja hyvin tuettu ennen elementin valamista. Eli elementti oli mitoiltaan suunnitelmien mukainen, koskien myös aukkojen kohdilta. Lisäksi kaikki teräsosat, erilaiset varaukset, läpiviennit, sähkö- ja LVI-varusteet olisivat oikeissa kohdissa ja hyvin tuettuina, että ne eivät siirtyisi valun aikana pois paikoiltaan. Jos valmiista elementistä löytyisi virheitä niin niiden korjaamiseksi oli mietittävä oikeanlaiset korjaus- tai vahvistusmenetelmät.

5.1 Piikkaustyö

Piikkaustyö oli korjaustoimenpide, jolla poistettiin piikkaamalla betonielementeistä ylimääräinen betoni pois poravasaran avulla. Piikkaustöissä käytettiin myös kulmahiomakoneita, joissa käytettiin timanttilaikkoja, jos elementin betonipintaa oli tehtävä syvennyksiä tai uria. Piikkaustöitä tehdessä oli oltava kaikki henkilökohtaiset suojavausteet kunnossa. Erityisen tärkeätä piikkaustöissä oli huomioitava silmäsuojaimet, kuulosuojaimet ja hengityssuojaimet. “Silmäsuojaimia tarvitaan sellaisissa töissä, joissa silmät joutuvat alttiiksi mekaanisille, kemiallisille tai säteilyn haittavaikutuksille. (Kyyrönen, K. 2007. Talonrakennus 1.) Piikkaustöissä suojalasit piti olla käyttöön sopivat, koska piikkaustöiden aikana voi lentää betonin palasia, kun käytettiin poravasaraa tai kulmahiomakonetta. “Niissä töissä, joissa jatkuva melutaso ylittää yli 85 db, on aina käytettävä kuulosuojaimia” (Kyyrönen, K. 2007. Talonrakennus 1.) Poravasaroista ja kulmahiomakoneista tulee melua, jonka takia oli käytettävä kuulosuojaimia, jotta kuulo ei vaurioituisi melun takia. “Hengityssuojaimia tarvitaan sellaisissa töissä, joissa hengityselimiin voi joutua haitallisessa määrin joko epäpuhtauksia tai hienojakoisia kemiallisia kaasuja.” (Talonrakennus 1, Rakentamisen perusteet ja työturvallisuus Keijo Kyllönen) Piikkaustöissä syntyy betonipölyä piika- tessa tai betonipintaa sahatessa, jonka vuoksi oli käytettävä hengityssuojaimia työn aikana.

5.2 Laastipaikkaus

Laastipaikkaus on korjaustoimenpide valmiissa betonielementeissä, joilla korjattaisiin paikkauslaastilla pieniä valupintojen virheitä tai erilaisia kolhuja, joita voi syntyä elementtien purku- tai nostovaiheissa. “Laastipaikkauksella korjataan paikallisia vaurioita kuten raudituksen korroosioivaurioita tai betonin pakkausrappautumia pääasiassa sementtipohjaisia korjausmateriaaleja käyttäen.” (RT 82-10604, Betonijulkisivut, korjausrakentaminen) Laastipaikkauksia ei saa käyttää isoissa korjauksissa, jotka vaikuttavat betonielementtien kantavissa osissa. Näissä korjauksissa oli käytettävä betonipaikkausta.

