

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KERROSTALOTYÖMAAN RUNKO- VAIHE

As. Oy Mikkelin Polttimo

TEKIJÄ Jari-Pekka Suhonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Jari-Pekka Suhonen			
Työn nimi Kerrostalotyömaan runkovaihe			
Päiväys	25.4.2023	Sivumäärä/Liitteet	27
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Rakennusliike Ola Oy			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyön aiheena oli nelikerroksisen asuinkerrostalon runkovaiheen toteuttamisen tarkasteleminen työnjohtajan näkökulmasta. Opinnäytetyössä tarkasteltiin asennusmenetelmän ja nostokaluston valintaa saatavilla olevien vaihtoehtojen välillä. Betonielementtien asennusmenetelmiä vertailtiin kustannuksien ja työn sujuvuuden kannalta. Nostokaluston valintaan liittyvissä asioissa käsiteltiin nosturille kriittiset taakat ja niiden etäisyydet, joita verrattiin saatavilla olevien ajoneuvonostureiden nostokapasiteettitaulukoihin ja pohdittiin muita nosturin kapasiteettiin huomioitavia asioita.</p> <p>Aluksi perehdyttiin betonielementtirunkoisen kerrostalon runkovaiheen tuotannonohjaukseen ja nostokalustoon lähdeaineiston avulla. Tämän jälkeen pohdittiin asennusmenetelmiä ja nostokaluston valintaa opinnäytetyön kohdetyömaan runkovaiheessa. Tässä vaiheessa hyödynnettiin omaa kokemusta työnjohtajan tehtävistä kyseisellä työmaalla. Tuloksena saatiin näkemys siitä, kuinka kustannus- ja aikataulueroavaisuudet muodostuvat opinnäytetyössä tarkastellun kerrostalon runkovaiheessa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin raportti, jonka pohjalta rakennustyömaan työnjohtaja pystyy suunnittelemaan asennusmenetelmät ja pohtimaan nostokaluston valintaa rakennuskohteeseen.</p>			
Avainsanat betonielementti, kerrostalo, runkovaihe, nostokalusto, logistiikka			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author Jari-Pekka Suhonen	
Title of Thesis The Frame Phase of an Apartment Building	
Date 25 April 2023	Pages/Appendices 27
Client Organisation /Partners Rakennusliike Ola Oy	
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to study the frame phase of an apartment building from the perspective of the construction manager. The thesis looked at the choice of the installation method and lifting equipment between the available options. The methods of installing concrete elements were compared in terms of costs and the smooth operation of the work. As regards the choice of lifting equipment, the critical burdens and distances for the crane were compared to the available crane lifting capacity tables. In addition, other matters regarding the crane's capacity were discussed.</p> <p>At first, the production control and lifting equipment of a concrete prefabricated apartment building were studied with the help of source material. The methods of installation and the choice of lifting equipment were then considered during the core phase of the site. At this stage, the author's own experience of the duties of a foreman at the site in question was utilised.</p> <p>As a result was a view of how the differences between costs and schedules are formed in the frame phase of the apartment building examined in the thesis. The thesis resulted in a report that enables the foreman of the construction site to design the installation methods and consider the choice of lifting equipment for the construction site.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Concrete element, floor house, frame phase, lifting equipment, logistics</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	KERROSTALON RUNKOTYÖT	6
2.1	Runkovaiheen tuotannonohjaus	6
2.2	Runkovaiheen aikataulusuunnittelu	8
3	BETONIELEMENTTIEN ASENNUS	9
3.1	Asennustyön suunnitelmat.....	9
3.2	Toimitusten ohjaus	10
3.3	Elementtien vastaanotto ja varastointi	10
3.4	Elementtien asennus suoraan kuormasta	11
3.5	Elementtitelineen käyttö seinien asennuksessa	13
4	NOSTOT	14
4.1	Nostosuunnitelma	14
4.2	Nostokalusto ja -välineet	14
5	CASE POLTTIMO	16
5.1	Asennusmenetelmän valinta	16
5.2	Nosturin valinta kohdetyömaalla	20
	TULOKSET	22
6	POHDINTA.....	25
	LÄHTEET	26

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella nelikerroksisen kerrostalotyömaan runkovaiheen toteutus työnjohtajan kannalta. Rakennuskustannukset ovat olleet voimakkaassa kasvussa (Tilastokeskus 2023). Rakennushankkeen kokonaiskustannuksiin vaikuttaa ratkaisevasti se, miten hyvin projektia tahdistavat työvaiheet onnistutaan toteuttamaan (Ratu, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 2017, 101). Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan runkovaiheen tehtävien valintaa, joiden kautta työnjohtaja voi vaikuttaa rakennushankkeen kokonaiskustannuksiin. Nämä asiat koskevat muun muassa elementtien logistiikkaa, välivarastointia sekä asennuksessa käytettävän nostokaluston valintaa.

Tässä raportissa käsiteltävät aiheet valikoituivat opinnäytetyössä tarkasteltaviksi, kun sain työharjoittelujaksollani johtaa ja aikatauluttaa kyseisen kerrostalon perustus- ja runkorakennusvaiheen itsenäisesti. Asennuksessa käytettävän nostokaluston valinta, työvaiheiden aikatauluttaminen, asennusmenetelmien valinta ja elementtien logistiikan suunnittelu aiheuttivat eniten päänvaivaa vasta aloittelevalle rakennusmestariopiskelijalle. Jokainen rakennustyömaa on erilainen, tämän opinnäytetyön tuloksena saadut valinnat koskevat ainoastaan kohdetyömaata As. Oy Mikkelin Polttimoa ja sen runkovaihetta.

Opinnäytetyöni kohdetyömaa on lähelle Mikkelin keskustaa rakennettava kerrostalotyömaa As. Oy Mikkelin Polttimo, jolla toimin työnjohtajana perustus- ja runkovaiheen ajan kesällä 2022. Rakennus on nelikerroksinen pistekerrostalo. Asuinrakennukseen valmistuu 26 asuntoa kooltaan 31,5–75,0 m². Kaikkiin asuntoihin tulee mm. viilennys, lasitetut parvekkeet ja kuvallinen ovipuhelinjärjestelmä. Lisäksi katolle asennetaan aurinkopaneelit tuomaan säästöjä. Rakentaminen aloitettiin toukokuussa 2022, ja asunnot ovat muuttovalmiina kesällä 2023.



KUVA 1. Kuvaleike Rakennusliike Ola Oy:n verkkosivuilta Mikkelin Polttimo (Rakennusliike Ola Oy)

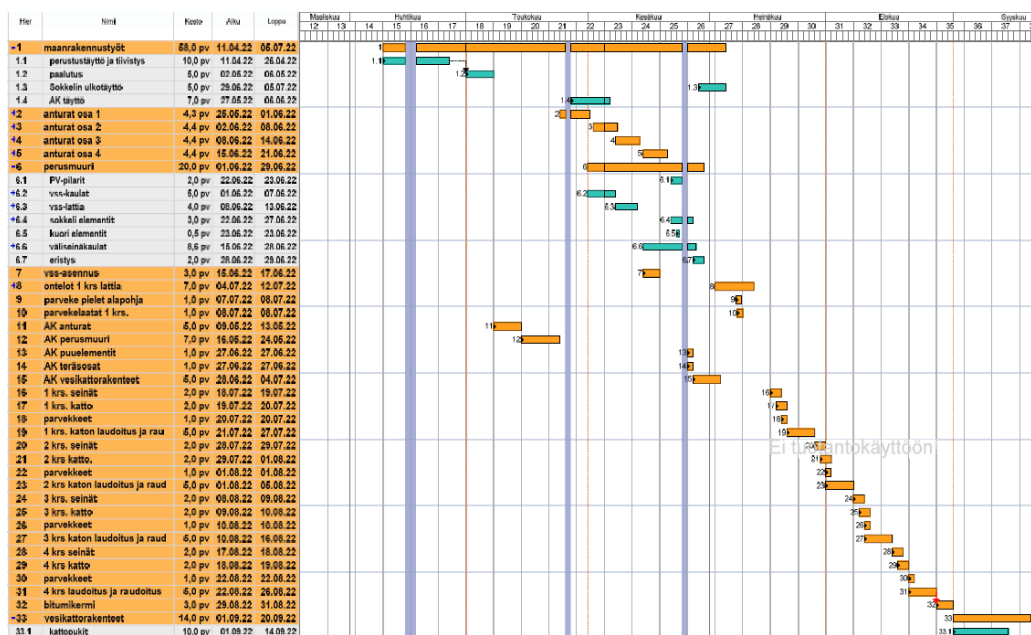
2 KERROSTALON RUNKOTYÖT

Rakennuksen runkovaihe pitää sisällään työt perustusvaiheen ja sisävalmistusvaiheen välillä. Runkovaiheen merkitys korostuu, koska se on tahdistava työvaihe, eli sillä on suuri vaikutus työmaakohteen edistymiseen. Nopeuttamalla runkovaiheen toteutusta, saadaan nopeammin tehtyä vesikatto, jolloin rakennuksen kuivuminen voi alkaa ja sisävalmistusvaihe päästään aloittamaan ajoissa. Runkovaiheen viivästyminen puolestaan voi johtaa vielä suurempiin viivästyksiin, jos rakennusaikaista kosteutta ei päästä poistamaan riittävän ajoissa. (Rakentamisen kosteudenhallinta, julkaisuaika tuntematon.)

Betonielementtirakenteet ovat yleisin asuinrakentamisessa käytetty tapa rakentaa monikerroksisia rakennuksia. Massiiviset betoniseinät jäykistävät runkoa ja antavat huoneistojen välille hyvän äänieristyksen. Betoniseinät voidaan valaa paikalla tai tehdä elementteinä. Elementtirakenne on Suomessa nykyisin vallitseva toteutustapa (Ratu 82-10821 Betonielementtirunkorakenteet. Asuinrakennukset 2004, 2).

2.1 Runkovaiheen tuotannonohjaus

Rakennushankkeen tuotannonohjauksen suunnittelu ja toteutus ovat keskeisessä roolissa siinä, että rakennusyrityksen toiminta on kannattavaa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan tiettyihin runkovaiheen tehtäviin, jotka ovat vain osa rakennushankkeen kokonaisuutta. Tuotannonohjauksella tarkoitetaan yleisellä tasolla sitä, miten rakennusmateriaaleista saadaan aikaan valmis lopputuote. (Koski 2010, 14). Työjohtajan tehtävänä on suunnitella tuotannon eri vaiheet yhdessä suunnittelijoiden, toisten työjohtajien sekä urakoitsijoiden kanssa sen mukaan, miten yritys on organisoitunut.



