



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Päivi Kuismin

Paikallavaletun ja elementtirakenteisen asuinkerrostalon runkotyövaiheen vertailu

Opinnäytetyö
Kevät 2021
SeAMK Tekniikka
Rakennusmestari (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Päivi Kuismin

Työn nimi: Paikallavaletun ja elementtirakenteisen asuinkerrostalon runkotyövaiheen vertailu

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 39

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla paikallavaletun ja elementtirakenteisen asuinkerrostalon runkotyövaihetta. Tavoitteena oli selvittää yhtäläisyyksiä ja eroja näiden kahden rakennustavan välillä. Opinnäytetyön aihevalinta tehtiin sen perusteella, että siitä tulisi olemaan mahdollisimman paljon hyötyä tekijälleen. Työn avulla pyrittiin syventämään opinnoissa saatua tietoa ja täten kehittämään omaa ammattitaitoa. Aihe on myös ajankohtainen, koska nykyään suurin osa rakennettavista kerrostaloista tehdään teräsbetonista, ja tilaaja odottaa saavansa tilaamansa laadun.

Opinnäytetyö pohjautuu teoriaan, joka hankittiin kirjallisuuskatsauksen avulla. Tietoperustana käytettiin alan kirjallisuutta ja lainsäädäntöä. Teoriaosuudessa perehdyttiin betonisen kerrostalon runkoon, aluesuunnitteluun, työturvallisuussuunnitteluun sekä tuotannon ja työläjikohtaisiin laadunvarmistustoimiin. Lopuksi koottiin yhteen teoriaosuudessa selvinneet havainnot.

Vertailussa ilmeni, että molemmissa rakennustavoissa on paljon yhtäläisyyksiä. Osa laadunvarmistustoimista ovat samankaltaisia riippumatta rakennustavasta, talvirakentaminen aiheuttaa samanlaisia haasteita ja työturvallisuudessa esiintyy samanlaisia haasteita ja niihin varautuminen vaatii samoja järjestelyitä. Eroavaisuuksia on pätevyysvaatimuksissa. Lisäksi paikallavalussa työvaiheiden haasteet ovat työmaalla, kun taas elementtirakentamisessa samat haasteet ovat jo elementtitehtaalla.

¹ Asiasanat: kerrostalot, runkorakenteet, paikallarakentaminen, elementtirakentaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Päivi Kuismin

Title of thesis: Comparison of the framework phase of a cast-in-place and prefabricated apartment building

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2021

Number of pages: 39

Number of appendices: 0

The purpose of the thesis was to compare the frame construction phase of a residential apartment building performed by on-site casting method and with prefabricated concrete elements. The aim was to find out the similarities and differences between the two construction methods. The basis for the selection of the research topic was to enable the study to provide as much benefit to the author as possible. The objective of the study was to deepen the knowledge gained during the academic studies and thus to develop the author's own professional skills. The topic is also current, as most of the apartment buildings built today are made of reinforced concrete and the customer expects to receive the quality that has been ordered.

The thesis was founded on theory acquired through literature review. Literature and legislation in relation to this industry field were used as data bases. The theory section of the thesis focused on the frame of a concrete apartment building, spatial planning, occupational safety planning, production, and quality assurance activities of construction work. Finally, the observations from the theory section were compiled together.

The comparison showed that there were several similarities between both construction methods. Certain quality assurance measures are similar regardless of the construction method, winter construction poses similar challenges and similar challenges arise in occupational safety and preparing for them requires the same arrangements. The differences are in qualification requirements; in on-site casting method the challenges of the work phases are at the site, while with the prefabricated concrete elements the same challenges are already present at the element factory.

¹ Keywords: blocks of flats, skeleton constructions, on-site construction, prefabricated construction

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tausta ja aihepiiri	7
1.2 Tarkoitus ja tavoitteet	7
2 KERROSTALON RUNKO	8
2.1 Runko paikallavaluna	9
2.2 Runko elementeistä.....	10
3 TYÖMAAN ALUESUUNNITTELU	12
4 TYÖTURVALLISUUSUUNNITTELU	14
4.1 Putoamissuojaussuunnitelma.....	14
4.2 Työtelineen käyttösuunnitelma.....	15
4.3 Nostotyösuunnitelma.....	15
4.4 Muottityösuunnitelma	16
4.5 Elementtien asennussuunnitelma.....	16
5 TUOTANNON LAADUNVARMISTUSTOIMET	17
5.1 Tehtäväsuunnitelma	17
5.2 Mallityö.....	17
5.3 Tarkastusasiakirja	18
5.4 Laadunvarmistusohjeet	18
5.5 Aloituspalaveri.....	18
5.6 Vastaanottokatselmus	19
5.7 Työmaapäiväkirja	19
5.8 Kokeet ja mittaukset.....	19

6	TYÖLAJIKOHTAISET LAADUNVARMISTUSTOIMET	20
6.1	Työturvallisuus	20
6.2	Betonirunkorakentaminen	21
6.2.1	Muottityöt	21
6.2.2	Raudoitus.....	24
6.2.3	Betonointi.....	25
6.3	Betonielementtirakentaminen	30
7	PÄTEVYYSVAATIMUKSET	33
7.1	Betonirakenteiden työnjohtaja	33
7.2	Elementtien asennustyönjohtaja.....	34
7.3	Hitsaaja	35
7.4	Koneiden kuljettajat	35
8	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	36
	LÄHTEET	38

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Betonirunkorakentamisen työvaiheet	9
Kuvio 2. Runkovaihtoehdot: kantavat seinät, kantavat seinät ja täydentävät pilarit, kantavat pilarit.....	10
Kuvio 3. Kantavat seinät-laattarunko	11
Kuvio 4. Pilari-palkkirunko.....	11
Kuvio 5. Runkotyövaiheen aluesuunnitelmasta	12
Kuvio 6. Ajoneuvoyhdistelmän ajourat.....	13
Kuvio 7. Runkotyövaiheen putoamissuojaussuunnitelma	14
Kuvio 8. Vesikattotyövaiheen putoamissuojaussuunnitelma.....	15
Kuvio 9. Muottityön yleiset vaiheet.....	21
Kuvio 10. Betonoinnin yleiset työvaiheet.....	26
Kuvio 11. Pystysuoran rakenteen valu.....	27
Kuvio 12. Tärytys	28
Kuvio 13. Työsaumojen sijoittuminen.....	28
Kuvio 14. Betonielementtirakentamisen työvaiheet	30
Kuvio 15. Elementtituki	32
Taulukko 1. Muotiniirrotusaineet.....	23

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja aihepiiri

Kerrostalojen rakentaminen alkoi Suomessa 1800-luvun loppupuolella. Yleisimmin käytettiin tiilimuurirunkoa eli kantavat pystyrakenteet muurattiin tiilistä. Teräsbetonia alettiin käyttämään kantavissa rakenteissa 1950-luvun loppupuolella. Maaltamuutto kaupunkiin 60- ja 70-luvuilla oli vilkasta ja elementtejä alettiin käyttämään enenevässä määrin kerrostalorakentamisessa. Tilastokeskuksen yleiskatsauksen (Suomen virallinen tilasto 2020) mukaan vuonna 2019 uusia kerrostaloasuntoja rakennettiin 30 800, joista yli kolmasosa pääkaupunkiseudulle. (Neuvonen 2006, 12–261.)

Kerrostalon runko voidaan rakentaa mm. betonista, puusta, teräksestä ja harkoista. Suomessa suurin osa kerrostaloista rakennetaan betonista. Betonirunko voidaan toteuttaa kokonaan paikalla valaen, elementteinä tai näiden yhdistelmänä. Runkorakenteena käytetään paljon betonielementtejä. Runkotyövaiheessa tehdään rakennuksen runko sekä siihen kuulumattomat ulkoseinärakenteet. (Koski ym. 2010, 61–63.)

1.2 Tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla paikallavaletun ja elementtirakenteisen asuinkeuhastalon runkutyövaihetta. Tavoitteena on selvittää yhtäläisyyksiä ja eroja näiden kahden rakennustavan välillä aluesuunnittelun, työturvallisuussuunnittelun, laadunvarmistustoimenpiteiden ja pätevyyksien näkökulmasta. Tässä työssä käsitellään lähtökohtaisesti runkovaiheeseen liittyviä asioita. Tutkimus tehtiin kirjallisuuskatsauksena.

2 KERROSTALON RUNKO

Ympäristöministeriön asetuksessa asuin-, majoitus- ja työtiloista (A 20.12.2017/1008) 2 §:ssä määritellään asuinkerrostaloksi vähintään kaksikerroksinen, useita asuinhuoneistoja käsittävä asuinrakennus, jossa eri asuinhuoneistoihin kuuluvia tiloja on päällekkäin. Asetuksen 11 §:n mukaan kerroskorkeuden on oltava vähintään kolme metriä.

Runkorakenteella tarkoitetaan rakennuksen kantavia rakenteita ja siihen liittyvää lämmöneristettä. Rungon tehtävänä on siirtää siihen kohdistuvat kuormat perustusten kautta maaperään, toimia talon ympärillä lämmöneristysvaippana, kannatella kattorakennetta ja antaa julkisivulle kiinnityspinta. Tärkeimmät vaatimukset ovat taloudellisuus ja riittävä lujuus sekä jäykkyys, jolloin runko säilyttää muotonsa rasiutilanteissa. Rasituksia syntyy mm. talvisin katolle syntyvästä lumikuormasta, rungon omapainosta, myrskytuulen aiheuttamasta paineesta, kalusteista, laitteista ja liikkuvista kuormista. Maanalaisen rungon tulee kestää maapaineen aiheuttama rasitus. Lisäksi rungon tulee kestää jossain määrin poikkeuksellisia kuormitustilanteita, kuten maanjäristyksiä ja tulipaloja. (Koski ym. 2010, 61–63; Myllärinen ym. 2019, 9.)

Suomessa kerrostalon runkomateriaalina käytetään eniten betonia. Syitä siihen ovat monet hyvät ominaisuudet, kuten rasituksien ja isojen kuormien kesto, ääneneristävyys ja palonkestävyys. Lisäksi betonimassan kuljetusmatka valmistustehtaalta on kohtuullinen ja betonimassa on edullista. Betonin suunniteltu käyttöikä on myös pitkä. Betonirunko voidaan toteuttaa paikallavalettuna, elementteinä tai näiden yhdistelmänä. Rakennustapa päätetään rakennusprojektin alkuvaiheessa, koska se vaikuttaa aikatauluihin ja työtapoihin. (Myllärinen ym. 2019, 75–85.)

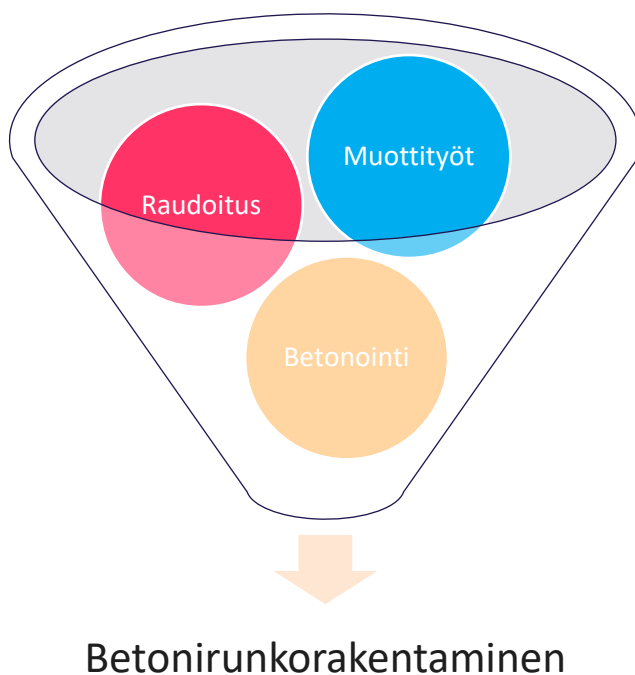
Teräsbetonirunko muodostuu betonista ja teräksestä. Betonilla on heikko vetolujuus ja leikkausvoimien kestävyys. Tämän vuoksi rakenteessa käytetään vahvisteena teräksiä. Betoni ja teräset täydentävät toistensa lujuusominaisuuksia ja täten rakenne kestävä huomattavasti paremmin kuormituksia kuin betoni pelkästään. (Koski ym. 2010, 61–63.)