5.3 Betonipaikkaus

Jos valmiista betonielementeistä löytyisi valmistusvirheitä, jotka vaikuttaisivat rakenteen kantavuuteen, niin nämä oli korjattava betonipaikkauksina. Näitä kohtia voivat olla esimerkiksi valmiisiin betonielementteihin tehtävät lisävalut, jotta korjattu elementti olisi elementtipiirustuksien mukaisesti tehty. Betonipaikkauksissa käytetyt muottiosat oli oltava hyvin kiinnitettynä ja tuettuina, jotta ne eivät pettäisi valun aikana. Betonielementteihin kiinnitetyt muottivanerit kiinnitettiin betoniruuviavilla kiinnipysyvyyden varmistamiseksi. Betonipaikkauksissa oli huolehdittava, että vanhan ja uuden betonin saumaan oli asennettava lisäteräkset, jotta betonipaikkaus kiinnittyisi valmiiseen betonielementtiin. Yksi tapa olisi injektoida lisäteräkset kiinni valmiiseen elementtiin kiinni. Betonipaikkauksissa betonin pitää tiivistää tiiviisti sauvatäryttimillä, koska silloin saadaan valusta tiivis ja huokoisuus jää paikkauksissa vähäiseksi. Jos betonipaikkaus on kapea ja korkea, niin muotin täyttö on tehtävä rauhallisesti ja käytettävä sauvatärytintä hyvin. “Betonimassa otetaan muottiin 250-300 mm:n kerroksina.” (By 205 Betonityöt. Rakennustieto Oy) Jos muotti valettaisiin huonosti tai sauvatäryttimen käyttö valaessa olisi huonosti tehty, niin rakenteesta ei tulisi tasalaatuista johtuen syntyvistä kivipesistä ja huokoisuuksista. Betonin kuivumisen jälkeen betonipaikkauksen muottiosat purettaisiin huolellisesti ja betoniruuvi poistettaisiin.

6 LAADUNVALVONNAN PARANNUSEHDOTUKSET

Opinnäytetyön aikana tehtiin haastattelut yrityksen työntekijöille 30.4.2020. Haastatteluiden tavoitteena oli keskustella laadunvalvonnan haasteista betonielementtien tuotantovaiheessa ja miettiä sitä, että miten yrityksessä voitaisiin parantaa valmistettavien betonielementtien laatua?

Kysymys 1: Mitä haasteita betonielementtien oikean laadun saaminen tuo tuotantovaiheessa?

Elementtipiirustuksien kaikki kuvat pitää olla selkeät ja hyvin piirretty, jotta niitä pystyttäisiin ymmärtämään. Tämä koski piirustusmerkkejä ja mittoja, koska silloin saataisiin muotti kasattua oikein, jolloin se olisi suorassa ja oikeissa mitoissa. Mitä enemmän aukkoja, niin sitä suurempi riski virheiden syntymiseen. Elementtipiirustuksien tasopiirustuksissa ja leikkauskuvissa suunnittelijan pitää piirtää kaikki merkinnät ja mitat selkeesti, jotta elementin tekijälle ei tulisi epävarmuutta elementin rakennusvaiheessa. Yksi esimerkki olisi sellainen, että tasopiirustukseen olisi annettu tartuntaräksen mitat, mutta tartuntaterästä ei oltu piirretty tasopiirustukseen.

Sähkörasioden tai -varauksien sijaintien mitat oli annettava aina elementin päädystä koskien näiden sijainteja leveys suunnassa ja jokaiselle oma mitta. Tämä sen vuoksi, koska jos näille olisi annettu mitat edellisestä sähköstä niin mittausvirheen huomattaessa kaikki sähköasiat tai -varaukset voivat olla sijoitettu väärin kohtiin.

SK-elementeissä joidenkin sähkörasioden sijainnit leveys suunnassa oli annettu ikkuna-aukon alakulmaan ja mitta oli annettu 150 mm pois päin ikkunasta. Tämän takia jouduttiin laskemaan uudestaan mitan sähkörasian keskelle elementin päädystä, jotta sähkörasia saataisiin sijoitettua oikeaan kohtaan. Tämän tyyppisissä asioissa suunnittelija olisi voinut antaa erilliset mitat sähkörasialle päädystä ja ikkuna-aukosta. Toinen virhe olisi antaa sähkörasioden tai -varauksien mitat päätyjen vaarnaurista, koska elementin tekijä voivat huolimattomuuttaan vahingossa mitata näiden paikat päädystä ja silloin näiden sijainnit olisivat väärissä kohdissa.

Raudoitteissa ei ollut ongelmia, koska raudoittajat osasivat hyvin lukea elementti-piirustuksia tehdessä raudoiteosia. Ongelmia voi syntyä, jos elementin tekijä asentaa raudoituksia elementtiin ja huomaa, että ne eivät sovikkaan siihen. Silloin täytyi tarkistaa, että oliko elementti tehty oikein. Esimerkiksi että oliko ikkuna-aukko sijoitettu oikeaan kohtaan elementissä.

