



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tommi Finnilä

Paikallaväluseinän verkkokurssi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriytyö

17.4.2019

Tekijä Otsikko	Tommi Finnilä Paikallavaluseinän verkkokurssi
Sivumäärä Aika	36 sivua + 1 liitettä 17.4.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Jussi Kiiskilä, rakennuspäällikkö, Skanska Talonrakennus Oy Timo Riikonen, lehtori, Metropolia Ammattikorkeakoulu
<p>Rakennusalalla osaaminen on todella tärkeässä osassa hankkeen kulkua. Pienetkin virheet runkovaiheessa saattavat vaikuttaa kustannuksiin ja aikatauluun moninkertaisesti. Mahdollisten virheiden ja riskien ennaltaehkäisyllä voi olla suuri vaikutus projektin tavoite aikatauluun ja katteeseen. Kilpailu rakennusalalla on äärimmäisen kovaa, joten virheisiin ja huonoon julkisuus kuvaan ei ole yrityksillä varaa. Tämän takia Skanska panostaa henkilöstönsä koulutukseen. Koulutuksen avulla henkilöstöllä on käytössä aina uusin osaaminen rakennusalalta.</p> <p>Skanska on vuonna 1887 Ruotsissa perustettu rakennusalan yritys. Nykyään Skanska on yksi Pohjois-Euroopan suurimpia rakennusalan toimijoita. Skanska toimii Suomessa, Norjassa, Ruotsissa, Isossa-Britanniassa, Puolassa, Tšekissä, Slovakiassa, Unkarissa, Romaniassa ja Yhdysvalloissa. Skanska toimii rakennusalalla eettisesti ja avoimesti sekä ympäristöarvoja noudattaen.</p> <p>Tässä insinöörityössä perehdytään seinien paikallavalutekniikkaan ja seinien muottikalustoihin. Insinöörityön tavoitteena on laatia verkkokurssi, joka käsittelee paikallavalettavaa seinää.</p> <p>Insinöörityö toteutettiin Skanska Talonrakennus Oy:lle. Insinöörityö toteutettiin haastatteleamalla Skanskan vastaavia työnjohtajia. Ennen haastatteluja perehdyttiin alan kirjallisuuteen ja Skanskan jo toteuttamiin hankkeisiin, jossa on käytetty seinien paikallavalutekniikkaa. Näiden tietojen pohjalta toteutettiin haastateltavien kysymykset.</p>	
Avainsanat	paikallavalu, pystyrakenne, verkkokurssi

Author Title	Tommi Finnilä Online Cast-in-Situ Methods Course
Number of Pages Date	36 pages + 1 appendices 17 April 2018
Degree	Engineering
Degree Program	Construction engineering
Professional Major	Construction project management
Supervisor(s)	Jussi Kiiskilä, Construction Manager Timo Riikonen, Lecturer
<p>In the construction sector, expertise is a very important part of the project. Even small errors can affect the cost and schedule over the course of the project. Preventing errors and risks are challenging and can have a major impact on the projects target schedule and coverage. Competition in the construction sector is extremely high and intense. That is the reason why Skanska is investing in staff training. Thanks to the training, the staff is always trained and skilled in the latest expertise in the construction sector.</p> <p>Skanska was founded in Sweden in 1887. Today, Skanska is one of the largest construction companies in Northern Europe. Skanska operates in Finland, Norway, Sweden, the UK, Poland, Czech Republic, Slovakia, Hungary, Romania, and the United States. Skanska works ethically and transparently in the construction industry and respects the environment.</p> <p>Skanska Talonrakennus Oy commissioned and collaborated on this thesis. The aim of the research was to explore the cast-in-situ methods of walls. This thesis research was carried out examining the literature and research in this area prior to the interviews. The interviews targeted Skanska's supervisors. These supervisors were already familiar with the cast-in-situ method for walls, which had been used in past-completed projects. That information provided questions for those interviewed.</p>	
Keywords	cast-in-situ, online course

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Skanska Talonrakennus Oy	1
1.2	Taustat ja tavoitteet	2
1.3	Insinööriyön rajaus ja toteutustapa	2
2	Yleistä betonista	3
2.1	Historia	3
2.2	Betonin käyttö rakennusmateriaalina	4
3	Betonityöhön valmistavat vaiheet	5
3.1	Betonirakenteet	5
3.2	Betonityönjohtaja	5
3.3	Betonointisuunnitelmat ja -pöytäkirjat sekä valmistautuminen betonointiin	8
3.4	Laadunhallinta	9
4	Paikallavalettu seinä	11
4.1	Työturvallisuus	11
4.2	Rakennesuunnittelu	12
4.3	Paikallavalettu runko	12
4.4	Paikallavaletun rakenteen toteuttaminen	13
4.5	Paikallavaletun rakenteen betonointi	13
4.6	Talotekniikka	16
4.7	Rakenteen ominaisuudet	16
4.8	Purkaminen ja ympäristöystävällisyys	17
5	Pystyrakenteiden muottijärjestelmät	18
5.1	Suurmuotti	18
5.2	Järjestelmämuotti	20
5.3	Levy- ja lautamuottijärjestelmä	21
5.4	Muottijärjestelmän valinta	23
5.5	Muottikierron suunnittelu	26
6	Tutkimuksen toteutus	28

6.1	Tutkimushaastattelut	28
6.1	Haastattelujen tulokset	29
6.2	Verkkokurssi	32
7	Yhteenveto	33
8	Pohdinta	34
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Haastattelulomake	

1 Johdanto

Tämä insinööriö käsittelee paikallavalettua pystyrakennetta, pystyrakenteiden muottikalustoja ja työturvallisuutta. Tämän insinööriöön tavoitteena on laatia Skanska Talonrakennus Oy:lle verkkokurssi, joka käsittelee paikallavalettavaa seinää.

Insinööriö toteutetaan Skanska Talonrakennus Oy:lle. Teoriaosuus toteutetaan tutustumalla alan kirjallisuuteen, Skanska Talonrakennus Oy:n jo toteuttamiin hankkeisiin, jossa on käytetty paikallavalutekniikkaa sekä tutustumalla Skanskan Talonrakennus Oy:n työmaihin, missä toteutetaan paikallavalettavia pystyrakenteita. Insinööriöön tutkimusosuus toteutetaan haastatteleamalla Skanska Talonrakennus Oy:n vastaavia työjohtajia.

Lopputuloksena on verkkokurssimateriaali, josta toteutetaan verkkokurssi. Verkkokurssin tarkoituksena on auttaa työjohtajaa, joka ei ole toteuttanut paikallavalettavia pystyrakenteita ymmärtämään rakenteen erityispiirteet. Verkkokurssilla myös pyritään ehkäisemään työnaikana tulevia mahdollisia virheitä ja lisäämään työturvallisuutta paikallavalu prosessissa.

Näkökulma insinööriössä on työmaatoteutuksessa. Tutkimukseen kuuluu muottityö, muottikaluston valinta, muottikierron suunnittelu, valaminen, laadunhallinta sekä työturvallisuus.

1.1 Skanska Talonrakennus Oy

Skanskan perusti vuonna 1887 ruotsalainen kemisti Rudolf Fredrik Berg. Nimellä Skånska Cementjegeruteriet perustettu yritys keskittyi alkuvaiheessa betonituotteisiin. Toiminnan kasvaessa vuonna 1984 yritys otti käyttöönsä nimen Skanska. Nykyään Skanska toimii valituilla markkina-alueilla Euroopassa ja Yhdysvalloissa.

Suomessa Skanskan yhtiöitä ovat Skanska Talonrakennus Oy, Skanska Rakennuskone Oy, Skanska Infra Oy, Skanska Industrial Solutions Oy ja Skanska CDF Oy.

Skanska Talonrakennus Oy on yksi Suomen suurimmista asuntojen, toimisto- ja tuotantotilojen rakentajista. Sen liikevaihto oli vuonna 2017 noin 709 miljoonaa euroa ja tilikauden tulos 20,9 miljoonaa euroa. Skanska Talonrakennus Oy työllisti vuonna 2017 yhteensä 1569 henkilöä. [1.]

1.2 Taustat ja tavoitteet

Skanska Talonrakennus Oy:n Etelä-Suomen yksikkö toteuttaa vähän paikallavalettuja seinärakenteita. Usealla työnjohtajalla ei ole kokemusta paikallavaluseinän toteuttamisesta. Tämän takia Skanska Talonrakennus Oy haluaa insinööriyönä toteuttaa paikallavaletustaseinästä verkkokurssin.

Insinööriyön tavoitteena on tuottaa käyttökelpoinen sekä informoiva verkkokurssi paikallavaluseinän toteuttamisesta, jonka avulla työnjohtajilla on valmiudet toteuttaa sekä valvoa kyseisen rakenteen valmistusta. Samalla verkkokurssi vähentäisi suunnitteluun kuluva aikaa sekä ennaltaehkäisisi mahdollisia virheitä suunnittelussa.

1.3 Insinööriyön rajaus ja toteutustapa

Näkökulma insinööriyössä on työmaatoteutuksessa. Tutkimukseen kuuluu muottityö, muottikaluston valinta, muottikierron suunnittelu, valaminen, laadunhallinta sekä työturvallisuus.

Esitutkimus laaditaan keräämällä tietoa alan kirjallisuudesta sekä tutkimalla jo toteutettuja Skanska Talonrakennus Oy:n hankkeita, missä on käytetty paikallavalettua seinärakennetta. Tutkimustietoa hankitaan myös haastattelemalla Skanska Talonrakennus Oy:n vastaavia työnjohtajia, jotka ovat olleet toteuttamassa paikallavalettuja seinärakenteita.

