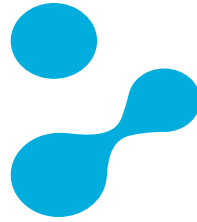




samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

PATRIK MÄKINEN

Elementti- ja paikallavalurakenteet vaativissa teollisuusrakennuksissa

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIikka
2021

Tekijä Mäkinen, Patrik	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2021
	Sivumäärä 26	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Elementti- ja paikallavalurakenteet vaativissa teollisuusrakennuksissa		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
<p>Paikallavalu- ja elementtirakentamisen kustannus- sekä aikatauluvertailun tavoitteena oli saada tietoa näiden kahden rakennusmenetelmän välillä. Tarkoituksena oli selvittää paikallavalu- ja elementtirakentamisen väliset kustannus- sekä aikataululliset erot, joita Skanska Talonrakennus Oy voisi hyödyntää tulevaisuudessa.</p> <p>Tämän opinnäytetyön päätarkoituksena oli kustannus- ja aikataululliset laskelmat näillä kahdella rakennusmenetelmällä. Kuitenkin työssä perehdyttiin myös molempien menetelmien työvaiheisiin ja työtekniikkaan. Työ aloitettiin keräämällä teoretieto molempien menetelmien työvaiheista. Tämän jälkeen tehtiin laskelmat kustannuksista ja kestoista. Laskelmissa käytettävät hinnat ja kestot saatiin opinnäytetyön toimeksiantajalta. Paikallavalu- ja elementtirakentamisen kustannukset ja kestot taulukoitiin ja niitä vertailtiin toisiinsa.</p> <p>Vaativissa teollisuuskohteissa elementtirakentaminen osoittautui kestollisesti sekä kustannuksellisesti tehokkaammaksi ja nopeammaksi. Paikallavalurakentamisen suuret raudoitustyön ja muottityön kustannukset sekä kestot nostavat paikallavaluseinien kustannukset korkeaksi. Elementtirakentamisessa elementtien valmistus itsessään oli ylivoimaisesti suurin kustannus, joka ei kuitenkaan riittänyt nostattamaan elementtimenetelmän kustannuksia riittävän paljon. Tulos elementtirakentamisen puolesta oli varsin selkeä. Tämä opinnäytetyö osoittaa jälkilaskennan kannattavuuden sekä tuotantomenetelmien rakentamistekniikan pohtimisen. Tämä edesauttaa yrityksen kilpailukyvyyn ylläpitämistä.</p>		
Asiasanat elementtirakentaminen, paikallavalurakentaminen, työvaihe, vertailu		

Author	Type of Publication	Date
Mäkinen, Patrik	Bachelor's thesis	April 2021
	Number of pages	Language of publication
	26	Finnish
Title of publication Element and in situ- casting structures in demanding industrial buildings		
Degree program Construction and civil engineering		
<p>The aim of the cost and schedule comparison of on-site casting and prefabricated construction was to obtain information between the two construction methods. The purpose was to find out the cost and schedule differences between cast-in-place and prefabricated construction, which Skanska Talonrakennus Oy could utilize in the future.</p> <p>The main purpose of this thesis was cost and schedule calculations between these two construction methods. However, the work also introduced the work steps and work techniques of both methods. The work began with the collection of theoretical information on the work steps of both methods. Calculations of costs and durations were then made. The prices and durations used in the calculations were obtained from the client of the thesis. The costs and durations of on-site casting and element construction were tabulated and compared.</p> <p>At that specific site, prefabrication proved to be more efficient and faster in terms of durability and cost. The high costs and durations of on-site casting construction for reinforcement and formwork work raise the costs of on-site casting walls to a high level. In prefabricated construction, the manufacture of the elements themselves was by far the largest cost, which, however, was not enough to raise the cost of the prefabricated method sufficiently. The result in favor of prefabricated construction was quite clear. This thesis shows the profitability of post-calculations and the consideration of construction techniques for production methods. This helps to maintain the competitiveness of the company.</p>		
<p><u>Key words</u> prefabricated construction, in-situ casting construction, work step, comparison</p>		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 OPINNÄYTETYÖN RAJAUS JA TOIMEKSIANTAJA	6
3 PAIKALLAVALURAKENTAMINEN	7
3.1 Muottityö.....	7
3.2 Raudoitustyö	8
3.3 Betonin kuljetus ja siirto	9
3.4 Betonin valu- ja tiivistystyö	11
3.5 Jälkihoito	11
4 ELEMENTTIRAKENTAMINEN	13
4.1 Elementtien kuljetus ja purku.....	13
4.2 Elementtien asennus.....	15
4.3 Elementtien sauma- ja juotostyöt	17
5 TULOKSET	18
5.1 Aikataulu	18
5.1.1 Elementtimenetelmä	20
5.1.2 Paikallavalumenetelmä	21
5.2 Kustannus	22
5.2.1 Elementtimenetelmä	23
5.2.2 Paikallavalumenetelmä	24
5.3 Tulosten yhteenveto	25
6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	26
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Rakennushankkeiden kustannusten ja aikataulujen kestojen laatimisella pyritään löytämään paras tuotantoratkaisu, jotta pystytään alentamaan kustannuksia ja parantamaan kilpailukykyä. Tuotantomenetelmän valintapäätös rakennustyömaalla on usein laskelmiin perustuva. Kustannus- ja aikatauluvertailujen tavoitteena on löytää hankkeen toteutuksen ja saannin kannalta paras työmenetelmä. Vaihtoehtoinen rakennusmenetelmä saattaa olla tehokkaampi, mikä voi vaikuttaa lopputuloksen laatuun ja lyhentää hankkeen kestoa.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään elementti- ja paikallavalurakentamisen työvaiheita, sekä vertaillaan laskelmin näitä kahta menetelmää kustannusten ja kestojen perusteella. Vertailu toteutetaan seinärakenteista. Elementtimenetelmää haluttiin kartoittaa ja vertailla paikallavalurakentamiseen muun muassa kustannustehollisesta näkökulmasta. Luvut perustuvat Skanskan todellisiin rakennuskohteisiin.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada näiden rakentamistapojen kustannuksista ja kestoista tietoa. Näitä tietoja pystytään täten hyödyntämään tulevaisuudessa. Työn tavoitteena on myös käydä teoriapohjaisesti kyseisten tuotantotapojen yleisimmät työvaiheet.