Elementteihin asennettavat oikeat teräsosat oli tarkistettava huolellisesti elementti-piirustuksissa. Varsinkin parvekkeisiin asennettavat P4X kaideosat on haastavia asentaa koska ne pitää olla millilleen oikeissa kohdissa ennen valua ja valun jälkeen. Tämä ei koske pelkästään tätä yritystä vaan kaikkia muitakin betonialan yrityksiä, jotka asentavat näitä osia.

Betonielementtien valuissa oli tehtävä huolellisesti sen takia, että kaikki elementtiin asennetut osat olisi kiinnitetty oikeisiin valupintoihin ja tuettu hyvin. Erityisen huolellisuutta valuissa oli huomioitava valupintaan asennettavissa sähkörasioissa, joista sähköputket voivat irrota rasioista rasianysien kohdilta. Muottipintaan kiinnitetty varauskolot oli valettava huolellisesti, koska ne voivat liikkua pois paikoiltaan, koska betoni voi työntää ne pois paikoiltaan.

Valupintojen suoruudet oli saatu hyvin suoriksi, koska kun käytettiin oikolautaa suoruu-den varmistamisessa. Valujen jälkeen oli huolehdittava siitä, että valupinnat oli tehtävä huolellisesti, tasaisiksi. Lisäksi pitäisi olla huolellinen, että muottisiivut olisivat puhtaat ja tasan valujen kanssa.

Valmiiden elementtien purkamisissa on oltava huolellisia, koska silloin vältettäisiin ylimääräisten kolhujen syntymistä elementin pintoihin.

Kysymys 2: Miten laadunvalvontaa voidaan parantaa tuotantovaiheessa?

Tärkeimmät asiat olisivat kommunikointikyvyn parantaminen ja elementtipiirustuksissa niiden. Elementtien tekijöillä on suuri vastuu siinä, että he rakentavat elementit juurikin elementtipiirustuksien mukaisiksi. Tämä sen vuoksi, koska työntekijän oli ilmoitettava heti työnjohtajalle, jos tulee ongelmia elementin rakennusvaiheessa.

Pohdintaa haastatteluista:

Betonielementtien tuotannossa olisi tärkeätä valmistaa joka työpäivä kaikki betoniellementit, jotka oli ilmoitettu tuotantosuunnitelmissa. Elementtien valmistukset ja betonin tilaamiset halliin valuja varten oli tapahduttava sujuvasti, jotta työpäivälle vaaditut elementit saataisiin valmistettua. Tällöin ei myöhästyttäisi sovitusta aikatauluista.

Betonielementtien valmistuksessa kriittisenä valmistusvirheiden syntymiseen tilannetta, jolloin työnjohtaja tarkistaa valmiiksi rakennetun elementin elementin tekijän kanssa ennen, kuin työnjohtaja antaa luvan elementin valamiseen.

Kun valmis elementti oli purettu ja siirretty hallin välivarastoon, niin niiden pitäisi olla juurikin elementtipiirustuksien mukaisesti tehty. Viimeistelylinjalla elementteihin pitäisi tehdä enään pakolliset viimeistelytyöt, joita ei pystyttäisi tekemään työpisteiden luona. Elementtien ylimääräiset korjaukset olisi saatava minimiin.

Olisi tärkeätä, että kaikki ymmärtäisivät elementtipiirustuksia, koska se helpottaisi kaikkien osien mittaamista ja niiden asentamista oikeisiin kohtiin elementeissä. i ole häpeällistä kysyä neuvoja, jos tulisi ongelmia elementtien valmistuksissa. Kaikki ylimääräiset reklamaatiot, jotka tulevat tilaajalta oli saatava mahdollisimman minimiin. Jos reklamaatioita tulisi, niin niihin johtavat syyt oli tärkeätä selvittää, koska virheiden löytymisen kannalata olisi tärkeintä selvittää, että missä vaiheessa tuotantoa virhe oli syntynyt ja miten niiden uudelleensyntymistä myöhemmin valmistettavissa elementeissä estettäisiin.