KUVA 2. Kerrostalon perustus- ja runkovaiheen aikataulu (Suhonen 2022)

Suunnittelutyön pohjana toimii yleis- tai vaihe aikataulu (kuva 2), jota tarkennetaan samanaikaisesti suunnittelutyön tarkentumisen kanssa (Koski 2010, 14). Tuotannonohjauksessa on tärkeää, että suunnittelutyötä tehdään kohteen erityispiirteet huomioiden, eli sitä ei tehdä pelkästään aikaisemman kokemuksen ja ohjekorttien perusteella. Aikaisempaa kokemusta on tärkeää hyödyntää, mutta suunnittelun keskiössä on oltava juuri se kohde, jota varten suunnitelmia tehdään. Opinnäytetyön aiheena olevan runkovaiheen ajan seurattiin perustus- ja runkovaiheen aikataulua (kuva 2). Aikataulussa oli elementtien nostoihin varattu viisi työvuoroa ja rakennusaikaa kerrosta kohden kymmenen työvuoroa. Aikataulusta kiristettiin runkovaiheen edetessä kaksi työvuoroa jokaisessa kerroksessa.

Tuotannosuunnittelun aikana työnjohtajan tehtävänä on yhdessä muun työryhmän ja urakoitsijan sekä mahdollisen tilaajan kanssa, suunnitella ne keinot ja menetelmät, joiden avulla saadaan selville se mitä tehdään, miten tavoitteeseen päästään, miten työ etenee ja millainen on haluttu lopputulos (Koski 2010, 15). Kun työnjohtaja tiedostaa edellä mainitut asiat, hän voi siirtyä ohjaamisen kautta johtamaan eri työvaiheita.

Sumentolan (2015) Turun ammattikorkeakoululle tekemässä opinnäytetyössä tehokkaan runkorakentamiseen edellytyksiä selvitettiin niitä tekijöitä, jotka mahdollistavat tai rajoittavat tehokkaan runkovaiheen tuotannonohjausta. Hänen mukaansa tehokkaaseen lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat ammattitaitoinen työryhmä, eri osapuolten sitoutuminen aikatauluun sekä riittävän kattavat suunnitelmat ja ohjaus. Sumentola nostaa yhtenä tekijänä esille luonnonilmiöt, jotka voivat vaikuttaa aikatauluun sitä hidastavalla tavalla. Sääsuojan käyttö on yksi mahdollinen tapa vähentää sään vaikutusta, mutta se taas lisää kustannuksia. (Sumentola 2015, 34.) Ovaskaisen (2016) Savonia-ammattikorkeakoululle tekemässä opinnäytetyössä kerrostalon runkovaiheen työsuunnitelma, runkovaiheen menetelmänä oli paikallavalu, joten se eroaa siltä osin tämän opinnäytetyön aiheesta, jossa runkovaihe toteutettiin kokonaisuudessaan elementtirakenteilla. Ovaskaisen mukaan suunnittelussa on tärkeää muistaa yleisten ja alustavien suunnitelmien merkitys varsinaisessa tehtäväsuunnittelussa. Työturvallisuus, logistiikan suunnittelu ja laadunhallinta ovat perustana onnistuneessa tehtäväsuunnittelussa. Työtehokkuutta ja runkoaikataulussa pysymistä tukee hyvin suunniteltu logistiikan suunnittelu. (Ovaskainen 2016, 29.)

Kaganin (2017) Turun ammattikorkeakoululle tekemässä opinnäytetyössä kerrostalon runkotyöt, kuvattiin työnjohdollisia tehtäviä ja työn toteutusta kerrostalon runkotyövaiheessa. Hänen tutkimuskohteenaan olivat työnjohtajan tärkeimmät työtehtävät. Hänen mukaansa työnjohtajan kannalta merkittävässä roolissa on tiedonkulku työnjohdon ja työntekijöiden välillä. Asioita unohdettiin ja tiedotus oli puutteellista. Runkokierron ongelmakohtaksi muodostuivat päällekkäisyydet, jotka johtivat siihen, että runkokierto hidastui. (Kagan 2017, 30.) Edellä kuvattujen opinnäytetöiden perusteella on havaittavissa, että rakentamisen tehokas toteuttaminen edellyttää hyvin tehtyä suunnittelutyötä.

2.2 Runkovaiheen aikataulusuunnittelu

Rakennustyömaan aikatauluilla pyritään kuvaamaan tuotantoa ja ne toimivat työmaan ohjauksen ja valvonnan välineinä. Tarkkuustasoltaan aikataulujen tulee olla käyttötarkoitukseen sopivia ja realistisia sekä tavoitteellisia.

Laadittujen aikataulujen on oltava toteutuskelpoisia, eli niiden tulee perustua työkohteen ominaisuuksia vastaaviin työmenekki- ja työsaavutustietoihin sekä resurssisuunnitteluun, tämä on olennaista yksittäisten tehtävien ja koko rakennustyömaan ohjauksen kannalta. (Ratu, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 2017, 62.)

3 BETONIELEMENTTIEN ASENNUS

Betonista valmistettuja elementtejä hyödynnetään kaikenlaisissa rakentamisissa. Niitä voidaan käyttää rakennusosina niin omatoimisissa kuin ammattimaisissa rakentamisissa. Betonielementtejä voidaan hyödyntää monenlaisissa kohteissa kuten omakoti- tai kerrostaloissa, julkisissa rakennuksissa, tai vaikka teollisuuden ja maatalouden halleissa. Betonielementtejä voidaan käyttää myös inf-rakentamisessa muun muassa melusteina, tukimuureina, ratapölkkyinä tai siltoina. Noin 80 % asuinkerrostaloista rakennetaan betonielementeistä, joten niiden osuus on merkittävä rakennusrungoissa. (Suomen betoniyhdistys ry.)

3.1 Asennustyön suunnitelmat

Betonielementtien asennustyö sisältää paljon huomioitavia riskejä. Jotta kaikkein tärkein, eli työnteekijöiden turvallisuus voidaan maksimoida, ovat itse työvaihetta ennakoivat toimenpiteet erittäin tärkeässä roolissa. Näihin toimenpiteisiin kuuluvat suunnitelmat, jotka käsittelevät elementtirakentamista sekä elementtien asennusta. Näistä molemmista suunnitelmista on olemassa pykälät valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta (26.3.2009/205.)

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta edellyttää, että

Suunnitelmien, jotka liittyvät elementtirakentamiseen on oltava kirjallisina työmaalla. Rakennesuunnittelijan on annettava toteutuksesta vastaavalle työnjohdolle riittävät tiedot asennusjärjestyksestä, elementtien väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä asennussuunnitelman laadintaa varten siten, että rakenteellinen vakavuus säilyy kaikissa asennustyön vaiheissa. Lisäksi on annettava tiedot elementtien turvallisesta nostosta ja käsittelystä sekä työnaikaisista asennustasoista, suojakaiteista ja muista turvallisuuslaitteista ja niiden kiinnittämisestä. Väliaikaiset kuormat, jotka aiheutuvat nostolaitteista ja elementtien varastoinnista on otettava huomioon rakentamiseen liittyvissä geoteknisissä suunnitelmissa. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009/205, 36 §.)

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta sisältää myös pykälän elementtien asennussuunnitelmasta. (2009/205, 37§.) Pää toteuttajan on huolehdittava siitä, että elementtien asennussuunnitelma löytyy kirjallisena työmaalta ja elementtien asennussuunnitelmassa on oltava suunnittelijoiden merkintä sen hyväksymisestä. Valmistajien antamat tuotekohtaiset ohjeet on aina otettava huomioon asennussuunnitelmassa. Asennussuunnitelmasta on selvittävä nostotyössä käytettävä nostokalusto, nostopaikat, nostojen ohjaus ja mahdolliset rajoitukset, taakkojen paino elementtityypeittäin sekä nostoapuvälineet elementtityypeittäin. Asennussuunnitelmassa elementin asennusnosturina toimii torni- tai ajoneuvonosturi, tai joku muu nosturi, joka on suorituskapasiteetiltaan riittävä ja muuten tarkoitukseen soveltuva ja suunniteltu. Elementtien asennussuunnitelmassa tulee esittää ohjeet väliaikaisen tuennan lisäksi myös tuennan purkamisesta asennusvaiheittain. Kohdetyömaan asennussuunnitelma liitteenä (liite 1).

3.2 Toimitusten ohjaus

Kun hankintasopimukset on solmittu, siirtyy toimituksiin liittyvä yhteydenpito toimittajaan ja mahdolliseen aliurakoitsijaan työmaaorganisaation eli työvaiheesta vastaavan työnjohtajan vastuulle. Toimittajan yhteyshenkilöksi vaihtuu usein toimittajan tekninen henkilöstö. Työmaan vastaava työnjohtaja ohjaa työmaan toimintaa ja järjestää työmaan sujuvuuden kannalta olennaisia asioita. Järjestelmällisyys ja taito käsitellä asioita ja ihmisiä ovat piirteitä, joita sujuva työmaan hallinta vaatii. Vastaavan työnjohtajan on oltava valppaana ja tiedotettava työmaan muutoksista aliurakoitsijoille ja toimittajille. Materiaalivirtojen ohjaaminen on mahdollista, kun työmaan eri osapuolet pidetään tietoisina siitä, mitä ja milloin työmaalla tehdään, ja kuka tekee. Näin mahdollistetaan se, että oikea materiaali on oikeassa paikassa oikeaan aikaan. (Ratu S-1227 Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus 2010, 13.)

Toimitusajankohdan ja työn aloittamisajankohdan lähestyessä täsmennetään toimitusta. Tärkeää on tarkentaa toimituksen määrä, koko ja ajoitus, sekä tarkistaa toimitussopimuksen sisältö ja mahdolliset muutokset ja täydennykset. (Ratu s-1227 Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus 2010 14.)

