

Paikallavalulaattojen laadunvarmistus



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Vismäki, rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

kevät, 2018

Janne Pudassalo

Koulutus
Kampus

Tekijä	Janne Pudassalo	Vuosi 2018
Työn nimi	Paikallavaluholvien laadunvarmistus	
Työn ohjaaja/t	Hannu Fagerlund, Tommi Sakki	

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena on luoda betonityönjohtajalle useista eri lähteistä koottu ohje, jota sovelletaan paikallavalettavien ala-, väli- ja yläpohjien betonoinnissa. Työn liitteeksi luodaan tarkistuslista ennen betonointia tehtävistä tarkastuksista valuuun asennetuista eri komponenteista.

Työn toimeksiantajana on rakennusliike Hartela Länsi-Suomi Oy, jota tässä työssä edustaa työpäällikkönä työskentelevä Tommi Sakki.

Sisältö on luotu niin, että se vastaa kronologisessa järjestyksessä työmaalla tehtäviä betonointitöitä. Kunkin työvaiheiden eri menetelmiä, työsuunnittelua ja muita vaatimuksia avataan tarkemmin tämän työn kunkin työvaiheiden kuvauksissa.

Työhön on luotu otsikkotasolla betonoinnin eri työvaiheet, jotka sisältävät niiden sisältökuvauksen ja ohjeita niiden toteuttamiseen. Ohjeissa on perusteltu eri osakohtia, jotta lukijalle saataisiin vankempi ymmärrys erilaisen ilmiöiden ja toimintaperiaatteiden ominaisuuksista. Tämä auttaa säilyttämään faktatiedot ja täten niitä on sujuvampaa soveltaa.

Nykyaikaisten rakennusmääräysten mukaisen betonirakenteen luomiseksi vaaditaan paljon työtä eri osa-alueilta, sekä oikeanmukaista suunnittelua ja viestintää liittyvien töiden urakoitsijoiden kanssa.

Avainsanat paikallavalu, betoni, välipohja, betonointi, holvi

Sivut 70 sivua, joista liitteitä 1 sivu

Name of degree programme

Campus

Author Janne Pudassalo **Year** 2018

Subject Quality assurance of cast in situ slabs

Supervisors Hannu Fagerlund, Tommi Sakki

ABSTRACT

The aim of this Bachelor's thesis was to draw up a guide compiled from several sources for supervisors working with cast in situ slabs in concreting subfloors and upper floors. Another aim was to create a checklist on all inspections conducted on various components installed in cast slabs. The thesis was commissioned by a construction company Hartela Länsi-Suomi Oy.

The content of the thesis follows the chronological order of concreting on a construction site, i.e. how a in situ slab is cast from the planning to the drying of concrete. The various methods of different work stages, work planning and other requirements are discussed in detail.

Various work stages of concreting are described including instructions to complete them. Different phenomena are explained to assist the reader to understand them better and to apply them into practice more easily.

In order to build a structure complying with the present building regulations requires plenty of work in different fields, correct planning and communication with the contractors.

Keywords slab, concrete, cast in situ, upper floor, concreting

Pages 70 pages including appendices 1 page

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	BETONIRAKENTEET	2
2.1	Betoni	2
2.2	Betonin rakenne	2
2.3	Edut	2
2.4	Haasteet	3
2.5	Historiaa	3
2.6	Betonirakentaminen 2010 -luvulla.....	3
3	PAIKALLAVALUTYÖ	4
3.1	Perustaa.....	4
3.2	Edut	4
3.3	Haasteet	5
4	ENNEN TYÖN ALOITUSTA	5
4.1	Suunnitelmat	5
4.2	Betonintikaluston valinta	7
4.3	Betonin tilaaminen	9
4.4	Aloituspäivät työvaiheista.....	10
4.5	Betonityön johtaminen	10
4.6	Holvin valmistusta edeltävät työt	10
5	MUOTTITYÖ	11
5.1	Perustaa.....	11
5.2	Muottikalusto laattarakenteille	11
5.3	Muottikaluston valinta	14
5.4	Muottipinnan esikortus.....	15
5.5	Muottikierron suunnittelu	16
5.6	Muottipinnan käsittely.....	16
5.7	Väliseinien mittaus	17
6	RAUDOITUSTYÖ	17
6.1	Perustaa.....	17
6.2	Betoniteräksiset.....	17
6.3	Vaatimukset	18
6.4	Raudoitetyypit.....	19
6.5	Kuitubetoni.....	20
6.6	Raudotteiden tilaaminen.....	21
6.7	Varastointi	21
6.8	Siirrot ja nostot.....	22
6.9	Betoniterästen jatkaminen	22
6.10	Suojaetäisyydet	23
6.11	Asennus: ala- ja yläpinta	24

6.12	Raudoitustankojen väli.....	25
6.13	Läpivientiaukkojen lisäraudoitus.....	26
6.14	Raudoituksen tarkastus.....	27
7	TALOTEKNIikka-ASENNUSTYÖ	28
7.1	Perustaa.....	28
7.2	LVIS -suunnitelmat	28
7.3	Urakkarajat.....	28
7.4	Asennusten kiinnitys	29
7.5	Läpivientien tiivistys	29
8	TARKASTUKSET ENNEN BETONOINTIA	30
9	BETONOINTITYÖ	32
9.1	Perustaa.....	32
9.2	Betonin laatuvaatimukset	32
9.2.1	Betonipinnat	32
9.2.2	Betonilattiat.....	33
9.2.3	Suoruus ja tasaisuus	34
9.2.4	Kulutuskestävyys	34
9.2.5	Halkeilu	34
9.2.6	Pinnan laatu.....	35
9.3	Työsaumat.....	36
9.3.1	Perustaa.....	36
9.3.2	Työsaumaluokat	38
9.4	Betonimassan laatu.....	38
9.5	Näytepalojen keräysmenetelmä	38
9.6	Betonointikaluston sijoittelu.....	39
9.7	Ympäröivien pintojen suojaus.....	39
9.8	Betonin tiivistäminen	39
9.9	Betonin suojaaminen	40
9.9.1	Sääsuojaus	40
9.9.2	Sääsuojauskalusto	41
9.10	Betonin jälkihoito	41
9.11	Talvibetonointi	42
9.11.1	Perustaa.....	42
9.11.2	Lujuudenkehityksen nopeuttaminen	43
9.11.3	Talvibetonointiin varautuminen.....	43
9.11.4	Puhdistus ja sulatus	44
9.11.5	Betonin lämmitys valutyön aikana	44
9.11.6	Betonin lämmitys valutyön jälkeen	44
9.11.7	Betonin lämpötilaseuranta.....	45
10	MUOTIN PURKU.....	46
10.1	Perustaa.....	46
10.2	Siirrot ja nostot.....	47
10.3	Jälkituenta	48
11	LUJUUDENSEURANTA.....	48

11.1 Perustaa.....	48
11.2 Lujuuden määrittämismenetelmät	49
12 RAKENTEEN KUIVUMINEN.....	50
12.1 Perustaa.....	50
12.2 Rakenteen kutistuminen	51
12.3 Kuivumiseen vaikuttavat asiat	52
12.4 Kuivumisen tehostaminen	54
12.5 Kosteusseuranta.....	55
12.5.1 Kosteusmittaus	55
12.5.2 Pintakosteudenosoittimet.....	56
12.5.3 Betonin suhteellinen kosteus	56
12.5.4 Porareikämittaus	57
12.5.5 Näytepalamenetelmä	58
12.5.6 Päälystettävyysarviointi.....	58
12.5.7 Kosteuden mittauspisteet	59
12.5.8 Päälystettävyysarvioinnin mittaussyvydet	60
12.5.9 Mittaustulosten tulkinta ja raportointi	61
13 DOKUMENTOINTI	61
13.1 Arkistointi	61
13.2 Valokuvat.....	62
14 JOHTOPÄÄTÖKSET	63
15 POHDINTA.....	64
LÄHTEET	66

Liitteet

Liite 1 Betonityönjohtajan tarkastuslista

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tavoitteena on perehtyä syvällisemmin paikallavalettaviin betonirakenteisiin, mutta tässä työssä on syvennytty kuitenkin työmaalla valmistettaviin betonisiin ala-, väli- ja yläpohjiin sekä lattiaaattavaluihin.

Perimmäisenä tarkoitukseni on luoda tästä työstä eräänlainen tarkastuslista käytännön työn parhaaseen mahdolliseen toteuttamiseen. Paikalla valettavat rakenteet ovat suuri osa rakennushankkeen kokonaisuutta, jonka vuoksi niissä on runsaasti tärkeitä asioita, jotka pitää muistaa kyseisiä rakenteita toimeenpanettaessa.

Tärkeänä osana työtä on myös se, että osaan itsenäisesti etsiä relevanttia tietoa virallisista ja pätevistä lähteistä. Lähteenä Internet on hyvinkin kattava, mutta sieltä varmasti tulee vastaan sellaista tietoa, joka ei ole enää voimassa tai alun perinkään todenmukaista. Tutustumalla myös eri standardien ja eurokoodien asettamiin vaatimuksiin ja määräyksiin saan hyvää kokemusta niiden kanssa toimimiseen jatkossakin.

Yhtenä päälähteistäni aion käyttää omaa oppimisympäristöä ja sen ympärillä toimivia henkilöitä. Opiskelulaitoksessani on runsas määrä alan kokeneita ammattilaisia, joilta voin kysyä heidän omaa näkemystään askarruttaviin seikkoihin. Myös nykyisessä työpaikassani on organisaatio, joka on toimeenpannut opinnäytetyöni aiheita kukin osaltaan enemmän tai vähemmän.

Opinnäytetyöni tilaajan toivomuksesta ja kehotuksesta otan yhdeksi osa-alueeksi betonirakenteiden kuivumisen. Valutyön jälkeisen betonirakenteiden kuivuminen ohjeistettuun suhteellisen kosteuteen vie runsaasti aikaa ja vaatii ihanneolosuhteita, minkä johdosta siitä on tullut ongelmallinen ilmiö etenkin aikataulultaan tiukkojen rakentamisprosessien etene- misien kannalta.

Pääpainotteena kuivumisessa perehdyn hankkeen rakennusaikaiseen lämmitykseen ja tarvittavaan sisäilman vaihtuvuuteen ja kuivaamiseen. Laadunvarmistus on myös tietyiltä osa-alueiltaan suoraan verrannollinen samaisen rakenteen kuivumisaikaan.

Valmiiksi opittua tietoa ja menetelmiä sovellan tässä työssä viimekesäisestä harjoittelupaikastani Hartela Länsi-Suomi Oy:lla, As Oy Valkeakosken Majakan kerrostalotyömaasta.

2 BETONIRAKENTEET

2.1 Betoni

Betoni on yksi yleisimmistä rakennusalalla käytettävistä materiaaleista, joka on kiviperäistä, valmistusvaiheessa nestemäistä massaa. Se tarvitsee kovettuakseen kemiallisen reaktion, jota kutsutaan hydrataatioksi. Hydrataatiossa betonin komponentit sementti ja vesi reagoivat keskenään, kun ne pääsevät valmistusvaiheessa kosketuksiin toistensa kanssa.