2 Yleistä betonista

2.1 Historia

Betonia on käytetty jo kauan rakennusmateriaalina erilaisilla koostumuksilla. Yksi maailman tunnetuin varhainen betonista valmistettu rakennus on Rooman Pantheon (kuva 1). Pantheon rakentaminen aloitettiin vuonna 120 ja se valmistui vuonna 124. Kyseinen rakennus on myös tunnettu siitä, että sen kupoli on maailman suurin raudoittamaton kupoli. Roomalaiset käyttivät betonin sideaineena kalkkia ja tulivuorentuhkaa.

Keskiajalle tultaessa betonin valmistamisen taito unohdettiin ja seuraavan kerran betonia aloitettiin valmistamaan 1800-luvulla Portland-sementin keksimisen jälkeen. 1900-luvulle tultaessa betonin käyttö laajeni nopealla tahdilla. Vuosisadan vaiheessa Suomessaakin aloitettiin betonin käyttö rakennusmateriaalina. Ensimmäiset Suomessa toteutetut rakenteet olivat portaikoita ja vieläkin osa niistä on käytössä.

Betonin raudoittaminen alkoi 1800-luvun puolessavälissä. Näin saatiin toteutettua kestävämpiä rakenteita, jotka kestivät huomattavasti suurempia kuormia. Suomessa tunnettuja 1900-luvun betonisia rakennuksia ovat mm. eduskuntatalo, rautatieasema ja Stockmann. [2.]



Kuva 1. Rooman Pantheon. [2.]

2.2 Betonin käyttö rakennusmateriaalina

Betonia valmistetaan vuosittain noin 13 miljardia kuutiometriä, määrällisesti mitattuna betoni on maailman käytetyin rakennusmateriaali. Betonilla on lukematon määrä käyttökohteita. Betonista rakennetaan esimerkiksi siltoja, voimalaitoksia, asuinrakennuksia ja patoja sekä lukematon määrä muita pieniä ja suuria kohteita. Betonista voidaan valmistaa erilaisia harkkoja, kattotiiliä, putkia sekä pihalaattoja ja -kiviä. Betoni on ylivoimaisesti käytetyin rakennusmateriaali rakennusten perustuksissa. Suomessa käytetään betonia noin 5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Talonrakennuksessa 45 % runkorakenteista ja 15 % julkisivuista valmistetaan betonista. [3.]

Betonin lujuus sekä säilyvyys ulkoisia rasituksia vastaan ovat tärkeimpiä tekijöitä betonirakenteita suunniteltaessa. Betonin kestävyys ja säilyvyys ovat nykyään tärkeämmässä osassa betonin valinnassa, koska betonirakenteita käytetään nykyään todella vaativissakin olosuhteissa. Suomen olosuhteissa betonille on tärkeää, että se kestää pakkasta. Pienilläkin laiminlyönneillä betonin valmistuksessa, valamisessa, täryttämisessä tai jälkihoidossa, betoni voi menettää suunnitellut ominaisuudet.

Betonin ja betonissa käytettävän teräksen lämpölaajenemiskertoimet ovat todella lähellä toisiaan. Tämän takia teräsbetoniin ei synny lämpötilan muutoksesta aiheutuvaa jännitystä, joka voisi aiheuttaa rakenteessa halkeilua. [4.]

3 Betonityöhön valmistavat vaiheet

3.1 Betonirakenteet

Lähes kaikissa betonirakenteissa on betonin lisäksi myös teräsraudoitus. Teräsbetonirakenteessa teräkset ottavat vastaan rakenteeseen kohdistuvat vetorasitukset ja betoni taas puristusrasitukset. Teräsbetonirakenteet ovat siis todella kestäviä, kun teräksen ja betonin suhde on oikea. Kyseisillä rakenteilla on suuri ominaispaino. Suuren ominaispainon ansiosta teräsbetonilla on hyvät jäykkyys-, lujuus-, ääneneristävyy-, sekä palonkestävyysominaisuudet.

Teräsbetonilla on myös muita erinomaisia ominaisuuksia kuten;

- muotoiltavuus
- kotimaisuus
- kierrätettävyys
- joustavat valmistus- ja suunnitteluteknilliset ominaisuudet.

Talonrakentamisessa teräsbetonirakenteita käytetään paikallavalurakentamiseen ja elementtirakentamiseen. Työmailla voidaan toteuttaa monia erilaisia rakenteita kuten anturat, lattiat ja rakennuksen rungon. Teräsbetonielementeistä voidaan toteuttaa rakennuksen runko ja julkisivut. [4. s.191-192.]

3.2 Betonityönjohtaja

Työmaalla on oltava betonityönjohtaja, joka johtaa betonirakenteen toteutusta. Betonityönjohtajan tulee olla työpaikalla koko betonoinnin ajan. Betonointityönjohtajalla täytyy olla riittävä pätevyys valvoa toteutettavaa rakennetta.

Fise Oy myöntää pätevyudet betonityönjohtajille. Pätevyyttä voi hakea joko tutkinnolla tai työkokemuksella, mutta hakemuksessa voidaan ottaa huomioon myös molemmat tekijät. [4. s.209.]

Taulukko 1. Taulukossa esitetään pätevyysluokat työkokemuksen perusteella [6].

LUOKKA	TYÖKOKEMUS
Tavanomainen	<p>Riittävä kokemus rakennusalalla rakennuskohteen laatu ja tehtävän vaativuus huomioon ottaen.</p> <p>1 vuoden kokemus työnjohtotehtävistä sisältäen betonirakennekohteita.</p>
Vaativa	<p>Riittävä kokemus ja perehtyneisyys kyseisen alan työnjohtotehtävissä rakennuskohteen laatu ja tehtävän vaativuus huomioon ottaen.</p> <p>Vähintään 3 vuoden kokemus betonirakenteiden työnjohtotehtävistä, josta 1 vuosi vaativassa luokassa.</p> <p>Valmisbetonilaitoksessa kertyneestä työnjohtokokemuksesta otetaan huomioon enintään 1 vuosi. Betonirakenteita koskevasta tutkimus-, kehitys- ja opetustyöstä, rakentamisen valvomisesta tai rakennuttamisesta kertynyt työkokemus otetaan huomioon soveltuvin osin.</p>
Poikkeuksellisen vaativa	<p>Riittävä kokemus ja hyvä perehtyneisyys kyseisen alan vaativista työnjohtotehtävistä.</p> <p>Vähintään 5 vuoden kokemus vähintään vaativista betonirakenteiden työnjohtotehtävistä sisältäen kohteita, jotka ovat lähellä poikkeuksellisen vaativan luokan tasoa.</p> <p>Valmisbetonilaitoksessa kertyneestä työnjohtokokemuksesta otetaan huomioon enintään 1 vuosi. Betonirakenteita koskevassa tutkimus-, kehitys- ja opetustyöstä, rakentamisen valvomisesta tai rakennuttamisesta kertynyt työkokemus otetaan huomioon soveltuvin osin.</p>

Taulukko 2. Taulukossa esitetään pätevyysluokat tutkinnon perusteella [6].

LUOKKA	TUTKINTO	OPINNOT
Tavanomainen	Kyseiseen työnjohtotehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu ammattikorkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään teknikon tasoinen. Taikka on hankkinut muuten osoitetut vastaavat tiedot.	<p>Kyseistä työnjohtotehtävää käsittelevät opintosuoritukset, joiden yhteismäärä on vähintään 50 op:</p> <ul style="list-style-type: none"> • opinnot rakennustekniikassa sisältäen rakenteiden mekaniikkaa (väh. 4 op), betonirakentamista ja betoniteknologiaa (väh. 7 op), rakennusfysiikkaa (väh. 3 op) • rakentamisen työmaa- ja tuotantotekniikassa (väh. 8 op) • projektinhallinnassa ja -johtamisessa, aikataulusuunnittelussa sekä hanketaloudessa (väh. 8 op)
Vaativa	Kyseiseen työnjohtotehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään teknikon tutkinnon tasoinen.	<p>Kyseistä työnjohtotehtävää käsittelevät opintosuoritukset, joiden yhteismäärä on vähintään 60 op:</p> <ul style="list-style-type: none"> • opinnot rakennustekniikassa sisältäen rakenteiden mekaniikkaa (väh. 7 op), betonirakentamista ja betoniteknologiaa (väh. 10 op), rakennusfysiikkaa (väh. 3 op) • rakentamisen työmaa- ja tuotantotekniikassa (väh. 10 op) • projektinhallinnassa ja -johtamisessa, aikataulusuunnittelussa sekä hanketaloudessa (väh. 10 op)
Poikkeuksellisen vaativa	Kyseiseen työnjohtotehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään insinöörin tutkinnon tasoinen.	<p>Kyseistä työnjohtotehtävää käsittelevät opintosuoritukset, joiden yhteismäärä on vähintään 70 op:</p> <ul style="list-style-type: none"> • opinnot rakennustekniikassa sisältäen rakenteiden mekaniikkaa (väh. 10 op), betonirakentamista ja betoniteknologiaa (väh. 15 op), rakennusfysiikkaa (väh. 3 op) • rakentamisen työmaa- ja tuotantotekniikassa (väh. 12 op) • projektinhallinnassa ja -johtamisessa, aikataulusuunnittelussa sekä hanketaloudessa (väh. 12 op)

3.3 Betonointisuunnitelmat ja -pöytäkirjat sekä valmistautuminen betonointiin

Betoni antaa paikallavalettavalle rakenteelle lopullisen muotonsa. Betonirakenteiden korjaaminen on hankalaa ja kallista. Valuun on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta valu suoritetaan turvallisesti sekä ohjeiden ja suunnitelmien mukaisesti. Hyvällä suunnittelulla ja mahdollisiin ongelmiin valmistumisella saadaan parhaat lähtökohdat toteuttaa suunnitelmien mukainen rakenne.