2 OPINNÄYTETYÖN RAJAUS JA TOIMEKSIANTAJA

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi teollisuusrakennuksen yhden kerroksen seinärakenteiden kustannus- sekä aikataululliset toteutumat elementti- ja paikallavalumenetelmiä vertaillen. Elementti- ja paikallavalumenetelmien vertailu toteutetaan teollisuusrakentamisen näkökulmasta. Työssä lukijalle annetaan myös perustiedot molempien menetelmien työvaiheista. Vertailussa ei ole käytetty Ratu-tiedostojen menekki- ja aikataulutietoja hyväksi. Työssä käytettävät kustannus- ja työmenekkitiedot ovat tilaajan määrittelemiä. Nämä tiedot sivuavat Skanskan referenssikohteita, jonka mukaan tein tämän työn laskelmat. Betonisten seinärakenteiden vertailussa seinien paksuutena käytetään 250 mm. Työssä ei oteta huomioon talvirakentamisen tuomia olosuhteita ja haasteita. Opinnäytetyö tulee Skanskalle työmaakäyttöön.

Opinnäytetyön aiheen ja idean antoi Skanska Talonrakennus Oy. Skanska Oy on osa Skanska-konsernia, jonka alaisuudessa ovat kalustopalvelut, asuntoprojektikehitys sekä rakentamispalvelut johon Skanska Talonrakennus Oy kuuluu. Skanska Suomessa työskenteli vuoden 2020 lopussa 2177 henkilöä. Skanska kuuluu Suomen suurimpiin toimisto, asunto- ja tuotantotilojen sekä infrastruktuurin rakentajiin ja projektikehittäjiin. Skanskassa arvot ohjaavat päivittäistä työskentelyä. Skanskan arvot ovat: välitämme ihmisistä ja ympäristöstä, toimimme eettisesti ja avoimesti, olemme parempia yhdessä ja omistaudumme asiakkaille. (Skanskan www-sivut 2021)

3 PAIKALLAVALURAKENTAMINEN

Paikallavalurakentaminen on rakennustapa, johon kuuluu muotti-, raudoitus- ja betonointityö. Käytännössä kaikenlainen betonirakentaminen voidaan toteuttaa paikallavalurakentamalla. Rakennustapana sitä voidaan käyttää muun muassa seinien, pilareiden ja anturoiden tekoon. seinien ja muurien tekemiseen käytetään yleensä muottikalustoa.

Paikalla valettuja runkorakenteita käytetään yleisesti rakennuskohteissa. Paikallavallettujen rakenteiden ääneneristysominaisuudet ovat hyvät tiiviiden rakenteiden ja työsaumojen ansiosta. (RT82-10814)

3.1 Muottityö

Valetun betonirakenteen betonipinnan ulkonäköön ja laatuun vaikuttaa betonin laadun ja oikean työsuorituksen lisäksi oleellisesti käytetty muottimateriaali sekä muottirakenteen lujuus ja tiiviyys. Muotin mitat tulee olla oikeat (kuva 1. järjestelmämuotti Dokalta). Muotin on myös oltava hyvin tuettu ja niin luja, ettei se tuoreen betonimassan aiheuttaman valupaineen takia muuta muotoaan. Tiivistys, jota betonimassa vaatii kasvattaa muottiin kohdistuvaa painetta. (Muottityö. 2021.)

Muottien tarkastus ennen valua on tärkeä toimenpide. Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota muottien saumoihin, työsaumoihin, varauksiin ja tiiviyteen. Tämän lisäksi tukitelineet tulee tarkastaa. Muottien tarkastuksessa on varmistettava, että muottien sijainti ja mitat ovat suunnitelman mukaisia. Muotit tulee olla huolellisesti puhdistettu sekä öljyty tai kasteltu. Työ- ja suojatelineet tulee olla myös turvalliset, tukevat ja puhtaat. (Betonitekniikan oppikirja by 201. 2018, 251-252.)

Telineiden ja muottien ei-kantavat osat puretaan, kun betoni on kovettunut riittävästi. Muotit tulee purkaa vahingoittamatta rakennusosia. Muottien kantavat osat puretaan, kun voidaan luottaa betonin lujuuden riittävyteen. Ilman tarkempia selvityksiä, lujuuden tulee olla vähintään 60 % nimellislujuudesta. Jälkituenta toteutetaan suunnitelma-asiakirjojen mukaan. (RunkoRYL 2010, 146.)



Kuva 1. Dokan järjestelmämuotti Framax Xlife. (Dokan www-sivut.)

3.2 Raudoitustyö

Raudoitus tehdään irtoteräksin, verkolla tai esivalmisteisilla raudoitteilla. Raudoitteet tulee olla Suomessa voimassa olevien kansallisten vahvistettujen standardien vaatimusten mukaisia. (RunkoRYL 2010, 147.)