2.2 Betonin rakenne

Betoni koostuu komponenteista, joita ovat vähintään sementti, runkoaines ja vesi. Betoniin voidaan myös lisätä eri olosuhteiden vaatiessa lisä- ja seosaineita, jotka auttavat massaa kestämään eri rasituksia tai haasteita betonoitavassa kohteessa.

Kovettunut betoni on sisäiseltä rakenteeltaan yhdistelmäateriaali, toisin sanoen komposiitti. Se koostuu runkoaineesta ja sementtikivistä. Sementtikiven tehtävänä on toimia liima-aineena runkoainerakeiden välillä ja täyttää välitilat. Tavallinen betoni pyritään valmistamaan siten, että runkoaineen määrä betonissa on mahdollisimman suuri ja sementtikiven mahdollisimman pieni. (Nykyri 2013, 33.)

Betonilla on hyvät ominaisuudet puristusta vastaan, mutta se kestää huonosti vetoa. Betonin lujuuteen vaikuttaa muun muassa sen ainesosat ja koostumus, kovettumisaika ja vesisementtisuhte. Mitä pienempi vesisementtisuhte, sitä lujempaa betoni on (Vuori 2016).

Betonin lujuusluokka ilmoitetaan 28 vuorokauden ikäisen betonin lieriö- ja kuutiopuristuslujuuden suhteenä. (NCCI 3/2016, 16.)

2.3 Edut

Etuna betonilla on sen kestävyys kosteutta vastaan esimerkiksi maanalaisissa rakenteissa. Betoni ei lahoa tai korrosioidu, kuten puu- ja teräsrakenteet tekevät. Se on työstettävyydeltään erinomainen rakennusmateriaali, koska valmistusaikana betoni on notkeaa. Tämä mahdollistaa myös muotitirakentamisen, jolla saadaan aikaan hyvinkin erimuotoisia ja kokoisia rakenteita. Myös vedenalaista betonointia on mahdollista tehdä, paikallavaluna tai elementtirakenteina esimerkiksi vedenalaisissa perustusratkaisuissa.

Betoni on ääni- ja paloeristävyydeltään tarpeisiimme soveltuva materiaali. Betoni kestää kuumuutta ja tulta paremmin kuin esimerkiksi vaihtoehtoiset materiaalit puu ja teräs.

2.4 Haasteet

Betonirakentamisessa haasteeksi tulee betonin omapaino, sillä sen tiheys on märkänä ja raudoitettuna noin 2500 kg kuutiometriä kohden. Varsinkin elementtirakentamisessa niiden siirtämiseen vaaditaan aina nostokyvyltään isompaa tai pienempää nostinta. Myös paikalla valettaessa suuria määriä ei ole tuottavaa valmistaa betonia itse työmaalla muun muassa sen suuren painon vuoksi, vaan on tehokkaampaa suorittaa työ betoniauton avulla niin, että betonimassakin valmistetaan tehtaalla.

Haasteena on myös betonin lujuuskestävyys vetorasitusta vastaan, sillä betoni on haurasta materiaalia. Vetolujuutta betonirakentamisessa tehostetaan teräksellä, niin sanottujen vetoterästen avulla. Vetoteräkset asennetaan betonirakenteen alapintaan rasituksia nähden pituussuunnassa.

Betonin lujuuden kehitys vie aikaa, joten työskentelyä pitää suunnitella ja ajoittaa sen mukaisesti tarkasti, jottei betoni saa liian suuria rasituksia lujuudenkehitysvaiheessa. Betoni saavuttaa sille asetetun nimellislujuutensa noin 28 vuorokaudessa.

Betonirakenteen kuivuminen on suuri ongelma työmailla, sillä betonirakenteen päälle tulee hyvin usein jonkinlainen pintamateriaali, joka vaikeuttaa tai jopa estää kokonaan betonin kuivumisen. Betonin kuivumiseen vaikuttavat ympäröivät olosuhteet, betonin laatu ja sen rakenne. Betonin kuivumisessa seurataan rakenteen suhteellista kosteutta, jolle määritetään raja-arvot, riippuen hyvin pitkälti päälle tulevasta materiaalista.

2.5 Historiaa

Betonia on käytetty hyväksi todettuna rakennusmateriaalina jo tuhansia vuosia, joskin sen valmistamiseen käytettävät komponentit ovat muuttuneet kehityksen myötä hyvinkin paljon.

Rakennusmateriaalina betonia on käytetty jo Antiikin Roomassa, jossa osa betonirakennuksista on vieläkin pystyssä ja voimissaan. Muun muassa Pantheon on valmistettu betonista.

2.6 Betonirakentaminen 2010-luvulla

Yhä nykyään betonirakentaminen on voimissaan, sillä se on yksi yleisimmistä materiaaleista työmailla ympäri maailmaa.

Poikkeuksena menneisyyteen tänä päivänä betonista tiedetään paljon enemmän esimerkiksi testien ja kokeiden avulla, sekä betonin kehittämisen yhä paremmaksi materiaaliksi on jatkuva prosessi.

Betonin muokkaamiseksi olosuhteiden mukaiseksi on kehitetty paljon erilaisia menetelmiä ja ratkaisuja, muun muassa lisä- ja seosaineita. Nykyään

Suomen kylmissä olosuhteissa betonoiminenkaan talvisaikaan ei ole ongelma, sillä lisäaineet kuten kiihdyttimet nopeuttavat betonin kovettumisreaktiota.

3 PAIKALLAVALUTYÖ

3.1 Perustaa

Betonointi työmaalla on työvaltainen valmistustekniikka, joka voidaan kuitenkin myös teollistaa (muotti- ja raudoituselementtien myötä, sekä valmisbetonin ja pumppuvalun avulla), joka sopii huonommin talvirakentamiseen. Talvibetonointi kuitenkin teknisesti hallinnassa kuumabetonin, lämmitettyjen ja lämmöneristettyjen muottien, sekä infrapuna- ja sähkölämmitysten myötä. (Vuori 2016.)

Työmaalla betonointi vaatii runsaasti esivalmisteluja ja tietoa sekä taitoa työntekijöiltä, mutta myös työnjohdolta ohjeistuksen ja valvomisen kannalta. Yleensä paikalla valettaessa vaaditaan erikseen ennen betonointia valmistettavat muotitukset ja raudoitukset. Paikallavalettaviin rakenteisiin tulee usein myös paljon tekniikka-asennuksia, joiden oikeanmukaisuudesta on oltava varmoja, sillä kovettunutta betonia on työläs lähteä muokkaamaan.

3.2 Edut

Paikallavalutyön etuna on tulevan rakenteen muokkaamismahdollisuudet työmaalla, kun betonoitavan kohteen dimensioita eli muotin reunoja voidaan liikutella vapaasti tarpeen mukaan.

Tekniikka-asennusten läpivienti onnistuu helposti asentamalla ne raudoitettuun muottirakenteeseen. Tällöin rakennepaksuus pienenee tehokkaasti, kun pääasiassa sähkö-, vesi- ja viemäriputket voidaan asentaa suoraan laatan sisään. Vastaavasti elementtirakenteisissa laatoissa useat tekniikka-asennukset on peitettävä esimerkiksi alas lasketuilla katoilla tai kotelloilla.

Kiireellisemmissä tilanteissa rakenne on huomattavasti nopeampi valmistaa paikallavalutyönä kuin elementtinä, sillä rakentamisen ollessa vuonna 2017 suurena osana Suomen taloutta vaikuttaa se myös elementtitehtaiden toimitusaikoihin. Rakenteiden ollessa hyvin erilaisia niin muodoltaan, lujuudeltaan ja raudoitukseltaan ei niitä suoraan elementtitehtailta varastotuotteena voi saada.

Betonoitavan kohteen sijainti voi olla työmaalla sellainen, ettei sinne voi yksinkertaisesti nostaa painavia kappaleita. Tällöin edullisempänä ratkaisuna on paikallavalu, sillä betonipumppuautolla pääsee riittävän lähelle työpistettä. Betonipumppuautolla harvemmin vastaan tulee myöskään tavanomaisissa kohteissa korkeus tai vaakasuuntainen etäisyys, sillä ne on varustettu eri tilanteisiin sopivilla puomeilla ja letkuilla.

3.3 Haasteet

Haasteena työmaalla betonoitaessa on muottien oikea ja kestävä väliaikaistuenta, sillä betonimassa on voimakasta materiaalia ja löytäessään heikkouden muottirakenteesta se voi koitua merkittäväksi vahingoksi. Väliaikaistuennasta on oltava yksityiskohtaiset suunnitelmat sekä valvonnan tarkkaa.

Paikallavalutyö työmaalla tuo myös paljon vastuita työnjohdolle, sillä valettava osakohde on tarkistettava työvaiheittain, niin muotin, raudoituksen kuin tekniikka-asennuksenkin osalta. Jos tarkastuksen tekee ainoastaan juuri ennen betonointia, voi korjausliikkeitä olla vaikea lähteä tekemään niin tilanpuutteen vuoksi.

Ajalliset pakotteet tulevat myös vastaan, sillä betonin kovettuminen sekä kuivuminen tulee ottaa huomioon liittyvissä ja jälkeisissä työvaiheissa. Elementtiratkaisuissa betoni on valettu asennusajankohtaa nähden yleisesti ottaen paljon aikaisemmin, joten kovettuminen ei tule suureksi haasteeksi.

Valettaessa niin korkealla, ettei betonointikalusto yksinkertaisesti riitä, voi tulla työmaalla haasteelliseksi. Ratkaisuna voidaan kuitenkin betonoida kohde nostoastiavaluna, jossa esimerkiksi torninosturi tai ajoneuvonosturi nostaa betonimassalla täytetyn nostoastian valettavaan kohteeseen.

4 ENNEN TYÖN ALOITUSTA

4.1 Suunnitelmat

Betonirakentaminen työmaalla alkaa, kuten muutkin työvaiheet, tutustumalla suunnitelmiin ja piirustusasiakirjoihin. Jokaisesta isommasta tai merkittävästä betonirakenteesta tehdään asianmukaiset suunnitelmat, joiden pohjalta työ toteutetaan.

Suunnitelma-asiakirjoissa esitetään betoniin liittyen erilaisia vaatimuksia ja yksityiskohtaisia tietoja, joita noudatetaan suunnitellun betonirakenteen aikaansaamiseksi. Tärkeimmät tiedot suunnitelmissa ovat rakenteen lujuus, rasitusluokat, raudoituspääruudukset selvityksineen, käyttöikä, betonipeitteen vähimmäismäärä ja betonimassan suurin sallittu raekoko.

Etukäteen on hyvä suunnitella sitä, kuinka suuria valuja on mahdollista suorittaa yhdellä kertaa. Etenkin betonilattioissa olosuhteiden hallinta ja jälkihoidon aloitus ovat usein kriittisiä tekijöitä lopullisen laadun kannalta. (Mannila 2017.)

Betonointikalustoa ja -menetelmiä valittaessa käytetään apuna työmaan ajankohtaista aluesuunnitelmaa. Aluesuunnitelman avulla voidaan miettiä ennakkoon esimerkiksi betonointikaluston sijoittelua ja työskentelymahdollisuuksia.