Hyvissä ajoin ennen paikallavalettavan rakenteen betonointia on otettava selvää, minkälaista betonia kyseisessä rakenteessa pitää käyttää. Betoni on varattava noin viikko ennen valupäivää, jotta betonia on saatavilla valittuna valupäivänä. Valussa tarvittava kalusto hankitaan.

Paikallavalurakenteesta on tehtävä betonityösuunnitelma, josta selviää kohdetiedot, organisaatio, betonia ja laatua koskevat vaatimukset, valettava rakenne, työskentelytavat sekä mahdolliset erityispiirteet. Betonoitavasta kohteesta on myös tehtävä betonointipöytäkirja. Nämä kaksi asiakirjaa ovat tärkeässä osassa paikallavalettavan kohteen tuotannon suunnittelua, koska näitä käytetään tarkastuslistamaisesti betonityön valmisteluissa, betonoinnin aikana sekä betonoinnin jälkeen. Betonityö suunnitellaan ennen rakenteen betonointia ja betonipöytäkirjaa (kuva 2.) täytetään valun aikana sekä valun jälkeen. [4. s.210.]

Betonointipöytäkirja sisältää seuraavia asioita:

- kohteen tiedot
- käytössä olevan muotitustapa
- rauditus
- betonin tiedot
- betonointiajankohta
- mahdollisten koekappaleiden ottaminen
- jälkihoito.

Uusi betonointipöytäkirja

Betonoitava osa	<input type="text"/>	Kuvaus	<input type="text"/>
Yritys	<input type="text"/>	Päivämäärä	<input type="text"/>
Työmaan nimi	As Oy Vantaan Silkinranta	Työmaan numero	5136.9537
Työmaan osoite	<input type="text"/>	Betonitoimittaja	<input type="text"/>
		<input type="radio"/> Määritä oma arvo:	<input type="text"/>
Betonointityönjohtaja	<input type="text"/>	Puhelinnumero	<input type="text"/>
Kuormakirjojen numerot	<input type="text"/>		

Betonoitava rakenne

Kovettunut betoni		Betonimassa	
Lujuusluokka	<input type="text"/>	Notkeus	<input type="text"/>
Rasitusluokka	<input type="text"/>	Suurin raekoko	<input type="text"/>
		<input type="radio"/> Määritä oma arvo:	<input type="text"/>
Pakkaskestävyys	Ei	Sementti	<input type="text"/>
		<input type="radio"/> Määritä oma arvo:	<input type="text"/>
Vedenpitävyys	Ei	Lisäaineet ja annostus	<input type="text"/>
Muut tiedot	<input type="text"/>	Muut tiedot	<input type="text"/>
Betonityöt			
	Suunnitelma	Pöytäkirja	
Betonoitava osa	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
1 lk. betonointi	Ei	Ei	

Kuva 2. Skanskan betonointipöytäkirja [7].

3.4 Laadunhallinta

Betonirakenteiden kelpoisuus ja suunnitelmienmukaisuus varmistetaan tarkastuksilla ja työn valvonnalla. Tarkastuksilla todennetaan, että käytettävien materiaalien ja tuotteiden ominaisuudet täyttävät niille asetetut vaatimukset sekä työn toteutus vastaa suunnitelmia.

Toteutusasiakirjoissa esitetyillä toteutusluokilla määritellään työmaalla suoritettavan laadunvalvonnan laajuus ja vaatimukset. Toteutusluokassa 2 ja 3 vaaditaan laatusuunnitelmaa, jonka pitää olla saatavilla työmaalla. Betonirakenteiden valmistuksen valvonnassa todetaan, että betoni täyttää suunnitelmissa vaaditut ominaisuudet. Valvontaan myös kuuluu betonirakenteiden tarkastus. Betonirakenteiden valvonta kohdistuu muotityöhön, tukirakenteisiin, raudoitukseen, jälkijännitystöihin, suunnitelmanmukaisuuteen, betonointiin, tiivistämiseen, pinnan viimeistelyyn sekä jälkihoitoon. Toteutusluokassa 2 suoritetaan silmämääräisiä tarkastuksia ja toteutusluokassa 3 tehdään yksityiskohtainen tarkastus kaikille kantavuudeltaan ja säilyvyydeltään merkittävälle rakennusosille.

Tarkistustoiminta perustuu toteuttajan omavalvontaan ja toteutusluokassa 2 ja 3 määriteltyihin ulkopuolisen henkilön tekemiin tarkastuksiin. Tarkastukset dokumentoidaan, jotta on mahdollista selvittää jälkeenpäin työsuorituksen tapahtumat. Laadunvalvonta-asiakirjat pitää säilyttää vähintään kahden vuoden ajan rakennuksen käyttöönotosta. [6. s.95-96]

Valmistaessa betonirakenteita, jotka kuuluvat toteutusluokkaan 2 ja 3, on tehtävä seuraavat muistiinpanot betonointipöytäkirjaan sekä ottaa talteen seuraavat asiakirjat:

- betonointityönjohtajat
- valmisbetonin toimittajan kuormakirjat
- rakennuspaikalla tehtävien kelpoisuuskoekappaleiden tunnuksot
- valmisbetonin suunnitelmienmukaisuus
- betonointimäärät betonointijaksoittain
- tapa, jolla betonointi suoritetaan
- Olosuhteet, jossa betonointi suoritetaan sekä olosuhteiden vaatimat toimenpiteet
- betonoinnin aloittamisen ja päättymisen ajankohta
- työssä mahdollisesti ilmenneet ongelmat
- muottien ja tukirakenteiden purkamisajankohta sekä niiden purkulujuuden määrittäminen
- betonin lämpötilan seuranta ja betonin jälkihoito
- muottityön ja raudoituksen valvonta sekä tarkastukset
- vastaanottoasiakirjat. [6. s.95-96]

4 Paikallavalettu seinä

4.1 Työturvallisuus

Pystyrakenteita toteuttaessa työturvallisuuteen pitää kiinnittää erityistä huomiota, koska toteutuksen aikana työskennellään korkealla, siirretään painavia tavaroita sekä olosuhteet voivat olla kehnot lumen ja jään takia.

Valutason ollessa yli kahdessa metrissä pitää putoaminen estää 0,6 metriä leveällä kaiteellisella valutasolla. Valutaso sijoitetaan mieluiten molemmille puolille muottia, jotta rakenne voidaan valaa turvallisesti. Myös molemmissa päissä muottia on oltava kaiteet putoamisriskin takia. Jotta valutasolle pystyy kiipeämään turvallisesti, on järjestettävä kiinteä nousutie valutasolle. Jos nousu valutasolle järjestetään aukon kautta, täytyy aukko suojattava saranoidulla kannella.

Muottikalustoa siirrettäessä on varmistettava, että muotin lujuus kestää noston aiheuttamatta vaaraa. Muottikalusto on tuettava asennuksen, kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Muottikalusto on varastoitava tasaiselle ja kantavalle alustalle.

Nostettaessa suuria muottiyksiköitä, on otettava huomioon tuuli. Tuuli saattaa lähteä pyörittämään muottia. Apuna nostoissa voidaan käyttää asennusköyttä, jolla pystyy estämään tuulen aiheuttaman pyörimisliikkeen. Jos muotti painaa yli 1000 kg, on muotin paino merkittävä muottiin.

Muottipintaa öljytessä on käytettävä öljynkestäviä käsineitä, suojalaseja sekä suojavaatteita. [10.]

Työturvallisuus lyhyesti:

- Kaiteet yli kaksi metriä korkeissa muoteissa
- Valutaso mahdollisimman suora
- Kiinteän nousutason asentaminen valutasolle

- Muotin lujuuden ja tuennan varmistaminen
- Yli 1000 kg painaviin muotteihin on merkittävä muotin paino
- Muottikaluston on varastoitava suoralle ja kantavalle alustalle
- Tuulen huomioon ottaminen nostoissa
- Muotin oikea oppinen purkaminen
- Käsin tehtävissä siirroissa oikean nostoasennon käyttäminen
- Suojavarusteet muottia öljytessä
- Lumen ja jään huomioon ottaminen muottityössä
- Kulkuteiden kunnossapito. [10.]

4.2 Rakennesuunnittelu

Paikallavalurakentamisen suurimmat edut ovat muotoiltavuus, muunneltavuus, rakenteellinen jatkuvuus sekä suunnittelun vapaus. Suunnittelun vapaus ei koske pelkästään arkkitehtuurista ilmettä vaan koko rakennusta kokonaisuudessaan. Paikallavalurakentamisella voidaan toteuttaa avoimia tiloja, korkeita huoneita sekä visuaalisesti kauniita muotoja. Betonin plastisuus saadaan parhaiten hyödynnettyä paikallavalurakentamisella. Paikallavaletut julkisivut ovat vesitiiviitä ja saumattomia, nämä seikat tekevät kyseisestä rakenteesta teknisesti erittäin toimivan. [12.]

4.3 Paikallavalettu runko

Paikallavalurakenteella on erinomaiset säänkestävyys- ja vesitiiveysominaisuudet. Paikallavaletulla ja jännitetyllä laadalla voidaan toteuttaa pitkiä jännevälejä ilman tilaa vieviä pilareita. Kyseistä rakennetta käytetään mm. pysäköintilaitoksissa. Mitä vaativampi

tai arkkitehtuurisempi rakennuskohde on, sitä todennäköisemmin käytetään paikallavalurakennetta.