Raudoitukset asennetaan mahdollisten ohjeiden sekä piirustusten mukaisesti. Yleensä raudoitteiden valmistelu rajoittuu työmaalla taivuttamiseen ja katkaisuun. Raudoitteita tulee käsitellä aina varoen, eikä niihin saa syntyä pysyviä muodonmuutoksia. Varastointi maata vasten ei ole sallittua. Raudoitteet eivät saa olla niin ruostuneita, että se

vaikuttaa raudoitteen tartunta- ja lujuusominaisuuksiin. Raudoitus tulee olla hyvin tuettu ja sidottu toisiinsa, jotta se pysyy toleranssien sisällä sekä täyttää betonipeitevaatimukset. (Betonitekniiikan oppikirja by 201. 2018, 290-296.)

Raudoituksen jatkokset toteutetaan yleensä limittämällä, mutta erityistapauksissa voidaan tehdä hitsaamalla tai muhveilla. Etäisyydet raudoitustankojen välillä tulee olla sellaiset, että valu- ja tiivistystyö on mahdollista suorittaa huolellisesti. Raudoitus tulee aina tarkastaa ennen betonointia. Betonoinnin jälkeen raudoituksen korjaaminen on lähes mahdotonta. (Betonitekniiikan oppikirja by 201. 2018, 290-296.)

Raudoitustankojen ympärillä tulee olla riittävästi betonia, jotta tangot eivät ruostuisi ja toimisivat yhdessä betonin kanssa. Rakenteen säilyvyys on riippuvainen betonipeitteen riittävästä paksuudesta. Betonipeitteiden paksuudet on merkitty rakennepiirustuksiin. (Ruohomäki ym. 2004, 14.)

3.3 Betonin kuljetus ja siirto

Betonin kuljetus tapahtuu yleensä pyörintäsäiliöautolla (kuvassa 2 kuljetuspumppu-auto). Näissä autoissa on purkukouru, joka on muutaman metrin pituinen. Jos valukohteen lähelle pääsy on mahdotonta, täytyy varautua lisätoimenpiteisiin ja niitä ovat pumppu, hihnakuuljetin sekä jatkokourut. Pumpulla yleensä ylettyy valualueelle yhdestä paikasta. Pumpulla valu on tarkkaa sekä nopeaa ja seisonta-aikakustannukset säästyvät. Suurin sallittu kuormakoko yleisimmällä pyörintäsäiliöautotyypillä on 5-6 m³. Sekoitussäiliöauton suurin sallittu kuormakoko on 10 m³. Pyörintäsäiliöautolla on mahdollista sekoittaa kuljetuksen aikana huonontunut betoni uudelleen tasalaatuiseksi. (Betonin kuljetus ja siirto. 2021.)

Betonin siirtoa voidaan toteuttaa usealla eri laitteella. Betonin erilaiset siirtomahdollisuudet on hyvä selvittää jo valujen suunnitteluvaiheessa valmisbetonitoimittajan kanssa. (Betonin kuljetus ja siirto. 2021.)

Jos betoniauto pääsee valukohteen viereen, on valukourun käyttö tällöin edullisin vaihtoehto. Mekaanisten valukourujen ulottuvuus on 3-4 metriä ja hydraulisilla kouruilla pääsee jopa 9 metriin. (Betonin kuljetus ja siirto. 2021.)

Hihnakuuljettimella on mahdollista siirtää betonia myös ylöspäin vaikka toisen kerroksen ikkunasta sisään, kunhan hihnan nousukulma ei ylitä 30 asteen kulmaa. Hihnan ulottuvuutta voidaan säätää, jos hihnan niveliä on mahdollista taittaa. Hihnakuuljettimen ulottuvuus vaihtelee 10-14 metrin välillä. (Betonin kuljetus ja siirto. 2021.)

Betonin siirtotavoista nopein sekä kätevin on pumppaus. Pyörintäsäiliöautot, jotka on varustettu pumpulla sopivat hyvin pieniin valuihin pienemmän tilatarpeen sekä hyvän ulottuvuuden ansiosta. Pumpulla varustetun pyörintäsäiliöauton kuljetuskapasiteetti on 3,5-6 m³. (Betonin kuljetus ja siirto. 2021.)



Kuva 2. Kuljetuspumppuauto (Ruduksen www-sivut.)

3.4 Betonin valu- ja tiivistystyö

Betonin valussa betonimassa pyritään sijoittamaan muottiin siten, että se täyttää muotin halutun paksuisena ja tasaisena kerroksena, sekä pysyy tasalaatuisena. Betonin valutyötä suorittaessa pitää muistaa, että massan pudotuskorkeus ja valun nousunopeus ovat korkeintaan betonointisuunnitelman mukaisia. Toteutussuunnitelman edellyttäessä, sekä vaativissa valuissa ennen varsinaista valua tulee tehdä koevalu, jolla varmistutaan betonilaadusta ja työmenetelmien soveltuvuudesta työkohteeseen. Betonimassa sijoitetaan suoraan lopulliselle paikalleen. Täryttimellä massan siirtämistä tulee välttää, sillä se aiheuttaa hienoaineksen leviämistä sivuille ja karkean kiviaineksen jäämistä pääosin paikoilleen, tällöin massa erottuu. (Betonitekniikan oppikirja by 201. 2018, 332-333.)