Viranomaisohjeessa, Suomen rakennusmääräyskokoelma B4, edellytetään, että betonointitöitä varten tehdään betonointisuunnitelma. Betonointisuunnitelmassa tarkennetaan kutakin valua ennen betonointia tarvittavalla laajuudella. (Sahlstedt, Koskenvesa, Lindberg, Kivimäki, Palolahti & Lahtinen 2013, 50.)

Betonointityötä suunnitellaan ennakkosuunnittelulla, jossa huolellisella työnsuunnittelulla vältetään turha työ, joka johtaisi ylimääräisiin lisäkustannuksiin. Betonointisuunnitelmalla varmistetaan työn sujuvuus, jolloin työn toteuttaminen suoritetaan minimiajassa ja -kustannuksin. (Betoniteollisuus ry n.d.)

Betonointisuunnitelman laadinnassa käytetään pohjana suunnitelmia ja asiakirjoja valutyöohjeeksi. Suunnittelijalla on vastuu siitä, että suunnitelmassa ja asiakirjoissa on esitetty kaikki materiaaleille ja lopputuotteelle asetetut vaatimukset. Varsinkin talvisaikaan on syytä panostaa betonointisuunnitelman laatimiseen yhteistyössä asianosaisten suunnittelijoiden ja betonitoimittajan kanssa. Yhteistyössä käydään läpi tavoitteet ja toimenpiteet, jotka vaaditaan sen täyttämiseksi. (Ratu 120603, sivu 5)

Betonointisuunnitelmassa tärkeimmät huomioitavat seikat, varsinkin kylmissä olosuhteissa betonointia suoritettavat toimenpiteet ovat muottikaluston ja lämmitysjärjestelmän yhteensopivuus, muottikierron tahdistaminen aikatauluun, työsaumojen sijoittelu, muottikaluston riittävyys, betonin muotinpurkulujuuden määrittely, lämmitys ja lämpötilanseuranta, lämmityskaluston kunnan selvitys ja tarvittavien lupien hankinta, lämpösuojausten laatu ja määrä, muottien purkujärjestys ja rakenteiden jälkikuuntelu. (Ratu 120603, sivu 5.)

Mikäli on olemassa pienikin mahdollisuus siihen, että betonointi joudutaan osittain tai kokonaan tekemään talvibetonointina, on siitä tehtävä talvibetonointisuunnitelma. Suunnitelma tulee laatia tarvittavan ajoissa niin, että kaikki tarpeelliset laitteet ja materiaalit saadaan hankittua ennen työn aloittamista. (Sahlstedt ym. 2013, 50.)

4.2 Betonointikaluston valinta

Betonirakenteiden valaminen on vaihtelevaa myös käytettävän kaluston kannalta. Työmaalla on tärkeä suunnitella valussa käytettävää kalustoa, jotta säästettäisiin kustannuksissa mutta saataisiin työ suoritettua ilman kalustopohjaisia haasteita.

Betonointiin on kehitetty erilaisia kalustovaihtoehtoja, jotka riippuvat hyvin pitkälti työmaan ja valukohteen ominaisuuksista. Kalustoa valittaessa on mietittävä, kuinka lähelle työkohdetta päästään kalustolla, kuinka korkealla työkohde on, onko se rakennuksen sisällä, kantaako alla oleva alusta kalustoa, kuinka suuri määrä betonia valetaan ja millainen on ympäröivä liikenne.

Betonipumppu soveltuu kaikenlaisten rakenteiden valutöihin (kuva 1). Putkissa pumppaamalla voidaan betonia siirtää tarvittaessa pitkiäkin matkoja sekä vaaka- että pystysuunnassa. Pumppukaluston teho- ja kokoluokka valitaan betonointinopeuden, pumppausetäisyyden sekä betonin suurimman raekoon mukaan. Jäykkien betonimassojen siirtäminen ei onnistu betonipumpulla. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)



Kuva 1. Välipohjaholvin betonointi betonipumppuautolla.

Nostoastia on vaihtoehtona silloin, kun työmaalla on nostokapasiteetiaan riittävän suorituskykyinen nosturi (Rakennustuoteteollisuus n.d.). Esimerkiksi korkeissa rakennuksissa betonipumppuauton nostokapasiteetti ei

välttämättä riitä, jolloin nostoastiamenetelmää voidaan käyttää ajoneuvo- tai torninosturin (kuva 2) kanssa.



Kuva 2. Yläpohjan betonointi nostoastiavaluna.

Hihnakuljettimella voidaan betonimassaa siirtää lyhyisiin kohteisiin. Jyrkässä kulmassa betonia siirrettäessä betonimassan tulee olla notkeusasteeltaan riittävän jäykkää, jotta se ei valu hihnaa pitkin takaisin alas. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Valukourulla (kuva 3) voidaan betonointi suorittaa maan tasalla tai sen alapuolella olevia matalia rakenteita, joiden lähelle päästään betoniauton kanssa. Muotin yläreuna ei saa olla liian korkealla, sillä betonimassa liikkuu kourussa vain painovoimaisesti (Rakennustuoteteollisuus n.d.). Valukourun teleskooppimaisen rakenteen myötä sen pituutta voidaan säädellä tarpeen mukaan. Betonimassa on myös oltava riittävän notkeaa, jotta se valuu omalla painollaan alaspäin.



Kuva 3. Valukouru (Rudus n.d.).

4.3 Betonin tilaaminen

Betonointityön tilauksessa tilataan yleensä työtä ja/tai materiaalia kahdelta eri toimittajalta. Betonimassa tilataan poikkeuksetta aina ulkopuoliselta toimittajalta, varsinkin kun kyseessä on isoja määriä betonia.

Betonimassa tilataan varsinkin suuremmilta betonitoimittajilta puhelimitse tilauspalvelun kautta. Tilatessa puhelimella on tärkeää muistaa pyytää lähettämään kirjallinen tilausvahvistus, jolla ehkäistään väärinkäsitykset ja saadaan täten oikeanlaista betonia työmaalle. Riskinä on, että varsinkin suurissa valuissa betonia toimitetaan isoja määriä vääränä laatuna.

Betonimassa on tilattava riittävän ajoissa ennen varsinaista valutyötä, sillä betonitoimittajilla saattaa olla suuret jonot toimitusten kanssa. Jos massaa ei saadakaan suunniteltuun ajankohtaan, joudutaan betoni tilaamaan kauempaa tai vaihtoehtoisesti siirtämään valuajankohtaa, mikä taas saattaa aiheuttaa työmaan muihin ajallisiin painotteisiin haasteita.

Materiaalia tilatessa täytyy toimittajalle ilmoittaa betonin lujuus-, notkeus- ja rasitusluokat, suunniteltu käyttöikä, betonimassan runkoaineen suurin raekoko, betonointikaluston tarve, betonimassan määrä ja beto-

nointiajankohta. Suunnitelmiin on syytä perehtyä hyvin ennen betonin tilaamista, sillä jotkut valut saattavat sisältää harvemmin käytettyjä lisäaineita tai muita ominaisuuksia.

4.4 Aloituspalaverit työvaiheista

Aloituspalaverien pitäminen muotti-, raudoitus-, tekniikka-asennus- ja betonointitöistä on tärkeää. Tarkoituksena on ennakkoon tutustua suunnitelmiin ja detaljeihin, jotka sitten käydään läpi palaverissa ja mahdollisista epäselvyyksistä sovitaan.

Palaverissa kullekin työlle sovitaan laatuvaatimukset, aikataululliset vaatimukset, liittyminen muihin töihin, työturvallisuus ja työmaakohtaiset käytännöt.

Palaveriin tulisi osallistua myös kunkin työvaiheen työntekijät, jotta tieto saataisiin vietyä varmemmin perille jokaiselle työtä toimeenpanvalle osapuolelle.

4.5 Betonityön johtaminen

Rakennustyömailla tehtäviä betonointitöiden toimeenpanemista johtaa betonityönjohtaja, jonka on oltava työpaikalla koko betonointityön ajan. Jotta betonityönjohtaja voi johtaa vaativuusluokiltaan enemmän tai vähemmän haastavampia valutöitä, on hänellä oltava rakenneluokan mukainen pätevyys. (Järvinen, Koreasalo, Korhonen, Leppänen, Miettinen, Saarinen, Sivula, Syrjänen, Säaskilahti & Söderlund 2004, 156.)

Ensimmäisen rakenneluokan betonityönjohtajan pätevyyden toteaa Fise Oy. Pätevyys kestää kerrallaan seitsemän vuotta, sekä sen myöntämisperusteena on rakennusalan teknillinen peruskoulutus ja riittävä työkokemus. (Järvinen ym. 2004, 156.)

Toisen rakenneluokan betonityönjohtajan työssä vaaditaan vastaava teknillinen peruskoulutus kuin ensimmäisen luokankin. Betonityönjohtajan on oltava perehtynyt betoniteknologiaan ja betonitöiden suoritukseen. (Järvinen ym. 2004, 156.)

4.6 Holvin valmistusta edeltävät työt

Ennen kuin holvin muottityöt voidaan aloittaa, on kaikki elementtiasennukset tai kantavat seinävalut oltava valmiit. Jotkut tekniikka-asennukset saattavat myös vaatia asennusteknisistä syistä enemmän tilaa, joten myös ne on tunnistettava ja tehtävä ennen muottitöitä.

5 MUOTTITYÖ

5.1 Perustaa

Paikalla valettavan betonirakenteen fyysinen luominen alkaa rakenteen dimensioiden rajaamisella erilaisin muottimenetelmin. Muottityön perimmäisenä ajatuksena on luoda rakenteen suunniteltu muoto rajaamalla se erilaisin muottikalustoin.

Muoteissa käytetään usein levymäisiä materiaaleja. Yleisin muottimateriaali on vaneri tai lauta. Vaneri on leveydeltään yleensä suurempaa ja siksi se soveltuukin vahvempiin rakenteisiin alla olevien niskapalkkien yhteistoinnin vaikutuksesta.

Tärkeimpiin muottimateriaaleihin lukeutuvat puu, puulevyt, teräs, alumiini, muovi ja lasikuitu. Näiden ohella käytetään myös eräitä materiaaleja lähinnä kertakäyttömuottien asennuksiin niin, että muotti joko jätetään paikoilleen tai se tuhoutuu purkuvaiheessa. Näitä materiaaleja ovat betoni, poimulevy, teräsverkko, pahvi- ja peltiputket, polyeteenikalvot ja muottikankaat. (Järvinen ym. 2004, 212.)

Betonirakenteen muotti täytyy useimmiten tukea rakenteen massiivista valupainetta vastaan, sillä ohut puulevy ei pitkillä jänneväleillä kestä suurta voimaa. Isommissa rakenteissa rakenteen työnaikaisen tuennan suunnittelu on rakennesuunnittelijan velvollisuus. Rakennesuunnittelija tekee tuennasta suunnitelmia, jotka annetaan työmaan käyttöön asennustyön helpottamiseksi.

Suurempien, varsinkin kantavien paikallavaluholvien muottimisesta laaditaan erityissuunnitelma. Suunnitelmassa on merkitty muotintuentapalkkien ja pystyholvitukien sijainnit ja k-jako mittapiirustuksineen. Suunnitelman laatii rakennesuunnittelija ja se annetaan muottityötä tekeväälle työryhmälle.