3.3 Elementtien vastaanotto ja varastointi

”Betonielementtejä vastaanotettaessa tarkastetaan työmaalla elementtien tunnuksat ja kunto sekä kirjataan mahdolliset puutteet. Elementtejä saa nostaa vain varsinaisista nostolenkeistä tai nostoelimistä, ei siis esimerkiksi teräsvaarnalenneistä.” (Suomen betoniyhdistys ry.) Kuvassa 3 näkyy työmaalle toimitettu seinäelementti, jonka tunnus ja tarvittavat tiedot ovat elementissä. Nostoja varten on elementtien paino oltava tiedossa. Elementit kuitataan vastaanotetuiksi kuormakirjaan (kuva 4), johon kirjataan myös mahdolliset puutteet.



KUVA 3. Seinäelementti (Suhonen 2022)

Toimitusosoite: AS OY MIKKELIN POLTTIMO POLTTIMONKATU 10 50100 MIKKELI		Nimi: MIKKELIN POLTTIMO Tilausnumero: 1479 Toimituspäivä: 25.08.2022 Sovittu purkuaika: 7.45 Kuorma nro: Lastauspäivä:							
Kuljetusliike: SORA JA BETONI V.SUUTARINEN OY_TP VUORILAHDENTIE 7 52700 MÄNTYHARJU		Kuljettaja: VANHANEN Matka:							
Tuote	Tunnus	ID	Paks.	Lev.	Pit.	Kork.	Paino	Varasto	Huomaus
CE	SK1	SK-11	94	150	7800	0	2980	6.30	A22
CE	SK1	SK-12	95	150	7800	0	2980	6.90	A22
CE	SK1	SK-10	93	150	7600	0	2980	6.30	C22
CE	SK1	SK-9	92	150	7800	0	2980	6.90	A2111
Yhteensä:		4	Paino Yht (tn)		26.40				
Huomaus: YHTEISKUORMA 6674/9315 AUTOSTA ASENNUKSEEN ASENNUSJÄRJESTYS SK11, SK12, SK10, SK9, V39, V38, V37									
Asennustarvike/NimiYksikkö/Määrä:									
	Alkoi	Loppui	Allekirjoitus						
Lastaus									
Purku	7.30	5.00							
Purkaja									
CE-merkittyjen elementtien teknisinä dokumentteina toimivat valmistuspiirustukset jotka suunnittelija toimittaa työmaalle. Suoritustasoilmoitukset löytyvät www.suutarinen.fi kohdasta Sertifikaatit									
<p>SK-11 Varmat reiät tukkeessa</p> <p>SK-12 Varmat vääriällä puolella</p> <p>shf + 20 min</p>									

KUVA 4. Kuormakirja (Suhonen 2022)

Betonielementit pyritään pääsääntöisesti asentamaan paikoilleen suoraan kuormasta ilman välivarastointia. Jos tämä ei ole mahdollista, on betonielementit ensin välivarastoitava ja asennettava sieltä edelleen paikoilleen. Elementtejä nostaessa niiden alapuolella liikkuminen on estettävä eli nostot tehdään vapaan alueen kautta. (Elementtisuunnittelu.fi 2020.)

Elementtejä varastoitaessa maapohjan on oltava kantava ja vaakasuora. Tarvittaessa maapohjaa tulee vahvistaa ja pohjan vakavuutta tarkkailla välivarastoinnin aikana. Erityisesti maapohjan vakavuuteen tulee kiinnittää huomiota keväisin roudan sulaessa tai myös silloin kun elementtitelineiden kuormitusta muutetaan. Elementtitelineiden painuminen estetään aluspuilla tai -levyillä. Elementtitelineiden kulkusiltojen pitää olla riittävän leveät ja niissä täytyy olla suojakaiteet. (Betoni 2020 julkaisu-aikea tuntematon.)

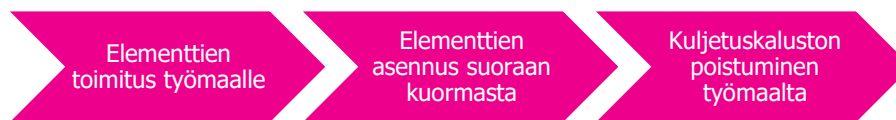
3.4 Elementtien asennus suoraan kuormasta

Betonielementtejä asennettaessa paikoilleen suoraan kuljetuskaluston kyydistä, on otettava huomioon monia asioita. Jotta työvaiheen aikatauluttaminen onnistuisi hyvin, on tiedettävä tai arvioitava aika, joka kuluu yksikköä kohti (kuva 5). Lisäksi on tiedettävä käytössä olevan kuljetuskaluston kapasiteetti ja aika, joka kuluu siihen, jos sama auto joutuu hakemaan useamman kuorman saman päivän aikana. Tieto asennuksen työmenekistä löytyy useimmista yrityksistä aiemmin toteutuneista kohteista, tai apuna voi käyttää menekkejä kirjallisuudesta (liite 2).

Tätä asennusmenetelmää käytettäessä on myös tiedettävä, kuinka monta elementtiä käytettävällä kuorma-autolla voidaan toimittaa. Työmaalla on varattu tietty aika elementtikuorman purkamista

varten. Tämä on yksi huomioon otettava asia menetelmiä suunnitellessa. Elementtivelinettä käytettäessä odottamisesta johtuvia lisäkustannuksia ei tule, mutta nosturitunteja tulee enemmän.

Täysperävaunulla (kuva 6) elementtejä toimitettaessa yhdeksän akselisen ajoneuvoyhdistelmän suurin sallittu kokonaismassa on 76 tonnia, "jos vähintään 65 prosenttia perävaunun massasta kohdistuu akseleille, jotka on varustettu paripyörin." Kuusi akselilla puoliperävaunulla yhdistelmän suurin sallittu kokonaismassa on 53 tonnia. (Tielikennelaki 360/2020, 122 §, liite 6.6.)



KUVA 5. Asennus kuormasta



KUVA 6. Elementit työmaalla (Suhonen 2022)

3.5 Elementtitelineen käyttö seinien asennuksessa

Elementtiteline on betonielementtien välivarastoinnissa työmailla apuna käytettävä teline, johon betonielementit voidaan tarvittaessa säilöä. Elementtitelineen etuna on, että elementtikuormien suunnittelu on huomattavasti helpompaa, koska kuormien tilaamisesta vastaavan työnjohtajan tarvitsee ainoastaan tilata asennettavat betonielementit, eikä asennusjärjestystä tai kuormien kokoa tarvitse suunnitella niin tarkasti. Haittapuolena elementtitelineen käytölle on sen hitaus. Asennus saattaa olla huomattavasti hitaampaa, koska sama elementti joudutaan kiinnittämään ja asentamaan kahteen kertaan (Kuva 7). Tämä sitoo työntekijäresursseja enemmän, kuin elementtien asentaminen suoraan kuljetuskaluston kyydistä, sillä yksi työhön perehdytetty tai koulutettu henkilö joudutaan sijoittamaan elementtitelineen luokse kiinnittämään elementtejä nosturin ketjuihin. Lisäksi elementtitelineen käyttö vaatii kohtuun suuren tilan, ja sen alustan kantavuuden täytyy olla geoteknisesti tutkittu ja todettu riittävän lujaksi. Esimerkkinä käytetyn telineen ympärille voi yhteispainoa tulla jopa 200 tn.



KUVA 7. Elementtitelineen käyttö asennuksessa

4 NOSTOT

Kaikkeen nostamiseen liittyy paljon työturvallisuusriskejä. Tärkein kriteeri nostokaluston valinnassa on tehdä työstä mahdollisimman turvallista, riskit voidaan minimoida oikeanlaisella nostotyön suunnittelulla. Nostotyöhön tulee valita parhaiten työvaiheeseen, ja työskentelykohteeseen sopiva nostin. Rakennustyömaan työnjohtajan täytyy varmistaa ennen nostotyön aloittamista, että alusta on riittävän tukeva, sen koostumus on myös oltava tarkkaan tiedossa.

Näkkälä (2020, 10) toteaa Lapin ammattikorkeakoululle tekemässä opinnäytetyössään turvallinen nostaminen työmaalla, yleisimpien nostokoneiden olevan torninosturi ja ajoneuvonosturi. Torninosturi sopii paremmin pienemmällä alueella olevalle työmaalle, ja se voidaan asentaa myös radan päälle, jolloin sen ulottuvuus kasvaa. Ajoneuvonosturi on parempi laajemmalla työmaalla, sitä pystytään siirtämään helposti paikasta toiseen nostoa vaativien kohteiden ollessa laajemmalla alueella. Nostokone tulee aina valita niin että sen kapasiteetti riittää nostosuorituksen tekemiseen. Turvallisuuden kannalta nosto olisi hyvä toteuttaa aina yhdellä koneella, mikäli mahdollista.

Liikenne- ja viestintäviraston mukaan ajoneuvonosturi on kuorma-auton alustalle rakennettu työkone. ”Tämä on N2- tai N3-luokan ajoneuvo, joka on varustettu erityisillä välineillä työn tekoa varten ja jota ei ole tarkoitettu muun tavaran kuin työssä tarpeellisten työvälineiden ja tarvikkeiden kuljettamiseen. Auton alustalle rakennetussa työkoneessa ei saa olla tavaran kuljettamiseen tarkoitettua kuormatilaa tai lavaa eikä muita kuin kuljettajan vieressä olevia matkustajapaikkoja.” (Traficom.fi ajoneuvoluokat.)

4.1 Nostosuunnitelma

Nostosuunnitelma tehdään yleensä rakennushankkeen päätoteuttajan johdolla nostotyötä vaativien töiden urakoitsijoiden ja tarvittaessa rakennesuunnittelijan kesken. Ajoneuvonostureiden vuokrauksen yleisten ehtojen 2 §:ssä mainitaan, että nostotyön suunnittelusta vastaa tilaaja. Suunnitteluun osallistuu myös nosturin toimittaja, kun käytössä on ajoneuvonosturi. On tärkeää nostotyön turvallisen toteuttamisen takaamiseksi, että ainakin työnjohto, työhön osallistuvat ja nosturin käyttäjä perehtyvät suunnitelmaan etukäteen. Ainakin vaikeita nostotöitä varten tulee laatia kirjallisena nostosuunnitelma sekä tapauksessa jolloin käytetään samanaikaisesti useampaa kuin yhtä nosturia. Ulkoisten olosuhteiden sekä nostolaitteiden ja apuvälineiden, nostettavan kappaleen ja nosto ympäristön ominaisuudet otetaan huomioon nostotyötä suunniteltaessa. Lisäksi tulee suunnitella nostojen aikataulus, kaluston hankinta sekä tapa, jolla tietoa välitetään nostettaessa. Nostotyön vaaratilanteet tulee tunnistaa sekä ehkäistä ja vaarakohdat poistettava. Ympäristötekijät tarkennetaan nostosuunnitelmaan ennen varsinaista nostoa ja siirtoa. (Ratu 1182-S Nostotöiden turvallisuus 1998, 4.)