Betonin tiivistystyön tarkoitus on saada betoni täyttämään ja ympäröimään muotit sekä raudoitus täydellisesti, poistaa massassa oleva ylimääräinen ilma ja saada betonissa olevat kiviaineksen osaset hakeutumaan lähemmäksi toisiaan. Betoni tiivistetään täryttämällä järjestelmällisesti ja huolellisesti siten, että betonimassa tiivistyy kauttaaltaan. Tärytettäessä betonimassaan kohdistuu värähdysliikkeitä, sen seurauksena massa muuttuu juoksevaksi ja tiivistyy painovoiman vaikutuksesta, sekä sisäinen kitka massassa pienenee. Betonimassasta poistuu tiivistettäessä suuria ilmahuokosia. Kuitenkin liiallista tiivistämistä tulee välttää, koska se voi johtaa massan erottumiseen. (Betonitekniikan oppikirja by 201. 2018, 335.)

3.5 Jälkihoito

Jälkihoidolla tarkoitetaan betonin suojaamista, jotta saavutettaisiin sille suunnitellut ominaisuudet. Jälkihoidolla pyritään luomaan sellaiset olosuhteet, joissa betonoitu rakenne kovettuu saavuttaen sille määritetyn loppulujuuden. Jälkihoitoon kuuluu veden haihtumisen estäminen, rakenteen pitäminen kosteana, oikeasta kovettumislämpötilasta huolehtiminen sekä valetun rakenteen suojaaminen vallitsevia olosuhteita vastaan. (Betonitekniikan oppikirja by 201. 2018, 341-342.)

Betonin jälkihoito pitää aloittaa mahdollisimman pian betonoinnin jälkeen. Betonia tulee pitää kosteana ja suojattuna, koska betonin kovettuminen vaatii kosteutta. Liian äkillinen kuivuminen kasvattaa halkeiluriskiä. Jälkihoitotoimenpiteet riippuvat valedun betonirakenteen betonilaadusta, koosta, muodosta sekä ympäröivistä olosuhteista. Betonin kastelua ei voida suorittaa talviolosuhteissa, koska vesi jäähdyyttää betonipintaa ja tästä johtuen voi synnyttää halkeilua aiheuttavia lämpötilaeroja. Jälkihoitoa jatketaan, kunnes betoni on saavuttanut sille suunnitellut ominaisuudet. (Jälkihoito. 2021.)

Betonin kosteana pitäminen on välttämätöntä, jotta hydrataatioreaktiot jatkuisivat riittävän kauan ja betonin kutistumishalkeilu estyy. Riittävä kosteus saavutetaan haihtumisen estämisellä ruiskuttamalla jälkihoitoaine tai muovikalvolla peittäen. Betonin kastelu tulee tehdä mieluummin sumuttamalla. Jälkihoidon lopettaminen päätetään rasitusluokkien ja nimellislujuuksien perusteella. (Betonitekniikan oppikirja by 201. 2018, 341-344.)

Betonin lujuudenkehitystä on mahdollista seurata laskennallisesti, kun tunnetaan betonin lämpötila sekä käytetyn sementin lujuudenkehitys. Betonin lämpötila tulee mitata rakenteen kylmimmistä kohdasta, missä hydrataatioreaktiot ovat hitaimmat. Lujuudenkehitys on mahdollista arvioida Sadgroven menetelmällä, mikäli luotettavampia lujuudenkehitysmalleja ei ole käytössä. (Betonitekniikan oppikirja by 201 2018, 341-344.)

4 ELEMENTTIRAKENTAMINEN

Elementtirakentaminen on rakentamista, jossa rakenne, rakennus tai muu rakennelma tehdään osaksi tai kokonaan elementeistä. Elementtirakentamiseen kuuluu rakentamisen valmistelun ja suunnittelun lisäksi elementtien vastaanotto työmaalla, varastointi, nostot ja siirrot, elementtien asennus, kiinnittäminen, tuenta, liittymärakenteiden tekeminen, juotos, hitsaus, saumaus, asennusta avustavat työt sekä muut vastaavat työt.

Betonielementtirakenteet ovat Suomessa yleisin tapa toteuttaa monikerroksisten asuin-, toimisto-, liike- ja julkisten rakennusten sekä teollisuus- ja varastorakennusten rungot. (RT-82-10821)

Betonielementtejä käytetään kaikentyyppisessä talonrakentamisessa. Kaikista runkorakenteista betonielementtien osuus on noin kolmannes ja julkisivuista 15 %. Betoniset seinäelementit soveltuvat hyvin kestäviin ja edullisiin julkisivuratkaisuihin. (Talonrakentaminen. 2021.)

4.1 Elementtien kuljetus ja purku

Usein betonielementtejä kuljetettaessa on kyse erikoiskuljetuksesta (kuva 3. seinäelementtien kuljetusta allasautolla) massa- tai mittarajojen ylittyessä. Yleensä kuljettaja itse vastaa kuorman sijoittamisesta ja varmistamisesta, eli nostaa tavaran lavalle, sijoittaa sekä kiinnittää/tukee. Tietyissä erityistapauksissa, kuten betonielementtien kuljetuksessa, toimeksiantaja ohjeistaa kuljettajaa kuorman tukemisessa ja kiinnittämisessä. Tällöin ohjeiden antaja ja kuljettaja molemmat vastaavat kuorman varmistamisesta ja sijoittamisesta. (Betonielementtien kuljetus. 2008.)

Purkuvaiheessa elementit tulee olla sidottuina kuormassa loppuun asti. Esimerkiksi seinäelementtien purussa, nostoraksien tulee olla elementissä kiinni ennen sidonnan avaamista, jotta vältettäisiin elementtien mahdollinen kaatuminen. Elementtien purkujärjestys tulee olla oikea ja siinä pitää olla huomioituna elementtien painopiste, sekä kuorman kaltevuus. (Betonielementtien kuljetus. 2008.)



Kuva 3. Seinäelementtien kuljetus allasautolla, jossa korkeat sivulaidat. (Betonielementtien kuljetus. 2008.)