Rajallisten ja taloudellisten resurssien takia muottikalustoa yleensä käytetään useita kertoja työmaalla. Tämä tarkoittaa sitä, että muotit on käsiteltävä asianmukaisella muotinirrotusaineella ennen raudoitustyötä. Öljykäsittely edesauttaa betonia vasten olevien materiaalien irrottamisen ilman suurempia voimankäyttöjä.

5.2 Muottikalusto laattarakenteille

Muottikaluston valinnassa kiinnitetään huomiota laattarakenteiden toistuvuuteen, monimuotoisuuteen ja laatan vahvuusvaihteluihin. Erilaiset muottijärjestelmät sopivat erilaisiin kohteisiin, joten valinta on tehtävä työmaakohtaisesti.

Vaakamuoteista puupalkkimuotti on yleisin (kuva 4). Se soveltuu monimuotoisiin tiloihin, jotka eivät ole toistuvia ja laatan vahvuus vaihtelee. Tämä muottijärjestelmä on työvoimavaltainen. Muotin niskapalkit tuetaan teräksisillä holvituilla ja tukitorneilla, sekä limitetään jatkoskohdistaan. Niskapalkkien päälle asennetaan koolauskappaleet, jotka myös limitetään jatkoskohdistaan. Muottirakenne levytetään ja lopuksi asennetaan lisätuenta. Muotin purku tehdään pystytukien pudotuspäiden avulla, joka aiheuttaa muotin laskemisen alaspäin laattarakenteesta. (Betoniteollisuus ry n.d.)



Kuva 4. Puupalkkimuotti. (Kestävä kivitalo n.d.).

Vakiopalkkijärjestelmä muistuttaa perinteistä holvilaudoitusta. Tuentana toimivat alumiini- tai terästuet tai tukitornit, tukihaarukat sekä koolaus- ja niskapalkit (kuva 5). Palkit ovat yleensä joko ristikkopuu-, umpiiuma- tai alumiinipalkkeja. Tämä muottikalusto sopii holvituntoihin, joissa muottikierto ei ole määräävä, sillä työmenekki on suurempi kuin esimerkiksi holvikasettijärjestelmissä. Muottipinnan määrää kohteen laatuvaatimukset, mutta yleensä käytetään 21 mm 3-kerroslevyä. (Kestävä kivitalo n.d.)



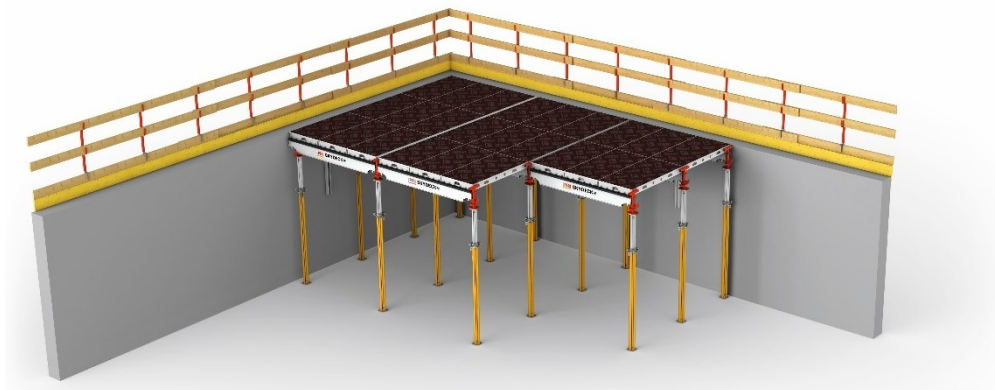
Kuva 5. Vakiopalkkijärjestelmän tuentaa.

Pöytämuotti on vakio-osista koottava muotti (kuva 6). Se voidaan koota haluttuun muotoon, sekä sitä käytetään toistuvissa rakenteissa. Pöytämuotilla saadaan nopea muottikierto ja vähäinen asennustyön tarve. Sen valinta edellyttää toistuvia käyttökertoja ja huolellista muottityön suunnittelua. Ensimmäisellä asennuskerralla pöytämuotti kootaan tasaiselle alustalle ja nostetaan paikalleen. Muotin purku tehdään laskemalla pöytämuottia alaspäin holvirakenteesta. (Betonituoteteollisuus ry n.d.)



Kuva 6. Pöytämuottijärjestelmä. (Peri Suomi n.d.).

Kasettimuotti (kuva 7) kootaan määrämittaisista kaseteista. Se soveltuu matalatuentaisiin, suoriin laattoihin, sekä suorakaiteen muotoisiin tiloihin. Kasettimuottijärjestelmää käytettäessä työvoimatarve on vähäinen, muotinkierto nopea ja nosturille ei ole tarvetta. (Betonituoteteollisuus ry n.d.)



Kuva 7. Kasettimuotti. (Kestävä kivitalo n.d.).

5.3 Muottikaluston valinta

Muottijärjestelmän valinta jaetaan kuuteen eri vaiheeseen. On selvitettävä työmaan lähtötiedot, jonka perusteella valitaan alustava muottikalusto. Sen jälkeen määritetään muottitarve ja -kustannukset. Lopuksi valitaan lopullinen muottikaluston tyyppi, jonka jälkeen aloitetaan muottien käytön suunnittelu. (Järvinen ym. 2004, 235.)

Lähtötietojen luotettavalla ja tarkalla selvittämisellä luodaan edellytykset valinnan onnistumiselle. Piirustuksista, urakka-asiakirjoista ja suunnitel-

mista hankitaan tiedot laatuvaatimuksista, paikallavalumääristä, aikatauluista ja järjestyksistä, työsaumoista ja mahdollisista vaihtoehtoisista teko-tavoista. (Järvinen ym. 2004, 235.)

Valuajankohtien sääolosuhteet on otettava huomioon, sillä talvella on va-rauduttava lumen ja jään poistoon sekä järjestelmän suojaukseen ja läm-mittämiseen. Muottikierrossa on huomioitava mahdolliset sääestepäivät, jotka voivat haitata työn etenemistä. (Järvinen ym. 2004, 235.)

Myös työmaan resursseilla on merkitys valinnassa. On huomioitava käytet-tävissä oleva nosturikapasiteetti, sekä työnjohdon ja työryhmien ammatti-taito. Työntekijöiden osaaminen ja ammattitaito vaikuttavat merkittävästi muottityön sujumiseen ja työn laatuun. (Järvinen ym. 2004, 235.)

Muottitarpeen määrittäminen tehdään runkoaikataulun ja mahdollisten välitavoitteiden perusteella laskemalla päivittäinen muottityön tarve. Pii-rustuksista ja määräluetteloista lasketaan rakenteiden määrät, aikatau-lusta selvitetään rakenteiden valmistamiseen varattu aika, lasketaan muottityöhön käytettävissä oleva aika ja sen jälkeen päivittäinen muotti-työn määrä keskimääräisesti. (Järvinen ym. 2004, 236.)

Sen jälkeen selvitetään muottikierron tekemiseen vaadittava aika, ottaen huomioon toteutusajankohta, muottityö, työporukan osaaminen, raudoi-tus ja varaukset, betonointi ja betonin kovettumisaika, sekä muottien purku, puhdistus ja siirto. (Järvinen ym. 2004, 236.)

Vuokrakustannuksia selvitetään tarjouspyyntömenetelmin, joten tarjous-kyselyssä tulisi löytyä ainakin rakennesuunnittelijan mittapiirustukset, run-koaikataulu, rakentamisjärjestys, muottikierto, rakenneratkaisut ja työsaumat, laatuvaatimukset ja nosturikapasiteetti. (Järvinen ym. 2004, 236-237.)

Kalustokustannusten vertailussa on selvitettävä, onko muottimäärät las-kettu oikein ja mitä vuokrahintaa sisältää. Rakenteeseen kiinnijäävien osien aiheuttamat kustannukset, rikkoutuneen kaluston korvaussummat, lisäka-luston saatavuus ja hinta, sekä käytön opastus ovat myös tärkeitä seikkoja vertailussa. (Järvinen ym. 2004, 237.)

5.4 Muottipinnan esikoroitus

Suuren jännevälin omaavilla betonirakenteilla on tapana taipua alaspäin kaarevaksi rakenteen suuren omapainon johdosta. Taipuma voi suurissa määrissä vaikuttaa rakenteen lujuuteen, mutta silminnähtävä taipuma on myös esteettinen riski.

Koska nykyään yhä enemmän valmistetaan suuremman jännevälin raken-teita, on huomioon otettava myös rakenteiden taipuma ja sen ehkäisy. Tai-

pumaa voidaan ehkäistä muottirakenteen esikorottamisella, joka suunnitellaan niin, että betonirakenne taipuessaan muuttuu koverasta tasaiseksi, eikä tasaisesta kuperaksi.

Esikorottamisen suunnittelusta vastaa rakennesuunnittelija, joka määrittää korotuskorkeuden riippuen rakenteen jänneväleistä. Työmaalla muottirakennetta korotetaan sen keskiosilta korotuskappaleilla erityissuunnitelmien mukaisesti.

5.5 Muottikierron suunnittelu

Muottikierrolla tarkoitetaan muottien käyttöä rakenteen valmistamiseen muotin pystytyksestä sen purkuun ja uudelleenpystytykseen. Muottikierrossa muotti mitataan paikalleen, esivalmistetaan, pystytetään, raudoitetaan, asennetaan varaukset ja tekniikka-asennukset, betonoidaan, muotti irrotetaan ja siirretään uuteen kohteeseen. (Järvinen ym. 2004, 238.)

Muottikierto suunnitellaan ennen muottityön aloittamista. Suunnittelu alkaa jaksottelemalla valualue kertavaluosiin, jonka jälkeen selvitetään työvaiheiden väliset riippuvuudet. Lasketaan muottityön ja -kaluston määrä, sekä aika- ja työmenekit. Seuraavaksi suunnitellaan työryhmät, laaditaan muottityön aikataulu, tehdään tarkistukset ja valinnat, sekä täydennetään muottisuunnitelma muottikierron mukaiseksi. (Järvinen ym. 2004, 239.)

5.6 Muottipinnan käsittely

Jotta riittävän laadukkaaseen valmiiseen betonipintaan päästään, on muottikalustoa huollettava työmaan aikana oikein. Laadukkaimpienkaan muottimateriaalien pinta ei säily laadukkaana ilman huoltamista. Muottikaluston huoltamisesta on huolehdittava työmaalla, jotta ei jouduta tekemään kalliita toimenpiteitä laatutason alittaneelle betonipinnalle. (Järvinen ym. 2004, 213.)

Muottipinnat on puhdistettava jokaisen valukerran jälkeen. Harjaamalla ja painevedellä tehty muottipinnan puhdistus auttaa vain välittömästi muotin purkamisen jälkeen. Harjakoneilla tai muotinpuhdistuspetkeleillä puhdistuessa on varottava muottipinnan vaurioittamista. Muotin runko on myös puhdistettava, jotta muottisaumat saadaan tiiviiksi ja tasaiseksi seuraavalla valukerralla. Epäpuhdas muottirunko aiheuttaa valupurseita ja hammastuksia muottipintaan. (Järvinen ym. 2004, 212-213.)