4.2 Nostokalusto ja -välineet

Kuorman suurin taakka vaikuttaa elementtien nostamiseen käytettävän nosturin nostokyvyn valintaan. Geosuunnittelijalta tulee tarvittaessa varmistaa maapohjan kantavuus nosturin alla. ”Ajoneuvonosturia käytettäessä tarvitaan tukilevyjä, joiden kantavuuden on oltava taakkaan nähden riittävä. Tukilevyjen riittävyys todetaan aina tapauskohtaisesti.” (Elementtisuunnittelu 2010, 25.)

Elementtien nostokalustoa valittaessa on selvitettävä

- elementtien tyyppikohtaiset suurimmat päämitat, pituus, leveys, korkeus
- ero elementtityyppien suurimmat nostopainot sekä elementti, jonka nostoetäisyys on pisin
- nostoetäisyydet ja -korkeudet
- mahdolliset esteet, kuten sähkölinjat yms.
- maapohjan kantavuus sekä ajoteiden kunto.

(Elementtisuunnittelu 2010, 25.)

Ajoneuvonosturille tehdään vastaanottotarkastus aina sen saapuessa työmaalle. Ennen torninosturin tai ajoneuvonosturin käyttöönottoa, tulee nosturille tehdä käyttöönottotarkastus (liite 3). Tarkastusta ei vaadita liikkuvan nostolaitteen jälkeiselle käyttöönotolle, mutta tällöin tulee tehdä käytön kokeilu. Käytön kokeilu, eli nosturin valmistajan ohjeistamat turvallisuus- ja hallintalaitteiden testaukset, tulee tehdä myös työvuoron alkaessa ja vaativien sääolojen aikana. Nostokalusto tarkastetaan myös viikoittain tehtävissä turvallisuustarkastuksissa. Määräaikaistarkastukset tulee tehdä vuoden välein ensimmäisen käyttöönottotarkastuksen jälkeen. Elementtien nostamiseen käytettävissä nostureissa on oltava turvakytkimet, jotka on tarkastettava vähintään kerran viikossa sekä aina ennen asennustyötä. Sama koskee myös jarruja, varolaitteita ja muita nostoapulaitteita. Kaikista tarkastuksista tulee tehdä pöytäkirjat. (Elementtisuunnittelu 2010, 25.)

Torninosturin ja ajoneuvonosturin nostokyvyn ollessa yli 5 tonnia, on kuljettajalla oltava asianmukainen ammattitutkinto tai sen soveltuva osa. Asianomaisen työnsuojeluviranomaisen on mahdollista myöntää työnantajalle erityislupa, jolloin nosturin kuljettajana voi toimia henkilö, jolla ei ole ammattitutkintoa. Tämä erityislupa on aina työmaakohtainen. "Torninosturin pystytyksen saa suorittaa vain nosturiasennuksiin perehtynyt ammattiryhmä nosturin valmistajan ohjeiden mukaisesti. Työnjohtajalla, joka johtaa elementtiasennusta, on oltava riittävät tiedot valmiin ja asennuksenaikaisen rakenteen toiminnasta, työnsuunnittelusta, työturvallisuudesta ja asennuksesta." Käytettäessä useampaa kuin yhtä nosturia, on nostotyösuunnitelma laadittava aina. (Elementtisuunnittelu 2010, 25.)

5 CASE POLTTIMO

As. Oy Mikkelin polttimon päätoteuttaja on rakennusliike Ola Oy. Opinnäytetyön tekijä on toiminut kyseisessä yrityksessä kirvesmiehenä vuodesta 2006 lähtien. Opintojeni edetessä sain mahdollisuuden toimia kyseisen työmaan työnjohtotehtävissä ja sen myötä halusin tehdä opinnäytetyön tästä työkokemuksesta. Olin ensimmäistä kertaa työnjohtajan tehtävässä ja pääsin kokeilemaan useita teoriassa rakennusmestarin opinnoissa saamiani oppeja käytännön tasolla. Aloitin työnjohto tehtävät työmaalla toukokuussa 2022, jolloin paalutustyöt oli juuri saatu valmiiksi. Rakennusliikkeen vastaava mestari oli vielä täysipäiväisesti työllistettynä toisella sisävalmistusvaiheessa olevalla työmaalla, joten sain johtaa itsenäisesti As. Oy Polttimon perustus- ja runkovaiheen. Perustusvaiheessa käytössäni oli kaksi rakennusammattihenkilöä, joiden kanssa teimme perustusvaiheen ensimmäisen kerroksen lattoiden ontelolattaajien asennukseen saakka. Tämän jälkeen runkovaiheeseen vapautui toiselta työmaalta lisää resursseja, toki työmaan resurssimäärään vaikutti käynnissä oleva kesälomakausi.

As. Oy Mikkelin polttimo on neljäkerroksinen kerrostalo, joka valmistuu kesällä 2023. Rakennus sijaitsee lähellä Mikkelin keskustaa. Tontti oli poikkeuksellisen tilava, joten elementtien välivarastointi olisi voinut tulla kysymykseen. Työtä rajoittavana tekijänä tontilla oli sen sijainti risteyksessä, lisäksi rakennuksen toisessa päädyssä oli imeytyskenttä, joka esti nosturin sijoittamisen päätyyn. Tämän takia elementtien nostot voitiin suorittaa ainoastaan rakennuksen etupihan puolelta.

Rakennustyöt tontilla alkoivat toukokuussa 2022. Opinnäytetyössä käsiteltävä runkovaihe sijoittui kesälle 2022. Koska rakennuksen runkovaihe sijoittui kesälle, sääilmiöiden mahdollisesti aiheuttamia viivästyksiä ei tarvinnut ottaa huomioon. Kaikki elementtiasennukset suoritettiin rakennusliike Ola Oy:n omilla henkilöresursseilla yrityksen käytönsä mukaisesti.

Elementtien asennustyötä suunnitellessa tuli päättää asennusmenetelmät, eli asennetaanko betonielementit suoraan kuormasta, vai käytetäänkö elementtinelinettä. Asennusmenetelmää valittaessa verrattiin nosturitunneista ja henkilötyötunneista koostuvia kustannuksia niiden menetelmien välillä. Pohdintaa käytiin siitä, pystytäänkö elementtikuormat ajoittamaan sopivasti työmaalle siten että vältyttäisiin turhalta odottelulta kuormien välissä. Huomioon otettiin myös riski siitä, jos asennuksessa tapahtuisi jokin viivytys, mutta elementtikuormat tulevat työmaalle sovitusti, eikä välivarastointiin olisi varauduttu.

Nostotyötä suunnitellessa rakennuksen pieni koko vahvisti sen, että elementtien nostoissa käytettäisiin ajoneuvonosturia. Nosturin koko vaikuttaa sen tuntihintaan, joten tuli pohtia minkä kokoisella ajoneuvonosturilla asennus suoritettaisiin. Vertailussa otettiin huomioon nostokapasiteetit ja mahdollisesta siirtämisestä johtuva tilantarve.

5.1 Asennusmenetelmän valinta

Vertailulaskelmasta (kuva 8) selviää, että teoriassa elementtien asentaminen suoraan kuormasta on kustannuksiltaan huomattavan paljon edullisempaa. Ero muodostuu nosturitunneista ja asennusryhmän resursseista. Elementtejä purettaessa telineeseen resurssien tarve ei ole kuin kaksi ammattihenkilöä, jonka aikana muille käytettävissä oleville resursseille ei ole tarjota tehtävää koskien kyseistä työvaihetta. Kun taas elementtejä telineestä asennettaessa tarvitaan kaikki neljä henkilöä.

Työt jakautuvat siten, että yksi henkilö valmistaa ja laskee juurimassan paikoilleen, kaksi henkilöä asentaa elementit paikoilleen ja yhden tulee olla elementtitelineellä kiinnittämässä elementtejä. Nosturitunteja tarvitaan enemmän koska jokainen elementti nostetaan ja lasketaan kahteen kertaan.

Suoraan kuormasta elementtejä asennettaessa henkilöresurssien määrä on kolme henkilöä. Kaksi elementin asentajaa ja juurimassan valmistaja. Kuorma-auton kuljettaja kiinnittää elementit nosturin nostorakseihin, joten erillistä henkilöä ei tarvita kiinnittämään elementtejä elementtitelineellä. Riskinä tosin on, että jos asennuksessa ilmenee jokin ongelma, saattavat kuormat ruuhkautua työmaalla. Tällainen viivästys saattaa tämän tyyppisessä runkorakenteessa johtua esimerkiksi ontelokentästä kohollaan olevasta viemäriinjasta, jonka vuoksi seinäelementtiä joudutaan työstämään ennen sen asentamista paikoilleen. Tai vaikka ontelolaatan esijännityksestä johtuvasta korkoerosta, jolloin joudutaan mahdollisesti tekemään muutoksia elementin asennuspalojen korkoon.