6.1 Laadunvalvonnan tulokset

Valmiiden elementtien mittaukset saatiin kaikkiin elementteihin tehtyä. Elementit olivat hyvin rakennettu elementtipiirustuksien mukaisiksi. Elementtien mitat olivat hyvin toleranssien sisäpuolella. Valupinnat olivat suoria ja suunnitelmien mukaisesti tehtyjä. Rakennusosat olivat hyvin sijoitettu oikeisiin kohtiin elementeistä. Elementteistä löytyi

kyllä joitakin huomautuksia, jotka jouduttiin korjaamaan. Elementeistä löytyneet huomautukset löytyvät liitteestä 5. Betonipeitepaksuusmittauksien tulokset löytyvät liitteestä 4.

Kustannusarvio oli suuntaa antava, koska siinä kerrottiin, että paljonko löytyneiden virheiden korjaukset maksaisivat yritykselle, jos ne korjattaisiin tehtailla. Tehtailla elementtien korjaukset tulisivat halvemmaksi, mutta jos virheet huomattaisiin vasta työmaalla, niin korjauskustannukset voisivat nousta moninkertaisiksi. Kustannusarvio löytyy liitteestä kuusi.

NCC:ltä saatu loppuselvitys kertoo vasta, että missä tilanteissa urakassa on onnistuttu ja missä epäonnistuttu. Se kertoo myös, että mitä asioissa pitää parantaa laadunvalvonnan suhteen. NCC:n loppuselvitys löytyy liitteestä 7.

6.2 Korjauskustannusarvio

Kustannusarvion tavoitteena oli tutkia, että paljonko elementeistä löytyneiden vikojen korjaaminen maksaisi yritykselle, jos virheet korjattaisiin työmaalla. Korjauskustannusarvio on esitetty liitteessä 6. Oletaisimme, että yksi työntekijä korjaisi elementeistä löytyneet virheet. Kustannusarvioinnissa oli huomioitava työkustannukset, johon vaikuttaisi tuntipalkan lisäksi sosiaalikulut. Tuntipalkan arvioinnissa käytin Rakennusalan työehtosopimusta, koska rakennus-työntekijän palkka riippuu hänen ammattitaidosta. Olettaisimme, että elementtien korjaaja olisi rakennusalan ammattilainen, jonka tuntipalkka pyörisi vuonna 2020 välillä 14,5 – 17,5 €/tunti. Tässä kustannusarvioinnissa käytettiin tuntipalkkana 16 €/tunti. Palkkaryhmien taulukko on esitetty kuvassa 51.

Palkkaryhmä		1.6.2018	1.6.2019
I	Aloitteleva työntekijä	10,33 €	10,73 €
II	Vähän kokemusta omaava työntekijä	11,68 €	12,08 €
III	Aloitteleva ammattilainen	12,84 €	13,24 €
IV	Ammattilainen	14,18 €	14,58 €
V	Kokenut ammattilainen	15,46 €	15,86 €
VI	Erittäin kokenut ammattilainen	16,57 €	16,97 €

Kuva 51. Palkkaryhmä-taulukko (Rakennusliiton www-sivut 2020)

Sosiaalikuluisia käytettiin arvoa, joka oli 73 % tuntipalkasta, eikä siinä ole huomioitu työkalukorvauksia. Arvo 73 % oli saatu Korjausrakentamisen kustannuksia- oppaasta, jossa sitä on käytetty malliesimerkeissä. Työntekijän työkustannus on esitetty taulukossa 3.

