

Eero Jussila

Paikallavaluholvin työtekniikan kehittäminen ja kustannuksien tutkiminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

20.04.15

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Eero Jussila Paikallavaluholvin työtekniikan kehittäminen ja kustannuksien tutkiminen 35 sivua + 6 liitettä 20.04.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennustuotantotekniikka
Ohjaajat	Lehtori, Juha Virtanen Tuotantopäällikkö, Jarno Kallinen
<p>Tämä insinöörityö tehtiin NCC Rakennus Oy:lle. Insinöörityössä keskityttiin kehittämään paikallavaluholvin työvaiheita, joilla saataisiin paikallavaluholvin työvaihe nopeammaksi. Samalla seurattiin kehityksestä tulevia kustannuksia, joita pyrittiin pienentämään. Erityisesti keskityttiin rauditusvaiheen nopeuttamiseen, sillä nykyisillä työmenetelmillä voitaisiin nopeuttaa kyseistä työvaihetta.</p> <p>Insinöörityössä ei päästy kokeilemaan työmaalla eri menetelmiä, joilla päästäisiin nopeampaan aikatauluun. Sen sijaan insinöörityössä valittiin myöhemmin alkava kohde, jossa vertailtaisiin eri rauditusmenetelmiä sekä muita paikallavalua nopeuttavia toimenpiteitä. Eri työmenetelmiä vertailtiin toisiinsa ja etsittiin työmenetelmiä, joilla paikallavaluholvit saataisiin suoritettua nopeimmin. Vertailtavia toimenpiteitä olivat esimerkiksi eri rauditusmenetelmien käyttö, valualueen jakaminen useampaan lohkoon ja käyttämällä suurempaa lujuusluokkaa betonoitaessa.</p> <p>NCC halusi kehittää omaa paikallavaluholvin työvaihetta, jotta se parantaisi omaa kilpailukykyänsä. Samalla haluttiin tutkia kuinka paljon nopeammin pystyttäisiin hoitamaan rauditusvaihe käyttämällä Bamtec-mattoraudoitetta, jota ei ole paljonkaan käytetty NCC:n paikallavalukohteissa. Nopeaksi havaittuja toimenpiteitä tulitaisiin hyödyntämään tutkittavassa kohteessa. Samalla todettaisiin, kuinka paljon toimenpiteet vaikuttavat paikallavalun aikatauluun.</p> <p>Mattoraudoituksen käyttöä tutkittiin aikataulullisesta näkökulmasta. Tietokonepohjaisella aikatauluohjelmalla tarkasteltiin mattoraudoituksen vaikutusta tutkittavan kohteen suunniteltuun aikatauluun. Tutkittavan kohteen paikallavaluaikataulua oli tarkoitus nopeuttaa käyttämällä mattoraudoitetta, sekä muita insinöörityössä havaittuja toimenpiteitä. Tutkituilla toimenpiteillä saatiin nipistettyä päivä pois per kerros. Paikallavalun aikataulua saatiin nopeutettua 10 työpäivää nopeammaksi kyseisillä toimenpiteillä.</p>	
Avainsanat	paikallavalu, rauditus, mattoraudoite, aikataulu

Author Title Number of Pages Date	Eero Jussila Development of the Working Technique of cast-in-place Vault and Examination of Costs 35 pages + 6 appendices 20 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructors	Senior Lecturer, Virtanen, Senior Lecturer Production Manager, Jarno Kallinen
<p>This thesis was commissioned by NCC. The thesis aims to develop the cast-in-place vault working phases, to get the cast-in-place working phase faster. At the same time, the costs of the development were followed with an aim to reduce the costs of the cast-in-place. Particularly, the focus was on speeding up of the reinforcement phase which takes most of the time in cast-in-place work.</p> <p>In this thesis, it was not possible to test different techniques which would lead to a faster schedule at construction site. Instead, reinforcement techniques and other different working phases were researched. These techniques could be used in building projects that start later. Different working techniques were compared, looking for a technique that could speed up the schedule of cast-in-place. Working techniques that were compared were different reinforcement techniques, dividing the concrete area to more parts and using bigger grade of concrete.</p> <p>NCC wanted to develop their own cast-in-place vault working phase to able to improve their own competitiveness. At the same time they wanted to find out how much faster reinforcement phase can be carried out by using Bamtec. Techniques that were researched and were verified useful will be used in the investigated building project. At the same time, it will be possible to verify how these measures will affects the schedule of cast-in-place.</p> <p>Reinforcing bar carpet was researched from the scheduling viewpoint. The effect of using reinforcing bar carpet was examined on computer-based schedule program. This schedule was compared to the planned schedule of the building project. The intention was to speed up the cast-in-place by using reinforcing bar carpet and other identified measures. It was possible to speed up the schedule by 10 working days.</p>	
Keywords	cast-in-place, reinforcement, reinforcing bar carpet, schedule

Sisällys

Käsitteistö

1	Johdanto	1
1.1	Insinööriyön taustaa	1
1.2	Tutkimusongelma	1
1.3	Tavoite	2
1.4	Tutkimusmenetelmät	2
2	Paikallavalurakentaminen	3
3	Paikallavaluholvi	4
3.1	Työvaiheet	4
3.1.1	Valmistelutyöt	4
3.1.2	Muottityö	5
3.1.3	Raudoitus	6
3.1.4	LVIS-työt	7
3.1.5	Betonointi	9
3.1.6	Jälkihoito	11
4	Välipohjan raudoitus	13
4.1	Paikallavalun raudoitusmenetelmiä	13
4.1.1	Irtotanko	13
4.1.2	Valmisraudoitteet	13
4.1.3	Mattorautoite	14
4.2	Työergonomia	19
4.3	Raudoituksien tarkastaminen	19
5	Välipohjatyövaiheen nopeuttaminen	21
5.1	Muottialueiden jakaminen lohkoihin	21
5.2	Talotekniikkaosien esivalmistus	21
5.3	Betonin lujuudenkehitys	22
5.3.1	Lujuudenkehityksen seuraaminen	22
5.3.2	Lujuudenkehityksen nopeuttaminen	24
6	Tutkimuskohde	26
6.1	Omenatorni	26
6.2	Työmenetelmien aikataulullinen vertaileminen	27

7	Kustannuksien tutkiminen eri työvaiheissa	30
8	Excel-pohjainen laskuri	31
9	Yhteenveto	32
	Lähteet	34
	Liite 1. Excel-pohjainen laskuri	36
	Liite 2. Omenatornin lohkojako	37
	Liite 3. Omenatornin lohkojako	38
	Liite 4. Ratu – työsaavutukset, paikallavalurunko	39
	Liite 5. Ratu – työsaavutukset, betonielementtirunko	40
	Liite 6. Paikallavaluholvin aikataulu	41

Käsitteistö

Betonipeite	Raudoituksessa oleva betonikerros, joka estää raudoituksen ruostumista ja takaa teräksen tartunnan.
Dataloggeri	Laite, joka tallentaa betonin lämpötilaa määräajoin.
Kutistumishalkeilu	Betonimassasta haihtunut vesi saa massan halkeamaan.
LVIS-tekniikka	Lämpö-, vesi-, ilma- ja sähkötekniikkaan liittyvät työt.
Menekki	Aika, jonka työntekijä, työryhmä tai kone tarvitsee yhden suoriteyksikön aikaansaamiseen, esim. tth/m ² .
Nimellislujuus	Betonin lujuusluokka, jonka mukaan rakenne on suunniteltu.
Ratu-kortisto	Rakennustiedon julkaisema rakennustuotantoon tarkoitettu tietopankki.
Surrilanka	Raudoitustyössä käytettävä kuparinen sidontalanka, jonka tehtävä on pitää teräkset kiinni toisissaan.
Vemo-valuankkuri	Betonipintaan asennettava sisäkierteinen kiinnitysosa.

1 Johdanto

1.1 Insinööriyön taustaa

Nykyinen paikallavalun periaate kehitettiin jo 1800-luvulla, mutta työvaiheita ja menetelmiä on kehitelty tähän päivään asti ja tullaan kehittämään jatkossakin. Tämä insinööriyö tehdään NCC Rakennus Oy:lle ja työssä pyritään kehittämään paikallavaluholvin työtekniikkaa aikataulullisesti. Tämän lisäksi perehdytään eri työmenetelmien vaikutusta paikallavaluholviin. Työn tarkoituksena on saada selkeä kuva, millä eri keinoilla paikallavaluholvin työvaihe saadaan nopeammaksi ilman, että laatu heikkenee tai kustannukset kasvavat liian suuriksi.

NCC Rakennus Oy kuuluu ruotsalaiseen NCC AB -konserniin ja se on Suomen yksi suurimmista rakennusyrityksistä. NCC:n liiketoiminta-alueisiin lukeutuu rakentaminen, asuminen, kiinteistöjen kehittäminen sekä tie- ja maanrakentaminen. NCC:n kotimarkkinat sijaitsevat Pohjoismaissa ja niiden lisäksi yhtiöllä on toimintoja Saksassa, Virossa, Latviassa ja Venäjällä. NCC:llä on myös tytäryhtiö Optiplan Oy, joka on täyden palvelun suunnittelutoimisto. Liikevaihtoa NCC:llä oli vuonna 2013 6,7 miljardia euroa, ja henkilöstömäärä 18 500.

1.2 Tutkimusongelma

NCC halusi kehittää omaa paikallavaluholvin työtekniikkaa, koska nykyiset käytettävät työmenetelmät eivät ole aikataulullisesti kilpailukykyisiä. Tutkittavana kohteena on erityisesti rauditusvaihe, sillä se on perinteisellä rauditusmenetelmällä pitkäkestoinen työvaihe paikallavaluholvin rakentamisessa. Erityisesti halutaan tutkia Bamtec-mattoraudoitteen käyttöä rauditusvaiheessa, jolla voitaisiin nopeuttaa raudittamista ja säästää työkustannuksia. Paikallavalurungon uusi tuleminen 1990-luvulla on lisännyt paikallavalutekniikan käyttämistä. Nykyisellä paikallavaletun välipohjan tekniikoilla voidaan päästä lähelle onteloiden asennusnopeutta. Paikallavalu soveltuukin hyvin asuntorakentamiseen, jossa käytetään lyhyempiä jännevälejä kuin toimitilarakentamisessa.

1.3 Tavoite

Työn tavoitteena on kehittää paikallavaluholvin työtekniikka, niin että se olisi aikataulullisesti kilpailukykyinen. Tavoitteena on laatia Excel-pohjainen laskuri, jonka avulla voidaan tutkia kuinka kauan paikallavalu rakenteen työvaihe kestää kyseisessä kohteessa. Tämän lisäksi voitaisiin kartoittaa työvaiheessa muodostuvia kustannuksia. Työssä havaittavia toimenpiteitä tulotaisiin hyödyntämään tutkittavassa kohteessa.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Insinööri työ suoritetaan kirjallisuustutkimuksena sekä haastattelujen perusteella. Rakennusalan kirjallisuutta, ohjeita, määräyksiä, internetlähteitä sekä yrityksen tietojärjestelmää käytetään hyväksi kirjallisuustutkimusta tehtäessä. Kirjallisuustutkimuksessa tutkitaan yrityksen käytössä olevia toimintamalleja paikallavalukohteissa. Toimintamallien perusteena pyritään kehittämään paikallavalun työtekniikkaa.

Tutkimuksessa haastatellaan työpäälliköitä, vastaavia mestareita ja työnjohtajia, joilla on kokemusta paikallavalukohteista. Haastattelujen avulla pyritään löytämään parannusehdotuksia ja erilaisia toimintatapoja, joilla saataisiin kehitettyä ja nopeutettua paikallavaluholvin työvaihetta.

Koska opinnäytetyössä ei päästä käyttämään tutkittavia menetelmiä työmaatasolla, tullaan niitä tarkastelemaan alkavassa kohteessa. Kohteessa vertaillaan eri työvaiheiden kestoa toisiinsa. Tämän lisäksi tutkitaan, miten kustannukset vaikuttavat eri työmuotoihin.