Elem kpl	KTA €/h	nosturi €/h
23	18,5	210

ASENNUS ELEMENTTITELINEEN KAUTTA

	aika h/yks	aika yht.	resurssit	€
Elementtien purkaminen telineeseen	0,083	1,9	2,0	70,6
Elementtien asennus paikoilleen	0,283	6,5	4,0	481,7
Nosturitunnit		8,4		1767,8
Elementtitelineen vuokra/kr				150,0

yht €	2470,1
-------	--------

ASENNUS SUORAAN AUTOSTA

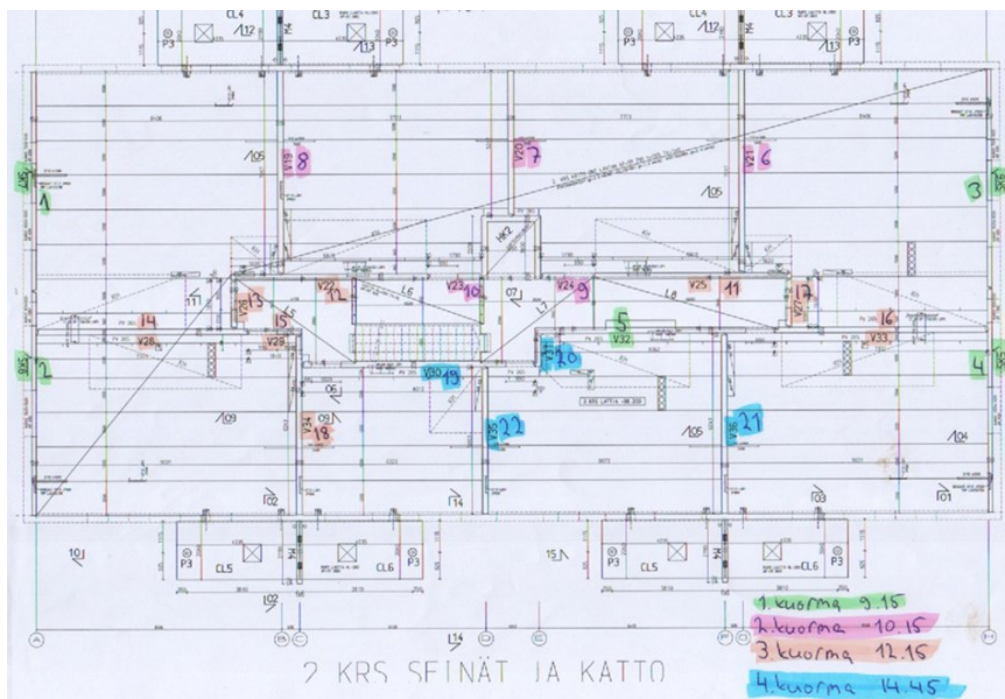
	aika h/yks	aika yht.	resurssit	€
Elementtien asennus paikoilleen	0,283	6,5	3,0	240,8
Nosturitunnit				1366,9

yht €	1607,7
-------	--------

erotus €	862,4
----------	-------

KUVA 8. Vertailulaskelma

Kustannuksien näkökulmasta elementtien asennus suoraan kuormasta tulee edullisemmaksi. Seuraavaksi tuli suunnitella asennusjärjestys (Kuva 9) ja aikatauluttaa kuormat, sekä pohtia asennuksien onnistumista niiden kannalta.



Kuva 9. Asennusjärjestyksen ja kuormien suunnittelua

Tässä kohteessa jokaiseen rakennettavaan asuinkerrokseen tuli 22 seinäelementtiä, sekä kokonaisuudessaan asennettava hissikuiluelementti. Kaikki betoniseinäelementit ovat eristämättömiä elementtejä, joka tarkoittaa, että ne ovat kokonaisuudessaan betonia. Rakennuksen lämpöeristekerros on puuelementeissä, joilla rakennus vuorataan. Tavoitteena oli asentaa kaikki kerroksen betoniseinäelementit yhden työvuoron aikana. Tavoite pitäisi olla realistinen, sillä yrityksen aikaisemmissa vastaavissa kohteissa yhden työvuoron työsaavutus on ollut 28–30 elementtiä työvuorossa.

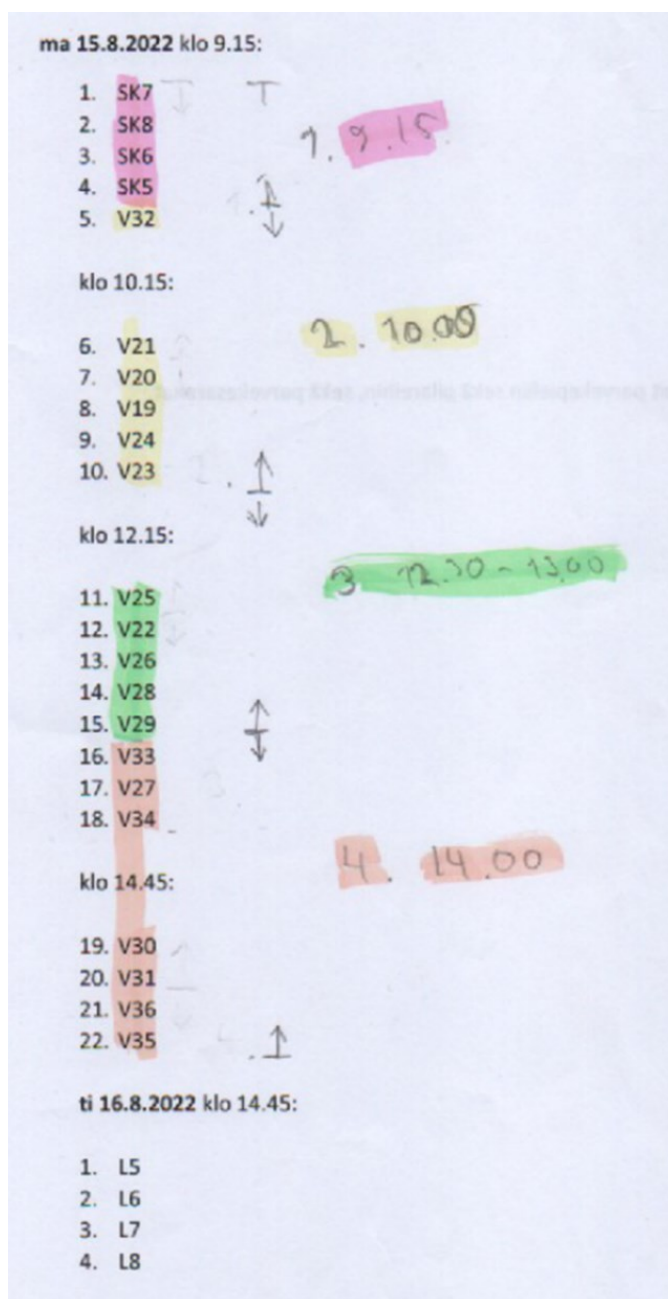
Betonielementit toimitettiin työmaalle kahdelta eri tehtaalta. Koska asennuspäivien aikataulu (kuva 10) oli kireä, oli tärkeää tietää, missä eri seinäelementit oli valmistettu. Näin asennusjärjestys pysyi järkevänä, eikä seiniä tarvinnut nostaa piiloon toisten seinien taakse, ja kuormat saatiin tilattua työmaalle oikeaan aikaan.

VIIKKO 33			
MA	TI	KE	TO
15.8	16.8	17.8	18.8
7.00 Seinien merkit + korot	7.00 onteloiden korot	7.00 Parvekelaatat 3kpl Purku	T+V paikallavala- kaistat N+E laudat
8.45 Nosturi Hissikuilu	ontelokuormat: 9.15 (4979) 10.15 (4980) 12.00 (4981) 12.45 (4982)	Parvekepiilet asennus 9.15 (sama auto)	J LV-linjat sahaus Piilkaus
Seinäkuormat 9.15 (5kpl) 10.15 (5) 12.15 (8) 14.45 (4)	14.45 Kerrostaslaatat Purku tontille	lopun parvekelaatat + pilarit	
		Kerrostaslaatat + portaat asennus Nosturi pois	

KUVA 10. Viikkoaikataulu

Näiden alustavien suunnitelmien pohjalta päätettiin, että elementit asennetaan suoraan kuormasta, eikä elementtitalineelle ole tarvetta. Tontti oli sen verran tilava, että kaikki hissikuluelementit pystyttiin vastaanottamaan työmaalle jo ennen ensimmäisen kerroksen elementtiasennuksia. Niiden tilaamista ei enää myöhemmin tarvinnut huomioida elementtejä tilatessa.

Elementtitehtaalla on tarkemmin tiedossa käyttämänsä kuljetuskaluston kapasiteetti ja saatavuus, joten sieltä tuli vielä hieman muutoksia kuormiin (kuva 11), mutta asennus pystyttiin viemään läpi annetussa asennusjärjestyksessä ja suunnitellussa aikataulussa.



KUVA 11. Tehtaan muutokset kuormiin

5.2 Nosturin valinta kohdetyömaalla

Kohteessa nosturityötä vaativia runkovaiheen työvaiheita olivat sokkelipalkkien/kuorikivien asennus, kantavan rungon betonisten seinäelementtien asennus, ontelolaattojen asennus, joiden yhteydessä asennettiin parvekelinjat, sekä puuelementtien asennus, joilla rakentui rakennuksen julkisivut.

Tarkasteltava kerrostalotyömaa sijaitsee kahden liikennöidyn kadun risteyksessä, joten nosturi voitiin sijoittaa ainoastaan rakennuksen sisäpihalle. Rakennuksen päätyyn ei nosturia voitu sijoittaa. Tämä johti siihen, että myös kadun puoleiset parvekkeet jouduttiin nostamaan rakennuksen ylitse. Alusta asti oli selvää, että torninosturia emme työmaalla tulisi käyttämään työmaan pienen koon perusteella.

Tässä kohteessa vaihtoehtoina oli käyttää Liebherr LTM 1090 tai Liebherr LTM 1130 ajoneuvonosturia. Nosturin valmistajalla on olemassa taulukot, joista jokaisen autonosturin kapasiteetti voidaan tarkastaa. LTM 1090 (myöhemmin 90 tn) nosturin nostoteho on 90 tn ja LTM 1130 (myöhemmin 130 tn) nosturin vastaavasti 130 tn. Taulukosta ei kuitenkaan selviä nostokaluston koukun, vaijerin tai nostoketjujen paino, joka pitää muistaa ottaa huomioon laskettaessa nostureiden kapasiteetteja työmaalla. Nostettavan kuorman lisäksi on laskettava 1 000–1 500 kg painoa, joka koostuu juuri noista edellä mainituista välineistä. Muun muassa parvekelaatat ovat sellaisia elementtejä, jotka toimitetaan kuorma-autolla kyljellään mutta asennetaan neljällä ketjulla vaakatasossa. Tämän takia nosturi on sijoitettava siten, että parvekelaatoille jää riittävästi tilaa, koska ne on kaadettava maahan lappeelleen, jotta sivussa olevat nostolenkit voidaan katkaista ja nostoketjut voidaan kiinnittää niille varattuihin valuankkureihin. Tällä oli vaikutusta nosturin valintaan siinä mielessä, että pienempää nosturia olisi saatettu joutua siirtämään nostotyön edetessä ja sen takia monestikaan tontilla ei riitä tila elementtien välivarastointiin. Tässä raportissa tarkasteltavaan kerrostaloon tuli neljä parvekelinjaa jokaiseen kerrokseen, joka tekee yhteensä kahdeksan parvekelaattaa kerrosta kohti, jokainen laatta on kooltaan (4,2 x 2,04) m², joten tilantarve oli melko suuri.