Betonirunkoisen rakennuksen sisäpuolen betoniseinä on kantava ja sen ulkopuolelle tulee lämmöneriste, tuulensuoja tuuletusrakoiheen ja julkisivumateriaali. Betonielementeissä koko ulkoseinä on yhtenäinen rakenne eikä siihen tule tuulensuojaa ja tuulensuojaväliä. Betonirunkoiseen rakennukseen kuuluu myös kerroksien välinen betoninen välipohja ja se

voidaan tehdä osaltaan kantavaksi. Lisäksi rakenteissa on ei-kantavia väliseiniä, joilla voidaan tehdä huonerajauksia. (Myllärinen ym. 2019, 10, 78.)

2.1 Runko paikallavaluna

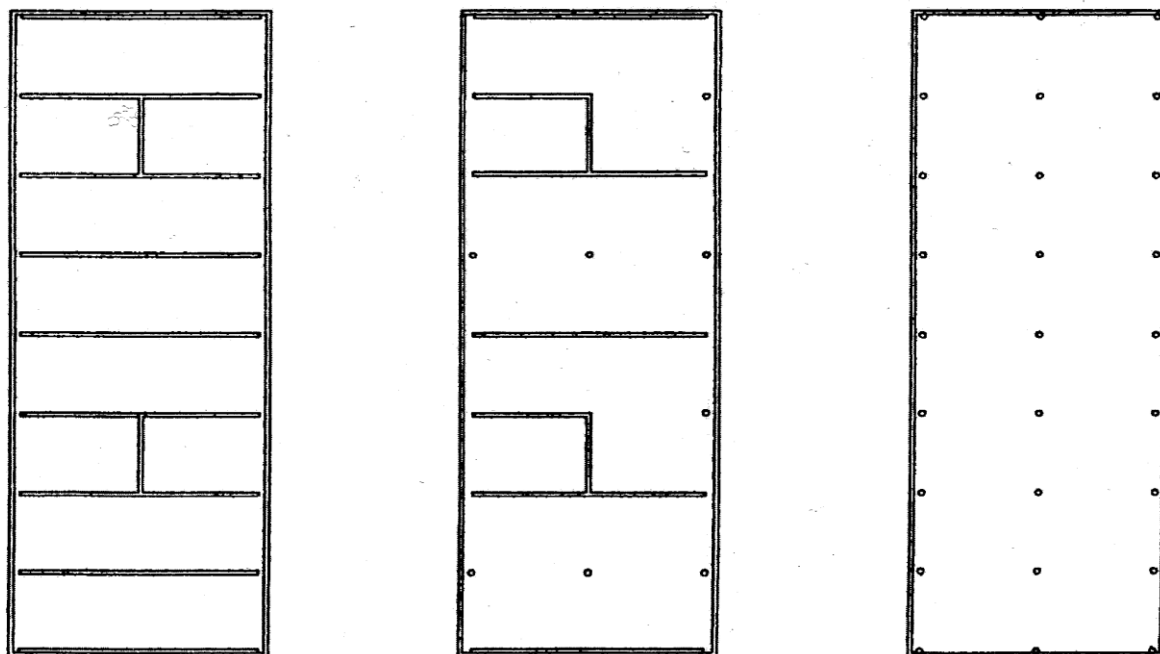
Paikallavalettu betonirunko rakennetaan kokonaisuudessaan työmaalla ja se on yksinkertainen toteuttaa. Kuviossa 1. on betonirunkorakentamisen työvaiheet. Samaan rakennusrunkoon voidaan sijoittaa asuntoja sekä toimisto- ja liiketiloja. Vaihtelevat välipohjien kuormitukset voidaan huomioida lisäämällä raudoitusta paikallisesti, muuttamalla laattapaksuutta tai käyttämällä palkkikaistoja. Tiiviiden rakenteiden ja työsaumojen takia rakenteiden ääneneristysominaisuudet ovat hyvät. (RT 82-10814 2004, 2.)



Kuvio 1. Betonirunkorakentamisen työvaiheet

Kuviossa 2. on asuinkerrostaloihin soveltuvat runkovaihtoehdot. Runko voi koostua kantavissa seinistä, kantavista seinistä ja täydentävistä pilareista tai kantavissa pilareista.

Vaakarakenteena voidaan käyttää tasapaksuista massiivista laattaa. (RT 82-10814 2004, 2.)



Kuvio 2. Runkovaihtoehdot: kantavat seinät, kantavat seinät ja täydentävät pilarit, kantavat pilarit (Betonitekniikan oppikirja 2004, 193).

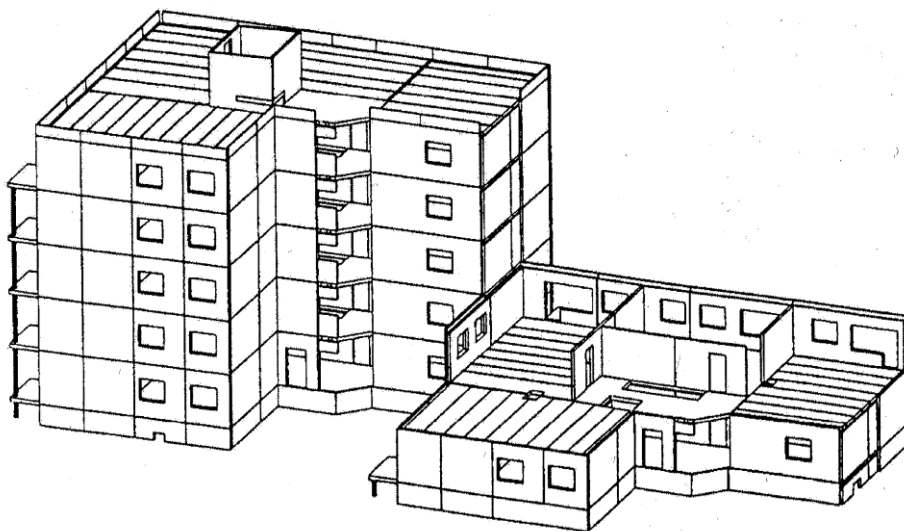
2.2 Runko elementeistä

Betonielementtirakenteella tarkoitetaan mittojen mukaan ennalta valmistettua rakenneosaa. Tehtaalla rakennetut elementit tuodaan työmaalle asennettaviksi ja täten rakentamista saadaan nopeutettua. Elementtien koot ovat yleensä noin 10 m² tai pienempiä. (Myllärinen ym. 2019, 94.)

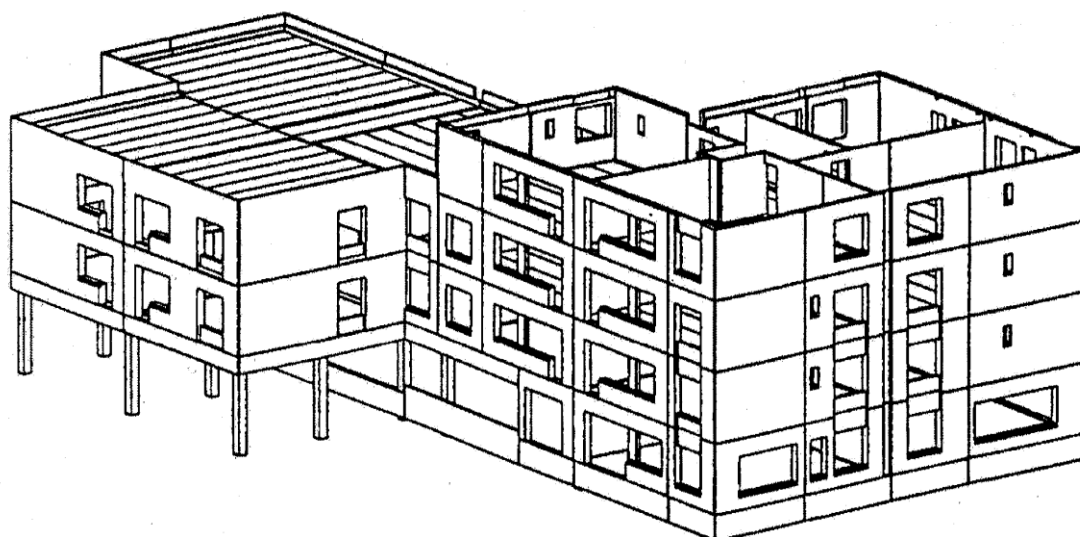
Betonielementtirakentamisen etuihin kuuluu muun muassa se, että elementtejä on kehitetty vuosikymmenien ajan, betonielementeillä saadaan lyhennettyä rakentamisaikaa, runko voidaan toteuttaa kokonaan elementeillä, elementtien valmistajia on ympäri maata ja valmistus tapahtuu säältä suojattuna.

Kuvioissa 3. on runkojärjestelmä, jossa välipohjalaatasto tukeutuu kantavien väliseinien ja ulkoseinien varaan ja jossa välipohjalaattojen suuntaiset julkisivut ovat ei-kantavia. Kuviossa 4. on runkojärjestelmä, jossa ensimmäisen kerroksen liiketiloissa on pilari-palkkirunko. Pilari-palkkilinjat on sijoitettu ylempien kerrosten kantavien seinälinjojen alle.

Esijännitettyjä, teräsbetonisia matalapalkkeja käyttämällä päästään hyödyntämään lähes koko vapaa korkeus esimerkiksi kulkuaukkoihin. Runkojärjestelmää käytetään yleensä keskustoissa. (RT 82-10821 2004, 2.)



Kuvio 3. Kantavat seinät-laattarunko (Betonitekniiikan oppikirja 2004, 195).

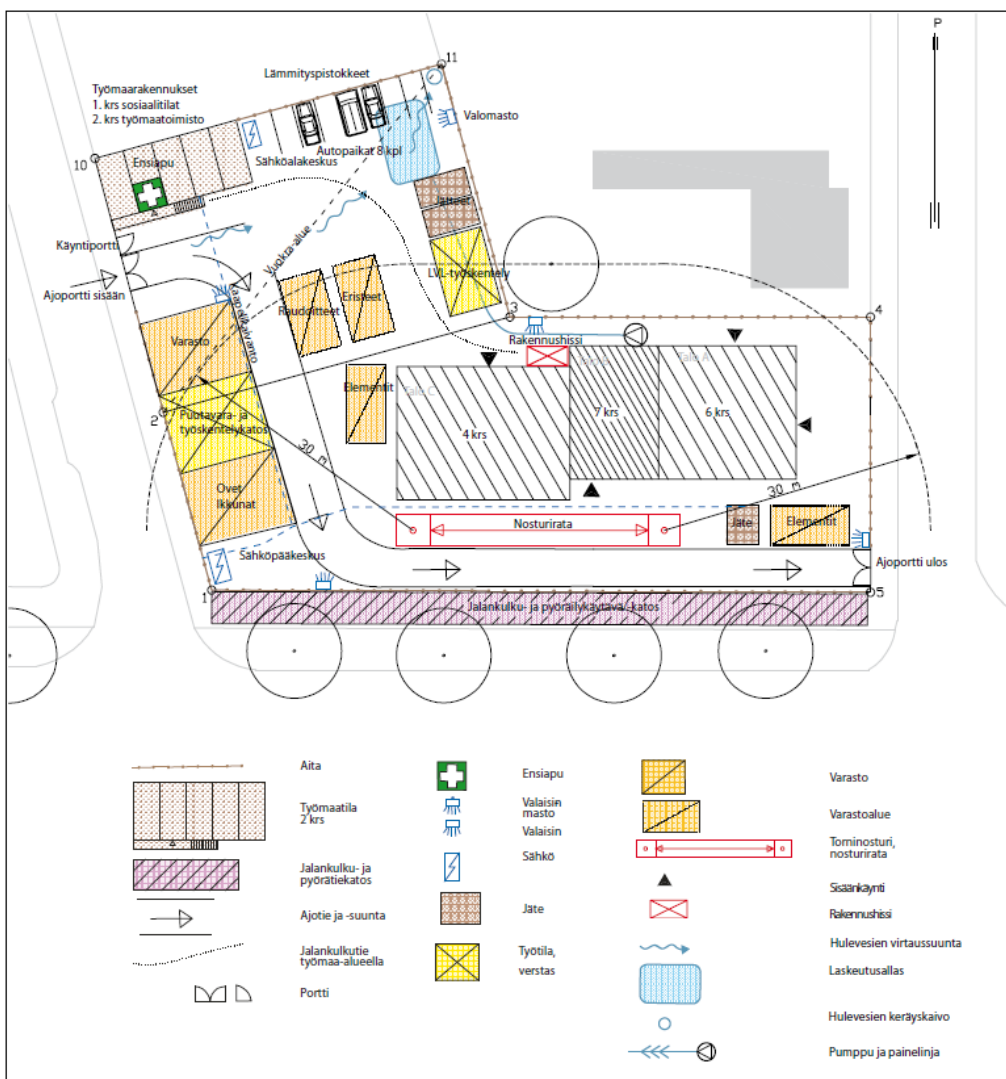


Kuvio 4. Pilari-palkkirunko (Betonitekniiikan oppikirja 2004, 195).