Työmaalle saapuville elementeille tehdään vastaanottotarkastus. Kuormakirjaan merkitään mahdolliset varaumat, puutteet ja odotukset sekä vastaanottokuittaus. Kuljettaja ei vastaa tuotelaadusta, mutta on velvollinen ilmoittamaan niistä toimittajalle tilanteen tarvittaessa. Purku toteutetaan yhteistyössä työmaan edustajien kanssa. Seinäelementtikuormissa kuljettaja kiinnittää nosturin ketjut nostolenkkeihin ja päättää purkujärjestyksestä. (Betonitekniikan oppikirja by 201. 2018, 470-471.)

Elementtien kuljetustavan valintaan vaikuttavia asioita ovat: kohteen etäisyys, työmaan olosuhteet, turvallisuus, kuljetuksen nopeus, elementtien koko, taloudellisuus, käytössä oleva kalusto sekä välivarastoinnin tarve. Yleisimmin elementtien

kuljetuksessa käytetään kuorma-autoa ja siinä mahdollisesti tarvittaessa erikoisalustaa. (Huhtiniemi ym. 1992, 117.)

4.2 Elementtien asennus

Ennen elementtien asennusta tulee laatia kirjallinen elementtien asennussuunnitelma, jonka tulee olla työmaalla. Asennussuunnitelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon nostoapuvälineet, hitsaustavat, juotosvalujen suojaaminen, asennusjärjestys, liitosten materiaalit, asennuksen aikainen tuenta ja vähimmäistukipinnat. Asennussuunnitelmassa pitää myös olla asennustyön työturvallisuussuunnitelma. Elementit nostetaan ja asennetaan elementtivalmistajan ja asennussuunnitelman mukaisesti. (Betonitekniikan oppikirja by 201. 2018, 473.)

Ennen varsinaista asennustyötä tulee pitää asennustyön aloituskokous. Aloituskokouksessa käydään läpi vastuujako, asennussuunnitelma, työturvallisuus, työmaan olosuhteet sekä projektin aikataulutilanne. Asennushenkilöstön kanssa on hyvä tehdä työmaan työturvallisuuden riskikartoitus ja heidän tulee olla perehdytetty työmaahan. Tyypillisesti elementtiasennusryhmään kuuluu 2-3 asentajaa sekä nosturi. (Betonitekniikan oppikirja by 201. 2018, 473.)

Elementtien asennustyö on elementtien nostamista, siirtämistä, paikoilleen ohjaamista, väliaikaista tuentaa ja kiinnittämistä koskeva ja niihin liittyvä elementtirakentamisen työvaihe. Elementit nostetaan niille varatuilla nostoapuvälineillä ja nostokalustolla. Elementtejä nostetaan ja siirretään suunnitelmien mukaisista nostopisteistä ja nostolenkeistä. Ennen elementin nostotyötä tulee tarkistaa elementin paino ja nostolaitteen nostokyky. Ennen nostoa on myös varmistuttava siitä, että nostokoukut tms. nostoapuvälineet ovat lukkiutuneessa asennossa ja oikein kiinnitettynä elementtiin. Nostoissa voidaan käyttää apuna ohjausköyttä. Elementtien nostojen aikana kuorman alla liikkuminen on estettävä. Mahdollinen elementtien heiluminen noston aikana on myös estettävä. Elementtiasennuksen edetessä pitää tehdä työnaikaiset aukkojen suojaukset ja kaiteet. (Elementtien asennus. 2021.)

Seinäelementtien nostotyössä (kuva 4.) nostoraksit kiinnitetään elementtien nostolenkkeihin ja varmistetaan nostokoukkujen lukitus. Elementti ohjataan paikoilleen käyttämällä asennuskankia. Elementti lasketaan aluspalojen päälle ja tuetaan paikoilleen, jonka jälkeen nostoraksit voidaan irrottaa. Irrotusvaiheessa nostoraksien tulee olla tarpeeksi kireällä, jotta ne eivät aiheuta vaaraa alapuolisille asentajille tai rakenteille. (Elementtien asennus. 2021.)



Kuva 4. Seinäelementin nosto torninosturilla (Betonielementtien nostot 2010, 7)

Elementtiasennuksen mahdollisiin mittaustyökaluihin kuuluu vesivaaka, luoti, vaaituskoje, tasolaser ja teodoliitti. Elementtiasentajan yleisimpänä mittaustyökaluna toimii vesivaaka. (Huhtiniemi ym. 1992, 117.)

4.3 Elementtien saumaus- ja juotostyöt

Elementtien saumaustöistä suositellaan tehtäväksi suunnitelma. Suunnitelmassa määritellään vastuuhenkilöt, vaatimukset sekä työmenetelmät. Saumaustöistä tulee pitää betonointipöytäkirjaa betoninormien (BY 50) mukaan. Betonointipöytäkirja on valukohtainen dokumentti, johon kirjataan betonityö- ja betonointisuunnitelman olosuhteet ja toteutuminen. (Juotosvalut. 2021.)

Elementtien saumaustyön toteutus onnistuu lähes kaikissa sääolosuhteissa. Saumaustöitä tehtäessä helteellä (+30°C) on laastin liian nopea jäykistyminen mahdollista, koska kuuma ilma haihduttaa veden massasta nopeasti. Lämpimillä sääolosuhteilla pumppausongelmia voidaan vähentää käyttämällä vaaleita pumppausletkuja tummien sijasta. Taukojen pituuden minimoiminen auttaa, jotta massa ei jäykisty liikaa sekä pitämällä saumausmassan notkeus mahdollisimman löysänä. (Juotosvalut. 2021.)