2 Paikallavalurakentaminen

Paikallavalurakentamisella tarkoitetaan kantavan rungon rakentamista pääosin työmaalla. Paikallavalurakentamisen työvaiheisiin kuuluvat muotti-, raudoitus- ja betonointityöt, jotka tapahtuvat työmaalla. Tätä rakennustekniikkaa käytettiin yleisesti Suomessa ennen 1970-luvun elementtirakentamisessa tapahtunutta läpimurtoa. 1990-luvulla tapahtunut kehitysaalto oli paikallavalurakentamisen uusi esiintulo. [1, s.13.]

Paikalla valettu betonirakenne muodostuu betonista ja teräksestä. Teräksen tehtävänä on ottaa vastaan rakenteelle muodostuvat vetorasitukset ja betoni puolestaan ottaa vastaan puristusrasitukset. Suuren ominaispainon vuoksi teräsbetonille ominaista on mm. hyvät lujuus-, jäykkyys-, palonkestävyys- ja ääneneristävyysominaisuudet. [4, s.191.]

Paikallavalurakentaminen mahdollistaa monimuotoisten suunnitelmien toteuttamista, antaa vapauksia LVIS-tekniikan suunnittelussa sekä mahdollistaa innovatiivisten ja luovien ratkaisujen toteuttamista. Paikallavalurakentaminen sopii haastaviin kohteisiin, sillä se on muunneltavissa myös rakennusvaiheessa. Erityisesti ahtaissa paikoissa sekä täydennysrakentamisessa paikallavalu on oiva ratkaisu. [1, s 137.] Talotekniikan integroiminen välipohjarakenteisiin on nykypäivänä helppoa. Talotekniikka voidaan sijoittaa vapaasti välipohjarakenteisiin, jolloin myös rakenteen äänitekniikka pystytään huomioimaan hyvin. Työmaa-aikaisessa kosteudenhallinnassa tiivis vaippa nopeuttaa lämmityksen aloittamista, sekä edistää rakenteiden kuivumista.

Paikallavalurakentamisen tuotantosuunnittelua on kehitetty vuosien varrella kilpailukykyisemmäksi elementtirakentamisen rinnalle. Kehitettyjen työkalujen käyttäminen, nykyaikainen muottitekniikka, nopeammat raudoittamisen menetelmät, sekä betonin nopeampi kuivuminen ja kovettuminen tekevät paikallavalurakentamisesta entistä kilpailukykyisemmän. [3.]

3 Paikallavaluholvi

3.1 Työvaiheet

Luvussa keskitytään tarkemmin paikallavaluholvin eri työvaiheisiin. Tarkastellaan eri työvaiheiden vaikutusta kustannuksiin ja aikatauluun, sekä työnsuunnittelua ja toteutusta työmaalla. Paikallavalurakenteen työvaiheet koostuvat valmistelu-, muotti-, raudoitus-, betonointi- ja jälkihoitotöistä. Paikallavalutyövaihe on haastava työvaihe kokeneellekin työnjohtajalle.

3.1.1 Valmistelutyöt

Ennen muottityön aloittamista suunnitellaan muottityöhön parhaiten soveltuva muottikalusto. Valintaan vaikuttavat kohteen laatuvaatimukset ja kaluston tekninen soveltuvuus. Tämän lisäksi valitun kaluston pitää toteuttaa suunnitelman mukaiset muottikierrot, aikataulu, työturvallisuus ja kustannukset tulevat olla taloudellisia. [1, s.54.]

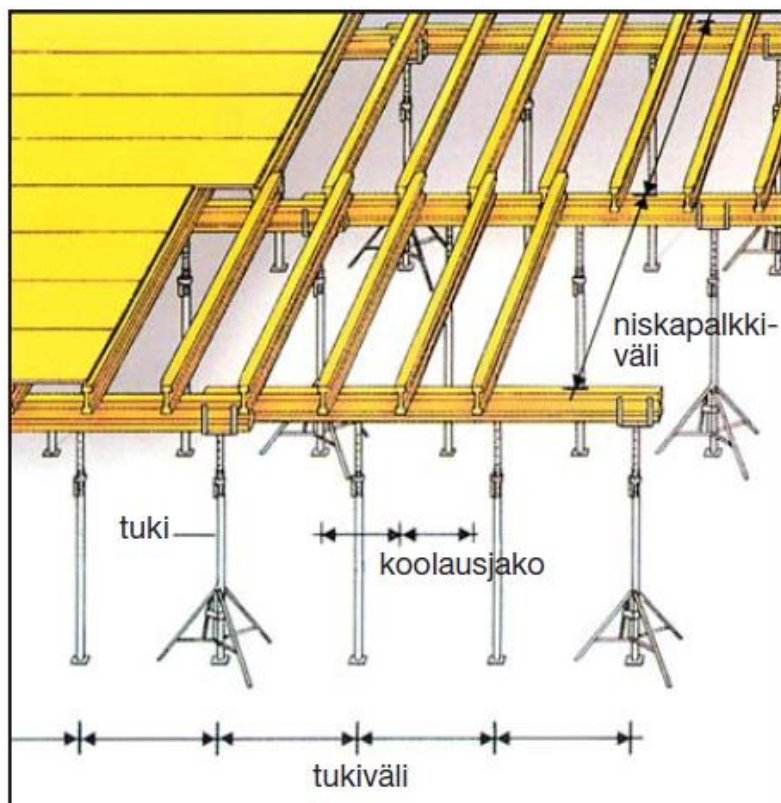
Muottikaluston valintaan vaikuttavat työmaan lähtötiedot. Näitä tietoja ovat esimerkiksi: piirustusten, olosuhteiden, laatuvaatimusten selvittäminen. Muottityyppiä valittaessa on huomioitava eri muottivaihtoehtojen tekninen soveltuvuus kohteeseen. Eri muottikaluston- ja muottityönkustannuksien laskeminen ja vertaileminen. Lasketaan muottikaluston tarvemäärä. Oikealla tarvemäärällä pidetään huolta, että muottikierto onnistuu aikataulun mukaisesti. [1, s.54.]

Muottikaluston valinnan jälkeen laaditaan suunnitelma muottityön etenemisestä ja muottikierrosta. Muottityö on tahdistava työvaihe, joka vaikuttaa muihin paikallavaluholvin töihin. Muottien käytöstä laaditaan yksityiskohtainen muottisuunnitelma. Tällöin lasketaan muottikaluston määrät oikeiksi. Muottisuunnitelmassa otetaan huomioon muottien mitoitus, laskelmat ja ohjeet valunopeudesta. [1, s.55.]

3.1.2 Muottityö

Muottityö koostuu periaatteessa kahdesta osasta, muotin pystyttämisestä ja muotin purkamisesta. Muottityön suunnittelussa ja valinnassa pyritään valitsemaan kohteeseen sopivin muottikalusto, joka tukee toteutusta, aikataulua ja kustannuksia parhaiten. Toteutuksessa on huomioitava kohteen asettamat laatuvaatimukset ja mitä muotilta odotetaan. Aikatauluun vaikuttavat muottikalusto, suunnitelmat ja sitä asentava työryhmä. Harjaantuneella muottityöryhmällä päästään helposti aikataulun mukaiseen muottikiertoon. Yksinkertaisella ja toistuvalla muottikierrolla nopeutetaan asentamista. Lisäksi erilaiset muottikalustot vaikuttavat työryhmän määrään sekä asennuksessa tarvittaviin apuvälineisiin. Muottityön kustannukset koostuvat lähinnä valittavien muottien kalustokustannuksista sekä työryhmästä. Paikallavaluholvissa voidaan käyttää pöytämuotteja, kasettimuotteja ja vakiopalkkijärjestelmää.

Vakiopalkkijärjestelmän käyttäminen on yleinen tapa valittaessa holvin muottitekniikkaa. Vakiopalkit sopivat hyvin monimuotoisiin kohteisiin ja erilaisiin laattavahvuuksiin. Vakiopalkkijärjestelmä koostuu ristikkäispuupalkeista, jotka asennetaan teräksisten tukien päälle. Palkkien yläpuolelle asennetaan muottilevyt, jotka pitävät betonin kasassa. Teräksiset tuet pysyvät paikoillaan asennusvaiheessa, kun niitä asennetaan tukemaan tukijalat. Tukijaloilla taataan turvallinen ja vakaa asennus. Terästuen päähän asennetaan haarukkapää, joka mahdollistaa palkkien limitysjatkoksen. Palkit asennetaan tukien päälle käsin tai asennussauvaa apuna käyttäen. Ennen palkkien asennusta mitataan valettavan laatan korkeus. Korot merkataan seinille ja teräksiset tuet asennetaan tasolaserilla oikeaan korkoon. Asennussauvat sekä nopeuttavat asennusta että parantavat työergonomiaa. Tarvittaessa palkkien alle asennetaan lisätuet. Lisätukien asennukseen ei tarvita tukijalkoja. Koolattujen palkkien päälle asennetut muottilevyt öljytään, jotta purkaminen on helpompaa ja ne säilyvät ehjinä. [10.]



Kuva 1. Kuvassa näkyy vakiopalkki järjestelmä [10].

Paikallavaluholvin muotit voidaan purkaa kun betonirakenne on saavuttanut muotinpurkulujuuden. Tällöin rakenne kestää sille kohdistuvia painoja ilman, että rakenne vahingoittuu. Jälkituet on kuitenkin jätettävä vielä kun betoni on saavuttanut muotinpurkulujuuden. Tällöin rakenteeseen ei synny painaumia, mikäli siihen kohdistuu suuria kuormia. Jälkituentakalusto on muottikalustoon verrattuna vähäisempää, sillä tuenta toteutetaan pelkillä teräksisillä tuilla. Jälkituenta voidaan poistaa, kun betoni on saavuttanut nimellislujuuden.

3.1.3 Raudoitus

Muottien asennuksen jälkeen voidaan aloittaa kohteen raudoitus. Raudoituksessa pyritään toteuttamaan yksinkertaisia ja toistuvia raudoitusratkaisuja. Yksinkertaisilla raudoitusratkaisuille on kokonaisedullisuuteen vaikuttavia tekijöitä, joita ovat: mahdollisuus sarjavalmistukseen, asennusnopeuden paraneminen, raudoitukseen käytettävän työvoiman kustannustaso alenee, laaturvirheiden määrä pienenee sekä logistiikka tulee selkeämmäksi. [1, s.63.]

Paikallavaluholvin raudoitus suoritetaan raudoitussuunnitelman mukaisesti. Suunnitelmassa esitetään kuormitukselle mitoitettut raudoitteet terästyypeineen, mittoineen ja määrineen, sekä niiden asennukseen tarvittavat ohjeistukset. [2.] Raudoituksen asennuksessa teräkset tuetaan muotteihin välikkeiden ja asennustankojen avulla. Raudoitteet sidotaan toisiinsa lujasti ja tiheästi, etteivät teräkset siirry pois paikoiltaan betonoinnin tai muiden työaiheiden aikana. Terästen sitominen tapahtuu kuparista sidontalankaa niin sanottua ”surrilankaa” käyttäen. Kuparilangan sitomisessa käytetään tavallisesti sidontakoukkuja. Sidontaan on myös olemassa akkukäyttöisiä sidontakoneita, jolla voidaan parantaa raudoituksen työergonomiaa. Välikkeiden tehtävänä on tukea raudoitus muottiin, taata oikeamittainen betonipeite ja toteuttaa suunnitelmanmukaiset tankovälit. Välikkeet ovat määrämittäisiä kappaleita, jotka ovat betonia, muovia tai terästä. Mikäli raudoitusta joudutaan jatkamaan turvaudutaan limitysjatkokseen. Limitysjatkoksessa tangot viedään toisiinsa limittäin riittävän paljon, jotta teräkset muodostavat riittävän ankkurointikapasiteetin siirrettävään rasitukseen nähden. Muita jatkamistapoja ovat hitsaus tai erikoisliitokset, kuten muhvit. Rakennesuunnittelija määrittelee tarvittavat jatkospituudet. [4, s. 279-280.]