3 TYÖMAAN ALUESUUNNITTELU

Valtioneuvoston asetuksen (A 26.3.2009/205/) 11 §:n mukaan päätoteuttajan tulee kirjallisessa suunnitelmassa esittää työmaatoimintojen sijoittuminen rakennustyömaalla ja pitää suunnitelma ajan tasalla.

Runkotyövaiheen aluesuunnitelman laadinnassa käytetään yleisaluesuunnitelmaa sekä maarakennus- ja perustusvaiheen aluesuunnitelmia. Suunnitelmaan merkitään työmaa-alueen rajaus, liikenneväylät ja kulkutiet, jätehuoltojärjestelyt, purku-, lastaus- ja varastoalueet, työmaan suojaukset, työmaan nosto- ja siirtojärjestelyt, rakennukset ja työtilat sekä vesi-, valaistus-, sähkö- ja tietoliikennejärjestelmät ja sammutusjärjestelmä. Kuviossa 5. on esimerkki runkutyövaiheen aluesuunnitelmasta. (Rakennustyömaan aluesuunnittelu 2017, 10–11.)

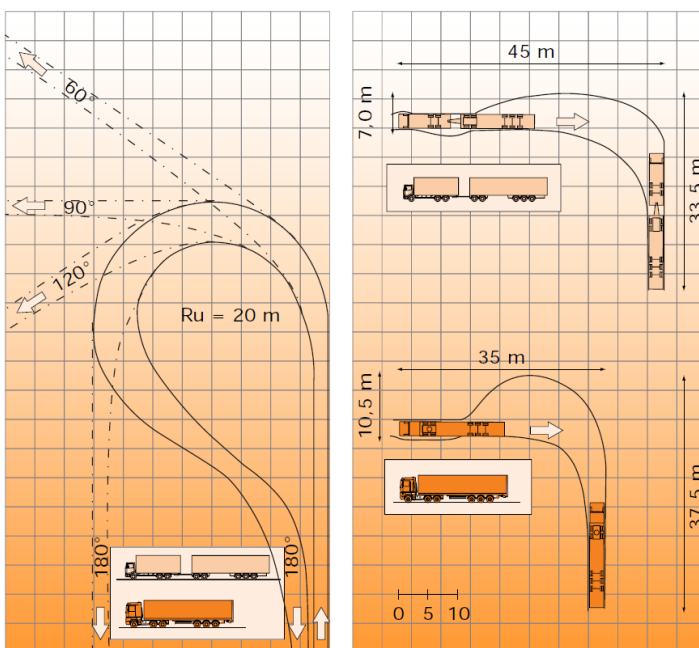


Kuvio 5. Runkutyövaiheen aluesuunnitelma (Ratu C2-0454, 10).

Runkotyövaiheessa huomioidaan muun muassa, että

- materiaalien ja työvälineiden, kuten muottien nostoille on tarpeeksi tilaa
- materiaalien purku- ja varastointipaikka on mahdollisimman lähellä käyttöpaikkaa
- elementtien varastoinnille on riittävän suuri ja katettu alue sekä maaperä on riittävän kantava
- raudotteiden varastoinneille ja esivalmistukselle on riittävän suuri ja katettu alue
- pumppubetoniauton pystytyspaikalta ulottuu työkohteeseen, maaperän kantavuus on riittävä ja auton tukijalat saadaan ääriasentoon
- ajotiet sekä purku- ja lastauspaikat ovat riittävän kantavia ja työmaan sisäisen liikenteen vaatimusten mukaisia
- tulitöille on vakituisen tulityöpaikan vaatimukset täyttävä paikka
- nostureiden nostopaikkojen maaperän kantavuus on riittävä, nostureiden nostosäde on riittävä ja nosturinkuljettajilla on esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen. (Rakennustyömaan aluesuunnittelu 2017, 10–14.)

Elementtikuljetukset pyritään järjestämään niin, että kuljetusajoneuvon ei tarvitse peruuttaa työmaalla. Tämä voidaan järjestää niin, että alueella on ympäriajomahdollisuus tai työmaalle sisäänajo ja poistuminen on eri paikoista. Kuviossa 6. on ajoneuvoyhdistelmän ajourien vaatima tilantarve. (Koski ym. 2010, 98.)



Kuvio 6. Ajoneuvoyhdistelmän ajourat (Koski ym. 2010, 98).

4 TYÖTURVALLISUUSUUNNITTELU

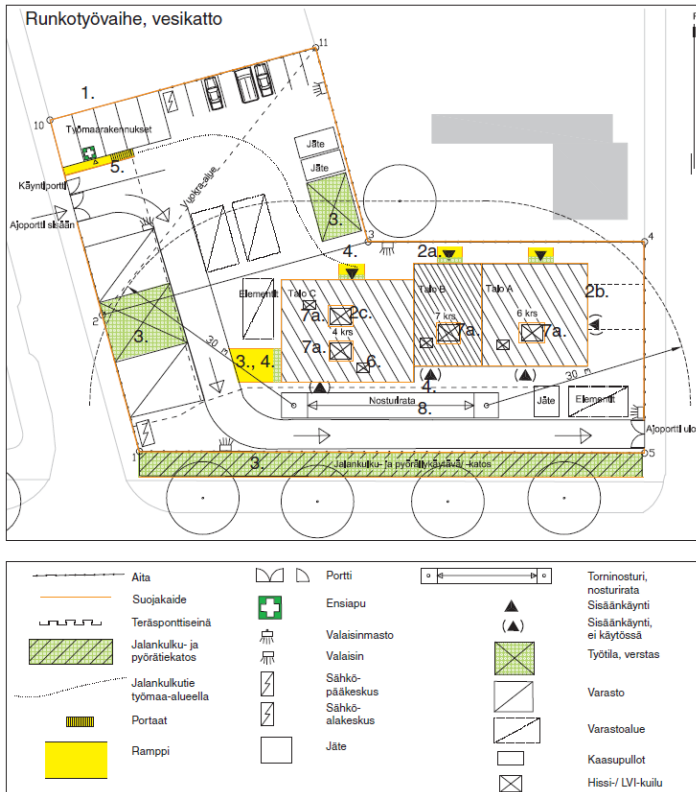
Valtioneuvoston asetuksen (A 26.3.2009/205) 10 § mukaan pääurakoitsijan tulee laatia ennen töiden aloitusta kirjalliset suunnitelmat, joiden mukaan työt, työvaiheet ja niiden ajoitus järjestetään mahdollisimman turvallisiksi siten, ettei niistä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville ja muille työn vaikutuspiirissä oleville. Suunnitelmat tulee tarkastaa olosuhteiden muuttuessa ja pitää ajan tasalla.

4.1 Putoamissuojaussuunnitelma

Putoamissuojaussuunnitelmassa esitetään putoamissuojauksen suunnittelu ja ajateltu toteutus. Siinä huomioidaan rakennusvaihe, kohteen erikoispiirteet sekä suojaamisessa käytettävät menetelmät ja periaatteet. Runkotyövaiheessa suunnitelma voidaan tehdä jokaisesta kerroksesta erikseen. Kuviossa 7. on esimerkki ensimmäisen kerroksen putoamissuojaussuunnitelmasta. Seuraavista kerroksista tehdään omat suunnitelmat. Kuviossa 8. on esimerkki vesikattotyövaiheen putoamissuojaussuunnitelmasta. Työmaalla putoamissuojaus tehdään suunnitelman mukaisesti. Suojaus pidetään niin kauan, kun on putoamisvaara. (Ratu 1223-S 2009, 1.)



Kuvio 7. Runkotyövaiheen putoamissuojaussuunnitelma (Ratu 1223-S 2009, 15).



Putoamissuojaussuunnitelma

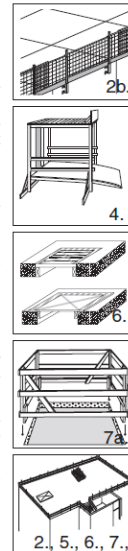
Kohde: As. Työmaa Oy
 Osoite: Työmaan osoite
 Laatija: N.N.

Putoamissuojaus vesikattotyön aikana

- vastuuhenkilö: N.N.
 - asennusaika: ennen vesikattotyön aloitusta
 - purkamisaika: työmaan/-vaiheen päätteeksi
 - ylläpito: N.N.
 - valvonta: N.N.

Käytettävät suojaustavat:

1. Työmaa-aita: verkkoelementti
2. Suojakaide: puutavarasta paikallarakennettu kaide (2a), vesikatolla vesikattokaide (2b, kiinnitys seinäelementtiin) ja hissikulun reunalla holvinreunakaide (2c), kaiteet asennetaan maassa elementtiin.
3. Suojakatos: paikallarakennettu työskentelykatos, jalankulku- ja sisäänkäyntikatos
4. Sisäänkäynnit: kulkuaukko katettu ja ramppi. Jos sisäänkäynti ei käytössä, ovi on lukittu.
5. Portaat: työmaakopille johtavat, paikallarakennettu puutavarasta
6. Aukot: maalattu vanerilevy mm. LVI-kulujen putoamissuojaksi ja merkiksi.
7. Hissikuitu, avoin kuitu: liikuteltava puutavarasta tehty elementtikaide (7a.) ja kiinteä suojakansi
8. Nostopaikat: alue- ja nostosuunnitelmaan merkityt nostopaikat, alue rajattu kulkuesteillä ja varoituskylteillä



Kuvio 8. Vesikattotyövaiheen putoamissuojaussuunnitelma (Ratu 1223-S 2009, 16).

4.2 Työtelineen käyttösuunnitelma

Valtioneuvoston asetuksen (A 26.3.2009/205) 54 § mukaan työtelineestä laaditaan käyttösuunnitelma, jos se olennaisesti vaikuttaa työmaan käyttöön koon, korkeuden, sijainnin, käyttötarkoituksen tai muun vastaavan tekijän vuoksi.

4.3 Nostotyösuunnitelma

Valtioneuvoston asetuksen (A 26.3.2009/205) 21 § mukaan nostotyösuunnitelma tulee laatia, jos taakan nostamiseen käytetään useampaa kuin yhtä nosturia, painavia tai suurikokoisia taakkoja nostetaan hankalissa olosuhteissa tai nostot vaativat muuten erityistä suunnittelua. Suunnitelman laatimisesta vastaa pääurakoitsija yhdessä nostourakoitsijan ja tarvittaessa rakennesuunnittelijan kanssa.

Nostotyösuunnitelmassa selvitetään nostotyön olosuhteet, taakan nostokohdat ja käsiteltävyys, nostomenetelmät, nostotyövaiheet, tarvittavat maapohjan ja eri rakenteiden vahvistukset, turvallisuustoimenpiteet, henkilöstön opastus ja ohjeiden tarve ja nostotyön vastuuhenkilöt. (RatuTT 5.10 2004, 1.)

4.4 Muottityösuunnitelma

Valtioneuvoston asetuksen (A 26.3.2009/205) 45 § mukaan muottityösuunnitelma tulee laatia käytettäessä sellaisia muotteja, jotka edellyttävät nostoapuvälineiden käyttöä. Suunnitelmassa on esitettävä ainakin muottien käsittelyä, varastointia, nostoa, tuentaa ja työnaikaista vakautta sekä putoamisvaaran torjuntaa koskevat turvallisuustoimet. Muottien paino ja nostokohdat on merkittävä selkeästi. Suunnitelmassa on otettava huomioon muotin valmistajan tai maahantuojan ohjeet.