Saumaustöitä voidaan luotettavasti tehdä aina -15°C pakkaseen saakka. -15°C alhaisemmassa lämpötilassa tuoreen betonin vaurioitumisriski pakkasen takia kasvaa sekä saumabetonin lujuudenkehitys pysähtyy melkein täysin. Talviolosuhteiden vaikutusta saumaustyöhön on mahdollista vähentää käyttämällä lämmintä vettä (maksimi 40°C) sekä pumppausaseman sijoittaminen esim. konttiin, jossa on mahdollista saada lämmitys ja hyvä valaistus. Elementtien saumojen tulee olla lumesta puhdistettuja ja sulia. (Juotosvalut. 2021.)

Kovin sateisella kelillä elementtien pystysaumojen pinnat voivat kastua liikaa, jolloin massa alkaa valumaan saumasta alas. Elementtien saumat saavat olla kosteat, mutta saumojen pinnalla ei saa olla vesikalvoa, koska tartunta elementin saumapinnan ja saumalaastin välillä ei ole tällöin riittävä. (Juotosvalut. 2021.)

Saumausmassa tulee pitää mahdollisimman notkeana, mutta kuitenkin sellaisena että se pysyy saumassa valumatta. Saumaustyössä pumppausletkun pää laitetaan saumaan ja massaa pursotetaan saumaan pitämällä letkun pää jo pumpatun massan sisällä. Näin saumavalusta syntyy yhtenäinen. Massan pudottaminen letkun päästä synnyttää saumaan tyhjiä koloja ja sauma ei täyty kunnolla. Saumausmassan tulee aina ympäröidä teräkset kauttaaltaan, jotta varmistutaan korroosiosuojauksesta ja terästen

toimivuudesta. Pystysaumamassa pumpataan vähän yli lopullisen seinäpinnan (n.10 mm) ja annetaan seistä hetken aikaa. Tämän jälkeen saumat viimeistellään painelemalla voimakkaasti saumaan, jotta tyhjät kolot täyttyisivät. Viimeiseksi ylimääräinen massa leikataan lastalla seinäelementtien pinnan tasoon. Sauma voidaan painaa n. 5 mm ympäröivää seinäpintaa syvemmäksi, jotta sauma ei jäisi kovaksi. Seinäelementin ala- ja yläsaumojen pumppauksen sekä varauskolojen täytön hoitaa yleensä urakoitsija, joka tekee saumaus- ja juotostyön. (Juotosvalut. 2021.)

5 TULOKSET

Opinnäytetyössä tutkittiin ja vertailtiin vaativassa teollisuusrakentamisen ympäristössä toteutettuja paikallavalu ja betonielementtiseiniä. Opinnäytetyön toimeksiantaja halusi selvittää, kumpi tuotantotapa on kustannuksellisesti ja kestollisesti tehokkaampi toteutusmenetelmä.

5.1 Aikataulu

Onnistuminen rakentamisessa edellyttää valvontaa, tuotannosuunnittelua ja tuotannonohjausta asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tärkein osa tuotannosuunnittelua on ohjaus ja ajallinen suunnittelu. Nämä luovat perustan muun suunnittelun onnistumiselle sekä paljastavat tehokkaasti suunnitelmista poikkeamiset ja epäkohdat. (Mäki ym. 2016, 18.)

Rakennushankkeiden toteutuksen mallina yleensä käytetään aikataulua. Aikataulu on tehtävien ajoitusta ja ajankäyttöä. Aikataulua suunniteltaessa etsitään työn toteutusmalli olemassa olevien tietojen perusteella. Toteutusmallissa hankkeelle ja yksittäisille työtehtäville asetetaan tavoitteet. Tavoitteet koskevat työvoiman käyttöä sekä tehtävien aloittamista ja päättämistä aikataulun mukaisesti. Tavoitteet tulee olla realistisia sekä kytköksissä aikaan ja tuotokseen. (Mäki ym. 2016, 18.)

Rakennushankkeen projektiaikataulu eli hankeaikataulu on rakennuttajan vastuulla. Hankeaikataulun tavoitteellisuus, realismi ja yhteys hankkeen muihin suunnitelmiin luo vahvan perustan kaikelle muulle ajalliselle suunnittelulle. Rakennushankkeen valittu urakkamuoto vaikuttaa hankeaikatauluun. Hankeaikataulun tulee sisältää realistinen näkemys rakennushankkeen vaiheiden kestosta ja ajoituksesta. Rakennushankkeen aikataulusuunnittelu käsittää suunnitelmien valmistumisen, hankintojen ja rakennuksen käyttöönoton sekä työmaatoimintojen suunnittelun. (Mäki ym. 2016, 18.)

Suunnitelma-aikataulussa kuvataan suunnittelun ajoitus ja rakennesuunnittelun sisältö. Hankkeen rakentamisvaihetta varten laadittu suunnitelmien toimittamisaikataulu on osa koko hankkeen rakennussuunnittelu-aikataulua. Mikäli rakennushankkeessa on täydentävä suunnittelu, aikataulu tulee tarkistaa ja sovittaa yhteen työmaatoteutuksen kanssa rakentamisvaiheen alussa rakentajan esittämien tarpeiden perusteella. Rakennustyön aikaisen suunnittelun ajoittamiseksi suunnitelma-aikataulusta sovitaan yleensä ennen urakkasopimuksen tekemistä ja kyseisen aikataulun ajoitus tarkistetaan, kun rakentamisen työaikataulu hyväksytään. (Mäki ym. 2016, 18.)

Hankintojen suunnittelu toimii liimana työmaan työaikataulun ja suunnittelu-aikataulun välillä. Rakennushankkeessa hankintojen ajoituksen määrää työmaan työaikataulu. Suunnitelmat tarvitaan riittävän ajoissa hankintoja varten. (Mäki ym. 2016, 18.)