Paikallavaluholvin raudoitus voidaan suorittaa eri menetelmillä: irtoteräksillä, valmisraudoitteilla ja mattoraudoitteilla. Valualueen koko vaikuttaa siihen, mikä menetelmä tulee kustannuksellisesti edullisimmaksi ja aikataulultaan nopeaksi. Raudoituksen tilaamisessa tulee ottaa huomioon varastointitilat sekä teräksen menekki.

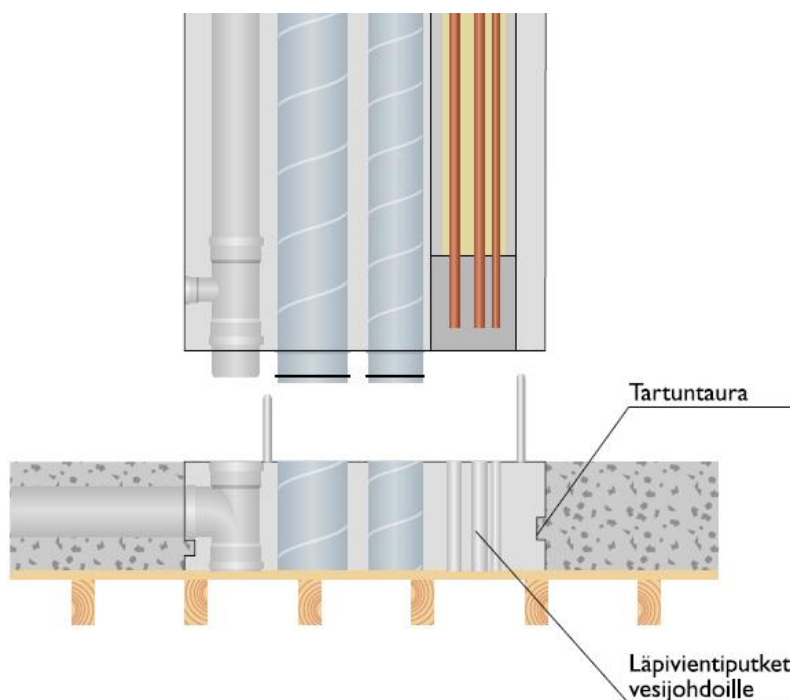
3.1.4 LVIS-työt

Pohjaraudoitusasennuksen jälkeen voidaan aloittaa välipohjan LVIS-työt, eli talotekniikan työt. Tässä työaiheessa asennetaan lämpö-, vesi- ja ilmaputket, sekä sähkökaapelit. Välipohjassa talotekniikan sijoittelu on vapaata ja antaa mahdollisuuksia myös suunnitteluun kunhan valittujen ratkaisujen toteutettavuuteen kiinnitetään tarpeeksi huomiota. Välipohjassa kulkevien putkien ja johtojen tulee noudattaa suunnittelun ja rakennettavuuden osalta välipohjarakentamisen sääntöjä. Riittävä tilantarve on otettava huomioon suunnittelussa ja pyrittävä välttämään liian ahtaita eri osien risteämäkoh-
tia. [7.]

Varauksia ei välttämättä tarvitse asentaa muotteihin, mikäli asennuksessa käytetään talotekniikan valmiita osia. Lämpöjohtojen nousut voidaan hoitaa sewatek-

läpivientikappaleilla. Läpiviennit on tarkoitettu lämpöjohtopareille, joiden halkaisija on 10 - 42 mm. Asennus on nopea suorittaa eikä muotteihin tule ylimääräisiä reikiä, joten niitä voidaan käyttää uudelleen. Asennuksessa alapää kiinnitetään muottiin käyttämällä nauvoja tai ruuveja. Takasiipi taivutetaan asennusvaiheessa auki, jolloin se tukee sewatekkaa, ettei läpivientilinja kallistuisi pois päin seinästä. Sewatekin asennuksessa tulee kuitenkin huomioida, että asennus suoritetaan oikeaan paikkaan ja samaan linjaan aiemman nousulinjan mukaan. Mikäli sewatekin asennuksessa tapahtuu liian suuria heittoja, ei seuraavaa lämpölinjaa voi asentaa. Tällöin lämpölinjojen läpiviennit joudutaan toteuttamaan jälkeinpäin. [12.]

Talotekniikan nopeuttamiseksi käytetään betonirunkoisia nousuputkielementtejä, eli elpo-hormia. Elpo-hormiin voidaan sijoittaa kaikki asuinhuoneistossa tarvittavat vesijohdot, viemärit, lämpöjohdot, ilmanvaihtokanavat sekä putkitukset sähkö- ja tietoliikennekannakkeita. Betonirunkoinen elpo-hormi on kerroskoruinen elementti, joka säästää rakentamisaikataulussa muutamia viikkoja ja lisää myytäviä neliöitä. Betonirunko eristää putkistojen aiheuttamaa ääntä tehokkaasti ja parantaa asumisviihtyvyyttä. Elpo-hormit suunnitellaan aina tilaajan tarpeiden mukaan. Elementtiin tehdään valmiit haaroitukset haluttuihin suuntiin ja halutulle korkeudelle. [8.]



Kuva 2. Kuvassa on elpo-hormielementin aloituspaala paikallavaluholviin [19].

3.1.5 Betonointi

Betonirakenteet ja betonityöt on jaoteltu kolmeen eri luokkaan niiden rakenne- ja työteknisestä vaikeustasosta riippuen. Betonirakenteiden luokat ovat: 1-lk, 2-lk ja 3-lk. Betonirakenteiden luokitus kertoo, minkälaisia vaatimuksia rakenteen suunnittelulle, betonille, betonoinnille ja laadunvalvonnalle kulloinkin asetetaan. 1-luokan betonirakenteet vaativat erityistä pätevyyttä betonityönjohtajalta. 1-luokan betonityönjohtajalla on oltava sisäministeriön vaatima pätevyys, sekä monen vuoden työkokemus. Valtaosa rakennuksien betonirakenteista kuuluvat 2- ja 3-luokkaan. Näihin kuuluvat pienet kohteet ja niiden rakenteet, joille ei aseteta erityisiä vaatimuksia. [5.]

Betonointi toteutetaan betonointisuunnitelman mukaan. Suunnitelmassa esitetään muun muassa betonointimäärät ja käytetyt betonilaadut, muotit ja niiden käyttö, raudoitusten valmistaminen, jälkihoito ja laadunvalvonta, resurssit sekä työsuojelu. Ennen betonin tilausta työmaalle on hankittava vastaanottokalusto sekä betonointiin tarvittavat nosto- ja siirtolaitteet. Betoni on tilattava hyvissä ajoin, jotta varmistetaan massan ja kaluston riittävyys halutussa aikataulussa. Betonin tilauksessa ilmoitetaan seuraavat asiat:

- työmaan yhteystiedot ja yhteyshenkilö
- rakenne, lujuus ja notkeusluokat
- säilyvyysluokka
- toimitusaikataulu
- erityisvaatimukset (mm. massan lämpötila). [5.]

Ennen paikallavaluholvin valua aloittamista on betonointikohteesta suoritettava tarkastuksia. Muotit on tuettu kunnolla, eikä muoteissa saa olla reikiä, joista betoni voisi valua. Kaikki varaukset ja putket on asennettu ennen valua ja ne ovat suunnitelmien mukaisissa paikoissa. Jälkeenpäin tehdyt läpiviennit paikallavaluholviin ovat aikaa vieviä ja nostavat kustannuksia. Raudoitteet on tehty raudoitussuunnitelmien mukaisesti, sekä suojabetonipeite on otettu huomioon. Muotin teosta syntyvä roska on siivottu pois ennen betonointia. Talvibetonoinnissa on huomioitava myös lumen ja jään poisto. Koneet ja kalusto ovat toimintakunnossa. [5.]

Betonin siirto muottiin tapahtuu yleisimmin suoraan pumppuautosta eli pumista tai nostoastian kautta. Alemmat kerrokset voidaan suorittaa helposti suoraan pumilla mikäli varmistetaan, että pumppu ylettyy valamaan koko holvin. Pumilla valaminen on nopea toimenpide, mutta nostaa kustannuksia verrattuna nostoastian käyttöön. Pumpausauto tarvitsee aina riittävän kokoisen tilan, jotta sen tuet saadaan asennettua. Maapohjan kantavuus on myös huomioitava. Jos pumppausautoa ei voida käyttää betonoitaessa, voidaan toimenpide suorittaa nostoastialla. Paikallavaluholviin käytettävien nostoastioiden koko on tavallisesti 1–3 m³. Nostoastia lasketaan nosturilla betoniauton taakse, josta betoni lasketaan nostoastiaan. Nostoastiaa käytettäessä betoni voi olla hieman karkeampaa. Pumilla valettaessa massa täytyy olla hienompaa, mikä altistaa massan helpommin halkeilulle. Betonoitaessa pudotuskorkeus saa olla enintään 1-1,5 m erottumisen välttämiseksi. Jos nostoastialla valettaessa pudotuskorkeus on liian suuri, voidaan nostoastiaan asentaa valusukka. Tällöin pudotus korkeus saadaan sallittuun korkeuteen. Erottumisessa raskas kiviaines ja sementti erottuvat kevyestä osaineesta (vesi) painovoiman vaikutuksesta. Betonoitaessa on huomioitava, että työskentelypaikan välillä tulee olla näkö- tai radiopuhelinyhteys. [6.]

Betonin tiivistämisessä käytetään erilaisia täryttimiä. Holvinpaikallavalun pääasiallinen tärytin on sauvatärytin. Tiivistämisellä muotti pyritään täyttämään kauttaaltaan betonilla. Betonoitaessa muottiin jää aina ylimääräistä ilmaa. Tiivistämisellä poistetaan ylimääräinen ilma pois massasta, sekä saadaan betonin kiviaineksen osaset hakeutumaan lähemmäksi toisiaan. Täryttämisessä on vältettävä liian pitkiä tärytyksiä. Pitkäkestoiset tärytyksen saavat betonimassan erottumaan tai huonoimmassa tapauksessa muotin rikkoutumisen. Betonimassan notkeus kertoo, kuinka suuri tarve tiivistämisellä on. Paikallavaluholvin tiivistämisessä sauvatärytin upotetaan omalla painollaan betonimassaan pystysuorassa asennossa. Hankalissa kohteissa voidaan tärytintä käyttää vinossa tai vaakasuorassa asennossa, mutta tällöin tiivistysteho laskee. Betonimassa on tiivistynyt tarpeeksi, kun ilmakuplien nousu pintaan on lakannut, sekä betonipinta on tasoittunut ja alkaa kostua tärysauvan lähietäisyydellä. Tiivistämisen jälkeen sauva nostetaan niin hitaasti, että tärytyksen tekemä aukko varmasti sulkeutuu. [4, s. 322-325]

Betonoitaessa päästään ilman tiivistämisvaihetta, mikäli valussa käytetään itsestään tiivistyvää betonia eli IT-betonia. Massa tiivistää itsensä painovoiman avulla ilman, että runkoaineet erottuvat toisistaan. Itsestään tiivistys perustuu käyttämällä lisähienoaines-

ta ja tehokkaita notkistimia. IT-betonia käyttämällä pystytään valu suorittamaan nopeammin, jolloin päästään pienempiin työkustannuksiin. IT-betoni on normaaliin rakennebetoniin nähden kalliimpaa. Yleinen tapa on täyttää valusta 2/3 osaa normaalilla rakennebetonilla ja loput 1/3 IT-betonilla. [18.]