4.5 Elementtien asennussuunnitelma

Suunnitelma tulee olla kirjallisena työmaalla. Osa asennussuunnitelman laadintaa varten tarvittavista tiedoista saadaan rakennesuunnittelijalta. Näitä tietoja ovat mm. elementtien asennusjärjestys, väliaikainen tuenta ja lopullinen kiinnittäminen. Lisäksi on annettava tiedot elementtien turvallisesta nostosta ja käsittelystä sekä työnaikaisista asennustasoista, suojakaiteista ja muista turvallisuuslaitteista ja niiden kiinnittämisestä. (A 26.3.2009/205.)

Valtioneuvoston asetuksen (A 26.3.2009/205) liitteessä 3 on lueteltu asennussuunnitelmassa huomioon otettavat asiat, joita ovat mm.

- Kohdetiedot työmaasta
- Tiedot elementeistä; huomioitava valmistajan antamat tuotekohtaiset ohjeet
- Elementtien kuljetus työmaalla, kuorman purku, vastaanotto ja työmaavarastointi
- Nostot, asennus ja asennusjärjestys; nostotyössä käytettävä nostokalusto, taakkojen paino elementtityypeittäin, nostopaikat, nostoapuvälineet elementtityypeittäin, nostojen ohjaus ja mahdolliset rajoitukset. Suunnitelmassa on elementin asennusnosturiksi valittava torninosturi, ajoneuvonosturi tai muu suoritusarvoltaan riittävä ja muilta ominaisuuksiltaan tarkoitukseen suunniteltu ja soveltuva nosturi.
- Asennuksen aikainen tuenta ja vähimmäistukipinnat; esitettävä ohjeet sekä väliaikaisesta tuennasta että tuennan purkamisesta asennusvaiheittain.
- Toleranssit ja seurantamittaukset
- Elementtien lopulliset kiinnitykset
- Työturvallisuus sekä asennuksessa tarvittavat työtasot ja putoamissuojaukset
- Suunnittelun varmentaminen; suunnittelijoiden hyväksymismerkintä.

5 TUOTANNON LAADUNVARMISTUSTOIMET

5.1 Tehtäväsuunnitelma

Tehtäväsuunnitelma laaditaan ennen työn aloitusta niistä tehtävistä, jotka on määrätty työmaan laatusuunnitelmassa. Suunnitelmien tarkentuessa tai ongelmien ilmetessä tehdään tarvittavat muutokset tehtäväsuunnitelmaan. Suunnitelmaan kirjataan mm. aikataulu, kustannukset, tehtävän sisältö, resurssit, työturvallisuus, ympäristön suojaus, materiaalit ja kalusto, mahdolliset ongelmat ja niihin varautuminen ja työnaikainen tehtävän seuranta ja ohjaus, työn laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimet. Paikallavaletun betonirungon tehtäväsuunnitelma voidaan laatia koko tehtäväkokonaisuuden osalta. (Rakennustöiden laatu 2017, 21–115.)

5.2 Mallityö

Mallityön tarkoituksena on selvittää työn laatutaso. Mallityö tehdään samalla työryhmällä, menetelmillä, välineillä ja tuotteilla, joilla varsinainen työ tullaan tekemään. Valmis työ tarkastetaan työvaiheen tekijöiden, työmaamestarin, valvojan, arkkitehdin ja suunnittelijan kanssa. Ennen seuraavaan kohteeseen siirtymistä tarkastuksessa havaitut laatupoikkeamat korjataan. (Rakennustöiden laatu 2017, 18.)

Muottityön osalta tarkastetaan, että käytetyt materiaalit ovat suunnitelmien mukaisia, muotit ovat kestäviä, tuenta ja sidonta on tehty oikein, muotit ovat tiiviitä ja tarvittaessa on käytetty tiivistyslistoja sekä talviolosuhteissa on käytössä asianmukaiset suojaus- ja lämmitysmenetelmät. Lisäksi tarkastetaan muottirakenteen mittatarkkuus, varaukset, läpimenot, raudoitteet, pinnan puhtaus ja irrotusaineet. (Rakennustöiden laatu 2017, 119.)

Raudoituksen osalta tarkastetaan, että käytetyt materiaalit ovat suunnitelmien mukaisia, raudoitus on sidottu ja tuettu oikein, betonipeitteen paksuus on oikea, sidelangat on taivutettu sisään, terästen päät on suojattu. Lisäksi tarkastetaan raudoitteiden sijainnit, suojaetäisyydet ja jatkokset. (Rakennustöiden laatu 2017, 123.)

Betonoinnin osalta tarkastetaan, että tiiviys on suunnitelmien mukainen, valunopeus on oikea, työ- ja liikuntasaumot sekä talviolosuhteissa on käytössä asianmukaiset suojaus- ja

lämmitysmenetelmät. Lisäksi tarkastetaan rakenteen mittatarkkuus, raudoitteiden paikallaanpysyminen, betonipinnan kunto, hierto ja väri. (Rakennustöiden laatu 2017, 127.)

Elementtirakentamisessa tarkastetaan, että elementtien asennus on tehty asennussuunnitelman mukaisesti, elementtien tuenta ja kiinnitys on tehty oikein, saumat on tehty oikein sekä talviolosuhteissa on käytössä asianmukaiset suojaus- ja lämmitysmenetelmät. Lisäksi tarkastetaan asennuksen mittatarkkuus ja elementtien kunto. (Rakennustöiden laatu 2017, 131.)

5.3 Tarkastusasiakirja

Työn tarkastusasiakirjan (laaturaportti) avulla selvennetään ennen työn aloitusta tehtävien laatuvaatimukset sekä ohjataan ja valvotaan laadun toteutumista. Ennen työn aloitusta tarkastusasiakirja toimitetaan työryhmälle. Työryhmä ja työnjohtaja kuittaavat tehdyn laadun laaturaporttiin ja se tallennetaan työmaan laatukansioon. (Rakennustöiden laatu 2017, 18.)

5.4 Laadunvarmistusohjeet

Laadunvarmistusohjeet laaditaan työryhmälle uusista tai harvoin tehtävistä töistä ja työmenetelmistä. Ohjeissa läpikäydään työn aikana tarkistettavat ja huomioon otettavat asiat. Ennen työn aloitusta ohje käydään läpi työntekijöiden kanssa. (Rakennustöiden laatu 2017, 22–23.)

5.5 Aloituspalaveri

Ennen tehtävän aloitusta pidettävässä aloituspalaverissa käydään läpi mm. vastuuhenkilöt, suunnitelma-asiakirjat, työn aikataulu, työn laatuvaatimukset ja laadunvarmistus, varastointi, nostot ja siirrot, jätteiden käsittely sekä työturvallisuusasiat. Mahdolliset muutokset kirjataan muistioon ja se liitetään työmaa-asiakirjoihin. Palaveriin osallistuvat työntekijät ja työnjohto. (Rakennustöiden laatu 2017, 27.)

Muottitöiden osalta käydään lisäksi läpi muottikalusto- ja materiaalit ja muottikaluston kunto. Raudoituksen osalta raudoitteet, sidelangat, tuet ja välikkeet, terästen laatuasiakirjat, rauditus-, hitsaus- ja siirtokalusto. Betonoinnin osalta betoni ja lisäaineet, betonointi-,

tiivistys- ja hiertokalusto, sääsuojaus- ja jälkihoitokalusto, lämmityskalusto ja varakalusto. (Rakennustöiden laatu 2017, 119, 123, 127.)

Elementtirakentamisen osalta käydään lisäksi läpi elementit, asennus- ja saumaustarvikkeet, nosto- ja siirtokalusto sekä niiden tarkastukset, mittaus- ja asennuskalusto, suojaus- ja lämmityskalusto ja elementtifakit. (Rakennustöiden laatu 2017, 131.)

5.6 Vastaanottokatselmus

Ennen työkohteen vastaanottamista pidetään vastaanottokatselmus, jossa tarkistetaan työkohteen suunnitelmienmukaisuus ja valmius. Todetut laatupoikkeamat kirjataan muistioon ja korjataan ennen kohteen vastaanottamista. Katselmukseen osallistuvat työmaamestari sekä aloittavan ja edeltävän työvaiheen edustaja. (Rakennustöiden laatu 2017, 18.)

5.7 Työmaapäiväkirja

Työmaapäiväkirjaan merkitään päivittäin työtä koskevat tiedot ja tapahtumat sekä tilaajan, viranomaisen, kenen tahansa työmaan urakoitsijan, asiantuntijan tai tavarantoimittajan työmaata koskeva huomautus pyydettyäessä. Työmaapäiväkirjan täytöstä huolehtii työmaan johtovelvollisuuksista vastaava urakoitsija, ellei toisin ole sovittu. Sovittaessa myös muut sopijapuolet ovat velvollisia pitämään työmaapäiväkirjaa. (RT 16-10660, 15.)

5.8 Kokeet ja mittaukset

Suunnitelmissa määritetään tarvittavat kokeet ja mittaukset. Urakoitsija vastaa kokeiden ja mittauksien suorittamisesta. Tehdyt toimenpiteet kirjataan ja toimitetaan pääurakoitsijalle, joka arkistoi saadut dokumentit. (Rakennustöiden laatu 2017, 18.)

6 TYÖLAJIKOHTAISET LAADUNVARMISTUSTOIMET

6.1 Työturvallisuus

Työntekijät perehdytetään ennen uuden työn tai työtehtävän aloittamista, työtehtävien muuttuessa sekä ennen uusien työvälineiden tai työmenetelmien käyttöön ottamista. Opetusta ja ohjausta on täydennettävä tarvittaessa. Muottitöissä perehdytetään käytettävään muottityyppiin ja työmenetelmiin. Elementtirakentamisessa työnantajan tulee antaa riittävät tiedot ja ohjeet elementtirakentamisen vaaroista ja niiden torjunnasta sekä perehdyttää elementin valmistajan ohjeisiin, työvaiheisiin, työmenetelmiin, työvälineiden turvalliseen käyttöön ja turvallisiin työtapoihin. (A 26.3.2009/205.)

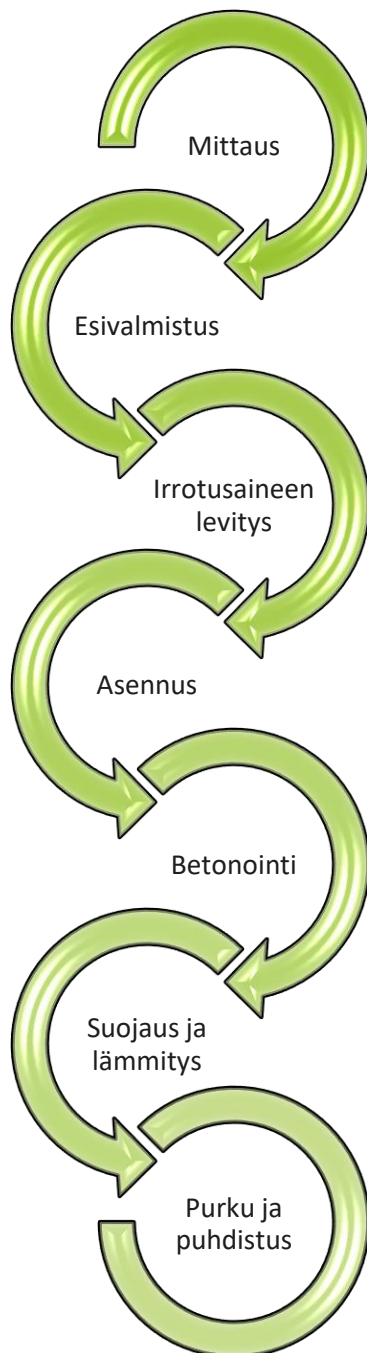
Ennen töiden aloittamista tarkastetaan suojainten saatavuus ja kunto. Työtehtävissä tulee käyttää suojakypärää, silmäsuojaimia, suojavaatetusta ja turvajalkineita. Henkilökohtaisia putoamissuojaimia käytetään, jos työskentelypaikalla ei ole putoamisen estäviä suojarakenteita ja putoamiskorkeus on yli kaksi metriä. Muotteja öljyittäessä käytetään öljyä kestäviä suojahaalareita ja suojakäsineitä sekä ruiskulla öljyittäessä suojanaamaria. Hitsatessa käytetään hitsausnaamari ja suojavaatetusta. Melutason ylittäessä 85 dB(A) käytetään kuulosuojaimia. (Raturva 2017, 73–77.)