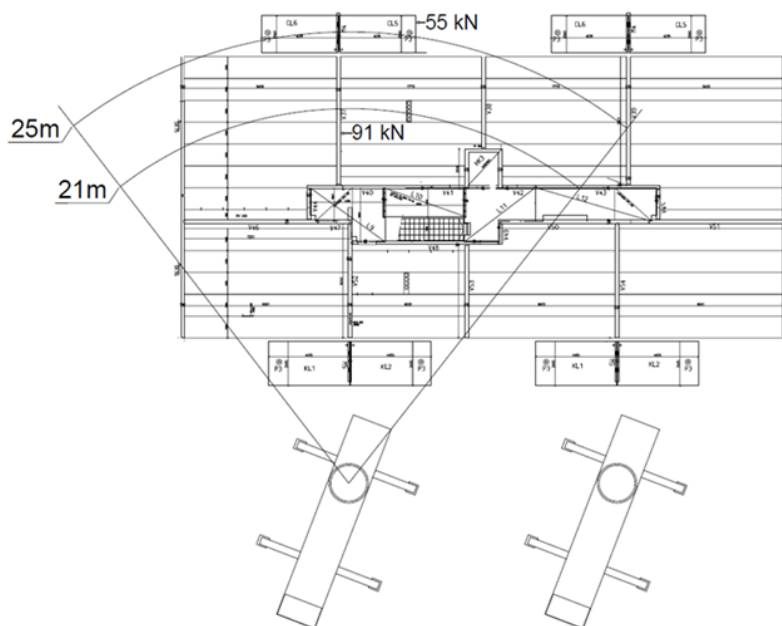
Pienemmän 90 tn nosturin etuna on sen edullisempi hinta, mutta jos nosturin paikkaa joudutaan siirtämään nostotyön edetessä, on otettava huomioon siihen kuluva aika ja tilantarve. Vaikka suurempi 130 tn on kalliimpi tuntiveloitukseltaan, se saattaa olla koko nostotyötä ajatellen edullisempi, jos koko kerros voidaan asentaa samalta paikalta. Lisäksi kuormien suunnittelussa ei tarvitse ottaa huomioon autonosturin siirtoon kuluva aika, joka on noin puoli tuntia.

Kuvassa 12 on havainnollistettu kuinka nostokapasiteetiltään pienempi 90 tn nosturi voitaisiin sijoittaa kohteeseen, jotta nostotyö olisi mahdollinen. Nosturin paikat olisivat antaneet mahdollisuuden varastoida kerrostaso- ja parvekelaattojen varastoinnin ilman, että ne olisivat vieneet liikaa tilaa nosturilta tai kuljetuskalustolta. Kyseiset vaakatasossa asennettavat laatat kuljetettiin työmaalle kyljellään, joten ne tuli joka tapauksessa purkaa ensin maahan lappeelleen, jossa niistä katkaistiin siinä vaiheessa turhat nostolenkit ja parvekelaattoihin kiinnitettiin parvekesaranat, joilla parvekelaatat ankkuroidaan rakennuksen runkoon.

Kuvasta 12 selviää nostotyötä suunniteltaessa asennettavista elementeistä kriittisimmät, eli nosturia eniten kuormittavat taakat ja niiden keskikohtien etäisyydet nosturista. Tarkasteltavat taakat olivat

noin 9,1 tn painoinen väliseinäelementti, jonka etäisyys nosturista olisi ollut kaksikymmentäyksi metriä, sekä kahdenkymmenenviiden metrin päähän vietävä noin 5,5 tn painoinen parvekelaatta.

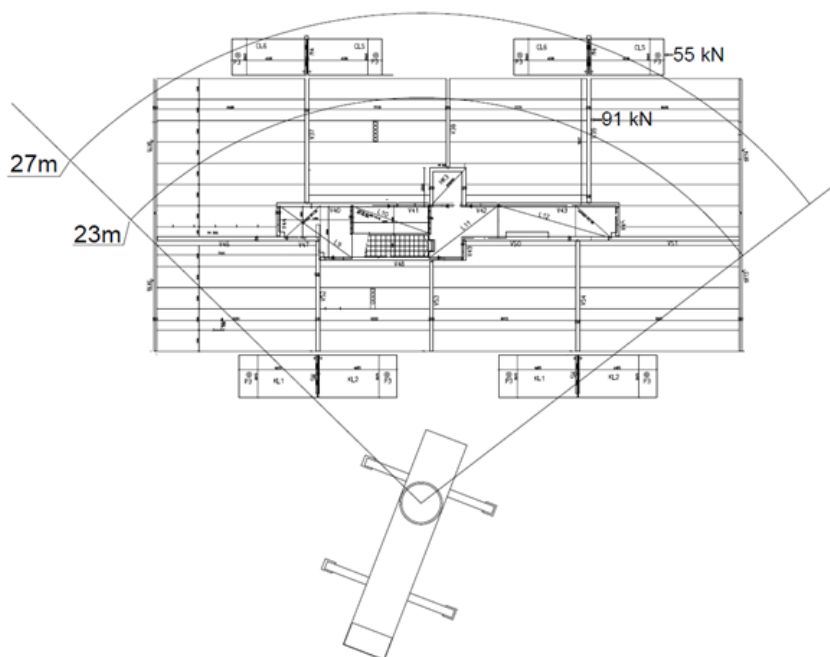
Koska 90 tn nosturia olisi jouduttu siirtämään jokaisessa työvaiheessa, olisi siirtokertoja tullut peräti kuusi jokaista kerrosta rakennettaessa. Työvaiheita olivat seinäelementtien-, ontelolaattojen-, parvekepielien- ja parvekelaattojen asennukset. Yhdessäkään työvaiheessa 90 tn nosturin nostokapasiteetti ei olisi riittänyt pelkästään yhdestä kohtaa nostettaessa. Työvaiheiden selkeyttämiseksi rakennusta ei jaettu puoliksi, jolloin kaikki työvaiheet olisi pystytty suorittamaan puolelle talolle ilman ylimääräisiä siirtoja. Vertailulaskelmassa (kuva 15) on verrattu nosturitunnit ja niiden kustannukset, siinä 90 tn nosturin käyttötunnit ovat suuremmat koska jokaiseen siirtoon on varattu puoli tuntia aikaa.



KUVA 12. Havainnekuva 90 tn nosturin sijoittamisesta työmaalla

Kuvassa 13 on havainnollistettu kuinka 130 tn nosturi olisi voitu sijoittaa työmaalle. Isommalle autonosturille paikan löytäminen on helpompaa ja vapaampaa sillä se pystyi oletettavasti suorittamaan kaikki nostot samalta kohdalta. Näin ollen myös maahan varastoitaville kerrostaso- ja parvekelaattoille jää huomattavan paljon suurempi tila kuin aiemmassa 90 tn nosturin vertailussa.

Kuvasta 13 selviää tältä sijainnilta etäisyys samoihin kriittisiin taakkoihin kuin aiemmassa kuvassa. Rakennuksen toiselle puolelle asennettavan 5,5 tn painoisen parvekelaatan etäisyys nosturista oli 27 metriä, ja painavimman 9,1 tn painoisen väliseinän etäisyys nosturista oli 23 metriä.



KUVA 13. Havainnekuva 130 tn nosturin sijoittaminen työmaalla

TULOKSET

Opinnäytetyössä tarkasteltiin As. oy Polttimon runkovaiheen pystytystä. Asennusmenetelmäksi valikoitui betonielementtien asentaminen suoraan kuormasta. Menetelmän valinta osoittautui oikeaksi. Työmaan pieni koko helpotti elementtikuormien sopimista ja aikataulutusta niin paljon että jokainen työvaihe onnistui suunnitellusti. Ennakkolaskelmien perusteella rahallinen säästö oli yksi kriteeri asennusmenetelmän valintaan, mutta vieläkin tärkeämmäksi muodostui työmaan sujuvuus ja ajallinen säästö, joka saavutettiin. Niin seinä-, ontelo-, kuin parveke-elementit saatiin aikataulutettua työmaalle ilman yhtäkään viivästystä tai kuljetuskaluston odottamisesta seurannutta lisämaksua, eikä elementtitalineelle olisi ollut tarvetta työmaan runkovaiheessa.

Nosturin valintaan liittyviä asioita lähdettiin purkamaan nostokapasiteetin sekä tuntiveloituksen erojen kautta. Aiemmin kuvissa 12 ja 13 on esitetty kriittiset taakat ja niiden etäisyydet nosturista. Noiden taakkojen lisäksi on huomioitava nostovaijerin, koukun sekä nostoketjujen paino, joka on noin 1500 kg.