3.1.6 Jälkihoito

Jotta rakenne kovettuu moitteettomasti saavuttaen suunnitellun loppulujuuden ja muut asetetut ominaisuudet, on betonille annettava jälkihoitoa. Jälkihoitoon kuuluu valetun rakenteen suojaamista, kosteana pitämistä ja kovettumislämpötilasta huolehtiminen. [4, s.331.]

Suojaamalla rakenne estetään ulkoiset haittavaikutukset ja estetään veden haihtuminen rakenteesta. Rakenteen suojaamisessa käytetään: muottia, muovikalvoa, muovikalvolla päällystettyjä mineraalivillamattoja ja ruiskutettavia jälkihoitoaineita. Suojat estävät sen, että vesi tai sade huuhtoisi sementin pois kovettuvasta massasta. Tämän lisäksi se estää tuulen tai auringonpaisteen haihduttamasta siitä vettä. Ilman suojausta massa saattaa halkeilla ja veden haihtuessa myös lujuuden kasvu pysähtyy. Talvibetonoinnissa käytetään mattoja tai lämpöeristettyjä muotteja, kun rakenne pitää lämpösuojata. [4, s.331-332.]

Kosteana pitämisellä varmistetaan, että rakenteessa jatkuvat kovettumisreaktiot riittävän kauan. Erityisen tärkeää on, että betonipeite saavuttaisi tavoitellun lujuuden ja tiiviyden. Betonin kosteus estää sen kutistumishalkeilun. Kostean betonipinnan haihtuminen estetään muovikalvolla peittäen tai ruiskuttamalla jälkihoitoainetta. Peittäminen tai jälkihoitoaine voidaan levittää betonipinnan päälle heti, kun rakenne kestää kyseiset toimenpiteet. [2, s.332.]

Kovettumislämpötilasta huolehtimisella varmistetaan, ettei rakenteen liian alhainen lämpötila vaaranna lujuuden kehitystä. Kovettuva rakenne on tarvittaessa suojattava lämpöeristyksellä, lämmitettävä erilaisilla lämmittimillä kuten kuumailma-, sähkö- tai infrapunalämmittimellä. Joskus kesäolosuhteissa massiivirakenteissa voidaan joutua turvautumaan vastakkaismenetelmään, mikäli kovettuvan rakenteen lämpötila kohoaa liian korkeaksi. Liian korkea lämpötila rakenteessa voi aiheuttaa lujuuskatoa. Tällöin on

varauduttava jäähdyttämään betonia. Betonin kovettumista pystyy nykyään seuraamaan helposti anturien avulla. Anturat keräävät tietoa kovettuneesta betonista ja tämän jälkeen tiedot voidaan sijoittaa tietokoneohjelmaan, joka kuvaa betonin lujuuden kehityksen. [2, s.332.]

4 Välipohjan raudoitus

4.1 Paikallavalun raudoitusmenetelmiä

Terästen asentaminen on eniten aikaa vievä työvaihe paikallavaluholvissa. Erilaisilla työmenetelmillä voidaan nopeuttaa raudoitusvaihetta. Esivalmistetuilla raudoituksilla voidaan nopeuttaa raudoittamista, sillä työmaalle tulevat teräkset ovat valmiiksi asennettavia. Tässä luvussa perehdytään tarkemmin raudoituksen eri työvaiheisiin.

4.1.1 Irtotanko

Irtotankoraudoitteiden käyttö paikallavalukohteissa on vähentynyt, sillä valmis- ja mat- toraudoitteiden käyttö on nopeuttanut asennusvaihetta, ja parantanut työergonomiaa. Irtotankon käytössä tarvitaan useimmiten ammattiraudoittajia ja kuvien lukeminen on hitaampaa. Irtotankojen käyttö paikallavaluholvissa koostu lähinnä yläpohjaraudoituk- sessa olevista teräksistä. Irtotankon käyttöä hidastaa myös se, että ennen asennusta tapahtuvat katkaisut ja taivutukset tehdään työmaalla. Irtotangoilla voidaan kuitenkin optimoida teräksen määrä paremmin, jolloin teräksen hukka on pienempi. Raudoitustyö on kuitenkin hitaampaa, mikä nostaa kustannuksia.

Irtoteräs voidaan jaotella jalostusasteen mukaan: varastotuotteet, määrämittatanko, leikatut tangot ja taivutetut tangot. Varastotuotteiksi luokitellaan suora 6-metrinen teräs. Teräs toimitetaan varastopituisena työmaalle, jossa se sitten leikataan oikean mittai- seksi. Määrämittainen tanko katkaistaan asiakkaan toivomuksien mukaisesti teräksen valssauksen yhteydessä. Näin ollen työmaalle toimitettu tanko on valmiiksi oikean pi- tuinen, joten asennustyö nopeutuu. Leikatut tangot ovat varastoinnista valittavia teräk- siä, joita leikataan suunnitelmien mukaiseen pituuteen. Taivutetut tangot ovat raudoit- teista valmistettavia taivutustyyppisiä. Paikallavalussa tyypillisiä taivutettuja tankoja ovat haka-raudoitteet. [2, s.287.]

4.1.2 Valmisraudoitteet

Valmisraudoitteet on yleinen raudoitusmenetelmä paikallavaluholveissa. Nopea ja työ- ergonominen asennus on osasyä valmisraudoitteiden käytössä. Valmisraudoitteet val-

mistetaan asiakkaan suunnitelmien mukaisesti. Leikatut, taivutetut tai hitsatut raudoitteet vähentävät teräsmenekkiä ja työmaalla tapahtuvaa raudoitustyötä.

Paikallavalukohteissa yleisesti käytetty valmisraudoite on verkkoraudoite. Verkkoraudoitetta voidaan käyttää ylä- ja alapuolen raudoittamisessa. Ennen alapohjan raudoittamista muotin päälle asetetaan välikkeitä tai muovisia tukia, joiden päälle raudoitus asetetaan. Alapintaan asennetaan tukipukkeja tai ansoja, joilla tuetaan yläpinnan raudoitus. Verkkoraudoituksella saadaan nopeampi muottikierto kuin irtotangoilla, eikä työvaiheeseen välttämättä tarvita ammattiraudoittajia.

Valmisraudoitteiden suunnittelussa on huomioitava teräsmäärän sijasta raudoitustyön sujuvuus. Kannattaa suunnitella mahdollisimman vähän erilaisia raudoitetyyppejä. Toistuvilla ja pitkillä raudoitesarjoilla tehostetaan raudoitteiden valmistusta, sekä niiden käyttö helpottuu. Valmisraudoitteilla kasvatetaan yleensä raudoitustyössä käytettävän teräksen määrää, mutta se kompensoidaan raudoitetyön nopeutumisella.

4.1.3 Mattoraudoite

Bamtec-mattoraudoite on uudensukupolven raudoitusmenetelmä, jota käytetään niin vaaka- kuin pystyraudoituksissa. Rullattava mattoraudoite on saksalainen patentti, jonka Suomen toimituksesta vastaa yksinomaan Celsan raudoitusryhmä.

Mattoraudoitus koostuu samansuuntaisista betoniteräksistä, jotka hitsataan 1,5 m jaolla oleviin teräsvanteisiin. Teräkset sidotaan toisiinsa alumiinisilla ohutlevyillä. Toimivan raudoituksen aikaansaamiseksi tarvitaan kaksi mattoa, jotka rullataan toisiinsa nähden kohtisuoraan auki. Mattoraudoituksessa huomioidaan suunnitelman mukaiset betoniterästen sijainti ja tankovälit. Jokainen mattoraudoite valmistetaan kohteen suunnitelmien mukaisesti. Suunnitelmissa otetaan huomioon laatassa olevat aukot ja muodot. Näin ollen työmaalla tehtävä työ on nopeaa ja helppoa. Yhden mattoraudoitteen enimmäispaino voi olla 1,5 tonnia ja rullan halkaisija on enintään 60 cm. Mattoraudoitteen teräslajeina ovat A500HW, B500B, B500C1 ja A700HW, nimellishalkaisijat ovat 8-32 mm ja maton leveys vaihtelee 2-15 metrin välillä. [9.]

Asennus

Asennuksessa raudoite nostetaan holville nosturilla. Raudoite lasketaan asennusvälikkeiden/tukien päälle. Laskettaessa paikoilleen raudoite kohdistetaan ja suunnataan. Paikalla olevasta matosta avataan pakkaussiteet ja rullataan matto auki käyttäen jalkavoimia. Yhden maton asennus kestää valmistajan mukaan noin 10 minuuttia riippuen maton koosta sekä raudoitettavasta kohteesta. [9.] Mattoraudoitteen asennusnopeus irtotankoon verrattuna on nelinkertainen ja verkkoraudoitukseen kaksinkertainen. Alapinnan raudoitteita ei tarvitse sitoa toisiinsa kiinni, sillä niiden massiivinen paino pitää huolen, etteivät ne liiku pois paikoiltaan. Yläpinta kannattaa kuitenkin sitoa sieltä täältä, etteivät teräkset nouse betonoinnin aikana. [14.] Sidonnan minimoiminen nopeuttaa asennusta ja ylimääräinen kumartelu vähenee. Asennuksessa on huomioitava, että raudoite tulee sijainnin mukaiselle paikalle. Rullauksen jälkeen raudoitteen sijainti tarkastetaan. Raudoitteen väärä sijainti vaikuttaa seuraavien raudoitteiden sijaintiin. Virhemarginaali kertaantuu seuraavia raudoitteita asennettaessa, mikäli virhettä ei huomata. Toinen raudoitekerros asennetaan kohtisuoraan ensimmäisen raudoitteen päälle. Toiselle raudoitteelle on myös tehtävä samat tarkastukset ennen rullauksen aloittamista. Bamtec-mattoraudoite parantaa raudoituksen työergonomiaa oleellisesti. Koska teräkset tulevat vaivatta oikeisiin paikkoihin vähentää se raudoittajiin kohdistuvaa selkä- ja lihaskuormitusta. Suurimmat ponnistelut koskevat niitä paikkoja, jossa mattoraudoite täytyy nostaa esimerkiksi elpo-hormin yli. [9.] Aukko- ja lisäteräksien sisällyttäminen mattoraudoitteeseen. Aina tämä ei ole mahdollista ja tällöin joudutaan käyttämään lisäteräksiä aukkokohdissa. [14.]



Kuva 3. Kuvassa on esitelty mattoraudoitteen asentaminen [22].

Käytettäessä mattoraudoitetta alapohjaan asennetaan kahden metrin mittaisia muovisia välikkeitä, joiden tehtävänä on varmistaa oikea betonipeite alapinnalle. Välikkeiden paikalleen asennus on nopeaa ja välikkeiden reikien ansiosta betoni pääsee tunkeutumaan tasaisesti. [9.]

Mattoraudoitteen yläpinnan tukemiseen käytetään tukipukkeja, jotka tukeutuvat suoraan alapinnan teräksiin. Tukipukkien tehtävänä on tukea raudoitusta koko työvaiheen ajan. Mattoraudoitteessa käytettävät tukipukit ovat A-tukipukkeja. Rullauksen aloituskohdassa kannattaa tukipukkeja laittaa riittävä määrä, etteivät ne taivu maton alla käytökelvottomaksi. Asennusta hidastava toimenpide on tukipukkeja kohtisuoraan tulevat putket. Mikäli putkia ei pystytä asentamaan tukipukin ristikon läpi, täytyy tukipukin alasiideteräs leikata. [13.]