Muotiniirrotusainetta käytetään jokaisella valukerralla niin, että se leviää tasaisesti ja sitä on mahdollisimman vähän. Suuret määrät muotiniirrotusainetta jättää valumajälkiä ja pintavirheitä valmiiseen betonipintaan, joten suuret määrät ainetta on pyyhittävä pois. (Järvinen ym. 2004, 213.)

Muottipintaa kuluttaa betonin lisäksi kaikki muottipintaan tehtävät kiinnitykset. Liian suurilla nauloilla tai ruuveilla kiinnitetyt varaukset ja asennukset vaurioittavat muottikaluston pintaa. Myös raudoitus- ja työteräksien kiinnityksillä voidaan aiheuttaa tarpeetonta kulumista muotille. (Järvinen ym. 2004, 213.)

5.7 Väliseinien mittaus

Kun muottipinta on saatu valmiiksi, ennen tekniikka-asennuksia on pintaan merkittävä väliseinien ja muiden tekniikan piiloasennusten paikat. Väliseinien sisällä kulkeva tekniikka on saatava kerralla oikealle kohdalle, joten niiden paikalleen mittaus tehdään ennen raudoitustyötä.

6 RAUDOITUSTYÖ

6.1 Perustaa

Muottityön jälkeen aloitetaan betonirakenteen vetolujuuden vahvistaminen. Betonin luontainen vetolujuus on hyvin heikko. Betonin vetolujuus on 10 % sen puristuslujuudesta (Pulkinen, 2018.). Se aiheuttaa betonin rasituessa rakenteen haitallisen taipuman ja halkeilun rasitusta vastakkaisessa pinnassa, useimmiten alapinnassa.

Betonin vetolujuuden vahvistamiseen on useita keinoja, mutta yksi helpoimmista ja edullisimmista keinoista on asentaa muottirakenteen sisään harjaterästankoja. Tätä työvaihetta kutsutaan raudoitustyöksi. Raudoitustyössä noudatetaan rakennesuunnittelijan määrittämiä ja mitoittamia raudoitusmenetelmiä. Raudoituksen sijainti ja määrä riippuvat paljon rakenteen tyypistä.

Raudoitus koostuu useimmiten vähintään rakenteen pituussuuntaisista niin kutsutuista pääteräksistä. Toisinaan rakenteen ollessa sekä pitkä että leveä, käytetään pääteräksiä molempiin suuntiin muodostaen verkkomaisen raudoitteen.

6.2 Betoniteräksiset

Betoniteräksiset ovat betonin raudoittamiseen valmistettuja terästankoja. Niiden pintaan on valssattu tartuntaa parantavia harjoja. Betoniteräksiset valmistetaan joko kylmämuokkausmenetelmällä tai kuumavalssaamalla. (Nykyri 2013, 48.)

Betoni ja betoniteräksiset muodostavat yhteisvoimin yhdistelmäateriaalin, jota kutsutaan teräsbetoniksi. Jotta teräsbetonin hyvät ominaisuudet saadaan maksimoitua, tulee varmistua siitä, että betoni antaa teräkselle

hyvää puristuskestävyyttä, raudoitus antaa rakenteelle veto- ja taivutuskestävyyttä ja betoni suojaa raudoitteita korroosiolta ja antaa niille lämpösuojaa tulipalotilanteissa. (Nykyri 2013, 54.)

Betoniteräksset asennetaan rakenteessa sellaiselle alueelle, mihin oletetaan syntyvän vetorasitusta. Yhteistoiminta kuitenkin vaatii, että muodonmuutokset ja jännitysvoimat siirtyvät raudoituksen ja betonin välisen tartunnan vaikutuksesta toisiinsa. (Nykyri 2013, 54.)

6.3 Vaatimukset

Betonirakenteissa käytettävien betoniterästen on täytettävä niille asetetut vaatimukset. Niiden tyyppihyväksynnällä voidaan osoittaa, että betoniteräs tai betoniteräsverkko täyttää maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999), nojalla säädetty olennaiset tekniset vaatimukset. (Ympäristöministeriön asetus 2016.)

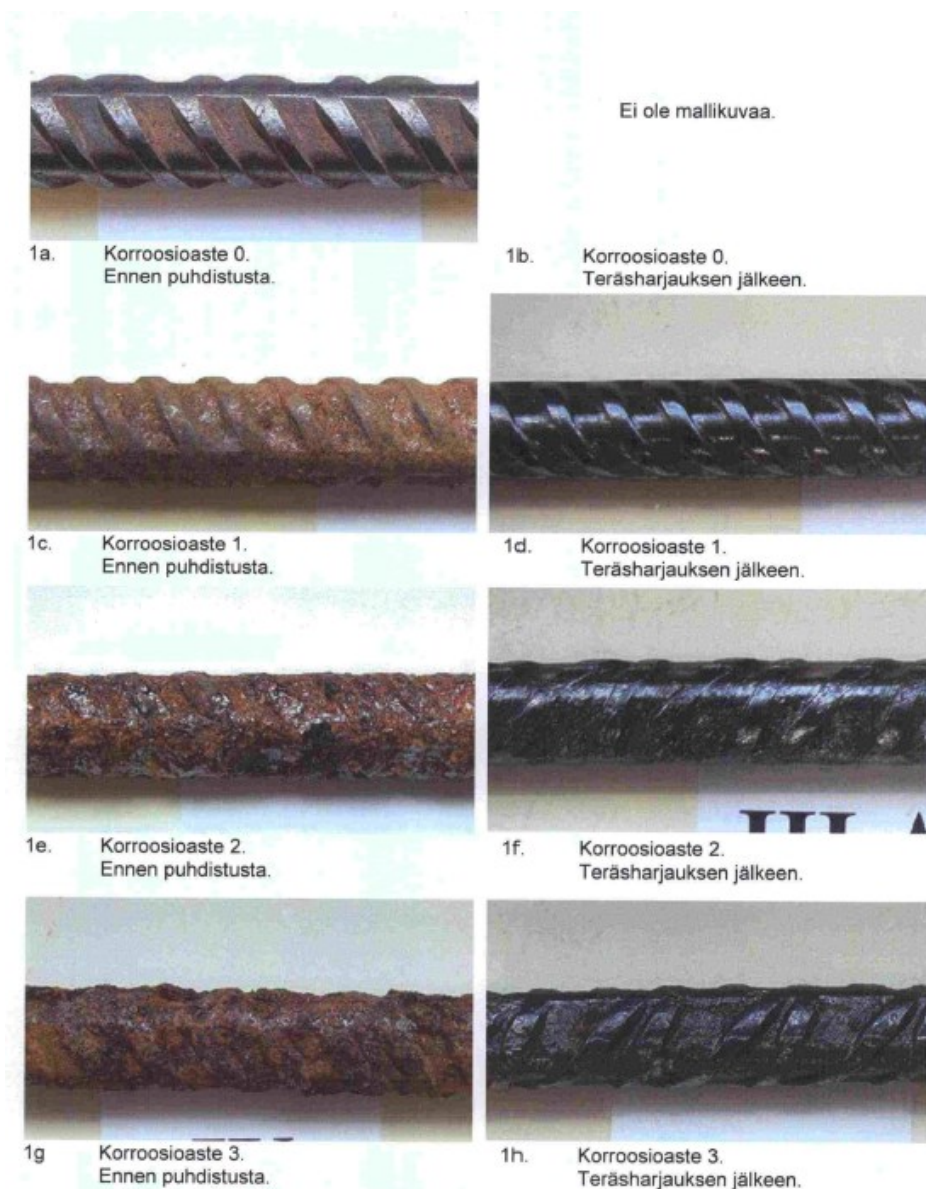
Betoniteräksen olennaisten teknisten vaatimuksen mukaisia luokittavia ominaisuuksia ovat myötöraja, sitkeyttä kuvaava luokka sekä väsymislujuus B ja C sitkeysluokan betoniteräksillä, joiden myötörajaa kuvaava luokka on 500 MegaPascalia. (Ympäristöministeriön asetus 2016.)

Betoniteräsverkon olennaisten teknisten vaatimusten mukaisia luokittavia ominaisuuksia ovat sen myötöraja ja sitkeysluokka. Myös käyttötarkoituksen edellyttämä ominaisuus on hitsausliitoksen leikkauskestävyys suhteessa liitoksen paksumman tangon nimellisen poikkipinta-alan ja myötörajan tuloon. (Ympäristöministeriön asetus 2016.)

Betonin ja betoniteräksen yhteistoiminta riippuu betoniteräksen pinnan muodosta. Betoniterässtandardeissa asetetaan vaatimuksia harjapinta-alalle, harjojen korkeudelle ja harjavälille. (Nykyri 2013, 51.)

Betoniterästen ollessa hyvin korroosioalttiita, niille on asetettu tietynlaiset vaatimukset asennuksen kannalta korroosioasteittain. Korroosioasteet on määrittänyt Tiehallinto.

Terästankojen korroosioasteita on viisi (kuva 8), joista 0 – 2 ovat uudisrakennuskohteissa hyväksyttävissä. Terästangot, joiden korroosioaste on 0 tai 1, voidaan asentaa ja betonoida ilman ruosteenpoistoa. Terästangon korroosioasteen ollessa 2, se tulee puhdistaa irtoruosteesta. Puhdistus suoritetaan ennen asennusta suihkupuhdistamalla tai suurpaine pesemällä. Asennukseen tarkoitettuja tankoja ei saa puhdistaa teräsharjalla. (Tiehallinto 2003.)



Kuva 8. Harjaterästankojen korroosioaste (Tiehallinto 2003).

6.4 Raudoitetyypit

Betonirakenteen vaadittavista ominaisuuksista johtuen myös raudoitteen tyyppiä on monenlaista. Yleisimmät vaadittavat raudoitetyypit ovat leikkaus- ja pääraudoitteet.

Pääraudoitteet ovat betonirakenteen alapinnassa olevia raudoitteita, jotka yleensä menevät rakenteessa pituussuuntaisesti.

Jakoraudoitus on laattarakenteessa oleva raudoitus, joka menee pääraudoitusta nähden poikittaisesti (Betoniteollisuus ry 2010). Pää- ja jakoraudoitus muodostaa yhdessä verkkomaisen raudoituksen, joka kuitenkin yleensä tehdään pitkistä tangoista valmiin verkkorakenteen sijaan.

Leikkausraudoitteet asennetaan suunnitelluin välein rakenteeseen niin, että ne ottavat betonirakennetta rasittavan leikkausvoiman vastaan. Esimerkiksi palkkirakenteissa leikkausraudoitteet asennetaan pystysuuntaisesti, kun palkkia kuormitetaan ylhäältä päin. Laattarakenteissa ei kuitenkaan yleensä ole leikkausraudoitusta, sillä useimmiten leikkauskestävyys ilman leikkausraudoitusta on suurempi kuin laattaan kohdistunut leikkausvoima. (Betoniteollisuus ry 2010.)

Työteräket eivät ole suunniteltu kasvattamaan rakenteen lujuutta, vaan ne ovat nimensä mukaisesti helpottamassa rakenneterästen asentamista ja antamassa tukea betonointivaihetta vastaan.