5.1.1 Elementtimenetelmä

Elementtimenetelmän kestot on laskettu ja esitetty liitteessä 1.

Seinäelementit kesto työmaalla (70 elementtiä)					
	Teho	yks	Määrä	yks	Aika (tv)
Valmistelevat työt	1	h/kivi	70,0	h	8,75
Asennusaika	1	h/kivi	70,0	h	8,75
Hitsausaika	0,85	h/kivi	59,5	h	7,44
Pystypumppausaika	0,8	h/kivi	56,0	m2	7,00
Vaakapumppausaika	1	h/kivi	70,0	h	8,75
Tukkolaudoitus ja saumaraudat	0,5	h/kivi	35,0	h	4,38
Kesto yhteensä (tv)					45,1

Taulukko 1. Elementtien kestot (liitteestä 1)

Kokonaiskesto elementtimenetelmälle laskettiin saumojen pumppauksen, hitsauksen ja elementtien asennuksen mukaan. Eniten aikaa vievä työvaihe oli saumojen pumppaus. Seinäelementtien laskelmissa ei ole huomioitu elementtien suunnittelun kesto.

5.1.2 Paikallavalumenetelmä

Paikallavalumenetelmän kestot on laskettu ja esitetty liitteessä 1.

Paikallavalun kestot					
	Teho	yks	Määrä	yks	Aika (tv)
Telineet	8	h/valuosa	56,0	h	7,00
Työmuotti	40	m ² /tv	682,3	m ²	17,06
Raudoitus (tv/valuosa)	1980,0	kg/tv	32066,2	kg	16,20
Tuplaus (tv/valuosa)	40	m ² /tv	682,3	m ²	17,06
Mittaus/Varustelu	4	h/valuosa	28,0	h	3,50
Betonointi	8	h/valuosa	56,0	h	7,00
Kuivumisaika	8	h/valuosa	56,0	h	7,00
Muotin purku ja puhdistus	120	m ² /tv	1364,5	tv	11,37
Telinepurku	8	h/valuosa	56,0	h	7,00
Kesto yhteensä (tv)					93,2

Taulukko 2. Paikallavalun kestot (liitteestä 1)

Paikallavalun kokonaiskesto muodostui telinetöistä, muottityöstä, raudoituksesta, mittauksesta/varustelusta, betonoinnista, ja kuivumisajasta. Suurimmat kestot koostuivat muottitöistä, raudoituksesta sekä telinetöistä. Paikallavalun kesto on noin puolet korkeampi, kuin elementtimenetelmässä.

5.2 Kustannus

Kustannuksella tarkoitetaan tuotannon tekijän rahassa mitattua kulutusta tai käyttöä. Kustannukset tulee tunnistaa ja tuntea, jotta pystyy selvittämään yrityksen toiminnan tuottavuuden, taloudellisuuden ja kannattavuuden. (Lahtinen ym. 2018, 7.)

Rakentamisessa kustannus on se rahamäärä, joka tarvitaan jonkin tietyn työn tai palvelun tekemiseen resurssien käytön ja panoshintojen perusteella. Rakentamisessa kustannukset koostuvat työstä, materiaaleista ja muista kustannuksista. (Lahtinen ym. 2018, 7.)

5.2.1 Elementtimenetelmä

Elementtimenetelmän kustannuslaskelma on laskettu ja esitetty liitteessä 1.

Seinäelementit kustannukset työmaalla (70 elementtiä)					
	€/ yks	yks	Määrä	yks	Kustannus (tv)
Valmistelevat työt	36	h	70,0	h	2520
Elementtien hinta	125	m ²	682,3	m ²	85283
Autonosturi purku	30,0	kivi	70,0	kiveä	2100
Asennushinta	72	2 RAM/h	70,0	kiveä	5040
Autonosturi	110	kivi	70,0	kiveä	7700
Hitsaus hinta	85	kivi	70,0	kiveä	5950
Pumppaus hinta työ+matr	100	kivi	70,0	kiveä	7000
Tukkolaudoitus ja saumaraudat	20	kivi	70,0	kiveä	1400
aputyöt/tarvikkeet	50	kivi	70,0	kiveä	3500
Kustannus yhteensä [€]					120492,5
€/m ²					176,6

Taulukko 3. Elementtien kustannukset (liitteestä 1)

Seinäelementtien kustannukset koostuvat suurimmaksi osaksi elementtien hinnasta itsessään, joka on noin 70 % kokonaiskustannuksesta. Nostotyöt sekä juotos- ja valutyöt olivat elementtimenetelmän työvaiheista hintavimmat. Seinäelementtien laskelmissa ei ole huomioitu elementtien suunnittelun kustannusta.

5.2.2 Paikallavalumenetelmä

paikallavalumenetelmän kustannuslaskelma on laskettu ja esitetty liitteessä 1.

Paikallavalun kustannus					
	e / yks	yks	Määrä	yks	Kustannus (€)
Telineet	105	h	56,0	h	5880
Työmuotti	25	m ²	682,3	m ²	17057
Raudoitus	1,8	kg	32066,2	kg	57719
Tuplamuotti	60	m ²	682,3	m ²	40936
Mittaus/ Varustelu	50	h	28,0	h	1400
betoni	120	m ³	170,6	m ³	20468
Betonointi	130	m ³	170,6	m ³	22173
Muotin purku ja puhdistus	15	m ²	1364,5	m ²	20468
Nosturi	85	h	149,1	h	12672
siivous	34	h	74,5	h	2534
Kustannus yhteensä (€)					201307,2
€/m²					295,1

Taulukko 4. Paikallavalun kustannukset (liitteestä 1)

Paikallavalun kokonaiskustannus nousi noin 40 % korkeammaksi kuin elementtime-
netelmällä. Tämä johtuu suurista raudoitus töiden sekä muottitöiden kustannuksista.
Paikallavalurakentamisen kustannuksissa muottityön hinnoittelu pohjautuu järjestel-
mämuotteihin.