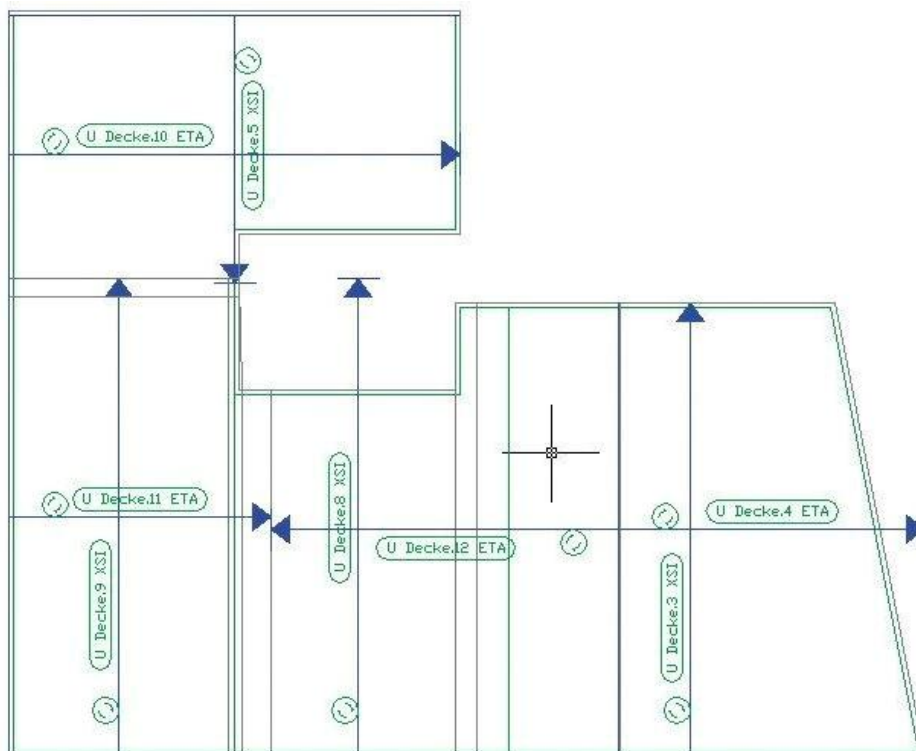
Kuva 4. Kuvassa on esivalmistettu tukipukki mattoraudoitteen yläpinnan tukemiseen [1].

Laatan reunojen haitukset voidaan suorittaa entistä nopeammin, sillä reuna-alueille voidaan asentaa valmisraudoitteena oleva hakakori. Hakakori vähentää työterästarvetta reuna-alueilla, lisäksi se toimii yläpinnan raudoitteen tukena. Hakakorin avulla reuna-alueiden raudoitus voidaan suorittaa nopeammin ja tukipukkien tarve pienenee. [1, s.64.]



Kuva 5. Laatan reunalle asennettava hakakori [1].

Mattoraudoitteen raudoitussuunnitelmia on helppo lukea, koska suunnitelmat ovat yksinkertaisia ja helppolukuisia. Suunnitelmissa näkyy, mihin raudoite tulee, aloituskohta, rullaussuunta ja limitysjatkokset. [13.]



Kuva 6. Kuvassa näkyy mattoraidoitteen raidoitus suunnitelma [21].

Mattoraidoitteen ongelmana on sen suuri koko, joten raidoitteen varastointi työmaalla vie paljon tilaa. Mattoraidoitteelle on varattava tarpeeksi varastointialuetta. Mikäli varastointitilaa on niukasti, niin raidoitteiden varastointijärjestelyssä on kiinnitettävä huomiota. Mattoraidoitteet kannattaa varastoida niiden asennusjärjestyksien perusteella. Tällöin vältetään ylimääräisiltä nostoilta ja siirtelyiltä. Mattojen asennusjärjestyksen voi tarkistaa raidoituspiirustuksista. Raidoite kannattaa tilata asennusajankohtaan, mikäli sen varastointi on hankalaa. [9.] Valmistajalla on myös olemassa raidoite-fakki. Fakki helpottaa raidoituksen varastoimista, sillä fakissa olevat orret mahdollistava päällekkäisen varastoinnin. [13.]

Mattoraidoite ei aina ole nopeampi raidoitusvaihtoehto. Monimuotoiset kohteet, joissa on ulokkeita tai erkkereitä hidastavat mattoraidoituksen asentamista. Tällaisissa kohteissa ei päästä mattoraidoituksen ominaisuuksiin, joka on nopea työskentely. Sen sijaan yksinkertaiset kohteet, erityisesti suorakaiteen muotoiset kohteet, jotka eivät sisällä ulokkeita, palvelevat parhaiten mattoraidoituksen ominaisuuksia. [15.]

4.2 Työergonomia

Raudoitustyö on fyysisesti rankka työvaihe. Työntekijän täytyy käsitellä painavia materiaaleja ja työasennot eivät välttämättä ole aina parhaimpia. Onneksi uudet keksinnöt ovat parantaneet erityisesti raudoitustyön ergonomiaa. Mattoraudoitteen avulla vähennetään selkään kohdistuvaa rasitusta huomattavasti. Rullaamiseen voidaan käyttää jalkavoimaa, jolloin ylimääräinen kyyristyminen ja kyykyssä oleminen vähentyy oleellisesti. Mattoraudoite vähentää myös ylimääräistä raudan kantamista, koska matoraudoitteella pystytään kattamaan suuri osa holvin alueesta. Kuparisen sidontaan normaalisti käytettyä koukkua voidaan korvata akkukäyttöisillä sidontakoneilla. Sidontakone vähentää kumarassa tehtävää sidontaa. Työergonomian parantamisella voidaan myös nopeuttaa työskentelytehoa.

Muottityö on paljolti tavaran kantelua, siirtelyä ja kokoamista. Nosturin käyttöaste kannattaa pitää suurena, jotta tukien ja muottipintojen siirtely olisi vähäistä.

4.3 Raudoitusten tarkastaminen

Valmiin teräsbetonirakenteen raudoitusta on lähes mahdotonta korjata. Niinpä valmis raudoitus tulee tarkastaa ennen valua, että raudoitus on tehty oikein. Tämän lisäksi työnjohtajan on valvottava, että raudoitus etenee ja suoritetaan suunnitelmien mukaisesti. Raudoitus ei saa muuttua työn aikana eikä sen jälkeen. [4, s.284.]

Raudoituksen tarkastuksen tulee sisältää seuraavat asiat:

Laadun tarkastus

Raudoituksessa on käytetty piirustusten mukaisia teräslaatuja. Tankojen pintaviat ja ruosteisuus tarkastetaan. Raudoitusteräokset on putsattava ylimääräisistä aineista kuten: jäästä, kovettuneesta betonista, rasvasta ja liasta, jotta teräksen tartunta ei heikkenisi. Raudoitteiden lukumäärä, tankojen jakovälit ja läpimittojen on täsmäyttävä piirustusten kanssa. [4, s.284.]

Sijainnin tarkastus

Teräkset sijaitsevat piirustusten mukaisessa paikassa ja ovat oikeassa korossa. Tankojen keskinäiset etäisyydet on otettu huomioon. Betonipeitteelle on jätetty tarvittava paksuus. Raudoituksessa on riittävän suuret taivutussäteet. Jatkos- ja ankkurointipituudet ovat riittävän pitkiä. [4, s.284.]

Tuennan ja sidonnan tarkastus

Raudoitteet tulee asentaa, niin että raudoitteet eivät liiku betonoinnin aiheuttamasta rasituksesta. Välikkeet ja asennustangot on asennettu riittävän tiuhaan. Asennustankojen tulee olla riittävän tukevia. Sidontojen tulee olla riittävän tiheästi ja lujasti asennettu. Sidonnasta johtuvat puutteet voivat aiheuttaa terästen liikkumisen valun aikana. Varmistetaan betonoinnille edellytykset, ettei valua vaikeuttavia raudoituksia esiinny. Betonin pitää täyttää muotti kauttaaltaan. Samalla tarkistetaan, että muottien tuenta kestää valun. [4, s.284.]

Tarkastuksessa havaittavat puutteet tulee korjata ennen kuin betonointi voidaan aloittaa. Ennen valua täytyy ottaa valokuvia betonoitaessa piiloon jäävistä putkista ja johdoista.

5 Välipohjatyövaiheen nopeuttaminen

5.1 Muottialueiden jakaminen lohkoihin

Työnsuunnittelussa keskeisimpiä apuvälineitä ovat aikataulut. Rakennusaikojen lyhentyessä on ajallisten tavoitteiden saavuttaminen käynyt haasteellisemmaksi. Hyvin tehdyllä työsuunnittelulla luodaan aikataulussa pysymisen edellytykset hankkeelle ja sen eri työvaiheille. Kaikkien osapuolten sitouttaminen hankkeeseen on edellytys, että työvaiheet pysyvät aikataulussa.

Tahdistavien työvaiheiden hallitseminen tulee ottaa huomioon aikataulusuunnittelua tehtäessä. Projektin osittelulla ja lohkojaolla voidaan hallita tahdistavia työvaiheita aikataulusuunnittelussa. Lohkojaolla voidaan hallita työvaiheeseen kuuluvia resursseja ja valvontaa paremmin. Työn edetessä tulleet häiriöt ovat myös helpommin suunniteltavissa ennen seuraavan lohkon alkua. Paikallavaluholvin jakamisella useampaan lohkoon voidaan nopeuttaa työskentelyä ja pitää työvaihe jatkuvana.

Kokonaisen holvin valaminen kerralla ei ole välttämättä paras ratkaisu. Liian suurissa alueissa voivat muut työvaiheet keskeytyä, jos joudutaan odottamaan edellisen työn valmistumista. Valualueiden optimoimisella päästään nopeaan ja kustannustehokkaan työskentelyyn. Jos valuajankohtiin voidaan vaikuttaa, kannattaa ne sijoittaa perjantaihin. Tällöin betoni ehtii saavuttamaan viikonloppuna muotipurkulujuuden ja muotit voidaan purkaa seuraavan viikon alussa. [15.]

Betonoitavan alueen jakaminen riippuu osaltaan myös alueen koosta ja määristä. Josain määrin on hyvä tehdä pienempiä lohkoja, jolloin saadaan pidettyä raudoitustyö jatkuvana. Ulkopuoliset raudoittajatkin saadaan pidettyä työmaalla, mutta tällöin työsaavutus pienenee, kun lohkot ovat pienempiä. [17.]

5.2 Talotekniikkaosien esivalmistus

LVIS-työt voidaan aloittaa vasta alapinnan raudoitusten jälkeen, mutta osien esivalmistus voidaan aloittaa aikaisemmin. Esivalmistamalla paikallavaluholvin putkilinjat saa-

daan LVIS-töiden asennusta nopeutettua. Esivalmistetut osat kootaan suunnitelmien mukaisesti. Valmiit osat nostetaan holville, josta ne asennetaan paikoilleen. Asennusvaiheessa talotekniikan osat kiinnitetään muottiin kiinni ja varmistetaan, että ne ovat oikeassa korossa. Tällä toimenpiteellä saadaan merkittävää hyötyä ja sen lisäksi rauhoitusvaihetta voidaan jatkaa nopeammin.

5.3 Betonin lujuudenkehitys

Betonin lujuuden kehityksen nopeuttamisella voidaan nopeuttaa muotinkiertoa, jolloin voidaan myös päästä aloittamaan muita työvaiheita nopeammin. Tässä luvussa käydään läpi, miten betonin lujuudenkehitystä pystytään seuraamaan ja millä eri keinoilla voidaan nopeuttaa betonin lujuudenkehitystä.

5.3.1 Lujuudenkehityksen seuraaminen

Jotta päästäisiin laadukkaaseen ja kustannustehokkaaseen betonirakentamiseen on betonin lujuudenkehitystä seurattava tarkasti. Betonilaadut, sääolosuhteet, lämmitys ja suojaus ovat asioita, jotka vaikuttavat lujuudenkehitykseen. Lujuudenkehityksen seuraamisella mahdollistetaan oikea-aikainen muotinpurkulujuuden saavuttaminen. Tällöin päästään suunniteltuun muotinkiertoon ja rungon työt etenevät aikataulussa. Erityisesti nämä seikat tulee ottaa huomioon talvirakentamisessa. [16.]