6.5 Kuitubetoni

Betonin raudoitus voidaan korvata osittain tai kokonaan käyttämällä kuitubetonia (kuva 9). Kuitubetoni voi tulla vaihtoehdoksi esimerkiksi silloin, kun raudoitteiden siirtäminen betonoitavaan rakenteeseen on toiminnallisista syistä haastavaa. Raudoitteiden muuttamisesta on aina varmistuttava rakennesuunnittelijan puolelta, sillä se voi vaikuttaa merkittävästi sen lujuuteen. Myös betonitoimittajalla on osansa kuitubetonien kuitumäärän mitoittamisessa (Paloniitty 2017).



Kuva 9. Betonimassasta erottuvat kuidut.

Yleisin betonissa käytettävä kuitu on teräskuitu. Muita kuitutyppejä ovat lasi-, muovi-, hiili- ja keraamiset kuidut. Muovi- ja lasikuituja käytetään lähinnä ohuisiin betonirakenteisiin, sillä niiden lujuusominaisuudet ovat heikommat kuin teräskuidulla. (Järvinen ym. 2004, 534.)

Teräskuidut ovat korkealaatuisesta teräksestä valmistettuja kuituja, joiden päissä on yleensä tartuntaa lisääviä ankkurointirakenteita tai koko kuitu on aaltoilevan muotoinen. (Järvinen ym. 2004, 534.)

6.6 Raudoitteiden tilaaminen

Ennen raudoitteiden tilaamista on päätettävä, tilataanko raudoitteet pitkinä tankoina vai valmiiksi taivuteltuina rakennepiirustusten mukaisina. Jos raudoitteet taivutetaan työmaalla, on tämä työvaihe huomioitava lisää aikaa vievänä.

Raudoitteiden tilaaminen valmiiksi taivutettuina on työmaalle huomattavasti helpompi tapa, koska se säästää aikaa. Ankarissa sääolosuhteissa työskenteleminen raudoitteiden taivuttamisessakin tuo omat epämukavuutensa ja haasteensa.

Kun raudoitteet on toimitettu työmaalle, on niiden määrä, laatu, korroosioaste ja taivutuksen oikeanmukaisuus tarkistettava.

Mahdolliset puutteet kirjataan raudoitteiden toimittajan mukana olevaan kuormakirjaan, heti kun puute havaitaan.

6.7 Varastointi

Betoniteräksiset saattavat toimittaa työmaalle jo hyvissä ajoin ennen asennusta. Tällöin on huolehdittava, että teräksiset ovat varastoitu asianmukaisesti.

Koska betoniteräksiset ovat yleensä valmistettu hiiliteräksestä, ovat ne silloin alttiita korroosiolle. Jos korroosiota esiintyy laajasti terästangoissa ja verkoissa, heikentää se niiden lujuutta ja yhteistoimivuusedellytyksiä betonin kanssa.

Pidempiaikaisissa varastoinneissa tulee betoniterästen suoraa kosketusta maahan tai muuhun kosteaan materiaaliin välttää. Ne on myös hyvä suojata suoralta sateelta esimerkiksi suojapeittein tai varastoimalla ne katettuun tilaan.

Raudoitteet olisi myös hyvä nostaa irti maaperästä, esimerkiksi puupalikoiden avulla. Niitä on myös helpompi siirrellä ja tarkastaa, kun ovat irti alustastaan.

6.8 Siirrot ja nostot

Raudoitteet nostetaan holville, yleensä sellaiselle paikalle, jota ei raudoiteta. Tällaiset paikat ovat muun muassa valmiiksi asennetut elementit, esimerkiksi porrastasolaatat.

Nostettaessa raudoitteet lopulliseen varastointipisteeseensä, on hyvä muistaa asettaa niiden alle korokepuut helpompaa käsittelyä varten. Eri mittaiset ja -laatuiset raudoitteet menevät päällekkäin. Korokepuiden johdosta niitä on helpompi siirrellä ja käännellä.

6.9 Betoniterästen jatkaminen

Valmistaessa pitkiä rakenteita betoniteräksiä ja -teräsverkkoja joudutaan yleensä jatkamaan, jotta saadaan raudoitettua koko rakenteen alue suunnitellusti. Logistisista ja toiminnallisista syistä raudoitetankoja tai -verkkoja ei voida toimittaa työmaalle rakenteen vaatiman mittaisena.

Koska yhdenmittaiseen ja saumattomaan raudoitteeseen tulee sauma, ei betoniteräksiä tai -teräsverkkoja voi jatkaa noin vain. Rakennesuunnittelija määrittää suunnitelmissa raudoitusten jatkospituuden, sekä tarvittaessa vaadittavan kiinnitystavan. Kiinnitys voi tapahtua pelkästään sitomalla raudoitteet toisiinsa, mutta toisinaan vaaditaan niiden hitsaamista toisiinsa kiinni.

Raudoituksia voidaan jatkaa limityksillä, hitsaamalla ja erikoisliitoksilla. Limijatkos on yksinkertaisin tapa. Jatkettavat tangot asetetaan määritetyn limityspituuden verran limittäin mahdollisimman lähelle toisiaan. Raudoitukseen kohdistuva voima siirtyy tällöin raudoituksesta jatkosraudoitukseen betonin välityksellä. Jatkosalueelle syntyy halkaisuvoimia tankojen pituussuunnassa. (Nykyri 2013, 198.)

Jatkospituuteen vaikuttaa jatkettavassa tangossa oleva voima, tartuntaolosuhteet sekä jatkettavien tankojen määrä samassa rakennepoikkileikkauksessa. Limijatkoksen kohdalla ei tarvita erillistä poikittaisraudoitusta, jos jatkettavien tankojen halkaisija on alle 20 mm tai jos jatkettavien tankojen osuus raudoituksesta on alle 25 %. Mikäli ehdot eivät täyty, on raudoitukseen lisättävä kyseiset poikittaisraudoitukset. Sen tehtävänä on rajoittaa limijatkoksen alueella jatkettavien tankojen suuntaista halkeamista. (Nykyri 2013, 199-200.)

Teräsverkkojen limitysjatkokset jaetaan kahteen jatkostyyppiin. Näitä ovat limittyvät verkot ja päällekkäiset verkot. Limittyvät verkkojatkokset mitoitetaan kuten betoniterästankojenkin jatkokset. Päällekkäin jatkettavat verkot pyritään jatkamaan alueilla, jossa raudoituksen murtorajatilajännitys on suurimmillaan 80 % mitoitetusta lujudesta. (Nykyri 2014, 87.)

Jatkoskohtia ei niiden rakenteellisen heikkouden takia saa tehdä jatkuvasti samalle kohdalle, vaan ne pyritään tekemään eri kohtiin niin paljon kuin on mahdollista. Suurimpien kuormitusalueiden kohdille pyritään tekemään raudoitukset ilman limityksiä, joten niiden limitys täytyy tehdä maksimi-kuormitusalueiden ulkopuolella. (Vuori 2016.)

6.10 Suojaetäisyydet

Koska betoniteräksset ovat betonia huomattavasti korroosioalttiimpia, täytyy niiden suojaetäisyydestä ilmaan, veteen tai muuhun ympäröivään materiaaliin huolehdittava. Betonipeite suojaa raudoitteita myös tulipalolta. Teräksen saavuttaessa noin +500–600 °C, alkaa sen lujuus laskea hyvinkin nopeasti, joka voi johtaa lopulta rakenteen kantokyvyn menettämiseen (Rakennustuoteteollisuus n.d.).

Raudoitus on suunniteltava siten, että se mahtuu määriteltyjen toleranssien puitteissa raudoitettavaan rakenteeseen niin, että sen betonipeite ei mene alle 10 mm. Yleensä raudoitteen vähimmäisbetonipeite suunnitellaan täytettäväksi suunnittelemalla raudoitteet rakennetta hieman lyhyemmäksi. (Mykkänen 2013, 63.)

Liian alhaiset suojaetäisyydet ja toisaalta ankarat ympäröivät olosuhteet edesauttavat betonin karbonatisoitumisesta aiheutuvaa raudoitteiden korroosiota. Karbonatisoitumisessa betonin huokosveden pH -arvo laskee ja se aiheuttaa raudoitukseen korroosiota. Teräksen korroosiossa teräs laajenee ja voi aiheuttaa betonirakenteen halkeamista. Suojaetäisyyden ollessa liian alhainen, se aiheuttaa betoniteräksen korroosion nopeammin kuin on suunniteltu.

Betoniterästen suojaetäisyyden määrittää rakennesuunnittelija. Suojaetäisyyden arvoon vaikuttavat maantieteellinen sijainti, ympäröivät olosuhteet sekä betonin rakenteelliset vaatimukset: suunniteltu käyttöikä, lujuusluokka sekä rakenteen tyyppi.

Esimerkkinä erilaisten laiturirakenteiden betoniosien suojaetäisyyksien täytyy olla huomattavasti suuremmat, kuin sisätiloissa jatkuvasti huoneenlämmössä olevan betonirakenteen.

Betonipeitteen vähimmäispaksuusvaatimus koskee myös työraudoitteita, sekä raudoituksessa tarvittavia sidelankoja. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Raudoitustangot on sidottava ja tuettava niin tukevasti, että suunnitellut suojaetäisyydet säilyvät myös betonointityön aikana. Asennusvälikkeet suunnitellaan huomioiden betonipeitteen paksuus, pistekuorman kestävyys, korroosiokestävyys, sijoittelu ja ulkonäkö. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Suurissa valukokonaisuuksissa voi eri teräslaatuojen välille syntyä rakenteen säilyvyyteen tai ulkonäköön epäedullisesti vaikuttavia sähköpareja. Tämän vuoksi on tärkeää käyttää ruostumattoman teräksen kanssa ruostumattomasta teräksestä valmistettuja sidelankoja tai vaihtoehtoisesti muovisia siteitä. Ruostumaton ja tavallinen teräs eivät missään tapauksessa saa olla kosketuksissa toisiinsa, koska silloin tavallisen teräslaadun korroosio nopeutuu ruostumattoman teräksen vaikutuksesta. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