Työntekijän palkka €/h	Sosiaalikulut	Yhteensä
16,00 €	73 % (tuntipalkasta)	27,68 €

Taulukko 3. Työntekijän työkustannus €/tunti

Kustannusarvioinnissa jokaiseen betonielementtiin tehdyt korjaustoimenpiteet oli huomioitava erikseen tasatuntien ja neliömetrien mukaan. Tasatuntien mukaan siksi, koska tuntimäärät olisivat tarkemmat. Työmaalla elementtien tilaaja voisi laskuttaa pienestäkin korjauksesta vähintään tunnin, vaikka virheen korjaaminen menisi alle tunti. Sama koskee myös virheiden korjauksien pinta-alaa, jonka arvona näissä laskelmissa käytettiin 1 neliometri. Tämä arvo sen vuoksi, koska tilaaja voi laskuttaa korjaukset neliömetrien mukaan. Huomioitavaa on se, että jos elementtien korjauksien pinta-ala ylittää yhden neliömetrin, niin puhutaan aika suuresta korjauksesta.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyö oli laaja ja monipuolinen kokemus, koska kyseessä oli tutkia kaikki valmiit betonielementit, joita käytettiin kokonaisen kerrostalon kantavissa rakenteissa. Lisäksi tämä työ alkoi elementtien tuotannosta ja päättyi vasta silloin, kunnes rakennusurakka valmistuisi. Urakan pitäisi valmistua vuoden 2020 syksyn aikana.

Ensimmäinen päätavoite tässä opinnäytetyössä oli tutkia valmiita betonielementtejä visuaalisesti. Tärkeätä oli tutkia, että betonielementit oli rakennettu suunnitelmien mukaisiksi. Jos elementeistä havaittaisiin ongelmia, niin ne oli korjattava ja mietittävä sitä, että miten yritys pystyisi havaintojen ja palautteiden kautta vielä parantamaan elementtien laatua. Tämä sen vuoksi, koska betoniteollisuudessa laadun merkitys on merkittävässä asemassa esimerkiksi urakoiden kilpailuttamisessa.

Toinen päätavoite oli antaa kustannusarvio koskien valmiiden elementtien korjauksista, jotka suoritettiin tehtailla. Betonielementtien korjauskustannuksien arvio oli suuntaa antava, koska siinä piti saada arvio siitä, että paljonko yritys pystyisi säästämään korjauskustannuksissa, jos virheet huomattaisiin tehtailla. Lisäksi oli verratta kustannusarviota siihen, että minkälaisia reklamaatioita tulisi tilaajalta yritykselle, josta syntyisi lisäkustannuksia. Tämä antaisi lisähavaintoja siitä, että miten laatua voitaisiin parantaa.

Opinnäytetyöstä tuli laajan sen takia, koska opinnäytetyössä oli kerrottava kaikki asiat, mitä valmiista betonielementeistä tutkittaisiin visuaalisesti. Jos betonielementtejä tutkitaan visuaalisesti, niin oli ymmärrettävä se, että miten tuotantovaiheessa asiat pitäisi tehdä, jotta saadaan haluttu lopputulos.

LÄHTEET

By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2018. Suomen Betoniyhdistys. Viitattu 1.12.2019

By 205 Betonityöt. 2006. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 16.5.2020

By 206 Raudoitustyöt. 2006. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 16.5.2020

By 208 Elementtityöt.1992. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 16.5.2020

By 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2013. Suomen Betoniyhdistys. Viitattu 22.5.2020.

By 65 Betoninormit 2016. Suomen Betoniyhdistys. Viitattu 22.5.2020

By 68 Betonin valinta ja käyttökäsuunnitteluun – opas suunnittelijoille 2016. Suomen Betoniyhdistys. Viitattu 22.11.2020

Elementtisuunnittelu www-sivut 2019a Viitattu 26.11.2019. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22157/Kuljetusohje.pdf>

Elementtisuunnittelu www-sivut 2019b. Viitattu 26.11.2019. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/ajankohtaista/2011/11/07/uusi-betonielementtien-sahkoasennus-ohje>

Elementtisuunnittelu www-sivut 2019c. Viitattu 26.11.2019. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22496/DO503.pdf>

Elementtisuunnittelu www-sivut 2019d. Viitattu 26.11.2019. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23612/Sein%C3%A4elementtien%20vakio-liitokset.pdf>

Elementtisuunnittelu www-sivut 2019e. Viitattu 26.11.2019. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/rakenteellinen-toiminta/kuljetus-ja-nostot>

Elementtisuunnittelu www- sivut 2019f. Viitattu 26.11.2019. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/hissikuilut>

Elementtisuunnittelu www- sivut 2019g. Viitattu 12.12.2019. [https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23853/Vaijerilenkkiohje%20\(1\).pdf](https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23853/Vaijerilenkkiohje%20(1).pdf)

Haucon www-sivut 2019. Tuotteet. Viitattu 18.12.2019 <https://www.haucon.fi/tuotteet/tyomaan-ja-teollisuuden-turvallisuus/alsipercha-putoamissuojajarjestelma/796/alsipercha-turvaorsi-valuholkki>.