Käytettävät putoamissuojaukset, koneet ja kalusto tarkastetaan. Nosto- ja siirtokaluston tulee olla määräysten mukaisia. Asentajilla ja nosturin kuljettajalla on oltava näkö- tai puhelinyhteys työn aikana. Nostoalueen alla ei saa työskennellä. Kovalla tuulella (10 m/s) arvioidaan nostojen vaarat ja noudatetaan erityistä varovaisuutta. Erittäin kovalla tuulella (15 m/s) työskentely keskeytetään. Kova pakkaneen voi aiheuttaa kaluston jäätyksen, eikä sitä pystytä käyttämään suunnitellusti. Maan jäätyminen voi vaikuttaa maan kantavuuteen. Työkohde ja kulkutiet valaistaan ja ne pidetään siisteinä. Kohde siivotaan päivän päätyttyä tai työn valmistuttua. (Raturva 2017, 73–77.)

6.2 Betonirunkorakentaminen

6.2.1 Muottityöt

Kuviossa 9. on muottityön yleiset vaiheet. Muottien tulee täyttää sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset tiiviiden, muodonmuutosten, mittatarkkuusvaatimusten, kestävyiden ja turvallisuuden osalta.



Kuvio 9. Muottityön yleiset vaiheet

Ennen aloittamista varmistetaan resurssien saatavuus, kuten mittauskalusto, nosto- ja siirtokalusto, öljyruisku, telineet, jäteastiat, muottikalusto ja -materiaali, muottisiteet, tukijalat, kiilat, välikkeet, tuet, tuulisiteiden ja vinotukien kiinnityspultit sekä työryhmä ja muottisuunnitelmat. Jos muotit vuokrataan, tulee ne varata hyvissä ajoin ennen suunniteltua vuokrausajankohtaa.

Seuraavaksi suunnitellaan muottityö, työsaumat, muottikierto, muottimateriaalien purku ja puhdistus sekä varmistetaan muottien ja muottimateriaalien rakenteellinen mitoitus, kestävyys ja muottipintojen laatu. Itsetiivistyvää betonia käytettäessä huomioidaan kasvavat muottikuormitukset. Rakennusosille määrätyt mittatarkkuudet ja betonipinnan laatu vaikuttavat muottipinnan valintaan. Suunnitelmista tarkastetaan varaukset, putkitukset, tartunnat, raudoitukset sekä mahdollinen lämmitys.

Seuraavaksi tarkastetaan alustan valmius, tasaisuus, puhtaus ja tartunnat. Muottien paikat mitataan ja merkitään. Asennusvälikkeet laitetaan paikoilleen. Muotit tuetaan rakennesuunnitelmien ja muottivalmistajien ohjeiden mukaisesti. Muotteja ei tueta jäätyneen maan varaan. (Palolahti yms. 2008, 28.)

Muotiniirrotusainetta käyttämällä estetään betonin tarttuminen muotteihin. Ainetta valittaessa huomioidaan muun muassa käyttölämpötila sekä betoniseoksen ja muottimateriaalin yhteensopivuus. Ennen lopullista valintaa kannattaa tehdä mallikokeet. Sopimaton aine voi aiheuttaa pinnan värjäytymistä tai likaantumista ja pinnan huokoisuutta. Taulukossa 1. on lueteltu muotiniirrotusaineet ominaisuuksineen sekä levityksen tekotapa ja muut käytössä huomioitavat asiat.

Irrotusainetta käytetään mahdollisimman vähän, se levitetään tasaisesti koko muottipintaan ja liika aine poistetaan. Liiallinen aine jättää betonipintaan valumajälkiä ja pintavirheitä. Levitettäessä ainetta varotaan likaamasta ympäröiviä rakenteita. (Korpela & Palolahti, [viitattu 4.3.2021], 13.)

Taulukko 1. Muotinirrotusaineet (Korpela & Palolahti, [viitattu 4.3.2021], 13).

Tyyppi ja koostumus	Ominaisuuksia	Levitys ja käytössä huomioitava
Puhdas mineraaliöljy (lisäaineettomat öljyt)	Ei suositella puhdasvalupinnoille Taipumus lisätä betonipinnan huokoisuutta	
Lisäaineilla täydennetty mineraaliöljy	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Yleismuotinirrotusaine kaikenkertyyppisille muotipinnoille Suora sade aiheuttaa valumajälkiä öljypintaan	Ruiskutus sekä levitys pensselillä, sienellä tai telalla Ylimääräisen, valuvan aineen poisto rievulla
Mineraaliöljyjen vesiemulsiot/vesiöljy-emulsiot	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Teräspintoja lukuunottamatta soveltuu kaikenkertyyppisille muotipinnoille, etenkin imeville kuten puu Ei saa käyttää, jos vaarana jäätyminen	Sekoitettava huolellisesti ennen käyttöä; ei saa ohentaa vedellä Ruiskutus tai telaus Ylimääräisen, valuvan aineen poisto rievulla
Mineraaliöljyjen vesiemulsiot/löjyvesiemulsiot	Ei suositella puhdasvalupinnoille Hidastaa betonipinnan sitoutumista Lisää betonipinnan pölyämistä	
Kemiallisesti aktiiviset muotinirrotusaineet	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Hyvä tiiviillä muotipinnalla Kestää sateen	Ruiskutus tai liina Levitettävä kuivalle muotipinnalle
Kasviöljypohjaiset muotinirrotusaineet - vesipohjaiset emulsiot - puhtaat tai muunnellut kasviöljyt (täysöljyt)	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Vaalea, tasavärinen betonipinta Käyttö edellyttää muotipintojen erittäin huolellista puhdistamista Käyttö kylmissä olosuhteissa tai voimakkaassa auringonpaisteessa saattaa aiheuttaa ongelmia	Ruiskutus tai käsin sienellä, telalla tai rievulla Täysöljyjen levittäminen saattaa olla vaikeaa
Pinnoitteet (maalit, lakat ja muut vedenpitävät pinnoitteet)	Vain muotipinnan esikäsitteilyyn Tiivistää muotipinnan imemättömäksi Käyttö ainoastaan yhdessä varsinaisen muotinirrotusaineen kanssa	Valmistajan ohjeiden mukaisesti
Muottivahat (liuotinpohjaiset vahat)	Vettäimevien muotipintojen esikäsitteilyyn	Valmistajan ohjeiden mukaisesti

Ennen tuplausta tarkistetaan, että varaukset, putkitukset, tartunnat, siteiden suojaukset, raudoitukset sekä mahdolliset lämmityslangat ovat paikoillaan, muotipintojen öljyäminen on tehty ja muotit sekä niiden pohjat ovat puhtaat. Muotipintaan kiinnitettävät varaukset ja stopparit kiinnitetään sopivankokoisilla nauloilla ja ruuveilla. Tuplauksen jälkeen tarkistetaan muotin suoruus, siteiden lukitus ja kiristys, tuennan riittävyys, topparit, tartunnat sekä muottien tiiviys. Muottien tulee olla tiiviitä, koska niiden tiiveys vaikuttaa lopullisen pinnan laatuun. Tarvittaessa käytetään tiivistyslistoja saumoissa ja liittymäkohdissa. Värivirheet ja laikukas pinta estetään käyttämällä samaa muottimateriaalia koko alalla. Paloturvallisuus varmistetaan lämmitettävien muottien osalta.

Ennen muottirakenteen purkua todetaan riittävä purkulujuus laskelmin. Jos asiakirjoissa ei ole muuta mainintaa, betonin lujuuden tulee olla vähintään 60 % nimellislujuudesta ja jälkijännitetyssä yleensä 80 % nimellislujuudesta. Muottien ei-kantavat osat puretaan betonin saavuttaessa 5 MN/m² keskimääräisen puristuslujuuden. Muotit puretaan järjestyksessä eikä niiden purku saa aiheuttaa rakenteille ylikuormitusta. Jälkituennan tarve varmistetaan rakennesuunnittelijan kanssa.

Uudelleenkäytettävät muotit ja muut tarvikkeet puhdistetaan heti purun jälkeen. Muottipinnat eivät saa vaurioitua puhdistuksen aikana. Muotit varastoidaan pystyyn tuettuina tasaiselle alustalle. (Rakennustöiden laatu 2017, 116–117.)

6.2.2 Rauditus

Ennen aloittamista varmistetaan resurssien saatavuus, kuten mittauskalusto, leikkurit, taivutuspöytä, taivuttimet, hitsauskalusto, sidontakoukku, pihdit, nosto- ja siirtokalusto, telineet, sääsuojat, jäteastiat, sileät ja harjatangot, teräsverkot, sidelangat, välikkeet, tuet sekä työryhmä, suunnitelmat ja katkaisulistat.

Raudoitteiden varastoinnille ja esivalmistukselle tulee olla riittävän suuri ja katettu alue. Työmaalle tulevien raudoitustankojen laatu tarkistetaan tankonipuissa olevista valmistetunnuslapuista. Kullakin teräskoolla on oltava paikka raudoittamossa. Katkaisulistasta tulee ilmetä tangon muoto, läpimitta, mahdolliset taivutusosien pituudet, taivutuskulma, tangon katkaisupituus sekä tankojen lukumäärä. Ylijäämäteräksille tulee olla astia.

Raudoitustankojen ruoste ei saa heikentää terästen lujuutta ja tartuntaa. Raudoitteen pinnalla saa olla pintaruostetta, mutta ei syöpymiä tai pintahilsettä. Jatkokset tehdään suunnitelmien mukaan. Valmiit raudoitteet niputetaan ja merkitään tunnuslapuilla. Tankoniput nostetaan ketju- ja liukurakseilla. Raudoituselementteihin voidaan tehdä tarvittaessa nostolenkit.

Ennen muottiin asettamista raudoitteet puhdistetaan ja tarkistetaan, jotta tarvittavat kotelot, läpimenot ja putkitukset on asennettu. Raudoitteet tulee sitoa suunnitelmien mukaan ja sidontalankojen päät taivutetaan raudoitteen sisäpuolelle. Raudoitteiden betonipeitteen paksuus tulee olla suunnitelmien mukainen. Asennettujen terästen päät suojataan kulkuteiden läheisyydessä esimerkiksi tulppaamalla tai taivuttamalla.

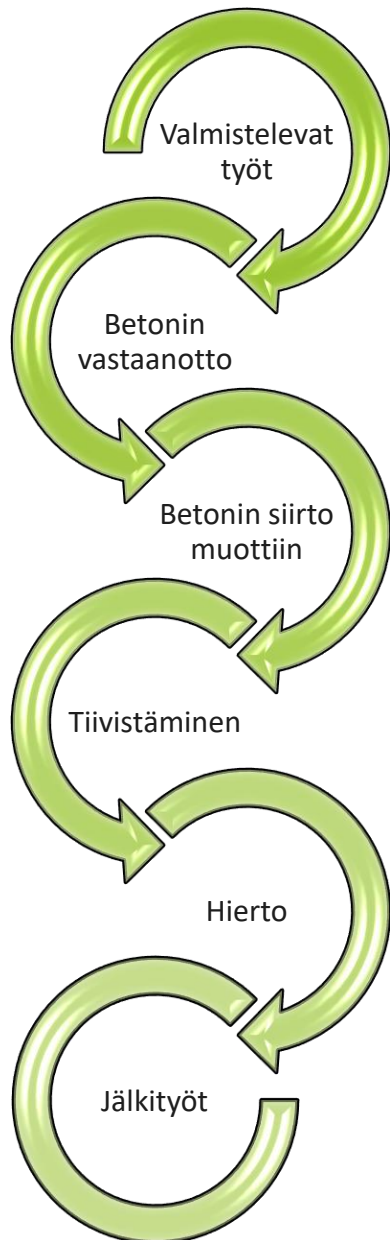
Raudoituksen tulee täyttää sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset materiaalien ja asennustyön osalta. Raudoituksen tulee olla puhdas, mittatarkka ja hyvin tuettu sidonnan ja välikkeiden avulla siten, ettei rauditus liiku betonoinnin aikana ja suojabetonipeite- yms. toleranssivaatimukset valmiissa rakenteessa täyttyvät.

Raudoitus tulee tarkastaa ennen betonointia, koska sen jälkeen raudoitusta on lähes mahdoton korjata. Tarkastuksissa tehdyt havainnot kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. (Rakennustöiden laatu 2017, 120–121.)