Liebherr 1090 nosturin kriittiset taakat ja etäisyydet olivat seuraavat: 5,5 tn 25 metrin päähän tai 9,1 tn 21 metrin päähän nosturista. Taulukosta (kuva 14) voidaan tarkastaa 90 tn nosturin kapasiteetti edellä mainituilla arvoilla, kun koneessa on 21 tn vastapainot.

m	11,1 – 50 m										m			
	11,1 m	14,7 m	18,3 m	21,9 m	25,4 m	29 m	32,6 m	36,2 m	39,7 m	43,3 m		46,9 m	50 m	
3	90	67	63	63									3	
3,5	68	62	62	61	53								3,5	
4	63	57	57	57	52	42,5							4	
4,5	59	52	53	53	50	41,5	34						4,5	
5	55	48,5	49	49	48	40,5	33,5	27,3					5	
6	47	42	42,5	42,5	42,5	38,5	32	26,4	22,5				6	
7	39,5	36,5	37	37	37,5	36,5	30,5	25,4	22,1	17,7			7	
8	33,5	31,5	32	32,5	32	31,5	29,4	24	21,2	17,5	14		8	
9	27,3	27,3	28,1	28,3	28,3	28,3	26,8	22,3	19,9	16,9	13,8	10,9	9	
10			24,8	25	24,9	25	23,6	20,5	18,6	16,1	13,4	10,7	9	10
11			21,9	22,2	22,4	22,2	21	19	17,4	15,2	12,8	10,4	9	11
12			19,4	19,9	20,1	19,9	18,8	17,7	16,3	14,4	12,2	10,1	8,8	12
14				15,8	15,9	15,7	15,4	15	14,1	12,9	11,1	9,5	8,3	14
16				12,9	13	12,8	12,5	13	11,8	11,6	10,2	8,8	7,8	16
18					10,9	10,7	11,1	10,8	10,5	10	9,3	8,1	7,2	18
20						9,1	9,5	9,2	8,9	8,6	8,6	7,5	6,7	20
22							7,9	8,2	7,9	8,1	7,7	7,5	7	22
24							7,1	7,1	7	6,8	6,5	6,5	5,8	24
26								6,3	6,2	6,1	5,9	5,9	5,4	26
28									5,7	5,5	5,5	5,4	5,1	28
30									5,1	4,9	4,9	4,8	4,4	30
32										4,6	4,4	4,2	3,9	32
34											4,1	3,9	3,5	34
36												3,3	3,1	36
38													2,9	38
40													2,7	40
42													2,6	42
44													2	44
46													1,8	44
													1,5	46

* nach hinten - over rear - en arrière - sul posteriore - hacia atrás - при выдвинутой назад стреле

TAB 150029 / 150031

KUVA 14. Liebherr 1090 taulukko

Taulukosta (Kuva 14) nähdään, että 90 tn nosturi voi nostaa 25 metrin päähän 6,7 tonnin kuorman, joten tarkasteltava 5,5 tonnin painoinen parvekelaatta ja 1,5 tonnia painavat koukku ja ketju laskeaan yhteen olisi näiden yhteenlaskettu paino kyseisen nostimen nostokapasiteetti ylärajalla. Asennettava väliseinä, jonka paino on 9,1 tonnia ja on nosturista 21 metrin päässä, taulukon mukaan siihen etäisyyteen voi viedä ainoastaan 8,5 tonnia, joten kyseisen väliseinän asentaminen noin kauas ei tulisi onnistumaan. Tässä vaiheessa voidaan todeta että 90 tn nosturi ei ole oikea vaihtoehto kohdetyömaan elementtiasennuksiin. Kustannuksiltaan 90 tn nosturi olisi ollut kuvan 15 laskelman mukaan edullisempi vaihtoehto, vaikka käyttötunteja tulisi enemmän siirtojen takia.

	€/h	h	€ yht.	erotus €
LIEBHERR 1090	160,0 €	24	3 840,0 €	- 570,0 €
LIEBHERR 1130	210,0 €	21	4 410,0 €	

KUVA 15. Nosturien kustannusvertailu kerrosta kohti

130 tn nosturin kriittiset kuormat olivat seuraavat: 9,1 tonnia painava seinäelementti 23 metrin päähän ja 5,5 tonnia painava parvekelaatta 27 metrin päähän. Taulukosta (Kuva 16) voidaan todeta että 29,3 tonnin lisäpainoilla molemmat nosturia eniten kuormittavat kuormat ovat mahdollisia asentaa.

	12,7 – 60 m		360°	29,3 t	EN														
	12,7 m	17 m	21,4 m	25,7 m	30,1 m	34,4 m	38,8 m	43,1 m	47,5 m	50,5 m	51,9 m	54,9 m	56,2 m	60 m					
m															m				
3	100	83													3				
3,5	92	83	82	70											3,5				
4	85	82	79	68	57										4				
4,5	79	77	74	66	56										4,5				
5	73	72	69	64	55	43,5									5				
6	63	64	62	60	52	42	32,5								6				
7	54	55	55	54	49	40,5	32	25							7				
8	47	47,5	48	47,5	47	39	31	24,5	19,6						8				
9	41	42	42	42	42,5	37,5	30	23,9	19,3	14,5	16				9				
10	36	37	37	37,5	37,5	35,5	28,6	23,4	18,9	14,5	16	12,8	13		10				
11		32,5	33,5	33,5	33	31,5	27,1	22,7	18,6	14,1	15,9	12,8	13	10,5	11				
12		29,1	30	30	29,8	28,2	25,5	21,7	18,2	13,6	15,5	12,6	12,9	10,5	12				
14		23,4	24	24,1	23,8	23	21,9	19,5	16,9	12,6	14,7	12	12,4	10,5	14				
16		19,6	19,6	19,3	18,9	19,3	17,5	15,5	11,6	13,7	11,3	11,8	11,8	10,2	16				
18			16,3	16,3	16,1	16,7	16,2	15,1	14,2	10,7	12,7	10,5	11,1	9,8	18				
20				13,8	14,4	14,1	13,6	13,2	12,3	9,9	11,7	9,8	10,4	9,2	20				
22				11,8	12,4	12,1	11,7	11,9	11,1	9	10,7	9,2	9,8	8,6	22				
24					10,8	10,5	10,7	10,3	10	8,3	9,3	8,5	9,1	8,1	24				
26					9,5	9,2	9,4	9	9,1	7,7	8,6	7,9	8,2	7,6	26				
28						8,4	8,3	8,2	7,9	7,1	7,8	7,4	7,2	7	28				
30						7,7	7,4	7,3	7,1	6,6	6,9	6,9	6,4	6,2	30				
32						6,9	6,6	6,5	6,3	6,1	6	6,1	5,5	5,5	32				
34							6	5,8	5,5	5,6	5,3	5,3	4,8	4,8	34				
36								5,3	5,2	4,9	4,9	4,6	4,7	4,2	36				
38									4,6	4,3	4,4	4,1	4,1	3,6	38				
40									4,1	3,8	3,9	3,6	3,6	3,1	40				
42										3,4	3,4	3,1	3,2	2,7	42				
44										3	3	2,7	2,8	2,3	44				
46											2,6	2,3	2,4	1,9	46				
48												2,3	2,1	1,6	48				
50													1,8	1,3	50				
52														1,5	52				

TAB 1821053

KUVA 16. Liebherr 1130 taulukko

Kohteessa päädyttiin käyttämään 130 tn autonosturia, joka mahdollisti sen, ettei nosturia tarvinnut siirtää kerrosta asennettaessa kertaakaan. Tämän takia tontille jäi riittävästi tilaa, jota tarvittiin myös parveke- ja kerrostasolaattojen sekä hissikuiluelementtien varastointiin. Koska nostinta ei tarvinnut siirtää, helpotti se huomattavasti kuormien aikatauluttamista. Tämän ansiosta runkovaiheen työt sujuivat suunnitellusti ja sujuvasti aikataulussa.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoitus oli keskittyä kerrostalon runkovaiheen toteutukseen työnjohtajan kannalta. Halusin nostaa esille osa-alueita, joiden toteuttamista pohdin runkovaiheen rakentamisen vaiheessa suorittaessani työssäoppimisjaksoa työnjohtajana Rakennusliike Ola Oy:n palveluksessa. Työssä pu-reuduttiin ainoastaan kohdetyömaan runkovaiheen tuotannon suunnitteluun ja toteutukseen, jokai-nen työmaa on omanlaisensa ja samat pohdinnat ja valinnat asennusmenetelmien ja nostokaluston valinnan suhteen on tehtävä työmaakohtaisesti.

Elementit päädyttiin asentamaan suoraan kuormasta nostona sen jälkeen, kun olin vertailut eri me-netelmien kustannuksia. Päätökseen vaikutti myös työmaan sijainti ja varastointitilat. Elementtien nosto sujui hyvin ja myös aikataulussa pysyttiin hyvin. Kohdetyömaalla elementtien pystytyksen ai-katauluun vaikutti suotuista sää ja ammattitaitoiset työntekijät, jotka osasivat toimia tilanteessa am-mattitaitoisesti. Työntekijät olivat minulle entuudestaan tuttuja, joten pystyin luottamaan heidän ky-kyynsä pysyä aikataulussa ja joustamaan tarpeen vaatiessa, jos aikataulusuunnittelu olisi pettänyt. Tämä helpotti suunnattoman paljon elementtikuormien aikatauluttamista. Näin jälkikäteen ajateltuna tekisin saman valinnan uudelleen. Vaikka kohdetyömaan tontti oli poikkeuksellisen tilava, tämä koke-mus opetti, että kerrostalotyömaalla paras asennusmenetelmä on suoraan kuormasta asentaminen aina kun se vaan on mahdollista.

Nosturin valintaan vaikutti nostokapasiteettiin ja kustannuksiin vaikuttavat asiat. Nosturin kapasi-teetti oli yllätys, sillä olin jokseenkin varma, että asennukset olisi voitu suorittaa 90 tn nosturilla. Nostopalvelut tarjonneen yrityksen esimies oli suurena apuna ja tukena mitoittamaan nostokalustoa työvaiheen aikana. Kustannuksiin liittyvät vertailulaskelmat tein lähinnä tätä opinnäytetyötä varten, työvaiheen aikana tärkein kriteeri oli, että runko saatiin tahdistavana työvaiheena rakennettua suju-vasti, turvallisesti ja aikataulussa.

Tämä opinnäytetyö kuvasi ensimmäistä laajempaa työvaihetta työnjohtajana rakennustyömaalla. Eriytyisen kiitoksen haluan esittää rakennusliike Ola Oy:n työpäällikölle, joka halusi antaa minulle mahdollisuuden johtaa työmaata itsenäisesti. Koen että sain harjoittelujaksosta näin realistisen ku-van rakennustyömaan työnjohtaja arjesta ja vastuista. Työmaa ja prosessi opetti itselleni paljon ja herätti kiinnostuksen toimia jatkossakin rakennusmestarin tehtävissä työmaalla.