5.3 Tulosten yhteenveto

Tulosten yhteenveto		
	Kustannus yhteensä (€)	Kesto yhteensä (tv)
Elementtirakentaminen	120492,5	45,1
Paikallavalurakentaminen	201307,2	93,2

Taulukko 5. Tulosten yhteenveto (liitteestä 1)

Molempien menetelmien kokonaiskustannukset ja kestot taulukoituna. Elementtirakentaminen osoittautui kestoltaan noin puolet nopeammaksi kuin paikallavalurakentaminen. Myös kustannuksissa elementtirakentaminen on huomattavasti edullisempi vaihtoehto. Työssä ei huomioitu talvirakentamisen tuomia haasteita.

6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Elementti- ja paikallavalumenetelmien vertailu on kokonaisuudessaan todella laaja aihe. Opinnäytetyössä vertailtiin vaativien teollisuusrakennusten tuotannollisia ja taloudellisia eroja sekä annettiin lukijalle peruskäsitys molempien menetelmien työvaiheista. Vertailu toteutettiin paikallavalu- ja elementtirakentamisen välillä. Työstä saa käsityksen eri tuotantotapojen vaikutuksesta kustannuksiin ja kestoihin. Työn tavoitteena oli saada Skanska Talonrakennus Oy:lle eri tuotantomenetelmien kustannuksista ja kestoista tietoja, jotka helpottaisivat tuotannosuunnittelua.

Kustannus- ja aikatauluvertailu tehtiin käyttämällä työmaan omia tietoja kustannuksista sekä kestoista. Tulokseksi tuli, että elementtirakenteet ovat tuotantokustannuksiltaan paikallavalurakenteita edullisempia. Elementtirakentamisen kustannukset ja kestot ovat huomattavasti pienemmät kuin paikallavalurakentamisen. Paikallavalurakentamisessa rauditus- ja muottityön kustannukset sekä kestot olivat liian suuret. Paikallavalumenetelmällä kustannukset jakautuvat tasaisemmin, kun taas elementtimenetelmällä elementtien valmistus itsessään kustantaa ylivoimaisesti eniten.

Kuitenkin tuotantotekniikkaa valittaessa hankkeelle tulisi tehdä vertailu hankekohtaisesti, koska rakennukset poikkeavat merkittävästi runkorakenteiltaan. Maaperä, rakennuksen sijainti ja sen hetkinen taloudellinen tilanne voivat myös vaikuttaa työmenetelmien hintaan merkittävästi.

LÄHTEET

Skanskan www-sivut. <https://www.skanska.fi/> Viitattu 5.2.2021.

Betonitekniikan oppikirja 2018 by 201. 2018. Helsinki: Grano Oy.

Koskenvesa, Anssi – Kivimäki, Christian – Mäki, Tarja – Sahlstedt, Satu 2016. Aikataulukirja 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koskenvesa, Anssi – Lahtinen, Matti – Mäki, Tarja – Sahlstedt, Satu 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta 2018. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RunkoRYL. 2010. RT 14-11016. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt. <https://kortistot-rakennustieto-fi.lillukka.samk.fi/kortit/RT%2014-11016> Viitattu 20.1.2021.

Elementtien kuljetusohje 2008. Betoniteollisuus Ry. Viitattu 26.1.2021.

RT 82-10821. Betonielementtirunkorakenteet. <https://kortistot-rakennustieto-fi.lillukka.samk.fi/kortit/RT%2082-10821> Viitattu 16.1.2021.

RT 82-10814. Paikallavaletut betonirunkorakenteet. <https://kortistot-rakennustieto-fi.lillukka.samk.fi/kortit/RT%2082-10814> Viitattu 18.1.2021.

Muottityö. Betoniteollisuus Ry. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/muottityo/> Viitattu 19.1.2021.

Betonin kuljetus ja siirto. Betoniteollisuus Ry. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/betonin-kuljetus-ja-siirto/> Viitattu 22.1.2021.

Jälkihoito. Betoniteollisuus Ry. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/jalkihoito/> Viitattu 24.1.2021.

Talonrakentaminen. Betoniteollisuus Ry. <https://betoni.com/betonirakentaminen/elementtirakentaminen/talonrakentaminen/> Viitattu 26.1.2021.

Betonielementtien turvallinen asennus 2021. Betoniteollisuus Ry. Viitattu 4.2.2021.

Juotosvalut. Betoniteollisuus Ry. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/juotos-valut> Viitattu 8.2.2021.

Huhtiniemi, Seppo – Kiviniemi, Jukka 1991. Elementtityöt by 208 1992. Rakennustieto Oy.

Ruohomäki, Juhani – Jormalainen, Pertti – Pärssinen, Valto – Saarikivi, Erkki – Söderholm, Kai 1997. Raudoitustyöt by 206 2004. Rakennustieto Oy.

Betonielementtien nostot 2010. Betoniteollisuus ry. Viitattu 1.3.2021.

Dokan www-sivut. <https://www.doka.com/> Viitattu 25.2.2021.

Ruduksen www-sivut. <https://www.rudus.fi/> Viitattu 27.2.2021.

Elementti- ja paikallavalumenetelmien vertailu vaativissa teollisuusrakennuksissa