6.2.3 Betonointi

Kuviossa 10. on esitetty betonoinnin yleiset vaiheet. Ennen aloittamista varmistetaan resurssien saatavuus ja tarkistetaan betonityösuunnitelma, jota tarkennetaan työn kuluessa tarvittavin osin. Suunnitelmassa esitetään esimerkiksi

- muottipintojen laatu, muotin irrotusaineen käyttö
- raudoitus, varaukset, jako betonointiosiin
- betonilaatu ja valintaan vaikuttavat tekijät
- betonointimenetelmä, pumppaus, betonin siirrot, tiivistäminen, työsaumat
- betonointinopeus, muottien tiiviys, kestävyys ja tukirakenteet
- aikataulu, betonimenekki, työnjohto, henkilövahvuus
- työvuorot, varautuminen häiriöihin, kokeiden vaatimat toimenpiteet
- valun olosuhteet, suojaus- ja lämmitysmenetelmät
- lujuuden ja muiden ominaisuuksien kehityksen seuranta, jälkihoito, muottien ja tukirakenteiden purkaminen
- lämpökäsittelyyn ja erityismenetelmiin liittyvät toimenpiteet. (Rakennustöiden laatu 2017, 124.)

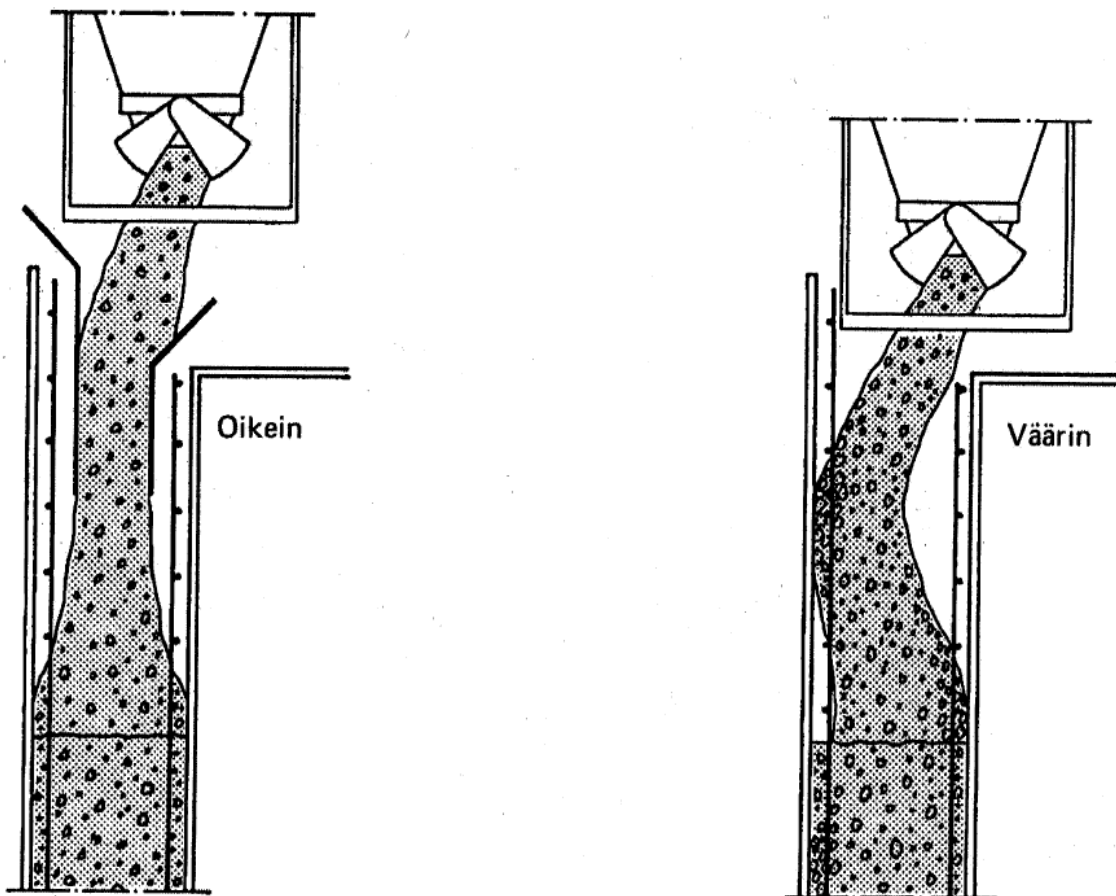


Kuvio 10. Betonoinnin yleiset työvaiheet

Valmisbetonimassan saapuessa työmaalle sille tehdään vastaanottotarkastus. Havaitut puutteet ilmoitetaan heti betonitehtaalte. Valmisbetonin kuormakirjasta tarkistetaan, että siitä löytyy FI-merkintä.

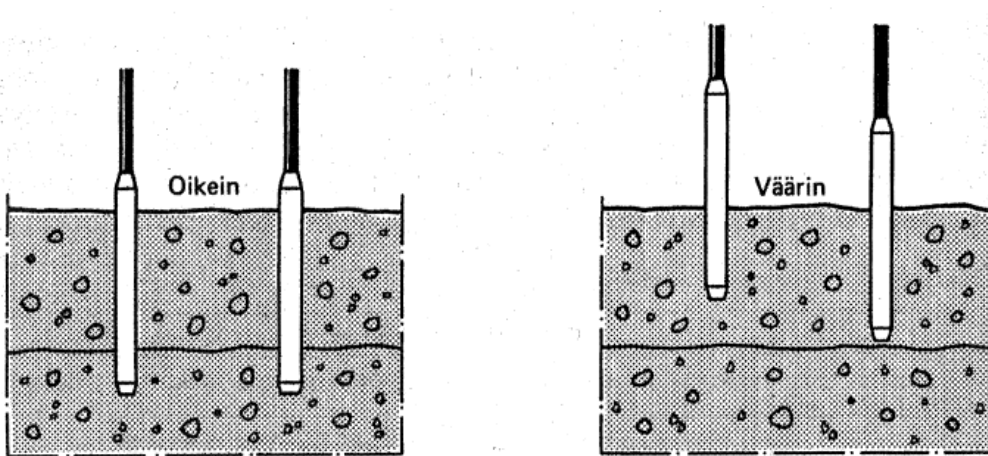
Ennen betonointia ja sen aikana valvotaan muottien lujuutta ja raudoitteiden paikoillaan pysymistä. Betonoinnissa huolehditaan suunnitellusta betonointinopeudesta, pudotuskorkeudesta ja betonikerroksen paksuudesta. Erottumisen välttämiseksi betonin pudotuskorkeus saa olla korkeintaan noin 1,5 metriä ja tarvittaessa käytetään valusukkaa. Kuviossa 11. on esitetty pystysuoran rakenteen oikea ja väärä valutapa. Kerralla

betonoidaan noin 0,3...0,5 metrin paksuinen kerros. Alle 350 millimetrin paksuiset laatat valetaan yhtenä kerroksena. Seiniä betonoitaessa edetään koko ajan samaan suuntaan rakenteen tasalaatuisuuden varmistamiseksi. Lämpöeriste tulee olla hyvin tuettuna muottirakenteessa ja betonointi suoritetaan vuoron perään eristeen molemmin puolin. Suunnitelmissa olevien reikien ja syvennyksien tekeminen varmistetaan sekä valun yhteydessä asennettavien laitteiden, rakennusosien ja tartuntojen asennus (Rakennustöiden laatu 2017, 125.)



Kuvio 11. Pystysuoran rakenteen valu (Betonitekniikan oppikirja 2004, 319).

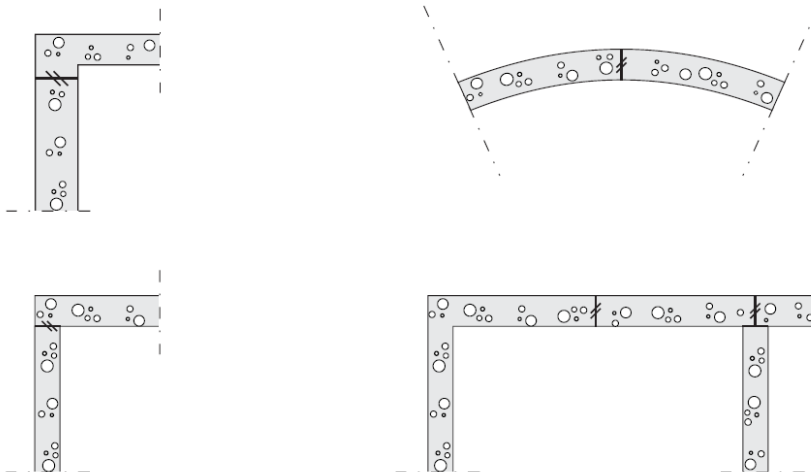
Betonoinnin tai tiivistyksen aikana varotaan vaurioittamasta raudoitusta tai varauksia. Betonia tiivistettäessä huolehditaan, ettei tapahdu massan erottumista. Kuviossa 12. on esitetty oikein ja väärin suoritettava tärytys. Tärytys tehdään 10...15 senttimetrin päästä muotin reunasta. Tärytys ulotetaan noin 20...30 senttimetriä edelliseen valukerrokseen. Yhden piston tärytysaika on 15...20 sekuntia. Uudelleentärytys tehdään ajallaan. Betonin pinta pysyy yleensä tasavärisenä, kun betonin lämpötila on 18...27 °C. Betonin lämpötilan noustessa yli 27 °C:een sen nopea kovettuminen saattaa aiheuttaa raitoja valukerrosten välille. (Korpela & Palolahti, [viitattu 4.3.2021], 18–22.)



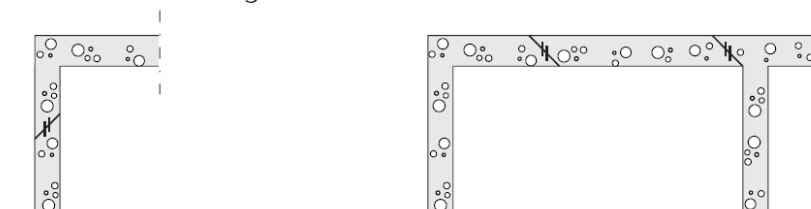
Kuvio 12. Tärytyks (Betonitekniiikan oppikirja 2004, 322.).

Jos betonointi joudutaan keskeyttämään niin, että betoni ehtii jäykistyä, tehdään valujen rajakohtiin työsauma. Vaakatyösaumat tehdään karhentaen, esim. harjaamalla betonin pinta ennen sitoutumista, pystysaumot työsaumaverkkojen avulla. Kuviossa 13. on esitetty oikeita ja virheellisiä ratkaisuja työsaumojen sijoittamisesta. Työsauman tulee olla suunniteltu rakenteellisesti oikein, sijoitettu oikeaan paikkaan ja tehty huolellisesti, jotta se vastaa varsinaista rakennetta. Työsaumojen rakenne ja sijoitus esitetään piirustuksissa. (Betonitekniiikan oppikirja 2004, 329; Koski ym. 2010, 71.)

Oikeita ratkaisuja:



Virheellisiä ratkaisuja:



Kuvio 13. Työsaumojen sijoittuminen (Koski 2010, 71).

Betonoitu rakenne suojataan esimerkiksi suojapeitteillä tai jälkiruiskutettavilla jälkihoitoaineilla sään- ja muilta haittavaikutuksilta sekä estetään veden haihtuminen rakenteesta. Tarvittaessa betonia kastellaan vedellä. Jälkihoito aloitetaan, kun valettu rakenne kestää toimenpiteet. Jälkihoidosta huolehditaan myös työaikojen ulkopuolella. Jälkihoitoa jatketaan niin kauan, että betonin lujuus on riittävä.

Betonirakenteet tarkastetaan ennen niiden peittymistä muiden rakennusosien alle ja tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja. Betonirakenteen tulee täyttää sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset pinnan laadun, rakenteen lujuuden ja mittatarkkuuden osalta. (Rakennustöiden laatu 2017, 125.)

Betonointipöytäkirjaa pidetään betonointitöistä. Betonointipöytäkirjan suunnitelmaosuus laaditaan ennen betonointiyön aloittamista. Betonoinnin edetessä tai välittömästi sen päätyttyä kirjataan huomiot mm. muottien, raudoituksen, betonin ominaisuuksien, betonoinnin osalta sekä koekappaleiden ja jälkitöiden osalta.