Kuva 3. As. Oy Espoon Franklin [7].

4.4 Paikallavaletun rakenteen toteuttaminen

Paikallavalurakentamisessa tärkeitä on hyvä suunnittelu, että rakentaminen saadaan toteutettua kustannustehokkaasti, turvallisesti ja aikataulussa. Nykyaikainen muottitekniikka, valmiiksi toteutetut raudoitteet sekä nykypäivän kehittyneet betonituotteet, mahdollistavat paikallavalutekniikan kilpailukykyisen rakentamisen. Tehokas muottikierto, hyvät suunnitelmat ja kokenut runkoryhmä mahdollistavat rungon kustannustehokkaan rakentamisen. [12.]

4.5 Paikallavaletun rakenteen betonointi

Betonimassanvalinta

Betonimassa valitaan siten, että se täyttää rakennesuunnittelijan määrittelemät rasitus-, rakenne-, ja lujuusluokat. Betonin valinnan yhteydessä on valittava myös betonin notkeus sekä maksimiraekoko.

Betonin notkeuden valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat raudoituksen tiheys sekä tiivistys- ja betonointimenetelmät. Näiden vaikuttavien tekijöiden perusteella valitaan betonin

notkeus. Maksimiraekokoa valittaessa pyritään valitsemaan mahdollisimman suuri raekoko, jotta vältetään halkeilu rakenteessa. Valun ensimmäinen kuorma voidaan ottaa hienommalla raekoolla betonipumpun tukkeutumisen välttämiseksi sekä paremman betonin kiinnitys pinnan aikaansaamiseksi.

Seinävalussa suositellaan valu aloitettavaksi 8 mm raekokoa käyttäen. Hienommalla raekoolla valetaan noin 200 mm kerros ja sen jälkeen siirrytään suunniteltuun maksimiraekokoon. [8. s.13-14.]

RUNKOAIINEEN MAKSIMIRAEEKOKO- TAULUKKO		Runkoaineen suurin raekoko mm						
		4	8	12	16	20	25	32
Rakennusosa	Perustusanturat							X
	Perusmuurit							X
	Seinät							X 1)
	Pilarit							X 1)
	Palkit							X
	Ala-, väli- ja yläpohjaholvit							X
	Liitto- ja kuorilaatat							X
	Rakenteen tiheästi raudoitettut alueet				X	(x)		
	Maanvaraiset laatat (paksuus > 120 mm)							X
	Maanvaraiset laatat (paksuus 80...120 mm)				(x)	X	X	
	Kelluvat betonilattiat			(x)	X	(x)		
	Pintabetonivalut (paksuus 60...80 mm)			(x)	X	(x)		
	Pintabetonivalut (paksuus 50...60 mm)			X	(x)			
	Pintabetonivalut (paksuus 45...50 mm)		(x)	X				
	Pintabetonivalut (paksuus < 45 mm)		X					
Elementtien saumaukset	X							

Kuva 4. Runkoaineen maksimiraekokotaulukko [8. s.15]

Pystyrakenteen valaminen

Muottipinta on öljyttävä ennen valun aloittamista ja lautamuotit on pidettävä kosteina. Betonin pudotuskorkeus on pidettävä kurissa valun aikana. Betonimassan pudotuskorkeuden pitää pysyä alle 1,5 m. Jos massaa ei pysty valamaan yläkautta alle sallitun pudotuskorkeuden, on muotin alapintaan tehtävä valuluukku. Näin saadaan pidettyä pudotuskorkeus sallituissa rajoissa. Jotta vesi ja kiviaines eivät erottuisi betonimassasta, betoni tulisi pudottaa suoraan alapäin. Betonimassa ei saa valua muottia pitkin muotinpohjalle. Korkeissa pystyrakenteissa valukerroksen korkeus saa olla maksimissaan

40 cm. Näin varmistetaan, että betoni saadaan tiivistettyä kunnolla ja muottiin ei synny yhdellä kertaa liian suurta painetta.

Betonimassan tiivistämisessä käytetään sauvatärytintä. Betonia tiivistettäessä sauvatäryttimen annetaan painua pystysuorassa asennossa valukerroksen läpi edelliseen valukerrokseen noin 10 - 15 cm syvyydelle. Näin saadaan yhdistettyä ja tiivistettyä valukerrokset. Tiivistys tehdään 0,5 m pistovälein koko betonoidun alueen matkalta.

Sauvatäryttimellä tiivistettäessä on varottava raudoituksen täryttämistä. Täryttäminen voi siirtää raudoitusta tai tärytin voi jäädä jumiin raudoitukseen. Valun jälkeen betoni-pinta hierretään. Hierron lisäksi rakenne suojataan sekä betonille suoritetaan mahdolliset jälkihoitotoimenpiteet. [9.]

Purku ja irrotus

Rakennesuunnittelija määrittelee muottien purkulujuuden. Betonointityönjohtaja tai vastaava työnjohtaja seuraa betonin lämpötiloja sekä lujoudenkasvua ja toteaa muottien purkulujuuden, kun purkulujuus on todettu riittäväksi, voidaan muottien purkaminen aloittaa. Muottijärjestelmää ei saa purkaa ilman kyseisten henkilöiden lupaa. Valupinnassa olevat mahdolliset virheet kirjataan ja mahdollisuuksien mukaan korjataan muotin purun yhteydessä.

Muotin purkaminen aloitetaan irrottamalla alapuolen muottisiteet valupäivän jälkeisenä päivänä. Yläreunan muottisiteiden irrottamisen jälkeen suurmuotti kiilataan irti rakenteesta rautakangen avulla. Muottia poistaessa on varottava betonirakenteen kulmia ja pintaa, etteivät ne vahingoitu. Tämän jälkeen poistetaan varaukset ja stopparit. [10,11.]

Muotteja purettaessa on otettava huomioon myös:

- purkuhetken kuormat
- mahdollisen jälkituennan asentaminen
- purkujärjestyksen suunnitteleminen. [10, 11.]

Muottijärjestelmän huolto ja varastointi

Puhdistaminen ja öljyäminen ovat todella tärkeässä osassa muottijärjestelmän huoltoa, jotta muottipinta pysyy hyvänä ja betonipinta laadukkaana.

Ensiksi muottipinta puhdistetaan harjalla ja vedellä vahingoittamatta muottipintaa. Tämän jälkeen poistetaan naulat, jos varausten ja kalusteiden kiinnittämiseen on käytetty nauvoja, on paikattava naulanreiät ja pintaviilut elastisella kitillä. Tämän jälkeen suoritetaan muotipinnan öljyäminen muottiöljyllä. Muottiöljy levitetään ruiskulla tai harjalla taiseksi pinnaksi.

Viimeisenä muotit siirretään seuraavalle asennuspaikalle tai varastoidaan käytön jälkeen asennusjärjestykseen kantavalle ja suoralle alustalle sekä tuetaan ja kiinnitetään tuulisiteet ja -ketjut. [10.]

4.6 Talotekniikka

Yksi paikallavalettavan rakenteen hyvistä puolista on, että talotekniikan sijoittelu on helppoa. Viemäri-, lämpö- ja käyttövesiputkistot voidaan sijoittaa vapaasti kulkemaan holvirakenteeseen. Mahdolliset viemäri-, lämpö- sekä käyttövesiputkien muutokset on helppo toteuttaa ennen valua, rikkomatta valmiita rakenteita. Myös ääneneristävyys on erinomainen, koska laatta on massiivinen ja paikallavalu tekniikalla ei tarvitse toteuttaa rakenteita lävistäviä huoneistojen välisiä putkivetoja. [12.]

4.7 Rakenteen ominaisuudet

Saumattomuuden ja massiivisuuden ansiosta paikallavalurakenteella on hyvät ääneneristävyys ominaisuudet. Palonkesto- ja paloneristävyysominaisuudet täyttävät vaaditut raja-arvot ilman suurempia lisätöitä. Lisäksi paikallavaletut rakennukset ovat käyttömukavia sekä pitkäikäisiä ja niiden korjaus- ja ylläpitokustannukset ovat vähäiset.

Lisäksi massiivisena rakenteena paikallavalurakenne on energiatehokas ja lämpöä varaava. Rakenne varaa viileyttä tai lämpöä ulkolämpötilasta riippuen ja vapauttaa sitä

hitaasti huoneistoon. Massiivinen betonirakenne kuluttaa vastaavaan kevytrakenteeseen rakennukseen verrattuna 5 - 15 % vähemmän lämmitysenergiaa. [12.]

4.8 Purkaminen ja ympäristöystävällisyys

Betoni on luonnon raaka-aineista valmistettava tuote. Betonin sisältävät pääraaka-aineet ovat kiviaines, sementti ja vesi. Nämä kaikki raaka-aineet saadaan maaperästä. Betonissa käytettävä kiviaines saadaan pääasiassa murskatusta kalliosta ja myös jonkin verran käytetään myös puretuista betonirakenteista saatua betonimurskaa.

Sementti valmistetaan kalkkikivestä, jota on saatavilla lähes kaikkialla maapallolla. Kalkkikivi on maapallon yksi eniten esiintyvistä kivilajeista. Sementti on betonin suurin ympäristökuorma. Sementin valmistukseen ja kuljetukseen käytetään energiaa noin 4500-5000 MJ/sementtitonni sekä lisäksi tämä prosessi aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä noin 600-700 kg/sementtitonni.