Haucon www-sivut 2019. Tuotteet. Viitattu 18.12.2019 <https://www.haucon.fi/tuotteet/tyomaan-ja-teollisuuden-turvallisuus/alsipercha-putoamissuojajarjestelma/796/alsipercha-turvaorsi-valuholkki>.

Kavaja, R. 2009. Rakennuksen puutyöt Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 15.6.2020

Korjausrakentamisen kustannuksia. 2020. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 24.7.2020.

Kyyrönen, K. 2007. Talonrakennus 1. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava. Viitattu 23.7.2020

Kyyrönen, K. 2008. Talonrakennus 3. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava. Viitattu 23.7.2020

Peikko www-sivut 2020a. Viitattu 26.5.2020. <https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/lyhyet-jenka-nostoankkurit/>

Peikko www-sivut 2020b. Viitattu 26.5.2020. <https://www.peikko.fi/tuotteet/raudoitusjarjestelmat/tyosaumaraudoite/>

Peikko www-sivut 2020c. Viitattu 26.5.2020. <https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/welda-kiinnityslevy/>

Peikko www-sivut 2020d. KK-nostojärjestelmä, tekninen käyttöohje, 02/2020 (fi). <https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/kk-nostolukot/>

Porin Elementtitehdas Oy:n www-sivut 2019. Viitattu 11.11.2019. <https://elementtitehdas.fi/>

Rakennusliiton www-sivut 2020. Viitattu 24.7.2020. <https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2018/06/Talonrakennusalan-ty%C3%B6ehtosopimus-1.5.2018-30.4.2020.pdf>

Reino, K. Rakennuksen puutyöt. 2009. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 15.6.2020.

RT 14-11016, Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. 2010. Viitattu 16.1.2020. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot>

RT 38 760, Parvekkeiden vedenpoistojärjestelmät. 2016. Viitattu 28.1.2020. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot>

RT 82-10604, Betonijulkisivut, korjausrakentaminen. 1996. Viitattu 24.4.2020 <https://www.rakennustieto.fi/kortistot>

RT 82-10821, Betonielementtirunkorakenteet. 2004. Viitattu 26.2.2020 <https://www.rakennustieto.fi/kortistot>

Ympäristöministeriön www-sivut 2019a. Viitattu 15.11.2019. https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkinta.

Ympäristöministeriön www-sivut 2019b. Viitattu 15.11.2019. [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tyyppihyvaksynta-betoniteras-muistio-171215-\(2\)-A23F3EF3_021D_4321_A55C_373C3C432648-116586.pdf/8c338986-3c19-2f4b-8804-7135a326b823/Tyyppihyvaksynta-betoniteras-muistio-171215-\(2\)-A23F3EF3_021D_4321_A55C_373C3C432648-116586.pdf?t=1603259999990](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tyyppihyvaksynta-betoniteras-muistio-171215-(2)-A23F3EF3_021D_4321_A55C_373C3C432648-116586.pdf/8c338986-3c19-2f4b-8804-7135a326b823/Tyyppihyvaksynta-betoniteras-muistio-171215-(2)-A23F3EF3_021D_4321_A55C_373C3C432648-116586.pdf?t=1603259999990)

LIITELUETTELO

Liitteet 1-7. Liitteet 2-7 sisältävät luottamuksellista tietoa.