Betonointipöytäkirjan keskeiseen sisältöön kuuluu muun muassa

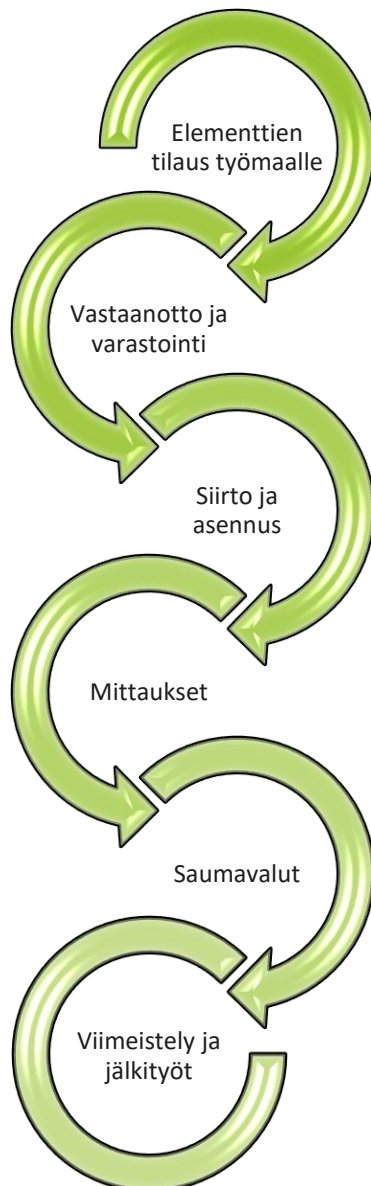
- perustiedot kohteesta
- toimittaja-, valuryhmä- ja valvojatiedot
- testien, koevalujen ja varsinaisen betonoinnin suorittamisajankohdat
- ilman ja betonimassan lämpötilat valun alkaessa ja päättyessä
- käytetty kalusto
- lämpötilankehitysmittausten otokset
- jälkihoidon tarve ja siihen käytetyt aineet ja menetelmät
- arviot jäätymislujuuden ja purkulujuuden saavuttamisesta. (Ratu 0403 2012, 3.)

Talvibetonointi. Lämpötilan laskiessa alle +5 °C betonin lujuudenkehitys hidastuu ja lämpötilan laskiessa alle 0 °C betoni jäätyy. Betonointikaluston lisäksi tarvitaan sulatus-, suojaus- ja lämmityslaitteet. Muotit ja raudoitteet puhdistetaan lumesta ja jäästä. Muottien ja muiden valettavaan pintaan rajoittuvien kylmien pintojen tulee olla riittävän lämpimiä ennen betonointia. Sulatuksessa ja lämmityksessä voi käyttää höyryä. Betonin lujuusluokka valitaan suunnitelmissa olevaa lujuusluokkaa suuremmaksi.

Betonin lämpötilan tulee olla yli +5 °C. Betoni suojataan heti tiivistyksen jälkeen. Valun lämmitykseen voidaan käyttää lanka-, muotti- tai infrapunalämmitystä tai kuumabetonointia. Betonoinnin tulee saavuttaa 5 MN/m² jäätymlujuus ennen jäätymistä. Lujuudenkehitystä seurataan lämpötilamittauksilla tai muilla luotettavilla menetelmillä. (Ratu 0403 2012, 12.)

6.3 Betonielementtirakentaminen

Ennen jokaisen työvaiheen aloittamista varmistetaan resurssien saatavuus, kuten kalusto, työvoima ja tarvikkeet. Kuviossa 14. on esitetty betonielementtirakentamisen yleiset vaiheet.



Kuvio 14. Betonielementtirakentamisen työvaiheet

Elementit pyritään tilaamaan työmaalle niin, että ne voidaan asentaa suoraan kuormasta paikoilleen. Jos elementit varastoidaan ennen asennusta, niille tulee varata riittävän tilava varastointialue. Elementtien saapuessa työmaalle niille tehdään vastaanottotarkastus, jossa tarkastetaan, että toimitetut elementit ovat oikeita, niissä on tunnistetiedot valmistajasta ja elementin painosta, nostopisteet ovat oikeanlaiset ja oikeassa paikassa eikä elementeissä ole vaurioita. Mahdolliset virheet ja muut puutteet merkitään rahtikirjaan ja tarvittaessa ollaan yhteydessä elementtitehtaaseen. (Rakennustöiden laatu 2017, 128.)

Elementtien siirroille ja nostoille tulee olla tarpeeksi tilaa. Työmaa tekee purkualueen rajauksen ja sivullisten pääsy alueelle estetään. Purun tapahtuessa katualueella siihen on hankittava lupa tai vähintään tehtävä ilmoitus poliisille. Elementtien purku tehdään asennusohjeiden mukaan. Purussa on tärkeää huomioida kuorman kaltevuus ja elementtien painopiste. Lisäksi on otettava huomioon, että käytössä on oikea nostokalusto ja -tapa sekä ketjujen nostokulmat ovat oikein. (Betonielementtien kuljetus 2008, 6.)

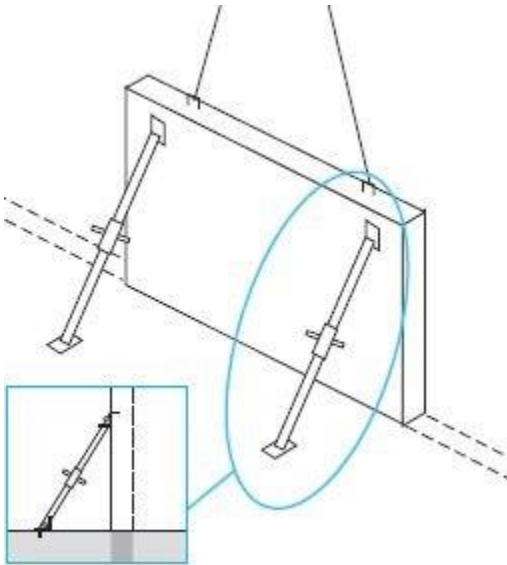
Ennen työn aloittamista varmistetaan, että asennussuunnitelmaan on kirjattu turvallisuusasiakirjan edellyttämät asiat. Näitä ovat mm.

- asennusjärjestys
- vähimmäistukipinnat
- elementtien kiinnittäminen
- erityistoimia edellyttävät elementit
- mittausjärjestelmä ja toleranssit
- asennuksen aikainen tuenta
- kiinnityshitsaukset materiaaleineen
- vaatimukset talvibetonoinnille ja lämmitystavalle (Rakennustöiden laatu 2017, 128.)

Elementit tulee kiinnittää suunnitelmassa esitetystä järjestyksessä ja niin että jo asennettujen elementtien stabiilitetti säilyy. Asennuksen suorittavilla asentajilla tulee olla käytössä asennuskaavio. Nostot tulee suorittaa valmistajan määrittelemistä nostopisteistä. Elementtiasennuksen alustan tulee täyttää sille asetetut vaatimukset.

Elementtien oikea sijainti, asennuksen mittatarkkuus, linjaukset, liitokset, riittävät tukipinnat, oikea korko ja riittävä asennusaikainen tuenta varmistetaan mittaamalla sekä säätämällä

elementtien asentoa tukien ja asennuspulttien avulla. Jokainen yli 1,5 metrin levyinen elementti tuetaan vähintään kahdella elementtituella. Kuviossa 15. on esimerkki elementtitukien käytöstä.



Kuvio 15. Elementtituki (Asennusaikainen stabiliteetti 2020.)

Ennen saumavalua tarkistetaan saumarauhoitteiden määrä, koko ja sijainti sekä hitsaus- ja pulttiliitokset. Jälkivalettavan vaakasauman on oltava vähintään 20 millimetriä paksu. Ylipursuneet saumavalut poistetaan ennen niiden kovettumista. Juotokset suojataan säältä ja muilta ympäristön haitoilta. Ennen elementtien kuormittamista tarkistetaan juotoksien kovettuminen.

Talvella saumat suojataan lumelta ja jäältä sekä lämmitetään tarvittaessa. Lämpötilan laskiessa alle +5 °C varmistetaan riittävällä suojauksella ja lämmityksellä, että juotosbetoni saavuttaa 5 MN/m² jäätymislujuuden ennen jäätymistään.

Elementtituet poistetaan vasta, kun niiden poistamisen ajankohta on varmistettu. Sauman tiiveydet tarkastetaan esimerkiksi porausnäyttein. Elementit tarkastetaan ennen niiden peittymistä muiden rakennusosien alle ja tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja. Elementtien asennuksen jälkeen varmistetaan, että asennus täyttää sopimusasiakirjoissa esitetyt laatuvaatimukset mittatarkkuuden, elementtien laadun, kiinnityksen ja juotosten osalta. (Rakennustöiden laatu 2017, 128–129.)

7 PÄTEVYYSVAATIMUKSET

7.1 Betonirakenteiden työnjohtaja

Betonointia johtavalla työnjohtajalla tulee olla vastaava pätevyys. Pätevyysvaatimus koostuu koulutus- ja työkokemusvaatimuksista. Pätevyysvaatimus perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin sekä sitä täydentävään Ympäristöministeriön ohjeeseen rakentamisen työnjohtotehtävien vaativuusluokista ja työnjohtajien kelpoisuudesta (Ympäristöministeriö 2015). Työnjohtotehtävien vaativuusluokat ovat vaativa, tavanomainen sekä vähäinen. Ohjeen mukaan vaativa työnjohtotehtävä on kyseessä silloin, kun rakennuksessa on enemmän kuin kolme kerrosta (mahdolliset kellari ja ullakkokerrokset mukaan lukien) tai kun rakennus on kerrosalaltaan yli 500 neliömetrin kokoinen. (Ympäristöministeriö 2015, 4.)

Koulutusvaatimus koostuu tutkinnosta ja opinnoista. Tutkinnon tulee olla soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään teknikon tutkinnon tasoinen. Opintosuoritusten yhteismäärä tulee olla vähintään 60 op ja sisältää seuraavat opintosuoritukset:

- rakennustekniikan opintoja sisältäen rakenteiden mekaniikkaa (väh. 7 op), betonirakentamista ja betoniteknologiaa (väh. 10 op), rakennusfysiikkaa (väh. 3 op)
- rakentamisen työmaa- ja tuotantotekniikkaa (väh. 10 op)
- projektinhallintaa ja -johtamista, aikataulusuunnittelua, hanketaloutta (väh. 10 op)

Työkokemusvaatimus on seuraava

- Riittävä kokemus ja perehtyneisyys kyseisen alan työnjohtotehtävissä rakennuskohteen laatu ja tehtävän vaativuus huomioon ottaen.
- Vähintään 3 vuoden kokemus betonirakenteiden työjohtotehtävistä, josta 1 vuosi vaativassa luokassa.
- Valmisbetonilaitoksessa kertyneestä työnjohtokokemuksesta otetaan huomioon enintään 1 vuosi. Betonirakenteita koskevasta tutkimus-, kehitys- ja opetustyöstä, rakentamisen valvomisesta tai rakennuttamisesta kertynyt työkokemus otetaan huomioon soveltuvien osien. (Betonirakenteiden työnjohtaja, [viitattu 26.2.2021].)

7.2 Elementtien asennustyönjohtaja

Elementtien asennustyötä johtavalla työnjohtajalla tulee olla vastaava pätevyys. Pätevyysvaatimus koostuu koulutus- ja työkokemusvaatimuksista. Pätevyysvaatimus perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin sekä sitä täydentävään Ympäristöministeriön ohjeeseen rakentamisen työnjohtotehtävien vaativuusluokista ja työnjohtajien kelpoisuudesta (Ympäristöministeriö 2015). Ohjeen mukaan erityisalan vaativa työnjohtotehtävä on kyseessä silloin, kun rakennustyö on teknisiltä ratkaisuiltaan tai työ- tai suunnittelumenetelmiltään tavanomaista vaativampi. Erityisalan työnjohtotehtävä on yleensä vaativa myös silloin, jos rakennuksen koosta, käyttötarkoituksesta, rakennusfysikaalisista ja terveydellisistä ominaisuuksista, kuormituksista ja palokuormista tai kantavista rakenteista taikka rakennussuojelusta, ympäristöstä, rakennuspaikasta tai rakentamisolosuhteista aiheutuu erityisalan rakennustyölle erityisiä vaatimuksia ja rakennuksessa on enemmän kuin kolme kerrosta (mahdolliset kellari ja ullakkokerrokset mukaan lukien) tai kun rakennus on kerrosalaltaan yli 500 neliömetrin kokoinen. (Ympäristöministeriö 2015, 4.)