Ruduksella on olemassa Windows-pohjainen lujuudenseurantaohjelma nimeltään BetoPlus. BetoPlus-ohjelmaa voidaan käyttää työmaalla reaaliaikaisten tuloksien keräämiseen. Tietoja betonin kehittymisestä saadaan lämmön automaattisista tallentimista eli dataloggereista. Ohjelmalla saadaan tarkempi kuva betonin kehityksestä kuin summittaisella mittauksella. Dataloggerista saadut tiedot voidaan siirtää BetoPlus-ohjelmaan. Ohjelma laskee betonirakenteen lämmön- ja lujuudenkehityksen, lämpötilaerot rakenteessa, betonin kypsyysasteen ja mahdollisen lujuuskadon. Näin saadaan selville betonirakenteen sen hetkinen lujuudenkehitys. Tällöin saadaan varmistettua rakenteen riittävä muotinpurkulujuus tai käyttöönottolujuus. Ohjelmasta saadut tulokset ovat joko käyrä- tai taulukkomuodossa. [16.]

BetoPlus-ohjelmalla voidaan myös ennako suunnitella tulevaa betonirakenteen toteutusta. Ohjelma toimii vain Ruduksen betonisuhteutuksilla, joten BetoniPlus-palvelu laskee vain yhtiön asiakkaiden betonointikohteita. Ohjelma tarvitsee seuraavanlaisia lähtötietoja laskelmien pohjaksi:

- rakenteen suunnittelulujuus betonisuhteutuksen arvoja varten
- rakenteen mitat ja muoto
- ympäröivät rakenteet
- muottityyppi ja kierto
- eristeet ja suojaus
- arvio sääolosuhteista (lämpötila ja tuuli)
- mahdollinen lisälämmitys
- haluttu muotinpurkulujuus tai lämpötilarajoitukset. [16.]

Betonirakenteen lämpötilaa seurataan jo edellä mainitun dataloggerin avulla. Dataloggerista lähtee lämmönmittausantureita, jotka ovat esimerkiksi termoelementtilankaa. Lämpötilan mittaus kestää tyypillisesti 2-4 päivää. Mittaus tapahtuu rakenteen niin sanotuissa kriittisissä pisteissä. Näissä kohdissa voidaan lämpötilan olettaa olevan matalimmillaan. Kohdat, joihin kohdistuu suurin rasitus muotinpurkuhetkellä, ovat myös tarkastelun alla. Näitä kohtia ovat:

- sienien ja pilarien alaosat
- tukialueet, joihin muodostuu kylmäsiltoja
- laattarakenteen kentät
- yläpinnan tukialueet. [16.]

Dataloggerista lähtevät termoelementtilangat voidaan kiinnittää raudoitusteräkseen halutulle syvyydelle. Lankojen päät paljastetaan ja kiinnitetään toisiinsa. Paljaat päät ovat kosketuksessa betoniin, mutta raudoituksen ja muiden metallisten osien kosketusta on vältettävä. [16.]

Jokaisella valmisbetonivalmistajalla on olemassa betonin lujuuden kehityksen seuranta ohjelma, mutta BetoPlus lienee näistä kaikkein tunnetuin. Lujuudenkehityksen seuranta-ohjelma tuleeikin sementtitoimittajalta, sillä sementti määrittelee betonin lujuudenkehitystä.

5.3.2 Lujuudenkehityksen nopeuttaminen

Nopeuttamalla betonin lujuudenkehitystä saavutetaan muotinpurkulujuus nopeammin. Muotinpurkulujuudella tarkoitetaan lujutta, jolloin rakennetta kannattelevat muotit ja tukirakenteet voidaan purkaa. Tällöin betoni kestää siihen kohdistuvia rasituksia ilman vaurioita ja haitallisia muodonmuutoksia. Yleisohjeena pidetään sitä, että muotit voidaan purkaa, kun betoni on saavuttanut 60 % nimellislujuudestaan. Muotipurun jälkeen betonirakenteeseen on kuitenkin jätettävä jälkituenta. Jälkituenta estää betonin muodonmuutoksia, koska betoni ei kestä vielä sille suunniteltuja rasituksia. Jälkituenta voidaan poistaa vasta silloin, kun betoni on saavuttanut nimellislujuutensa. [11.]

Nopeammin saavutettu muotinpurkulujuus edesauttaa nopeampaa muottikiertoa. Työskentely on tällöin jouhevaa ja seuraavan holvin muottipintaa saadaan aloitettua aikataulun mukaisesti. Muottien purku nopeuttaa ja helpottaa myös työskentelyä, joka tapahtuu muottien alapuolella. [11.]

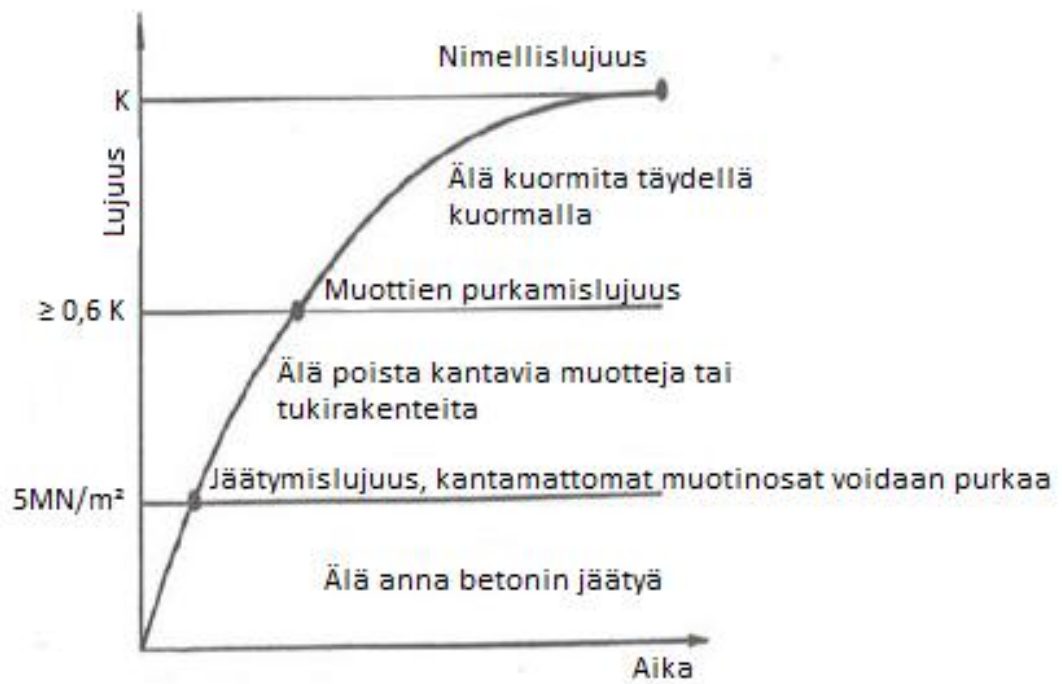
Lujuudenkehityksen nopeuttamiseen voidaan vaikuttaa seuraavasti:

Betonimassan valinta

Käyttämällä suunniteltua lujempaa betonia nopeutetaan lujuudenkehitystä ja saavutetaan muotinpurkulujuus nopeammin. Nopeasti kovettuvalla betonilaaduilla saavutetaan nimellislujuus nopeammin. Nopeasti kehittyvä betoni kehittää kovettuessaan runsaasti lämpöä, mikä nopeuttaa lujuudenkehitystä ja muotinpurkulujuutta myös talviolosuhteissa. [11.]

Lämmitys

Etenkin talvibetonoinnissa lämmittämällä voidaan nopeuttaa lujuudenkehitystä. Lämmittämällä valettua rakennetta esimerkiksi koneellisilla lämmittimillä saadaan optimaalinen lämpötila betonin lujuudenkehitykselle. Rakenteiden lämmittämällä estetään kylmäsiltojen muodostuminen. Valun eristäminen/suojaaminen erilaisilla sääsuojilla ja suojapeitteillä. [11.]



Kuva 7. Kuva esittää betonin lujuudenkehitystä. Kuvasta näkyy betoninlujuuden kehityksessä huomioitavia tapahtumia, sekä vaadittavia lujuuksia. [20.]

6 Tutkimuskohde

6.1 Omenatorni

Insinöörityössä ei päästy kokeilemaan tutkittavia työmenetelmiä, joilla nopeutettaisiin aikataulua. Sen sijaan insinöörityössä tutkittuja keinoja, kuten matoraudoitteen käyttöä, valualueiden jakaminen lohkoihin ja lujuusluokan nostattamista tutkittiin alkavassa kohteessa. Insinöörityössä tutkitut tiedot olisivat apuna kyseiseen kohteeseen. Paikallavaluholvin aikataulu pyrittiin saamaan nopeammaksi kuin mitä suunnitellussa aikataulussa oli.

Kohteen nimi on Asunto Oy Espoon Omenatorni, joka rakennetaan kiinni Isoon Omenaan. Kohde rakennetaan Piispansillan ja Suomenlahdentien risteykseen. Valmiina rakennuksena Omenatorni tulee olemaan 16-kerroksinen tornitalo, jossa on asuinhuoneistojen lisäksi liiketilaa. Asuinhuoneistoja on yhteensä 79 ja niiden kokoluokka on 32 - 114,5 m² välillä. Katolla on saunaosasto ja kattoterassi. Liiketila sijaitsee katutasolla ja sen alapuolella.



Kuva 8. Kuva Omenatornista.

6.2 Työmenetelmien aikataulullinen vertaileminen

Eri työtapojen ja materiaalien valinnoilla voidaan vaikuttaa paikallavaluholvin aikataululliseen keston. Perinteisellä raudoitustavalla sekä mattoraudoituksella voi olla päivien eroja. Tutkittavassa kohteessa vertaillaan eri menetelmien kestoja ja koetetaan löytää työmenetelmä, jolla saataisiin suoritettua paikallavalu nopeasti.

Insinööriyössä tarkastellaan Omenatornissa suunniteltua aikataulua paikallavaluholville. Tarkoituksena olisi saada aikataulua nopeammaksi aiemmin tutkituilla keinoilla. Samalla seurataan kustannuksien vaikutusta eri työmenetelmillä. Rakennusvaiheiden menekinä ja työryhminä käytettiin Ratu-kortiston työsaavutuksissa olevia tietoja (liitteet 4 ja 5).

Suunnitellussa aikataulussa välipohjien paikallavaluun on suunniteltu 32 viikkoa. Tässä ei ole kuitenkaan huomioitu kahden ensimmäisen kerroksen paikallavaluseinien rakentamista. Tämä pidentää aikataulua kahdella viikolla. Näin ollen paikallavalun aikatauluun olisi 34 viikkoa. Insinööriyössä on tavoite löytää kustannuksellisesti kannattavampi ja nopeampi ratkaisu. Insinööriyössä tehdyt aikataulut löytyvät liitteenä 6. Kohteen kaksi ensimmäistä asuinkerrosta toteutetaan kokonaan paikallavaluna. Loput kerrokset muodostuvat seinäelementeistä ja välipohjan paikallavaluna. Suunnitellussa aikataulussa ei ole otettu huomioon kahden ensimmäisen kerroksen seinien paikallavalua.

Jakamalla valua alueet kahteen lohkoksi voidaan nopeuttaa paikallavaluholvin työvaihetta. Insinööriyössä paikallavalu jaettiin A- ja B-lohkoon (liitteet 2 ja 3). Liite 2 on kolmannen kerroksen välipohja ja liite 3 kattaa loput kerrokset. Tarkoituksena on pitää työvaiheet jatkuvina, jolloin ylimääräinen odottelu olisi vähäistä. Jakamalla alueet lohkoihin ja käyttämällä perinteistä raudoitusmenetelmää saataisiin paikallavaluholvit tehtyä 6 viikkoa aiemmin, kuin se että jokaisen kerroksen työvaihe tehtäisiin valmiiksi ennen toisen työvaiheen aloittamista.