Liite 1 Tarkastuskortti

Liite 2 Tarkastetut Betonielementit (Salainen)

Liite 3 Betonielementtien kuljetukset (Salainen)

Liite 4 Betonipeitepaksuus-mittaukset (Salainen)

Liite 5 Betonielementtien huomautukset (Salainen)

Liite 6 Korjauskustannusarvio (Salainen)

Liite 7 NCC:n loppuselvitys työmaalta (Salainen)

TARKASTUSKORTTI

Tässä liitteessä kerrotaan tarkastuskortista, jota Porin Elementtitehdas Oy käyttää laadunvalvonnan asiakirjana. Tarkastuskortti tehdään jokaiselle valmistettavalle betonielementille. Tarkastuskortteja täydennetään ennen betonielementin valua työnjohtajan ja elementtikirvesmiehen kanssa. Tarkastuskortti täydennetään loppuun tarkastessa valmiita betonielementtejä tehtaan viimeistelylinjalla, jonka työnjohtaja kuittaa. Valmiit dokumentit kerää yrityksen Laatupäällikkö. Näitä käytetään myöhemmin viranomaistarkastuksissa asiakirjoina

Vastuuhenkilöt: Laatupäällikkö
 Työnjohtaja

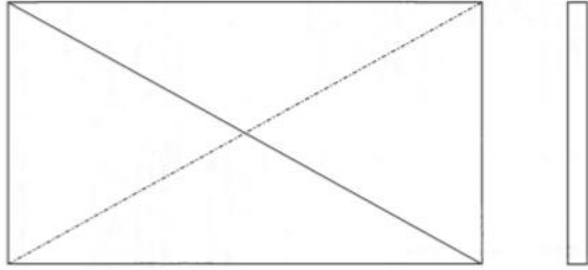
Ennen betonielementin valuja

Tuotantovaiheessa työnjohtaja tarkistaa, että betonielementtien tekijät tekevät elementtipiirustuksien mukaisia elementtejä. Kun elementti on valua varten valmis, niin elementti on tarkastettava vielä kerran kunnolla mittaamalla ja elementtipiirustuksen avulla. Elementin on oltava piirustuksien mukainen ja siihen asennetut osat koskien esimerkiksi teräsosia ja sähkövarusteet olisivat sijoitettu oikeisiin kohtiin. Kun elementti oli tarkistettu työnjohtajan ja elementin tekijöiden kanssa ja löytyneet virheet korjattu, niin tämän jälkeen työnjohtaja antaa luvan elementin valulle. Tämän jälkeen tarkastuskorttia

Vastuuhenkilö: Työnjohtaja
 Elementtikirvesmies

Valmiin elementin tarkistus

Valmiiden elementtien tarkistus tapahtuu elementtitehtaan välivarastossa tehtaan sisätiloissa. Työnjohtaja tarkistaa elementit ja löytyneet viat korjattiin ja dokumentoitiin tarkastuskorttiin. Kun asiat olivat kunnossa, niin työnjohtaja viimeistelee tarkastuskortin. Lisäksi työnjohtaja tekee tarvittavat betonipeitepaksuus-mittaukset ja laittaa tuloksen näkyviin tarkastuskortin kohtaan ”Elementin kuvaus ja päämitat”.

Porin Elementtitehdas Oy		16.3.2017
ELEMENTIN TARKASTUSKORTTI Kohteen nimi :		
Elementin tunnus:	Valupäivä:	Pöytä nro:
Elementin kuvaus ja päämitat. Kuvaan merkitään myös aukot sekä tarkistetut mitat		
		
<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> Mittavirhe	
Tarkastettavat asiat ennen valua ja valutyön aikana (jos kunnossa, rasti ruutuun OK):		
	Tarkastanut _____	Korjannut _____
Rauditus ja varustelu	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	_____
Muotin mitat ja tuenta	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	_____
Eristeet ja ansaat	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	_____
Suojaavan betonikerroksen varmistus	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	_____
Valmis elementti:		
	Tarkastanut _____, elementissä ei korjattavaa.	Korjannut _____
Sisäpinnat	<input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	_____
Ulkopinnat	<input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	_____
Viisteet	<input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	_____
Varaukset	<input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	_____
Tartunnat	<input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	_____
Tunnuslappu	<input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	_____
Muita huomioita tai korjattavaa: _____		
Rakennusteollisuus RT ry		Betonikeskus ry

Kuva 1. Tarkastuskortin sivu 1/2.