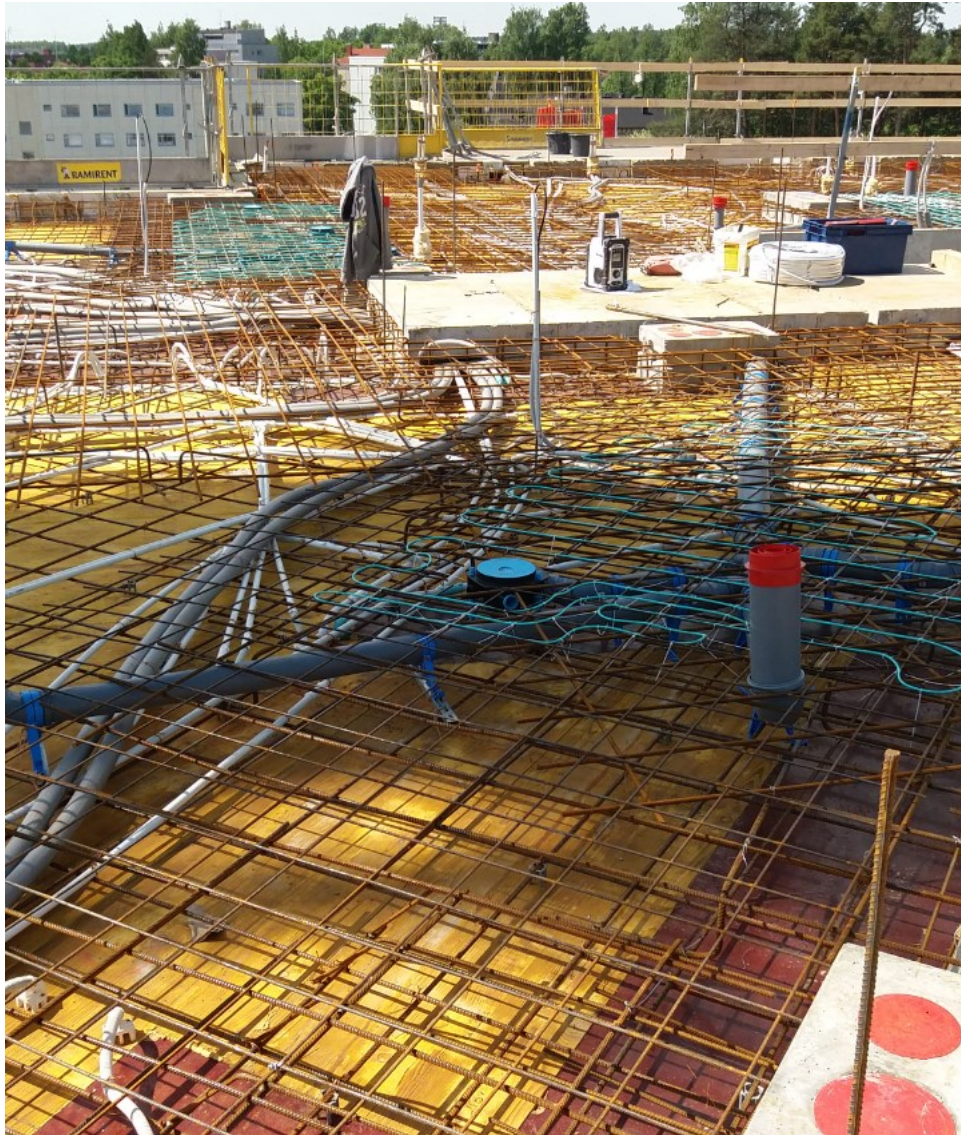
Jotta riittävä tartunta saadaan aikaiseksi, betonipeitteen vähimmäisarvon tulee olla vähintään yhtä suuri kuin betoniterästangon halkaisija tai niputettujen tankojen ekvivalentti halkaisija. Jos kiviaineksen suurin halkaisija on yli 32 mm, lisätään betonipeitettä 5 mm. (Betoniteollisuus ry 2009.)

6.11 Asennus: ala- ja yläpinta

Raudoitustyö alkaa alapinnan raudoittamisella sähkörasia-asennusten jälkeen. On tärkeää varmistaa se, että ennen alapintaraudoitusta tehdyt tekniikka-asennukset eivät vahingoitu raudoitteita asennettaessa.

Alapintaraudoituksen valmistuttua alkaa tekniikka-asennus.

Kun tekniikka-asennukset on tehty, alkaa yläpinnan raudoitus. Yläpinnan raudoitteita asennettaessa on jälleen kiinnitettävä huomiota siihen, että tekniikka-asennukset pysyvät ehjinä. Koska holville asennetaan suuri määrä eri komponentteja (kuva 10), on todennäköistä, että jokin tekniikkaosa vaurioituu tiheiden asennusten ja työntekijöiden liikkeiden summana.



Kuva 10. Valuvalmis välipohja.

6.12 Raudoitustankojen väli

Raskaasti raudoitetuissa rakenteissa, kuten esimerkiksi palkkiratkaisuissa, voi tulla ongelmalliseksi muotin tila. Raudoitteet vievät palkkirakenteesta huomattavasti tilaa, sekä saattavat muutenkin olla sijainnillaan betonimassan tiellä. Raudoituksen sijainti ei saa estää betonimassan tunkeutumista muotin pohjalle, muulloin vain hienoaines pääsee sinne asti (Vuori 2016).

Ahtaissa rakenteissa, joissa raudoitteet osallaan lisäävät betonimassan etenemistä rakenteen läpi, tulee yleensä yhdeksi riskiksi betonimassan erottuminen. Erottumisessa betonimassan runkoaine jää valun pintaan ja pohjalle valuu massan nestemäinen osuus. On siis myös hyvä muistaa, että liian tiheä raudoitus voi johtaa betonin erottumiseen (Mannila 2017.)

Suurimpaan raekokoon verrattuna liian ohueen betonipeitekerrokseen voi jäädä ison runkoaineen muodostamia koloja, jotka heikentävät valupinnan ulkonäköä ja säilyvyyttä. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Ahtaissa betonirakenteissa, kuten palkeissa, voidaan käyttää raudoitustankojen niputusta. Niputus tarkoittaa sitä, että vierekkäiset teräkset niputetaan yhteen.

Yhteen sidottuja harjatankoja tai kuviopintaisista tangoista koottuja nipuja voidaan käyttää raudoitteena yksittäisten tankojen sijaan. Nipussa suurimman tangon halkaisija saa olla enintään 1,25 kertaa nipun pienimmän tangon halkaisija. Harjateräksestä tehtyjä päätankoja voidaan niputtaa kolme kappaletta, sekä hakoja ja kuviopintaisia tankoja kaksi kappaletta. Tartuntajänteitä voidaan niputtaa kaksi kappaletta. (Suomen RakMK B4 2005, 24.)

Tankonipuissa noudatetaan yksittäistä tangoista annettuja ohjeita käyttämällä terästangon halkaisijana \emptyset tankonipun nimellishalkaisijaa \emptyset_n , joka vastaa poikkileikkausaltaan yhtä suurta yksittäistä tankoa. (Suomen RakMK B4 2005, 24.)

Jotta betonointityö ja massan tiivistäminen onnistuisi, sekä betonin ja teräksen välinen tartunta taattaisiin, on päätankojen keskinäisten etäisyyksien täytettävä seuraavat ehdot (kuva 11):

- Yhdensuuntaisten tankojen vapaa väli vaaka- ja pystysuunnassa

- yksittäisille tangoille

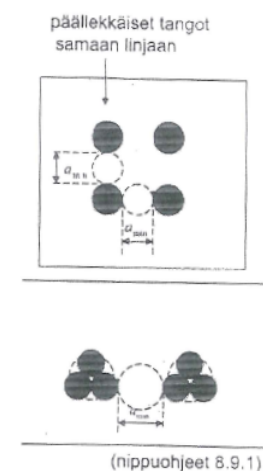
$$a_{min} = maks \{ \emptyset ; d_g + 3mm ; 20 mm \}$$

- nipuille

$$a_{min} = maks \{ \emptyset \sqrt{n} ; d_g + 3mm ; 20 mm \}$$

missä d_g on betonin maksimiraekoko

- Useampaan kerrokseen tangot sijoitetaan päällekkäin samassa linjassa.

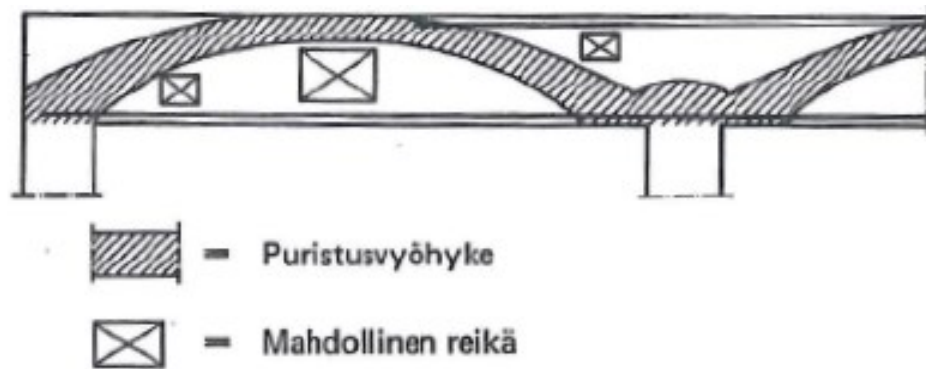


Kuva: Nykyri

Kuva 11. Tankojen väliset etäisyydet (Vuori 2016.)

6.13 Läpivientiaukkojen lisäraudoitus

Rakennusten LVI- ja sähköasennukset, valaistus sekä muut erikoisosat aiheuttavat palkkeihin ja laattoihin runsaasti aukkoja. Mikäli reiät ovat kooltaan suuria verrattuna rakenteen mittoihin ja ne voidaan sijoittaa puristusvyöhykkeen ulkopuolelle (kuva x), ne eivät aiheuta ongelmia rakenteen toiminnassa. On kuitenkin syytä välttää reikien sijoittelua suurille leikkausvoima-alueille (kuva 12).



Kuva 12. Reikien sijoitus rakenteessa (Vuori 2016.)

Aukkojen pieliin asennetaan vaadittava lisäraudoitus, joka estää halkeamien syntymisen aukon nurkkiin. Pystysuunnassa käytetään lisähakoja ja vaakasuunnassa pitkittäisiä tankoja. Mikäli reiät ovat suuria tai niitä joudutaan sijoittamaan puristusvyöhykkeelle, rakenteen toiminta muuttuu, sekä aukkojen vaikutus on huomioitava rakenteen mitoittamisessa. (Vuori 2016.)

6.14 Raudoituksen tarkastus

Raudoitustyön valmistuttua on tarkastettava sen suunnitelmien mukaisuus, raudoitteiden paksuudet, suojaetäisyydet, sisäiset etäisyydet, jatkospituudet ja kiinnitykset toisiinsa ja muihin rakenteisiin.

Koska teräsbetonirakenteen valmistuttua sen raudoitusta on vaikea ja jopa mahdoton lähteä korjaamaan, on välttämätöntä tarkastaa ennen betonointia raudoituksen oikeanmukaisuus. Raudoitustyön edetessä on myös valvottava, että rauditus kaikissa vaiheissa säilyy suunnitelmien mukaisena. (Järvinen ym. 2004, 382.)

Raudoituksen laadun tarkastuksessa keskitytään suunnitelmien asettamiin teräslaatuihin, tankojen pintavikoihin ja korroosioasteeseen, sekä tartuntaa heikentäviin tekijöihin, kuten jäähän, rasvaan, kovettuneeseen betoniin ja likaan. (Järvinen ym. 2004, 382.)

Raudoituksen määrän tarkastuksessa huomioidaan oikeat läpimitat, lukumäärät ja jakovälit. (Järvinen ym. 2004, 382.)

Raudoituksen mittatarkastuksessa tarkastetaan riittävän suuret taivutus säteet, riittävät jatkos- ja ankkurointipituudet. Tarkastetaan myös tuenta ja sidonta: riittävän tiuha tuenta välikkein ja asennustangoin, jotka ovat riittävän tukevat. (Järvinen ym. 2004, 382.)