Osa hiilidioksidipäästöistä palautuu takaisin, kun betoni reagoi ilmassa olevan hiilidioksidin kanssa. Tämä reaktio tapahtuu erityisesti kierrätysvaiheen aikana sekä betonirakenteen käytön aikana. Tämä kompensoi pitkällä aikavälillä sementin valmistuksessa syntyneitä päästöjä ja kyseisistä hiilidioksidipäästöistä saadaan sitoutettua noin puolet.

Betoni on ympäristöystävällinen tuote, se ei sisällä ympäristölle tai terveydelle haitallisia aineita. Betoni päästöt sisäilmaan ovat erittäin vähäiset, joten betoni on saanut pintamateriaalien parhaimman päästöluokituksen M1.

Paikallavalettu betonirakenne puretaan lähes aina rikkomalla. Murskattua betonia käytetään uuden betonin valmistuksessa sekä maanrakennus projekteissa.

Suurin osa murskatusta betonista meneekin maanrakentamiseen, jossa sitä käytetään katujen, teiden sekä pysäköinti- ja piha-alueiden sitomattomissa kerroksissa. Betonimursketta voidaan käyttää myös täyttömaana. Kierrätettyä betonimursketta käytetään Suomessa noin miljoonan tonnin edestä. Betonimurske on CE-merkitty rakennustuote. [13.]

5 Pystyrakenteiden muottijärjestelmät

5.1 Suurmuotti

Suurmuotti on kahdesta muottipuoliskosta muodostuva seinän korkuinen muotti, joka mahdollistaa yksinkertaisen ja pitkän seinän nopean sekä kustannustehokkaan paikallavalamisen. Suurmuotti soveltuu erinomaisesti kohteisiin, joissa on runkotyyppinä kantavat seinät ja laatta sekä paljon toistavuutta ja kerroskorkeus kolme metriä.

Suurmuottia saa monena eri kokona esimerkiksi pituus vaihtoehtoja on välillä 2400-12300 mm. Korkeus vaihtoehtoja on välillä 2650-3500 mm. Suurmuotti painaa noin 70-100 kg/m² sekä se kestää valupainetta 70 kN/m² edestä. [10.]

TEKNISET OMINAISUUDET		
Ominaisuus		Suurmuotti
Paino	kg/m ²	70...100
Pituus	mm	2400..12300
Korkeus	mm	2650...3500
Holviosan leveys	mm	
Valupaine enintään	kN/m ²	70
Lämmitys		suora sähkö/ infrapuna
Siirto		kone
Muottipinta		vaneri/teräs
Käyttökerrat runkorakenne	kpl	1000
pintarakenne	kpl	180/vaneri

Kuva 5. Kuvassa on esitetty suurmuotin tekniset ominaisuudet [10].

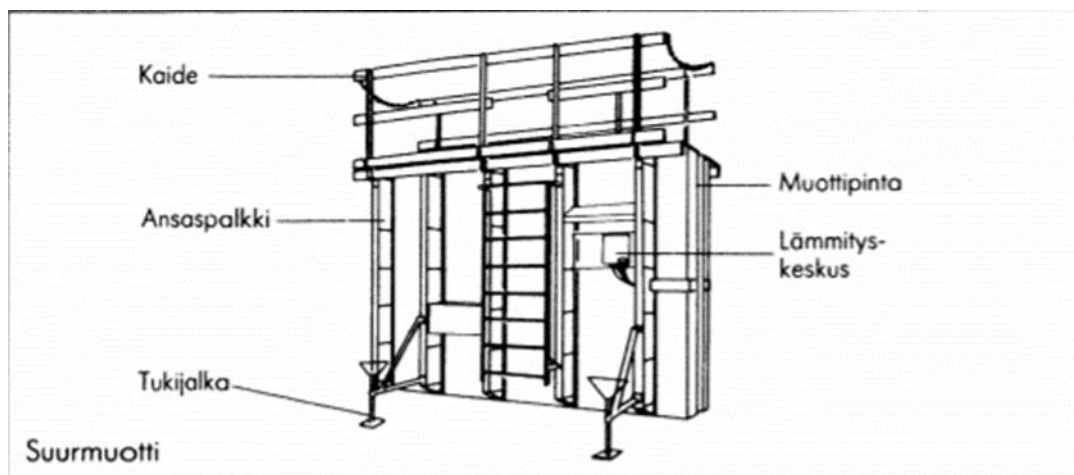
Suurmuotin valupinta eli muottipinta on pääsääntöisesti joko vaneria tai terästä. Valupinta tuetaan vaakakoolauksella, jonka materiaali on puuta tai metallia. Vaakakoolaus on kiinnitetty tai kiinnitetään muottipalkkeihin eli teräksisiin ansaisiin. Muottipuolisko tuetaan vähintään kahdella tukijalalla, joilla muotti säädetään oikeaan asentoon sekä

tuetaan pystyyn. Muottisiteillä kiinnitetään muotin molemmat puoliskot toisiinsa kiinni muotin ala- ja yläosasta.

Suurmuotti on usein eristetty sekä varustettu sähkölämmitysjärjestelmällä, jotta sen käyttö olisi kustannustehokasta myös talvi olosuhteissa. Kokonaan teräksissä muoteissa voidaan käyttää säteilylämmitystä. Suurmuottien pysty- ja vaakasiirrot tapahtuvat aina nosturilla, niiden raskaan painon takia.

Suurmuotti koostuu seuraavista osista:

- pysty- ja vaakakoolaus
- muottipinta
- kaiteet ja työtasot
- tukijalat ja muottisiteet
- uusimmissa suurmuottijärjestelmissä lämmitysjärjestelmä. [10.]



Kuva 6. Suurmuotti [10].

5.2 Järjestelmämuotti

Järjestelmämuotteja voidaan käyttää niin vaikeissa ja monimutkaisissa rakenteissa kuin yksinkertaisissa ja suorissa seinissä. Järjestelmämuotin vahvuus on sen muunneltavuus ja nopea kokoaminen. Kyseinen muottijärjestelmä on vakiokokoinen, mutta helposti muunneltavissa. Järjestelmämuotilla voidaan toteuttaa työmaan lähes kaikki pystyrakenteet mm. seinät, väestönsuojat, pilarit, porrashuoneet sekä hissikuilut. Kyseisellä muottijärjestelmällä voidaan myös toteuttaa kaarevia pintoja, kun järjestelmämuotista tekee murtoviivamuotin.

Järjestelmämuotti painaa noin 70-100 kg/m². Järjestelmän paloja saa monen mittaisina. Palojen pituudet ovat välillä 700-2700 mm sekä korkeudet ovat välillä 300-2700 mm. Järjestelmämuotti kestää valupainetta 60-80 kN/m² edestä.

Järjestelmämuotit kootaan työmaalla määrämittaisista kaseteista. Järjestelmämuottikonaisuus sisältää seinämuotteja, joilla toteutetaan suoraa seinää sekä ulkokulma- ja sisäkulmamuohteja, joilla saadaan toteutettua kulmien muotitus.

Järjestelmämuotin runkomateriaalina käytetään terästä, puuta tai alumiinia. Muottipinta on terästä tai vaneria. Useimmissa järjestelmämuoteissa on valmiina pysty- ja vinosiiteet. Muottikonaisuuteen kuuluu jo edellä mainittujen osien lisäksi tukiraudat, liitoskappaleet ja kiinnikkeet. [10.]

Taulukko 3. Taulukossa on esitetty järjestelmämuotin tekniset ominaisuudet [10].

Ominaisuus	yksikkö	Järjestelmämuotti
Paino	kg/m ²	25...100
Pituus	mm	700...2700
Korkeus	mm	300...2700
Valupaine	kN/m ²	60...80
Lämmitys		infrapuna
Siirto		kone/käsin
Muottipinta		vaneri
Käyttökerrat		
Runkorakenteessa	kpl	250...500
Pintarakenteessa	kpl	75...180

Järjestelmämuotti koostuu seuraavista osista:

- muottipinnasta
- ulkokulma- ja sisäkulmamuoteista sekä seinämuoteista
- pysty- ja vinositeistä
- tukiraidoista, liitoskappaleista ja kiinnikkeistä. [10.]

5.3 Levy- ja lautamuottijärjestelmä

Levy- ja lautamuottijärjestelmällä tarkoitetaan puutavarasta valmistettua muottia. Muotti rakennetaan pääasiassa vanerista, laudasta sekä koolingista. Muottirungon sitomiseen ja koossa pysymiseen käytetään nauloja, muotin läpi meneviä harjateräksiä ja muottilukkoja sekä vannenauhalla. Muottijärjestelmä painaa noin 20 kg/m² ja se kestää valupainetta noin 15-80 kN/m² edestä, riippuen miten muotti on toteutettu.

Levy- ja lautamuottijärjestelmä kootaan työmaalla muottirakenteeksi suoraan valetta-vaan kohtaan. Kyseinen muottijärjestelmä puretaan yksi kappale kerralla ja samalla materiaali puhdistetaan sekä kasataan uudelleen käyttöä varten. Levy- ja lautamuottijärjestelmässä on suurin materiaalin hukkaprosentti kaikista pystyrakennemuoteista.

Levy- ja lautamuottijärjestelmän käyttö vaatii kirvesmiehentaitoja, koska muotti työste-tään lähes kokonaan pitkästä puutavarasta. Kyseinen järjestelmä soveltuu siis lähes kaikkiin rakenteisiin ja rakennuksiin, jos saatavilla on osaavia kirvesmiehiä. Muottijär-jestelmästä voi rakentaa kaarevia sekä arkkitehtuuriasia rakenteita, koska puutavara omaa loistavat työstön mahdollisuudet.