Opinnäytetyötä aloittaessani tiesin haluavani käsitellä runkovaiheen tuotannonohjausta ja tehdä ver-tailulaskelmia työn kustannuksien ja sujuvuuden osalta. Haastavimmaksi työssä osoittautui uuden näkökulman luominen lukijalle ja itselleni. Opinnäytetyön tuloksena syntyi kirjallinen tuotos omasta oppimisprosessista runkovaiheen työnjohtajana. Työn kohteena ollut kerrostalo vuorattiin puuele-menteillä, niiden asentamiseen tässä opinnäytetyössä ei paneuduttu lainkaan. Siitä onko puurunko kannattavaa kerrostalossa toteuttaa laadun ja kustannuksien kannalta elementteinä vai paikallaan rakennettuna, on mielestäni aihe, jolla tätä opinnäytetyötä pystyy jatkamaan.

LÄHTEET

Betonielementtien turvallinen asennus 2010. 2. painos. Suomen rakennusmedia Oy, Betoniteollisuus ry. Viitattu 5.1.2023.

Elementtisuunnittelu.fi. 2020. Elementtien asennus. Verkkojulkaisu. Päivitetty 1.10.2020. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/asennusohjeet/elementtien-asennus> viitattu 5.1.2023.

Kagan, Joel 2017. Kerrostalon runkotyöt. Opinnäytetyö. Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. Turun ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/handle/10024/138423>. Viitattu 18.12.2022.

Laki tieliikennelain muuttamisesta 360/2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200360#Pidm45053757010000>. Viitattu 20.12.2022.

Mäki, Tarja, Koskenvesa, Anssi ja Mittaviiva Oy 2008. Betonielementtien turvallinen asennus. Asentajan opas. Betonikeskus Ry. Porvoo: Suomen Betonitieto Oy. https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/08/Betonielementtien-turvallinen-asennus_Asentajan-opas.pdf. Viitattu 5.1.2023.

Nosturitarvike julkaisuaika tuntematon. Nosturin valinta työmaakohteeseen. Verkkojulkaisu. <http://www.nosturitarvike.fi/nosturin-valinta-tyomaakohteeseen> Viitattu 4.12.2022.

Näkkälä, Jouna 2020. Turvallinen nostaminen työmaalla. Opinnäytetyö. Tekniikka ja liikenne, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka insinööri (AMK). Lapin ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/handle/10024/342180>. Viitattu 18.12.2022.

Ovaskainen, Juha 2016. Kerrostalon työvaiheen työsuunnitelma. Opinnäytetyö. Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/133472/Ovaskainen_Juha.pdf?sequence=1. Viitattu 19.12.2022.

Rakentamisen kosteudenhallinta. 2023. Työmaan suojaus. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/suojaus/tyomaan-suojaus>. Viitattu 7.11.2022.

Ratu Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017. 3. Tarkistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 7.1.2023.

Ratu S-1182 Nostotöiden turvallisuus 1998. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennussäätiö RTS. Viitattu 9.11.2022.

Ratu S-1227 Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. Viitattu 9.11.2022.

Ratu 82–10821 Betonielementtirunkorakenteet. Asuinrakennukset 2004. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. 12.11.2022.

Sumentola, Henri 2015. Tehokkaan runkorakentamisen edellytyksiä. Opinnäytetyö. Rakennustekniikka, tuotantojohtaminen. Turun ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90362/Sumentola_Henri.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 19.12.2022.

Suomen betoniyhdistys ry. julkaisuaika tuntematon. Betonielementtien turvallinen asennus. Verkkojulkaisu. https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/08/Betonielementtien-turvallinen-asennus_Asentajan-opas.pdf. Viitattu 5.1.2023.

Suomen virallinen tilasto (SVT). Rakennuskustannusindeksi pitkän aikavälin kehitys 2000M01-2023M01. Julkaistu 23.2.2023. Helsinki: Tilastokeskus. 2023. <https://stat.fi/julkaisu/cl8196s915lxp0bus7fmoiymb>. Viitattu 4.11.2022.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090205>. Viitattu 7.12.2022.

LIITE 1: ELEMENTTIASENNUSSUUNNITELMA (liite on luottamuksellinen)

LIITE 2: MENEKIT 2020, ELEMENTIN ASENNUS

58

4 Betonirakentaminen | 42 Betonielementtirakentaminen

42 Betonielementtirakentaminen

Uudiskohde

Aikutila

Alapuiset rakenteet on tarkastettu ja hyväksyty. Elementit, koneet ja kalusto ovat työmaalla.

Työsisältö (siedättää mittaukset, välivarastoinnin ja silvouksen)

- perustuselementtien ja liitolevyjen asennus
- ontelo-, TT- ja kuorilaataelementtien asennus
- pilari-, palkki- ja seinäelementtien asennus
- parveke-, hormi-, kulu- ja porrasetlementtien asennus
- tilaelementtien asennus

Lopputila

Elementit on asennettu, kiinnitetty ja saumattu. Työ on tarkastettu ja hyväksyty. Silvous ja jätkähoito on tehty ja työvälineet puhdistettu.

Uudiskohteen työmenekki T3

Elementtien asennus ja kiinnitys

Antura- ja holkkielementit

- lasaus ja tiivistys	1,00	tth/kpl
- välivarastointi ja mittaus	1,00	tth/kpl
- asennus	0,80	tth/kpl

Sokkielelementit

- välivarastointi ja mittaus	0,40	tth/kpl
- asennus	1,00	tth/kpl
- juotos, rauditus, laudoitus ja sen purku	1,00	tth/kpl

Ontelolaatat

- asennus, paino < 3 t	0,40	tth/kpl
- asennus, paino 3...8 t	0,48	tth/kpl
- saumaus pumpulla, rauditus, laudoitus	0,33	tth/kpl

TT-laatat *

- asennus, paino < 3 t	0,57	tth/kpl
- asennus, paino 3...8 t	0,77	tth/kpl
- asennus, paino 8...16 t	1,02	tth/kpl
- asennus, paino 16...24 t	1,32	tth/kpl
- asennus, paino > 24 t	1,92	tth/kpl

Kuorilaatat

- aloittavat työt	0,47	tth/kpl
- asennus	0,25	tth/kpl
- muotitus, rauditus, betonointi	0,93	tth/kpl
- lopettavat työt	0,80	tth/kpl

Liitolevytyö

- aloittavat työt		
- asennus, rauditus, betonointi	0,18	tth/m ²
- lopettavat työt	0,08	tth/m ²

Pilarelementit **

- asennus, hitsausliitos, < 3 t	1,67	tth/kpl
- asennus, puhtiliitos, < 3 t	0,92	tth/kpl
- asennus, hitsausliitos, 3...8 t	1,72	tth/kpl
- asennus, puhtiliitos, 3...8 t	1,12	tth/kpl
- juotos	0,40	tth/kpl
- asennus, paino < 3 t	0,92	tth/kpl
- asennus, paino 3...8 t	1,17	tth/kpl
- asennus, paino > 8 t	1,47	tth/kpl
- juotos	0,30	tth/kpl

Seinäelementit **

- väliseinäelementin asennus	1,77	tth/kpl
- ulkoseinäelementin asennus	1,62	tth/kpl
- väliseinäelementin asennus	0,87	tth/kpl
- tukkelaudoitus ja saumaväli	0,50	tth/kpl
- juotos	0,25	tth/kpl

Parveke-, porras-, kulu- ja hormielementit **

- parvekealaatan asennus	1,35	tth/kpl
- parvekealaatan juotos	0,50	tth/kpl
- parvekkeen tai hissikulun pielelementin asennus	1,85	tth/kpl
- parvekepielelementin juotos	0,40	tth/kpl

Korjauskohde

Aikutila

Työssä tarvittavat koneet ja kalusto ovat työmaalla käytettävissä. Tarvittavat suojaukset on tehty.

Työsisältö

- aloittavat ja lopettavat työt
- sandwich-elementtien ulkokuoren purku hydraulitunkkimenetelmällä

Lopputila

Elementtien ulkokuoret ja jämmöneriste on purettu ja ansaat katkottu. Purkutyö on tarkastettu ja hyväksyty. Purkujäte on siivottu ja lajiteltu. Koneet ja kalusto on varastoitu.

Korjauskohteen työmenekki T3

Sandwich-elementin ulkokuoren purku hydraulitunkkimenetelmällä

- ovien ja ikkunoiden suojaus	0,03	tth/m ²
- hydraulitunkkimenetelmä	0,50	tth/m ²
- työaikainen silvous	0,02	tth/m ²

Betonielementtiparvekkeiden purku ja uusiminen

Aloittavat työt 3,00 tth/parvekelinja

Kaide-elementin purkutyö		
- piikkaamalla kärkeäksi murskaksi	0,40	tth/m ²
- simanttilaikalla leikkaamalla osiksi (0,5 x 0,5 m)	1,60	tth/m ²
- rakennessa kokonaisena irrottamalla	0,60	tth/kpl

Pielelementin purkutyö

- piikkaamalla kärkeäksi murskaksi	0,80	tth/m ²
- simanttilaikalla leikkaamalla osiksi	2,40	tth/m ²
- rakennessa kokonaisena irrottamalla	0,90	tth/kpl

Laataelementin purkutyö

- piikkaamalla kärkeäksi murskaksi	0,50	tth/m ²
- simanttilaikalla leikkaamalla osiksi	1,50	tth/m ²
- rakennessa kokonaisena irrottamalla	1,50	tth/kpl

Perustustyöt

- muotittyy (muotilevy ja puutavara)	0,60	tth/muotti-m ²
- rauditus (6...8 tth/m ²)	0,06	tth/m ²
- betonointi (pumpputbetonointi)	0,20	tth/m ²

Elementtien asennus

- pielelementit	2,30	tth/kpl
- laataelementit	1,90	tth/kpl
Loppusilvous	3,00	tth/parvekelinja

- porrasetlementin asennus	1,70	tth/kpl
- porrasetalaatan asennus	0,90	tth/kpl
- hissikulun pielelementin asennus	1,85	tth/kpl
- piele-, porrasetlementin tai -alaatan juotos	0,30	tth/kpl
Tilaelementit **		
- tilaelementin asennus	1,40	tth/kpl
- tilaelementin juotos	0,50	tth/kpl

* Asennus sisältää mittauksen.

** Asennus sisältää aloittavat työt.

LIITE 3: AJONEUVONOSTURIN TARKASTUSPÖYTÄKIRJA (liite on luottamuksellinen)