Paikallavaluaikataulujen tarkastelu suoritettiin Vico Control-tietokoneohjelmaa käyttäen. Jokaiselle työmenetelmälle laadittiin oma aikataulu, jota sitten vertailtiin keskenään. Raudoitusmenetelmän välillä tarkasteltiin perinteistä raudoitusta sekä mattoraudoitteen käyttöä. Paikallavaluholvi suoritettaisiin lohkoihin jakamalla. Kohteessa tarkastellaan mattoraudoitteen käyttöä alapohjaraudoitteena ja yläpohjaraudoitteena käytettäisiin

verkkoraudoitusta. Tämän lisäksi laatan reunoille asennettaisiin hakakorit. Koska tarkkaa menekkiä mattoraudoitteelle ei ole olemassa, niin menekkinä käytettiin Celsalta saatua ohjearvoa. Perinteiselle raudoitusmenetelmälle käytettiin Ratu-kortiston antamaa työsaavutusta. Menetelmää tarkasteltiin aikataulussa, joka löytyy liitteestä 5. Elementtiasennuksessa käytetään viiden työntekijän työryhmää. Muottityön suorittamiseen on suunniteltu viiden hengen työryhmää. LVI-osien esivalmistukseen ja asennukseen on suunniteltu kahden työntekijää. Betonoinnin suorittaa kolmen hengen työryhmä. Tarkastelun tuloksena lohkojaon sekä mattoraudoitteen käyttämisellä paikallavaluholvin teoreettinen suorittaminen tapahtuu 9,1 % nopeammin (10 työpäivän etu) suunniteltuun aikatauluun verrattuna.

Koska muottityö on suurikestoinen työvaihe paikallavalutyövaiheessa, on mahdollista nopeuttaa muottityötä käyttämällä kahta eri muottityöryhmää paikallavalurakentamisessa. Ideana olisi se, että muottityöt jatkuvat aamusta iltaan. Nopea toimenpide, mutta työsaavutukset ovat tällöin pienempiä, koska raudoituksessa ja betonoinnissa käytetään edelleen yhtä työryhmää.

Taulukko 1. Taulukossa on esitelty eri työmenetelmien välisestä kestosta. Oikealla oleva prosentuaalinen arvo kertoo kuinka paljon nopeammin kyseisellä toimenpiteellä päästään suunniteltuun aikatauluun. Vihreä arvo tarkoittaa, että suunniteltu aikataulu voidaan suorittaa nopeammin ja punainen päinvastoin.

	Kesto pv	Aikataulun ero	
Suunniteltu aikataulu	165		
Lohkojako			
- perinteinen raudoitus	184	11,5	%
- mattoraudoite	150	9,1	%
- 2 muottityöryhmää	113	31,5	%
Kerros kokon.			
- perinteinen raudoitus	211	27,9	%
- mattoraudoite	187	13,3	%
- 2 muottityöryhmää	173	4,8	%

Paikallavaluholvin jakaminen lohkoihin nopeuttaa rakennusvaiheen kestoa, koska tällöin työvaiheet ovat jatkuvia. Omenatornin välipohjat on jaettu kahteen osaan, jotka on esitetty liitteissä. Kummankin alueen pinta-ala on yli 200 m², joten työsaavutus on korkealla. Elementtiasennus on tarkoitus aloittaa ennen A-lohkon muottitöiden asennusta. Elementtityöhön on katsottu kestävän kolme työvuoroa per kerros. Ensimmäisen muottialueen valmistuttua raudoittajat pääsevät aloittamaan A-lohkon raudoittamista sekä muottiryhmä pääsee jatkamaan muottien asentamista B-lohkoon. Paikallavaluholvin lohkoihin jakamisella päästäisiin 10 työvuoron nopeampaan aikatauluun. Näin ollen paikallavalun teoreettinen aikataulu olisi 32 viikkoa.

Porrashuoneiden välipohjan korvaaminen massiivilaatoilla nopeuttaa välipohjan muottikiertoa. Ahdas ja pitkä porrashuone on aikaa vievää, mikäli sinne asennetaan vakio-palkki järjestelmämuotit. Muottien tukijalat ja terästuet hankaloittavat näin ollen porrashuoneessa kulkua. Toinen hyvä puoli on se, että mikäli väliseinäelementtejä asennettaessa betoni ei ole vielä tarpeeksi lujaa, voidaan tarvittavat vemo-valuankkurit asentaa massiivilaattaan, jolloin väliseinäelementtien asennus ei keskeydy. Valuankkureihin taas asennetaan elementtituet, jotka pitävät elementit paikallaan.

Aikataulussa ei ole otettu huomioon talven vaikutusta aikatauluun. Talvirakentaminen on hitaampaa verrattuna normaaliin rakentamiseen. Betonin lujuudenkehityksen nostaminen on yksi tapa, jolla voidaan pitää paikallavalurakentaminen aikataulussa. Talvella lämpötilaerot betonirakenteen ja ulkolämpötilan välillä ovat suuria.

7 Kustannuksien tutkiminen eri työvaiheissa

Paikallavaluholvin nopeuttamalla on myös seurauksia kustannuksien muodostumiseen. Insinööriyössä otettiin myös huomioon, kuinka paljon eri työmenetelmillä oli eroa kustannuksien kannalta. Kustannuksia tarkasteltiin edellisistä kohteista käytettyjä tarjouksia ja sopimuksia. Työn kustannuksina käytettiin NNC:n omissa urakkahinnoissa käytettyjä hintoja sekä aliurakoitsijoilta saatuja työtarjouksia. Kustannuksien vertaileminen perustui laskennallisiin arvoihin, jotenka arvot ovat enemmän suuntaa antavia.

Betonitarjouksista tarkasteltiin eri betonimassojen hintoja. Nostamalla suurempaan lujuusluokkaan saataisiin betonin kuivuminen nopeammaksi. Mikäli lujuusluokan nostamisella ei ole aikataulullista hyötyä, kuten esimerkiksi muottikierron nopeutuminen tai seuraavien työvaiheiden aloituksen aikaistaminen. Näin ollen lujuusluokan nostaminen ei ole kustannuksellisesti kannattavaa. Tutkitussa kohteessa arvioitu betonimäärä olisi noin. 1913,2 m³. Käytettäessä normaalin rakennebetonin lujuusluokkaa K40 K30 sijaan tulisivat betonikustannukset nousemaan 15,4 %. Aikataulullisesti saataisiin muotinpurku saavutettua päivän nopeammin, mikäli betonoitaessa käytettäisiin suurempaa lujuusluokkaa.

Raudoitustyössä käytettiin aliurakoitsijan urakkatarjousta, sillä NCC:llä on tapana tehdä raudoitustyöt aliurakoitsijan kautta. Mattoraudoitteen asennuksessa säästettäisiin yli 16 000 € perinteiseen raudoitustyöhön nähden.

Nopealla työskentelytavalla ei välttämättä säästetä materiaalikustannuksissa. Säästöä tulee sen sijaan siitä, että työstä voidaan selviytyä pienemmillä resursseilla ja nopeammalla työskentelyllä.

8 Excel-pohjainen laskuri

Insinööriyössä tehtiin Excel-pohjainen laskuri (liite 1), jonka tarkoituksena oli selvittää, kuinka kauan paikallavaluholvin eri työvaiheet kestää yhden kerroksen osalta. Sen lisäksi laskuri antaisi kustannuksellista tietoa kohteeseen muodostuvista kuluista.

Laskuriin syötetään kohteeseen tulevat määrät, menekit sekä työryhmän koko. Annetuilla tiedoilla laskurista pystyy selvittämään kuinka monta työvuoroa ja työntekijätuntia työvaihe kestäisi. Laskurissa on laskettu työvaiheen työsaavutuksia, mutta häiriötä tai yli tunnin mittaisia keskeytyksiä ei ole otettu huomioon. Menekkeinä on käytetty rakennustiedon Ratu-kortiston työsaavutuksia. Laskurissa on eritelty erikseen jokaiseen työvaiheeseen kuluva aika, sen lisäksi kokonaisaika on myös tiedossa.

Laskuri kertoo työstä muodostuvia kustannuksia. Kustannukset ovat eroteltu materiaali- sekä työkustannuksiin. Materiaalikustannukset muodostuvat materiaalin määrästä ja sen yksikköhinnasta. Työ kustannukset muodostuvat työlaajuudesta sekä työhön kuuluvasta yksikköhinnasta. Yksikköhintana käytettiin NCC:n omaa urakkahinnastoa sekä aliorakoitsijoilta saatuja työtarjouksia. Laskuri selvittää, kuinka paljon kerroksen teoreettiset kokonaiskustannukset olisivat.

9 Yhteenveto

Paikallavaluholvi on pitkäkestoinen työvaihe, joka kuuluu runkovaiheeseen. Erilaiset työmenetelmät ovat nopeuttaneet paikallavalun työskentelyä, sekä laskeneet kustannuksia. Kilpailu onteloiden kanssa tulee tulevaisuudessakin jatkumaan, mutta kehitysaskeleet, jotka paikallavaluholvissa ovat tapahtuneet, varmasti auttavat paikallavalun käytettävyyttä.

Nykypäivänä asuntorakentamiskohteen paikallavalu voidaan toteuttaa lähes onteloiden aikataulun mukaisesti. Kehittyneet menetelmät kuten bamtec-mattorautoite ja talotekniikan valmisosat nopeuttavat huomattavasti rakennusvaihetta. LVI-osien esivalmistuksella nopeutetaan välipohjan putkien asennusta ja näin ollen yläpohja raudoitteen asennus voidaan aloittaa aikaisemmin. Mattorautoitteen käyttö nopeuttaa raudoitusvaihetta verkko- ja irtoteräkseen nähden. Kaikki kohteet eivät kuitenkaan sovellu mattorautoitteelle. Kohteen tulee olla yksinkertainen ja toistuva, jotta mattorautoitteen edut tulevat hyödyksi. Mattorautoituksen nopea asentaminen, raudoitussuunnitelmien helpolukuisuus ja työergonomia ovat raudoituksen suuria etuja.

Betonin lujuudenkehityksen seuraaminen on tärkeä asia. Lujuusluokan nostamisella nopeutetaan lujuudenkehitystä. Lujuudenkehityksellä varmistetaan, että betoni on saavuttanut muotinpurkulujuutensa ja näin ollen muotit voidaan purkaa ilman rakenteelle aiheutuvia vaurioita. Lujuudenkehityksen seuraamisella voidaan myös päästä nopeampaan muotinpurkuun. Etenkin talvella tämä on toimiva tapa, jolloin lämpötilaerot ulkolämpötilan ja betonirakenteen välillä ovat isoja.

Paikallavaluholvissa on tärkeää pitää työvaiheet jatkuvina, sillä työvaiheen venyessä se venyttää koko rungon rakentamista. Eroja voidaan kuroa kiinni työvuoroja pidentämällä, mutta se nostaa kustannuksia eikä näin ollen ole kannattavaa. Lohkojaolla voidaan jakaa muottialueet useampiin lohkoihin, jolloin päästäisiin jatkuvaan työskentelyyn. Raudoittajat pääsisivät aloittamaan nopeammin raudoitustyöt. Lohkoja ei kannata kuitenkaan jakaa liian pieniin osiin, koska silloin työnsaavutus pienenee.

Työmenetelmien nopeuttamisella ei pelkästään saada aikataulua nopeammaksi, vaan nopeat työmenetelmät laskevat työkustannuksia. Jotkin työvaiheet voidaan suorittaa

pienemmällä resurssilla. Esimerkiksi IT-betonia käytettäessä voidaan selvittää yhtä työntekijää vähemmällä, sillä tiivistystyö jää kokonaan pois.