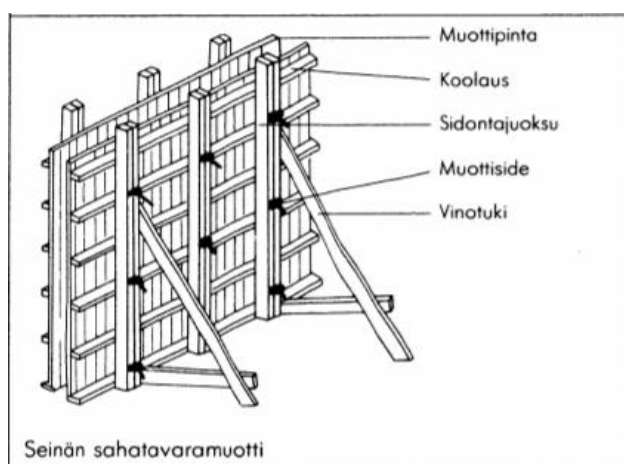
Levy- ja lautamuottijärjestelmää käytetään pääsääntöisesti rakenteissa, missä beto-nipinnalla ei ole laatuvaatimuksia. Muottijärjestelmän yleisin käyttökohde on anturat. [4. s.215-216.]

Taulukko 4. Taulukossa on esitetty levy- ja lautamuottijärjestelmän tekniset ominaisuudet [10.]

Ominaisuus	yksikkö	Levy- ja lautamuottijärjestelmä
Paino	kg/m ²	...20...
Pituus	mm	
Korkeus	mm	
Valupaine	kN/m ²	15...80
Lämmitys		vastuslanka/infrapuna
Siirto		käsin
Muottipinta		lauta/vaneri/puulevy
Käyttökerrat		
Runkorakenteessa	kpl	1...
Pintarakenteessa	kpl	1...

Levy- ja lautamuottijärjestelmät koostuvat seuraavista osista:

- puisesta, metallisesta tai alumiinisesta muottirungosta
- laudasta tai vanerisesta muottipinnasta
- sidelaudoista
- koolauksesta
- kiinnikemateriaaleista, kuten nauloista ja muottilukoista. [10.]



Kuva 7. Seinän sahatavamuotti [10].

5.4 Muottijärjestelmän valinta

Muottijärjestelmän valinta prosessi jaetaan kuuteen vaiheeseen:

- Lähtötietojen selvitys
- Alustava muottijärjestelmän valitseminen
- Tarvittavan muottikaluston määrittäminen
- Muottikalustosta ja muottityöstä syntyvien kustannuksien selvittäminen
- Muottikaluston käytön suunnittelu. [4. s.235-238.]

Lähtötietojen selvittäminen

Lähtötietojen perusteellisella selvittämisellä luodaan perusteet onnistuneelle valintaprosessille. Seuraavat tiedot pitää selvittää laatuvaatimukset, valettava määrä, aikataulu, työsaumojen paikat. Nämä tiedot löytyvät piirustuksista, suunnitelmista ja urakka-asiakirjoista.

Tärkeä osa lähtötietojen selvittämistä on myös resurssien selvittäminen. On selvitettävä, kuinka paljon käytössä on työvoimaa ja millä nostovälineellä tapahtuu pysty- ja vaakasiirrot. Lähtötiedoissa on myös arvioitava, kuinka kokeneita ovat työjohtajat ja työntekijät. Työryhmän kokemuksella on suuri vaikutus muottityön laatuun ja onnistumiseen. [4. s.235-238.]

Alustavan muottijärjestelmän valitseminen

Alustavassa muottijärjestelmän valinnassa tutkitaan erilaisten muottijärjestelmien ominaisuuksia ja soveltuvuutta toteutettavaan rakenteeseen selvitettyjen lähtötietojen perusteella. Karsitaan pois muottijärjestelmät mitkä teknisten ominaisuuksien tai epäkäytännöllisyyden takia eivät sovellu toteutettavaan rakenteeseen. Tämän jälkeen keskitytään mahdollisiin vaihtoehtoihin ja tehdään niistä tarkempi kustannusvertailu ja tekninen soveltuvuus selvitys. [4. s.235-238.]

Tarvittavan muottikaluston määrittäminen

Tarvittava muottikalusto selvitetään välitavoitteiden ja runkoaikataulun sekä betonoitavan rakenteen perusteella. Toisin sanoen paljonko on aikaa käytössä ja kuinka paljon on betonoitavaa. Näiden tietojen perusteella tehdään arvio päivittäisestä muottityön tarpeesta.

Selvitettävät asiat tarvittavan muottikaluston määrittämisessä:

- käytävissä oleva aika
- keskimääräisen muottityön määrä päivässä
- muotitettavien rakenteiden lukumäärä
- liikuntasauvojen ja työsauvojen paikat. [4. s.235-238.]

Tarvittavan muottikaluston määrittämisessä pitää huomioida myös muottikierto. Muottikierto on suunniteltava siten, että muottityö sujuu ilman tarpeettomia seisakkeja. Muottikierron alustavassa suunnittelussa on otettava huomioon:

- olosuhteet
- käytössä olevat resurssit
- työryhmän ammattitaito ja kokemus käytettävästä muottijärjestelmästä
- betonointi
- muotin purkuun, puhdistukseen ja siirtoon sekä varastointiin käytettävä aika.

Näillä tiedoilla pystyy laskemaan työmaalla tarvittavan muottikaluston ja käyttöajan. [4. s.235-238.]

Muottikalustosta ja muottityöstä syntyvien kustannuksien määrittäminen

Muottityön voi suorittaa omalla tai vuokratulla muottikalustolla. Vuokrattua muottikalustoa käytettäessä on selvitettävä, kuinka paljon vuokrakalusto tulee maksamaan. Vuokrakaluston hintaa selvittäessä kannattaa lähettää tarjouspyyntö useammalle vuokrakaluston toimittajalle. Tarjouspyynnössä tulisi olla ainakin seuraavat asiat:

- mittapiirustukset
- aikataulu
- rakenteiden toteutus järjestys
- alustavasti suunniteltu muottikierto
- mittatarkkuus sekä laatuvaatimukset
- käytössä oleva nostotapa. [4. s.235-238.]

Tarjouksia vertailtaessa on otettava huomioon muitakin asioita kuin tarjouksen kokonaishinta. Muottityölle voi syntyä mahdollisia lisäkustannuksia esimerkiksi rikkoutuneesta tai kadonneesta vuokrakalustosta. Siksi seuraavista asioista tulisi ottaa selvää, ennen toimittajan valitsemista [4. s.235-238.]:

- mahdollisen lisäkaluston hinta ja saatavuus
- rikkoutuneen tai kadonneen muottikaluston lunastushinta
- muottitoimittajan resurssit
- saako toimittajalta muottisuunnitelman
- muottitoimittajan käytön opastus. [4. s.235-238.]

Itse muottityöstä syntyy myös kustannuksia. Muottityöstä syntyviä kustannuksia laskeissa seuraavat asiat on otettava huomioon:

- asennustyö
- purkutyöt ja kaluston siirrot
- muottien kasaustyö
- muottikaluston kunnossapito- ja puhdistustyöt
- mahdolliset keskeytyksen muottityössä.

Kokonaiskustannuksissa on otettava huomioon vielä mahdolliset muut kustannukset, jotka eivät sisälly tarjouksiin. Nämä muut kustannukset ovat mm. ylimääräisistä materiaaleista syntyvät kustannukset, betoninpinnan jälkityön tarve, kaluston häviäminen, lämmityskustannukset ja suunnitelmista poikkeamisesta aiheutuneet kustannukset.

Näiden kustannustietojen perusteella valitaan muottikalusto ja muottikaluston toimittaja. [4. s.235-238.]

Muottikaluston käytön suunnittelu

Mikäli valittu muottikaluston toimittaja ei laadi muottisuunnitelmaa, on muottisuunnitelma laadittava itse. Muottisuunnitelmassa suunnitellaan muottityön aikataulu ja muottikierto. Tarkoituksena on suunnitella muottien määrä siten, että työmaalla ei ole ylimääräistä kalustoa ja työ etenee ilman keskeytyksiä.

Muottisuunnitelmassa on otettava huomioon resurssit, asennusjärjestys, työturvallisuus, suojaus- ja lämmitysmenetelmät sekä mahdollisen jälkituennan tarve. Näiden tietojen perusteella laaditaan käyttökelpoinen muottisuunnitelma. [4. s.235-238.]

5.5 Muottikierron suunnittelu

Muottikierrolla tarkoitetaan muotin pystytystä, purkua ja uudelleen muotin pystytystä. Muottikierron aikana suoritettavia työvaiheita on muotin paikalleen mittaaminen, mahdollinen muotin esivalmistus, pystytys, rakenteen raudoitus, varauksien ja LVIS-

kalusteiden asennus, betonointi, muotin purku ja kunnossapitotyöt sekä siirto uuteen työkohteeseen ja uudelleen pystytys.

Muottikierto suunnitellaan ennen työn aloittamista. Suunnittelussa huomioon otettavia asioita ovat aikataulu, resurssit, työturvallisuus, liikunta- ja työsaumojen paikat, keskimääräinen muottityön määrä päivässä ja muotitettavien rakenteiden lukumäärä.