Koulutusvaatimus koostuu tutkinnosta, opinnoista ja pätevyyskoulutuksesta. Tutkinnon tulee olla soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään teknikon tutkinnon tasoinen. Opintosuoritusten tulee sisältää rakenteiden mekaniikkaa (väh. 7 op) sekä betonirakentamista ja betonirakenteita (väh. 5 op). Lisäksi tulee olla suoritettuna FISE Oy:n hyväksymä betonielementtien asennustyönjohtajan kurssi ja sen lopputentti.

Työkokemusvaatimus on seuraava

- Riittävä kokemus ja perehtyneisyys kyseisen alan työnjohtotehtävissä rakennuskohteen laatu ja tehtävän vaativuus huomioon ottaen.
- Vähintään 3 vuoden kokemus betonirakenteiden työjohtotehtävistä, jonka on sisällettävä vähintään 2 vuotta betonielementtien asentamisen työnjohtotehtäviä ja vähintään 1 vuosi betonityönjohtotehtäviä vaativassa luokassa. 1 vuosi voidaan korvata tavanomaisen tai vaativan luokan teräs- tai puurakenteiden työnjohtokokemuksella. (Betonielementtien asennustyönjohtaja, [viitattu 26.2.2021].)

7.3 Hitsaaja

Hitsaajalla tulee olla riittävä pätevyys, joka todetaan vertaamalla suunnitelma-asiakirjoissa esitettyjä vaatimuksia hitsaajan pätevyystodistuksen oikeuttamaan pätevyysalueeseen. Lisäksi tulee olla voimassa oleva tulityökortti ja työmaan tulityövastaavan myöntämä tulityölupa. Pätevyys on voimassa 2 vuotta. Pätevyys ja tietotaito varmistetaan puolen vuoden välein. Hitsaustyössä noudatetaan tulityömääräyksiä. (RatuTT 16-00143 1996, 1–5.)

7.4 Koneiden kuljettajat

Koneiden käyttäjien pätevyudet:

- Ajoneuvonosturin, jonka nostokyky on yli 5 tonnia, kuljettajalla tulee olla alan ammattitutkinto.
- Torninosturin kuljettajalla tulee olla soveltuva ammattitutkinnon osa.
- Kuormausnosturin, jonka kuormamomentti on yli 25 tonnimetriä ja joka on tarkoitettu pääasiassa muuhun käyttöön kuin ajoneuvon kuormaamiseen ja purkamiseen, kuljettajalla tulee olla ammattitutkinto tai sen soveltuva osa.
- Trukin kuljettajalla on oltava työnantajan antama lupa, jossa on eriteltynä mitä trukkityyppiä lupa koskee. Luvan muodolle ei ole vaatimuksia, se voi olla esimerkiksi kortti tai lista luvanhaltijoista työpaikalla. Työntekijällä tulee olla riittävät taidot trukin kuljettamiseen ja työnantajan tulee varmistua tästä ennen luvan myöntämistä.
- Henkilönostimen kuljettajalla tulee olla työnantajan antama lupa, jossa on eriteltynä mitä nostinta lupa koskee. Luvan muodolle ei ole vaatimuksia, se voi olla esimerkiksi kortti tai lista luvanhaltijoista työpaikalla. Työntekijällä tulee olla riittävät taidot nostimen kuljettamiseen ja työnantajan tulee varmistua tästä ennen luvan myöntämistä.
- Työntekijällä työnantajan lupa taakan kiinnittämiseen asennuskäyttöön tarkoitettuun nosturiin. Työntekijällä tulee olla riittävät taidot ja kyky taakan kiinnittämiseen ja työnantajan tulee varmistua tästä ennen luvan myöntämistä. (Kuljettajien pätevyys 2020.)

8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön päämääränä oli vertailla paikallavaletun ja elementtirakenteisen kerrostalon runkotyövaihetta. Työn tavoitteena oli selvittää yhtäläisyyksiä ja eroja näiden kahden rakennustavan välillä. Tavoitteen saavuttamiseksi tehtiin kirjallisuuskatsaus.

Suomessa on jo lähes 150 vuotta rakennettu kerrostaloja. Kerrostalon runko voidaan tehdä kokonaan paikallavaluna, elementeistä tai näiden yhdistelmänä. Rakennustapa tulee päättää suunnitteluvaiheessa. Paikallarakentamisen hyviä puolia ovat toteutuksen yksinkertaisuus sekä rakenteiden hyvä ääneneristävyys. Elementtirakentamisen hyviä puolia ovat mm. lyhyt rakennusaika sekä se, että elementtien rakentamisvaiheessa niihin ei kohdistu säärasituksia.

Betonirunkorakentamisessa on enemmän työvaiheita työmaalla, kun taas elementtirunkorakentamisessa osa työvaiheista on tehty jo elementtitehtaalla. Molemmissa rakennustavoissa tulee huolehtia jälkihoitotöistä. Betonointipöytäkirjaa pidetään molemmissa rakennustavoissa. Talvityö tuo samoja haasteita, kuten lämmitys- ja suojaustarvetta. Kova pakkanen voi aiheuttaa häiriöitä kalustolle.

Työmaalla laadunvarmistustapoja ovat mm. tarkastukset, palaverit, suunnitelmat, mallityöt, mittaukset ja kokeet. Materiaalien, esim. betonimassan tai elementtien saapuessa työmaalle suoritetaan vastaanottotarkastus. Osa laadunvarmistustavoista on samoja riippumatta rakennustavasta. Betonirakenteiden työnjohtajalla ja elementtien asennustyönjohtajalla tulee olla vaadittava pätevyys. Hitsauksia tehdään molemmissa, joten hitsaajalla tulee olla tarvittava pätevyys sekä tulityölupa.

Rakennettaessa kerroksia joudutaan nostamaan rakennusmateriaaleja seuraaviin kerroksiin. Paikallarakentamisessa nostellaan isoja muotteja ja raudotteita, elementtirakentamisessa elementtejä. Nostotyösuunnitelma tulee tehdä, jos taakkojen nostamisessa käytetään kahta tai useampaa nosturia taikka nostotyö on vaikea, esimerkiksi erityisen painavat ja suurikokoiset taakat hankalissa olosuhteissa tai muuten erityistä suunnittelua vaativiin nostoihin. Tuentoja joudutaan tekemään, jottei muotit ja elementit kaadu.

Rakennustyömaalla tulee olla työvaiheesta riippumatta suojavaarusteina kypärä, silmäsuojain tai suojalasit, turvajalkineet ja heijastava suojavaatetus. Työturvallisuusriskit ovat samanlaisia riippumatta rakennustavasta. Runkotyövaiheessa työskennellään korkealla, nostetaan taakkoja, rakentamisen aikana syntyy kuiluja ja aukkoja, tehdään tulityöitä ja käytetään työvälineitä. Näistä kaikista aiheutuu tapaturmavaaroja. Erilaisia työturvallisuussuunnitelmia tehdään molemmissa rakennustavoissa. Näitä ovat mm. putoamissuojaussuunnitelma, työtelineen käyttösuunnitelma sekä nosto- ja siirtosuunnitelma. Paikallarakentamisessa tehdään lisäksi muottityösuunnitelma ja elementtirakentamisessa elementtien asennussuunnitelma.

Aluesuunnitelmassa tulee huomioida betonirunkorakentamisessa raudoittamon ja elementtirunkorakentamisessa elementtien välivarasto. Elementtirekat vaativat tieväyliltä riittävää leveyttä ja kantavuutta, elementit tulee voida asentaa suoraan kuormasta, ajoteiden kuorma- ja korkeusrajoitukset tulee olla selvästi esillä. Työkohteen siisteydestä ja jätehuollosta tulee huolehtia.

Opinnäytetyön aihevalinta tehtiin sen perusteella, että siitä tulisi olemaan mahdollisimman paljon hyötyä tekijälle. Työn avulla pyrittiin syventämään opinnoissa saatua tietoa ja täten kehittämään omaa ammattitaitoa. Tässä tavoitteessa onnistuttiin hyvin. Opinnäytetyössä käsiteltäviä aiheita voisi vielä tarkastella syvemmin. Lisäksi voisi vertailla kustannuksia ja rakennustapojen vaikutusta suunnitteluun.

LÄHTEET

- A 20.12.2017/1008. Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus- ja työtiloista.
- A 26.3.2009/205. Valtioneuvoston asetus rakennustyön työturvallisuudesta.
- Asennusaikainen stabiliteetti. 1.10.2020. [Verkkosivu]. Helsinki: Betoniteollisuus ry. [Viitattu 26.2.2021]. Saatavana: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/asennusohjeet/asennusaikainen-stabiliteetti>
- Betonielementtien asennustyönjohtaja. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Helsinki: Fise Oy. [Viitattu 26.2.2021]. Saatavana: <https://fise.fi/patevyysspalvelu/hae-patevyytta/tyonjohtajat/betonielementtien-asennustyonjohtaja/>
- Betonielementtien kuljetus – kuljettajaopas. 2008. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- Betonirakenteiden työnjohtaja. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Helsinki: Fise Oy. [Viitattu 26.2.2021]. Saatavana: <https://fise.fi/patevyysspalvelu/hae-patevyytta/tyonjohtajat/betonirakenteiden-rakentamisesta-vastaava-tyonjohtaja/>
- Betonitekniikan oppikirja. 2005. 5. uud.p. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- Korpela, J. & Palolahti, T. Ei päiväystä. Puhdasvaluohje. Helsinki: Betoniteollisuus ry.
- Koski, H., Koskenvesa, A., Mäki, T. & Kivimäki, C. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kuljettajien pätevyys. 26.10.2020. [Verkkosivu]. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. [Viitattu 26.2.2021]. Saatavana: <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/koneet-ja-tyovalineet/kuljettajien-patevyys>
- Myllärinen, T., Pahajoki, H., Peltonen P. & Saarikko J. 2019. Talonrakennus: Kantavat rakenteet ja sisävalmistustyöt. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Neuvonen, P. (toim.) 2006. Kerrostalot 1880–2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Palolahti, T., Koskenvesa, A., Lindberg, R. & Sahlstedt, S. 2008. Muottityön turvallisuus. Helsinki: Betonikeskus ry.
- Rakennustöiden laatu 2017. 2016. 11. p. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Ratu 0403. 2012. Betonointi. Helsinki: Rakennustieto Oy.

- Ratu 1223-S. 2009. Rakennustöiden putoamissuojaussuunnitelma. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Ratu C2-0454. 2017. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Raturva - rakennustöiden ja -koneiden turvallisuusohjeet. 2017. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- RatuTT 16-00143. 1996. Rakennustyömaan hitsaukset. Hitsaajan pätevyyden toteaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- RatuTT 5.10. 2004. Nostotyösuunnitelma. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- RT 16-10660. 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- RT 82-10814. 2004. Paikallavaletut betonirunkorakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- RT 82-10821. 2004. Betonielementtirunkorakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Suomen virallinen tilasto (SVT). 14.10.2020. Asunnot ja asuinolot. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu 4.11.2020]. Saatavana: http://www.stat.fi/til/asas/2019/01/asas_2019_01_2020-10-14_kat_001_fi.html
- Ympäristöministeriö. 12.3.2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamisen työnjohtotehtävien vaativuusluokista ja työnjohtajien kelpoisuudesta YM4/601/2015. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 26.3.2021]. Saatavana: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/YM-ohje-rakentamisen-tyonjohtotehtavien-vaativuusluokista-ja-tyonjohtajien-kelpoisuudesta-B33FC775_2506_4231_8258_7CF22FA5DCA4-109134.pdf/304735da-e2f7-f110-24b5-97d63d167533/YM-ohje-rakentamisen-tyonjohtotehtavien-vaativuusluokista-ja-tyonjohtajien-kelpoisuudesta-B33FC775_2506_4231_8258_7CF22FA5DCA4-109134.pdf?t=1600745629332