Paikallavaluholvin työvaiheen nopeuttaminen on monen asian summa. Materiaalien valinnoilla ja työmenetelmillä voidaan saavuttaa nopea muottikierto. Aina ei kuitenkaan ole järkevää satsata kalliisiin vaihtoehtoihin, mikäli lopputuloksella ei ole merkittäviä etuja kuten aikataulullista hyötyä. Kaikkien työvaiheiden sovittaminen yhteen vaatii jokaiselta työvaiheeseen osallistujalta yhteispeliä ja joustoa. Pitkittyvät työvaiheet eivät ainoastaan pitkitä kyseistä paikallavalukerrosta, vaan aikatauluviive korreloituu mitä pidemmälle kohde etenee.

Insinööriyössä tutkittujen menetelmien avulla saadaan paikallavaluholvin työmenetelmillä nipistettyä yksi päivä pois per kerros. Menetelmien toimivuus saadaan selville, kun niitä toteutetaan tutkittavassa kohteessa. Tällöin nähdään niiden todellinen vaikutus aikatauluun.

Eri työmenetelmillä hyödyntämällä päästään nopeampaan rakentamiseen. Matto-raudoitetta hyödyntäen säästetään keskimäärin 1 - 1,5 työvuo- roa per kerros, perinteiseen raudoitusmenetelmään nähden. Lujuudenkehityksessä päästään 0,5 – 1 työvuo- roa nopeammin purkamaan muotteja. Lujuudenkehitys riippuu myös ajankohdasta, sillä lämpimänä kesäpäivänä lujuuden kehitys on paljon nopeampaa kuin talvella.

Paikallavalurakentaminen on kehittynyt ajan mittaan nopeammaksi. Tulevaisuudessa seuraava edistysaskel voikin olla kuitubetonin käyttöä kantavissa välipohjassa. Kuitu- betonin käytössä päästään vähemmällä raudoittamisella, sillä välipohjaan asennetaan esimerkiksi laatan nurkkiin, reunoihin ja pilarikaistoille. Nämä raudoitukset toimivat katastrofikuormitustilanteita varten. Suomessa kuitubetonin käyttö perustuu lähinnä paa- lulaattoihin.

Lähteet

- 1 Kestävä Kivitalo-työryhmä. Kivitalo. Helsinki. Suomen betonitieto. 2006.
- 2 Ohjetiedosto. Ratu 0402. 2012. Viitattu 20.1.15.
- 3 Verkkodokumentti. <http://www.valmisbetoni.fi/paikallavalurakentaminen/yleista>. Viitattu 21.1.15.
- 4 Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004. By 201 Betonitekniiikan oppikirja. Lahti: ESA Print Oy.
- 5 Ohjetiedosto. Ratu KI-6020. 2010. Viitattu 26.1.15.
- 6 Ohjetiedosto Ratu 0403. 2012. Viitattu 26.1.15.
- 7 Pahkala. M, Syrjynen. J, Vuorinen. P. Paikallavalurungon toteutus. Viitattu 28.1.15. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010504.pdf>.
- 8 Ruduksen kotisivut. Verkkodokumentti. <http://www.rudus.fi/elpotek/tuotteet>. Viitattu 28.1.15.
- 9 Celsa Steel Servicen kotisivut. Verkkodokumentti. <http://celsasteelservice.fi/tuotteet/bamtec/>. Viitattu 28.1.15.
- 10 Ramirentin kotisivut. Verkkodokumentti. http://www.ramirent.fi/files/attachments/ramirent_fi/tuote-esitteet/turva_ja_muottitekniikka/rami_20_-holvimuot_jarj_.pdf. Viitattu 3.2.15.
- 11 Kivimäki. K, Koskenvesa. A, Lahtinen. M, Lindberg. R, Palolahti. Tuomas, Sahlstedt S. Talvibetonointi. Helsinki. Suomen Rakennusmedia Oy. 2013. <http://www.betoni.com/Download/24140/TALVIBETONOINTI-kirja%202013.pdf>
- 12 Sewatekin kotisivut. Verkkodokumentti. http://sewatek.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=47. Viitattu 16.2.15.
- 13 Virkki Ari. 2005. Insinööriyö. Paikallavaluholvin raudoitus- ja betonityön kehittäminen. Helsinki. Viitattu 10.2.15.
- 14 Nyqvist Kim. 2015. Kysymyksiä matoraudoitteesta. Eero.Jussila@ncc.fi 23.2.15. Viitattu 23.2.15.
- 15 Hokkanen Markku. 2015. Työpäällikkö. NCC. Haastattelu. 3.3.2015.
- 16 Ruduksen kotisivut. Verkkodokumentti. <http://www.rudus.fi/Download/21820/Betoplus.pdf>. Viitattu 6.3.15
- 17 Kääriäinen Mikko. Vastaava mestari. 2015. Kysymyksiä paikallavalusta. eero.jussila@ncc.fi 5.3.15.

- 18 Ruduksen kotisivut. Verkkodokumentti.
<http://www.rudus.fi/Download/24643/Itsetiivistyv%c3%a4%20betoni%20ITB.pdf>.
Viitattu 10.4.15.

Kuvat

- 19 Ruduksen kotisivut. Verkkodokumentti.
<http://www.rudus.fi/Download/24341/Aloituspala%20paikallavalurakenteisiin.pdf>
Viitattu 2.3.15.
- 20 Valmisbetonin kotisivut. Verkkodokumentti.
<http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/betoniteknologia/lujuuden-kehitys>. Viitattu
2.3.15
- 21 Verkkodokumentti. <http://www.archiexpo.com/prod/sofistik/computer-aided-engineering-software-2d-3d-94688-939798.html>. Viitattu 2.4.15
- 22 Verkkodokumentti. <http://i.ytimg.com/vi/QUERIOBramMI/mqdefault.jpg>. Viitattu
2.3.15

Liite 4. Ratu – työsaavutukset, paikallavalurunko

Ratu työsaavutukset

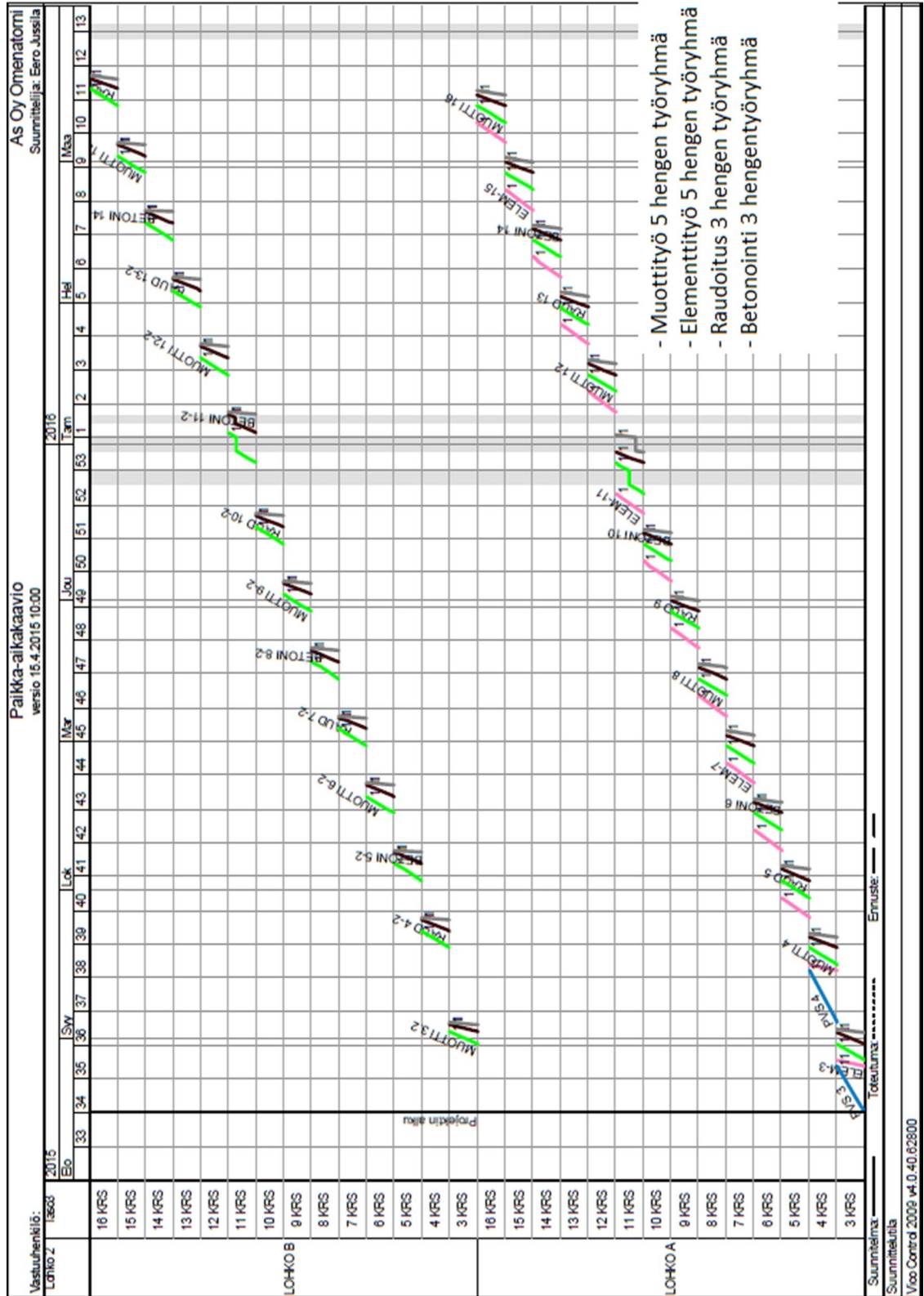
Paikallavalurunko			
	Työryhmä RAM + RM	Työmenekki tth/yks	Työsaavutus yks/tv
Seinät			
• muottityö	2 + 1	0,49	49 muotti-m ²
• raudoitus	2 + 1	9,05	3 tn
• betonointi	3 + 1	0,33	97 m ³
Laatat			
• muottityö	2 + 2	0,58	55 muotti-m ²
• raudoitus	2 + 1	9,75	2 tn
• betonointi	2 + 1	0,21	114 m ³
Pilarit			
• muottityö	2 + 1	1,17	21 muotti-m ²
• raudoitus	2 + 1	11,55	2 tn
• betonointi	3 + 1	0,44	73 m ³
Palkit			
• muottityö	2 + 1	0,56	43 muotti-m ²
• raudoitus	2 + 1	9,65	2 tn
• betonointi	3 + 1	0,25	128 m ³
Kuilut ja hormit			
• muottityö	2 + 1	0,49	49 muotti-m ²
• raudoitus	2 + 1	11,75	2 tn
• betonointi	3 + 1	0,33	97 m ³
Liukuvalu	3 + 1		3...4 nousu-m

Liite 5. Ratu – työsaavutukset, betonielementtirunko

Ratu työsaavutus

Betonielementtirunko			
	Työryhmä RAM + RM	Työmenekki tth/yks	Työsaavutus yks/tv
Betonielementtiasennus keskimäärin	2 + 2	1,78	18 kpl
Ulkoseinäelementti	2 + 2	2,12	15 kpl
Väliseinäelementti	2 + 2	2,27	14 kpl
Hissikuiluelementti	2 + 2	2,15	15 kpl
Ontelolaatta	2 + 1	0,72	33 kpl
TT-laattaelementti	2 + 1	1,53	16 kpl
Kuorilaattaelementti			
• asennus	2 + 1	0,54	44 kpl
• raudoitus ja betonointi	2 + 1	1,82	13 kpl
Hormielementti	2 + 2	1,50	21 kpl
Pilari	2 + 2	1,77	18 kpl
Palkki	2 + 2	1,38	23 kpl
Porraselementti	2 + 2	1,65	19 m ²
Porrastasolaatta	2 + 2	1,20	27 kpl
Parvekelaatta	2 + 2	1,85	17 kpl
Parvekepieli	2 + 2	2,25	14 kpl

Liite 6. Paikallavaluholvin aikataulu



- Muotittyo 5 hengen tyoryhma
- Elementtityo 5 hengen tyoryhma
- Raudoitus 3 hengen tyoryhma
- Betonointi 3 hengentyoryhma