Pystyrakenteen muottikierron suunnittelussa on otettava huomioon myös millä menetelmällä vaakarakenne toteutetaan. Jos vaakarakenne toteutetaan paikallavaluna pitää ottaa huomioon, kuinka paljon aikaa kuluu holvin muotitukseen, raudoitukseen, betonointiin ja muotin purkuun. Muottityön työmenekki vaakarakenneissa vaihtelee 0,07 tth/m² ja 0,60 tth/m² välillä. Jotta muottikierto saadaan mahdollisimman tehokkaaksi ja keskeytymättömäksi, on pystyrakenteiden muottikalustoa oltava noin puolitoista kertainen määrä kertavalualueeseen nähden ja vaakarakenneiden muottikalustoa noin kolmin kertainen määrä.

Muottikierron suunnittelu koostuu seuraavista vaiheista:

- valettavan alueen jakamisesta kertavalualueisiin
- työvaiheiden riippuvuuksien selvittämisestä
- kaluston ja muottityön laskennasta
- työryhmien suunnittelusta
- muottityön aikataulun laadinnasta
- muottisuunnitelman täsmennyksestä. [4. s.238-239.]

6 Tutkimuksen toteutus

Insinööriytyö toteutettiin määrällisellä tutkimusotteella ja menetelmänä käytettiin haastattelua. Insinööriytyön tutkimusmenetelmäksi valittiin haastattelu, koska haastattelu mahdollistaa haastateltavan henkilön kokemuksen ja näkemyksen esiin tuomisen.

6.1 Tutkimushaastattelut

Paikallavaluseinistä kertovaa verkkokurssia varten haastateltiin Skanska Talonrakennus Oy:n vastaavia työnjohtajia ja kokeneempia työnjohtajia, jotka ovat olleet mukana paikallavalettavan pystyrakenteen toteutuksessa. Haastattelujen tarkoituksena oli selvittää, miten työturvallisuutta, laatua, aikataulutusta ja kustannustehokkuutta voisi parantaa paikallavalettavan pystyrakenteen toteutuksessa. Haastatteluihin vastasi Skanska Talonrakennus Oy:n kaksitoista vastaavaa työnjohtajaa. Haastateltavat vastasivat seuraaviin kysymyksiin.

1. Kolme tärkeintä asiaa pystyrakenteen muottikaluston pystytyksessä ja purkamisessa, työturvallisuuden näkökulmasta katsottuna?
2. Miten työturvallisuus varmistetaan, jos muottityössä joudutaan työskentelemään korkealla?
3. Mihin asioihin pitää erityisesti keskittyä, kun laatii paikallavalettavan pystyrakenteen tehtäväsuunnitelmaa?
4. Mihin asioihin pitää erityisesti kiinnittää huomiota, kun toteutetaan paikallavalettavaa pystyrakennetta? (esim. aloitusedellytykset, mittatarkkuus, laatuvaatimukset)
5. Mitkä ovat tärkeimpiä asioita paikallavalettavan pystyrakenteen muottikaluston valitsemisessa?
6. Mihin asioihin pitää kiinnittää huomiota, kun pystyrakenteen muotteihin asennetaan varauksia ja kalusteita?

7. Miten varmistatte, että betonin pudotuskorkeus on oikea, kun valettava pystyrakenne on erittäin korkea?
8. Minkälaisiin asioihin pitää kiinnittää huomiota, kun paikallavalettu pystyrakenne toteutetaan talvella?
9. Onko työmaillanne keksitty toimenpiteitä, miten pystyrakenteiden muotitusta, raudoitusta, valamista, purkamista tai muottikaluston huoltoa voisi tehostaa?
10. Onko teillä jotain tiettyä muottijärjestelmää, minkä olette todenneet erityisen toimivaksi pystyrakenteita muotittaessa?

6.1 Haastattelujen tulokset

Kolme tärkeintä asiaa pystyrakenteen muottikaluston pystytyksessä ja purkamisessa, työturvallisuuden näkökulmasta katsottuna?

Haastatteluissa työturvallisuuden näkökulmasta katsottuna kolmeksi tärkeimmäksi asiaksi pystyrakenteen muottikaluston pystytyksessä ja purkamisessa todettiin seuraavat asiat. Pystytys ja purkaminen on suoritettava turvallisilla ja hyväksytyillä nostovälineillä. Muottikaluston pystytyksessä ja purkamisessa on käytettävä hyväksytyjä telineitä ja pukkeja. Yhdeksi tärkeimmistä asioista todettiin myös kulkutiet, koska pystytys- ja purkamisvaiheessa kannetaan käsissä suuriakin tavaroita.

Miten työturvallisuus varmistetaan, jos muottityössä joudutaan työskentelemään korkealla?

Haastateltavien mielestä tärkein asia turvallisen työskentelyn varmistamiseksi korkealla on oikeanlaisten ja kyseiseen työvaiheeseen suunniteltujen telineiden käyttö. Lisäksi suosittiin pukin ja henkilönostimien käyttöä. Viimeisenä vaihtoehtona suosittiin henkilökohtaista putoamissuojausta eli valjaita. Mikäli työvaiheen pystyy tekemään muuten kuin valjailla, suositaan tätä toteutustapaa.

Valutelineet ovat suurmuoteissa vakoina ja ne ovat saatavissa myös järjestelmämuotteihin. Molempien muottijärjestelmien päädyt on suojattava siten, että muotin päädyistä ei pääse tippumaan.

Mihin asioihin pitää erityisesti keskittyä, kun laatii paikallavalettavan rystyrakenteen tehtäväsuunnitelmaa?

Erityistä huomiota vastaajien mielestä tulee kiinnittää muotti- ja betonointisuunnitelmaan, työturvallisuuteen, nostotöihin, asennusjärjestykseen, kustannuksiin ja aikataulutukseen. Lisäksi mahdollisuuksien mukaan jokaisesta muotituksesta pitäisi teettää naamakuva. Näin vähennettäisiin virheitä varausten ja kalusteiden asennuksessa.

Mihin asioihin pitää erityisesti kiinnittää huomiota, kun toteutetaan paikallavalettavaa pystyrakennetta? (esim. aloitusedellytykset, mittatarkkuus, laatuvaatimukset)

Tärkeimmäksi asiaksi nousi työturvallisuus. Tärkeiksi asioiksi nousivat myös työryhmän työsuunnittelu ja perehdyttäminen. Näin varmistetaan työvaiheen turvallinen ja sujuva eteneminen. Lisäksi tärkeiksi asioiksi mainittiin toimiva muottisuunnitelma ja muottikierrosuunnitelma. Nämä kaksi suunnitelmaa antavat hyvät edellytykset onnistuneelle toteutukselle. Seinien oikeiden paikkojen varmistamiseksi, seinät on merkittävä ennen muottityön aloittamista. Lisäksi tasoerot lattiassa on korjattava mahdollisuuksien mukaan, että muotin ala- ja yläpää on samassa tasossa.

Mitkä asiat ovat tärkeimpiä paikallavalettavan pystyrakenteen muottikaluston valitsemisessa?

Vastaajien mielestä tärkein asia muottikaluston valitsemisessa on, että muottikalustolla on mahdollista toteuttaa haluttu betonipinta ja muottikalusto on toimiva toteutettavaan rakenteeseen. Kustannukset ja kaluston saatavuus sekä muottikaluston tekniset ominaisuudet ovat myös tärkeä osa valintaa.

Minkälaisiin asioihin pitää kiinnittää huomiota, kun pystyrakenteen muotteihin asennetaan varauksia ja kalusteita?

Asennettaessa pystyrakenteen muotteihin varauksia ja kalusteita nousi tärkeimmäksi asiaksi, että paikallavalettavasta seinästä on naamakuva, jossa on esitetty mitat sel-

västi. Lisäksi mittamiehen olisi hyvä merkitä oikeat paikat ennen asennusta. Näin varmistetaan, että varaukset ja kalusteet asennetaan oikeille paikoille.

Vastaajien mielestä tärkeitä asioita ovat myös, miten varaukset puretaan ilman, että betonipinta kärsii. Vastaajien mielestä tärkeitä asioita ovat, miten varaukset kiinnitetään ilman, että muotin pintaan ei jouduta turhaan naulaamaan.

Miten varmistatte, että betonin pudotuskorkeus on oikea, kun valettava pystyrakenne on erittäin korkea?

Vastaajat pitivät tärkeinä oikeanlaisen betonin ja kaluston valitsemista. Jos rakennetta ei voi valaa ylhäältä, vastaajat suosivat valuluukun tekemistä muotin pohjalle. Haastateltavat korostivat, että työtä täytyy valvoa ja työntekijöitä pitää ohjeistaa käyttämään oikeanlaista työmenetelmää.

Minkälaisiin asioihin pitää kiinnittää huomiota, kun paikallavalettu pystyrakenne toteutetaan talvella?

Paikallavaletun pystyrakenteen toteuttamisessa talvella nousi tärkeimmiksi asioiksi lämmitys, jälkihoito, betonin lämpötilan seuranta ja dokumentointi. Jotta betonointi onnistuu talvella oikeanlaisen massan tilaaminen ja purkutapa on haastateltavien mielestä tärkeitä asioita. Liittyvien rakenteiden huomioonottaminen lämmityksessä on myös tärkeätä, koska liittyvät rakenteet saattavat mahdollisesti olla jopa miinusasteisia. Kohdissa, missä valettava rakenne kohtaa jo aikaisemmin valetun miinusasteisen rakenteen, on käytettävä lämmityslankaa.

Vastaajien mielestä tärkeä osa betonointia talvella on myös purkulujuuden laskeminen. Seuraamalla lujudenkehitystä ja betonin lämpötilaa antureilla saadaan selville, milloin rakenne saavuttaa purkulujuuden. Purkulujuuden saavutettua muotit voidaan purkaa.

On työmaillanne keksitty toimenpiteitä, miten pystyrakenteiden muotitusta, valamista, raudoittamista, purkamista tai muottikaluston huoltoa voisi tehostaa?