Tarkastuskortin toleranssiarvot

Tarkastuskortin toisella puolella näkyy toleranssiarvot, jotka tarkoittavat elementtipiirustuksissa olevien mittojen sallittua vaihtelua/poikkeamaa. Näiden avulla pystytään tarkistamaan valmiista elementistä, että löytyykö näistä virheitä, jotka voivat syntyä valujen jälkeen. Esimerkiksi jos elementin muottisiivut olisivat vääntyneet ulospäin huonon tuennan takia. Erityisen tarkasti pitää olla ovi- ja ikkuna-aukkojen mittauksien kanssa.

betoni		27
10. SEINÄT JA HORMIT		
Normaalihoikka käytetään ulkoisille tavallisissa rakenteissa sekä väliseinille ja sokkeleille yleensä aina. Erihoikkaa käytetään yleensä erityyppisillä julkisivu-ulkoselementeille tai kun se on mittatarkkuudella asennettujen ulkoisista ovesta koostuvien vaimennuksien. Pienille julkisivuvalle on esitetty vain erikoisokan toleranssit ja niitä suositellaan käytettäväksi, kun koko julkisivu muodostuu pienistä levyistä tai kuorielementeistä. Betonelementeille käytetään väliseinien normaalihoikkaa arvoja.		
	Vahvuustoleranssit [mm]	
Mittauksen kohde	Normaalihoikka	Erihoikka
	SFS-EN14992	
	Luokka B	
Pituus (L), korkeus (H)		
- väliseinä ja seinä	±10	±8
- ulkokaari	±8	±5
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±2
Paksuus (h)		
- sandwichin kok.paksuus	±8	±5
- sandwichin seinä	-5, +10	-5, +10
- väliseinä	±5	±5
- sisä- ja ulkokuorielementit	±5	±5
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±3
Ristimien ero (h ₁ - h ₂) ²⁾		
- väliseinä	15	12
- seinä	15	12
- ulkokaari	12	8
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±3
Sivun kytyys (a)		
- sandwich- ja kuorielementit	±8	±5
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±2
- ovet ja ikkunat (h ₁)	±5	±3
Kierros (t)		
- väliseinä, sandwich, ulkokaari ja seinä	±15	±10
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±3
Teräspuikot		
Teräspuikot	Pilarielementtien mukaan	
Teräspuikot (t)		

betoni		28
- sijainti pinnan suunnassa		
- väliseinä	±15	±10
- sandwich, seinä, ulkokaari	±10	±10
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±5
- sijainti ryppy-suunnassa		
- väliseinä, sandwich, sisä- ja ulkokaari	±5	±5
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±5
- kiertymä	L/50	L/50
Sähköerist (t)		
- sijainti pinnan suunnassa	±15	±10
- sijainti ryppy-suunnassa	±5, -10	±5, -10
- resistiivisuus	±4/50, enintään 4	±4/50, enintään 4
- reikien koko		
	±10	±5
Ovet ja ikkunat		
- joka suunnassa (e, h, l)		
- väliseinä	±15	±15
- sandwich	±10	±8
- seinä	±8	±5
- ulkokaari	±8	±5
- kulmien sijainti ero (e ₁ - e ₂)		
- väliseinä, sandwich, seinä, ulkokaari	10	8
- ulkokaari	5	5
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	3
Elementin kiertymä (d) ³⁾		
- väliseinä, sandwich, ulkokaari ja seinä	L/400	L/600
- pienet julkisivulevyt	-	L/600
Pinnan tasaisuus ⁴⁾		
- 0,2 m	4	2
- 3m	10	5

¹⁾ L, ja H ≤ 1,5 m
²⁾ Ei soveltu vinolle seinälle.
³⁾ Muille kuin betonipinta-alle elementeille sallittu kiertymä määritellään suunnitelmassa erikseen.
⁴⁾ Poikkeama mittapisteiden välillä, joka on korkeintaan 0,2m tai 3m.

Kuva Tarkastuskortin sivu 2/2, Toleranssiarvot