Vastaajat ovat purkaneet työmaillaan suurempia muottikokonaisuuksia, mikä tehostaa ja nopeuttaa muotin purkamista. Muottipuolikkaita on myös käytetty työtasoina, jonka päällä on kasattu käyttöön meneviä muotteja. Muottipuolikkaita varastoidaan haastatel-

tavien työmailla myös elementtifaakeissa, mikä vähentää muotin varastointituentaan käytettävää aikaa.

Onko jotain tiettyä muottijärjestelmää, minkä olette todenneet erityisen toimivaksi pystyrakenteita muotittaessa?

Vastaajat pitivät järjestelmämuottia erityisen toimivana muottijärjestelmänä mutta se, millaista muottijärjestelmää käytetään, riippuu kohteesta, sijainnista, laatuvaatimuksista, suunnitelmista, resursseista ja aikataulusta. Näiden tietojen perusteella valitaan oikeanlainen muottijärjestelmä.

6.2 Verkkokurssi

Haastatteluista ja kirjallisuudesta saatujen tietojen avulla toteutettiin verkkokurssi, joka helpottaa kokemattoman työnjohtajan valmistautumista paikallavalettavan seinän toteuttamiseen. Tavoitteena on käyttökelpoinen sekä informoiva verkkokurssi, jonka avulla työnjohtajilla on valmiudet toteuttaa sekä valvoa kyseisen rakenteen valmistusta. Samalla verkkokurssi vähentää suunnitteluun kuluvaa aikaa sekä ennalta ehkäisee mahdollisia virheitä suunnittelussa.

7 Yhteenveto

Rakennusalalla osaaminen on todella tärkeässä osassa hankkeen kulkua. Pienetkin virheet runkovaiheessa saattavat vaikuttaa kustannuksiin ja aikatauluun moninkertaisesti. Mahdollisten virheiden ja riskien ennaltaehkäisyllä voi olla suuri vaikutus projektin tavoite aikatauluun ja katteeseen. Kilpailu rakennusalalla on äärimmäisen kovaa, joten virheisiin ja huonoon julkisuuskuvaan ei ole yrityksillä yksinkertaisesti varaa. Tämän takia Skanska panostaa henkilöstönsä koulutukseen. Koulutuksen avulla henkilöstöllä on käytössä aina uusin tieto rakennusalalta. Paikallavalettavista seinistä kertovan verkkokurssin avulla kokemattoman työnjohtajan on helpompi toteuttaa kyseinen rakenne.

Esitutkimus laadittiin keräämällä tietoa alan kirjallisuudesta sekä tutkimalla jo toteutettuja Skanska Talonrakennus Oy:n hankkeita, missä on käytetty paikallavaluseinä rakennetta. Tutkimustietoa hankittiin haastattelemalla Skanska Talonrakennus Oy:n vastaavia työnjohtajia, jotka ovat olleet toteuttamassa paikallavaluseinä rakenteita.

Haastatteluista ja alan kirjallisuudesta saaduilla tiedoilla toteutettiin verkkokurssin sisältö. Haastatteluihin osallistui Skanska Talonrakennus Oy:n vastaavia työnjohtajia. Haastateltavilta kysyttiin kymmenen kysymystä liittyen työturvallisuuteen, olosuhteiden vaikutukseen, aikatauluttamiseen, muottityöhön, betonointiin ja laadunhallintaan. Vastavilta työnjohtajilta saatiin kokemukseen ja ammattitaitoon pohjautuvaa tietoa paikallavalettavista pystyrakenteista. Insinööriyössä myös käytettiin apuna alan kirjallisuutta kuten Betoniyhdistys ry:n oppikirjoja ja rakennustietokortistoa.

8 Pohdinta

Insinööriyötä tehdessäni huomasin, että paikallavalettavan pystyrakenteen tekeminen on erittäin haastava prosessi, vaikka voisi kuvitella, että paikallavalu sujuisi aina helposti ja ongelmitta. Prosessin aikana voi tulla monenlaisia ongelmia, mihin ei voi varautua kirjallisuutta lukemalla. Kirjallisuudesta on apua, mutta betonityönjohtajalla täytyy olla kokemusta ja ammattitaitoa, että yllättävätkin ongelmat voidaan ratkaista.

Betonityönjohtajan ja betonityön suorittavan työryhmän kokemuksella on suuri vaikutus siihen, miten betonointi onnistuu. Siksi mielestäni kokemattoman betonityönjohtajan pitäisi olla aluksi kokeneen betonityönjohtajan opastuksessa. Näin kokematon betonityönjohtaja saisi kokemusta eikä hänen täytyisi tehdä yksin päätöksiä, millä saattaa olla merkittäviä vaikutuksia hankkeen kulkuun ja onnistumiseen.

Nykyään käytetään paljon aliurakoitsijoita, jotka suorittavat betonityön. Aliurakoitsijaa käytettäessä pitää muistaa, että kaikkialla maailmassa ei ole samanlaiset vaatimukset betonityölle. Tilanteissa, jossa työryhmä ei tunne Suomen vaatimuksia on ne esitettävä heille niin, että ne ymmärretään. Lisäksi työn toteutusta on aina valvottava, vaikka työn suorittaisi kokenutkin työryhmä. Näin voidaan varmistaa, että toteutetaan laadukas betonirakenne. Betonityönjohtajan on erityisesti valvottava, että betoni tiivistetään oikeaoppisesti.

Viime aikoina on myös havaittu ongelmia itse betonissa. Alan lehdistä on voinut lukea, että betoni ei ole saavuttanut sille määriteltyä lujuutta. Siksi mielestäni laadunvarmistukseen ja dokumentointiin pitää kiinnittää erityistä huomiota.

Insinööriyötä tehdessä opin todella monta uutta asiaa paikallavalurakentamisesta, koska tutustuin moneen aiheeseen liittyvään kirjaan sekä sain haastatella alan ammattilaisia. Varsinkin haastatteluista sain todella paljon lisätietoa, miten paikallavalutyö toteutetaan.

Lähteet

1. Skanska. 2019. Skanska lyhyesti. Verkkoaineisto. <https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/>. Luettu 22.01.2019.
2. Betoniteollisuus ry. 2019. Betonin Historia. Verkkoaineisto. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betonin-historia>. Luettu 16.01.2019.
3. Betoniteollisuus ry. 2019. Betoni rakennusmateriaalina. Verkkoaineisto. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betonirakennusmateriaalina/kaytto-talonrakentamisessa>. Luettu 16.01.2019
4. Asiantuntija ryhmä. 2007. Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. Suomen Betoniyhdistys ry.
5. Asiantuntija ryhmä. 2016. Betoninormit 2016 by 65. Suomen Betoniyhdistys ry.
6. Fise. 2019. Pätevyyden hakeminen. Verkkoaineisto. <http://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyytta/tyonjohtajat/betonirakenteiden-rakentamisesta-vastaava-tyonjohtaja>. Luettu 18.1.2019.
7. Skanskan sisäiset materiaalit. 2019.
8. Saxberg, Sini. 2011. Paikallavalettavien betonirakenteiden työmaaohjeistus. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Tsesseus-tietokanta.
9. Betoniteollisuus ry. 2019. Koti betonista. Verkkoaineisto. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/betonointi>. Luettu 22.1.2019.
10. Rakennustietokortisto. 2019. Seinämuotit 06-1-01. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/18197#page=1>. Luettu 22.1.2019.

11. Rakennustietokortisto. 2019. Suur- ja erikoismuuttotyöt 0401.
<https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/18269#page=1>. Luettu 22.1.2019.

12. Betoniteollisuus ry. 2019. Paikallavalurakentaminen.
<http://www.valmisbetoni.fi/paikallavalurakentaminen/yleista>. Luettu 22.1.2019.

13. Betoniteollisuus ry. 2019. Betonirakenteen ekotehokkuus.
<https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ekologisuus/betonirakenteen-ekotehokkuus/>. Luettu 22.1.2019.

Haastattelulomake

Haastattelulomake

Insinööri
Tommi Finnilä

1. Kolme tärkeintä asiaa pystyrakenteen muottikaluston pystytyksessä ja purkamisessa, työturvallisuuden näkökulmasta katsottuna?
2. Miten työturvallisuus varmistetaan, jos muottityössä joudutaan työskentelemään korkealla?
3. Mihin asioihin pitää erityisesti keskittyä, kun laatii paikallavalettavan pystyrakenteen tehtäväsuunnitelmaa?
4. Mihin asioihin pitää erityisesti kiinnittää huomiota, kun toteutetaan paikallavalettavaa pystyrakennetta? (esim. aloitusedellytykset, mittatarkkuus, laatuvaatimukset)
5. Mitkä asiat ovat tärkeimpiä paikallavalettavan pystyrakenteen muottikaluston valitsemisessa?
6. Minkälaisiin asioihin pitää kiinnittää huomioita, kun pystyrakenteen muotteihin asennetaan varauksia ja kalusteita?
7. Miten varmistatte, että betonin pudotuskorkeus on oikea, kun valettava pystyrakenne on erittäin korkea?
8. Minkälaisiin asioihin pitää kiinnittää huomiota, kun paikallavalettu pystyrakenne toteutetaan talvella?
9. Onko työmaillanne keksitty toimenpiteitä, miten pystyrakenteiden muotitusta, valamista, raudoittamista, purkamista tai muottikaluston huoltoa voisi tehostaa?
10. Onko jotain tiettyä muottijärjestelmää, minkä olette todenneet erityisen toimivaksi pystyrakenteita muottaessa?