7 TALOTEKNIikka-ASENNUSTYÖ

7.1 Perustaa

Matkassa historiasta kohti nykyaikaa on ajan kulku tuonut mukanaan myös paljon erilaista teknologiaa ja tekniikkaa, minkä vuoksi myös rakentamisessa tarvitaan paljon laajoja tekniikkaratkaisuja ja sen mukana myös erityisalan ammattilaisia.

Paikallavalurakentamiseen se vaikuttaa siten, että tekniikkaa asennetaan betonirakenteen sisään sen ollessa vielä muotti- ja raudoitusvaiheessa. Tekniikka-asennuksia ja sen läpivientejä suunnittelee ja toteuttaa omien alojen suunnittelijat ja työntekijät.

Tekniikka, joka tuodaan läpi valmiista holvista esimerkiksi alapuolella olevan asunnon katosta tai väliseinän sisään, on tärkeää saada mitattua oikealle kohdalle. Tekniikka-asennuksen mittaukseen tarvitaan pätevä mittakirvesmies, jotta välttyttäisiin betonin piikkaamiselta ja paikkaamiselta jälkikäteen.

Koska raudoitustyö ja tekniikka-asennukset tehdään yleensä samanaikaisesti, on huolehdittava siitä, että tekniikan erilaiset suojaputket tai rasiat eivät vaurioidu asennusvaiheessa. Jos tekniikkaan tulee reikä, betoni valuu betonointivaiheessa niihin ja aiheuttaa lisätöitä asennusvaiheessa.

7.2 LVIS -suunnitelmat

Kohteen LVIS-suunnitelmiin on perehdyttävä myös pääurakoitsijan työnjohdon. Varmistetaan, että kaikki tarvittavat tekniikka-asennukset on tehty.

Varmistetaan, että asennukset ovat kiinnitetty oikein, sähkö- ja vesijohtojen suojaputket ovat kunnossa, tarvittavat eristykset on tehty, asennukset ovat piirustusten ja suunnitelmien mukaiset, sekä oikeassa kohdassa, läpiviennit tiivistetty tai tilkitty, jatkosliitokset oikeanmukaiset ja tiiviit, viemärikaadot oikeanmukaiset ja hyvin tuetut sekä lattialämmityskaapelit asennettu.

7.3 Urakkarajat

Koska rakenteen sisään tulee runsaasti tekniikkaa, on varmistuttava siitä, kenelle kuuluu minkäkin tekniikan asennus. Muulloin asennus saattaa jäädä kokonaan tekemättä, mikä aiheuttaa taas ongelmia tulevaisuuden kannalta.

Suurimmat riskit ovat pääurakoitsijalle osoitetut työsuoritteet, sillä ne unohtuvat helpoiten. Jotkin pienet asennukset saattavat kuulua pääurakoitsijan työnkuvaan.

7.4 Asennusten kiinnitys

Betonointityön kannalta on tärkeää sitoa kaikki asennetut kappaleet muottirakenteeseen kiinni. Betonia siirrettäessä muottirakenteeseen se saattaa liikutella siinä olevia asennuksia.

On kuitenkin muistettava, että muottimateriaali poistetaan rakenteesta. Eli kiinnitys on tehtävä suhteellisen heikosti kiinnittyvillä kiinnikkeillä, jotta muotinpurkamisessa ei tarvitse käyttää liian suurta voimaa.

7.5 Läpivientien tiivistys

Usein tekniikka-asennusten läpiviennit tehdään niin, että suuri osa suoja-putkista tulee läpi samasta aukosta. Tämä tarkoittaa sitä, että muottikalustoon tehtävä reikä on myös tehtävä riittävän suureksi. Betonoinnin kannalta on tärkeää huolehtia siitä, että läpivientiaukko on tiivis eikä päästä betonia siltä osin valumaan alempaan rakenteeseen. Mikäli läpivientiaukkoon jää suuria täyttämättömiä reikiä, ne voidaan paikata esimerkiksi puulevyillä tai siihen tarkoitettulla valuverkolla (kuva 13).



Kuva 13. Valuverkko seinäelementtien pystysauman päällä.

8 TARKASTUKSET ENNEN BETONOINTIA

Ennen betonointityön aloittamista on myös hyvä tarkastaa silmämääräisesti kaikkien työvaiheiden oikeanmukaisuus.

Tarkastetaan, että muottipintaan ei ole jäänyt roskaa, jäätä, vettä tai muita epäpuhtauksia, jotka aiheuttaisivat betonille vaurioita tai riskejä.

Otetaan valokuvat kustakin kohdasta betonoitavasta osasta niin, että ne ovat jälkeempään tunnistettavissa. Tunnistettavuutta on oleellista tehostaa merkitsemällä kuvat esimerkiksi asunto- tai lohkokohtaisesti valokuvateissa.

Tarvittavat lämpötilan seuranta-anturit ovat asennetut, sekä ne ovat oikeanmukaisilla paikoilla ja ehjiä.

Talvibetonoinnissa tarvittavat lämmitys- tai kovetuskaapelit ovat asennetut, eivätkä ne ole päällä. Varmistetaan, että kaapelit eivät ole vaurioituneet ja että ne voidaan kytkeä päälle valutyön jälkeen.

Varmistetaan, että erikoisalan työnjohtajat ja hankkeen valvojat ovat tarkastaneet betonoitavan osan ja hyväksyneet sen.

Ympäröivien rakenteiden, esimerkiksi parveke- ja porraslaattojen sekä seinärakenteiden tartunta on toimiva valettavalle rakenteelle (kuva 14).



Kuva 14. Parvekelaatan tartuntateräspalkit holvirakenteeseen.

Tarkastetaan silmämääräisesti raudoitteet, muotti ja tekniikka-asennukset. Myös betonoinnin aikana on valvottava koko kokonaisuutta ja tarvittaessa ryhdyttävä korjausliikkeisiin vaurioiden ilmetessä.

Varmistetaan suunniteltujen mahdollisten irrotuskaistojen oikeanmukaisuus ja oikea kiinnitys.

9 BETONOINTITYÖ

9.1 Perustaa

Lopuksi kaikkien kolmen edellisen työvaiheen valmistuttua ja niiden oikeanmukaisuuden todentamisen jälkeen aloitetaan rakenteen täyttäminen betonilla.

Yleensä betonointi tehdään betoniautojen avulla, kuitenkin pienet valut voidaan tehdä betonimyllyn ja siirtoon tarkoitettujen paljujen avulla. Betonointityössä on tärkeää varmistua siitä, että koko rakenne peittyy betonista ja se saadaan tiivistettyä oikealla tavalla. Yleisin betonimassan tiivistämisväline työmaalla on betonitärytin, jolla nimensä mukaisesti massa tärytetään tiiviiksi.

Valettaessa on kiinnitettävä huomiota betonipinnan korkeuteen, joka yleensä sidotaan johonkin valmiiseen rakenteeseen lähellä valualuetta. Erilaisin laservaloa hyödyntävin työkaluin saadaan mittavarma korkeusasema halutulle betonipinnalle.

Betonipinnan korkeus ja laatuvaatimusluokka on tärkeää saada kerralla mahdollisimman lähelle vaadittua, jotta myöhemmässä vaiheessa kevyttasoitetta ei tarvittaisi paljoa (Haavisto, haastattelu 19.10.2017). Useimmiten kevyttasoitetta kuitenkin tarvitaan, sillä betonipinnasta harvemmin saadaan valukerralla laatuvaatimustason asettama luokka. Kevyttasoitteen tarkoitus on siis tasata pinnan epätasaisuudet, porrastukset ja aaltoilu.

Lopuksi betonirakenteen pinta tasataan ja/tai hierretään vaadittuun tasaisuuteen. Pinnan tasaisuusvaatimukset riippuvat hyvin pitkälti siitä, millainen rakenne betonoitavan osakohteen päälle on tulossa seuraavaksi. Tasoitusta ja hiertämistä tehdään muun muassa erilaisilla lineaareilla ja hiertimillä. Hierretty pinta on tasaisempi, kuin lineaaripinta.

9.2 Betonin laatuvaatimukset

9.2.1 Betonipinnat

Muottia vasten valetut betonipinnat jaetaan kolmeen laatuluokkaan 1, 2 ja 3. Lisäksi on otettu käyttöön laatuluokka 3b, joka on täysin näkymättömiin jääville pinnoille tarkoitettu luokka. Luokista luokka 1 on laadullisesti vaativin. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Muottia vasten valettujen betonipintojen laatutekijöitä ovat mm. nystermä, syvennys, hammastus, valupurse tai -haava, huokokset, valuvika, pinnan käyryys tai aaltoilu ja väri vaihtelu. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Laatuluokka 1, jota voidaan kutsua ”arkkitehtoniseksi luokaksi”, edellyttää lähes poikkeuksetta uuden, puhtaan muottipintamateriaalin käyttämistä eikä luokkaa tule missään kohteessa määrätä yleisesti käytettäväksi. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Laatuluokka 2 vastaa vaatimustasoltaan ns. puhtasvalupintoja, sekä edellyttää hyvälaatuista ja ehjää muottipintamateriaalia. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Muottia vasten valettujen pintojen lisäksi myös muulla tavalla valmistetut betonipinnat jaetaan laatuluokkiin Suomen Betoniyhdistyksen julkaisun BY 40 Betonipinnat mukaan. Hierretyt, telatut, töpötetyt, harjatut, ruisku-betonoidut, hiekkapuhalletut, happopesty, hakatut ja hiotut ovat yleisimpiä laatuluokituksia. Oikean laatuluokan valitseminen ja laadukkaiden betonipintojen valmistaminen edellyttävät tiivistä yhteistyötä rakennuttajan, työmaan, arkkitehdin, rakennesuunnittelijan ja valmisbetonitoimittajan kesken. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

9.2.2 Betonilattiat

Betonilattioiden tasaisuusluokat ilmoitetaan kirjaimin A₀, A, B ja C, joista A₀ on vaativin. Tasaisuuden arvostelussa arvostellaan lattian hammersusta, aaltoilua ja kaltevuusvirheitä. Pinnan karheutta ei arvostella. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Betonilattioiden kulutuskestävyyttä esitetään numeroin 1, 2, 3 ja 4, joista luokka 1 on laadullisesti vaativin. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Sallitun halkeamaleveyden luokat esitetään roomalaisin numeroin I, II ja III, joista luokka I on vaativin. (Johansson 2014, 14.)

Muut betonilattian pintaan liittyvät laatuvaatimukset ilmoitetaan betonin lujuusluokkaa vastaavina numeerisina arvoina 60, 50, 40 ja 30, joista 60 on vaativin. (Mykkänen 2013, 71.)

Muihin laatutekijöihin kuuluvat betonin lujuuden ohella kiinnitetyn lattian pintabetonin tartunta alustaan, paksuuden vaihtelut ja raudoituksen sijaintivaihtelut. (Mykkänen 2013, 71.)

Luokitusperusteista riippuen betonilattian vähimmäislaatuluokka ilmoitetaan muodossa kirjain – numero – numero -yhdistelmänä esimerkiksi B – 3 – III. Ensimmäinen kirjain ilmoittaa suoruusvaatimukset, numero kulutuskestävyyden luokan ja roomalainen numero sallitun halkeamaleveysluokan. (Johansson 2014, 14.)

On myös määritelty luokittelemattomia laatutekijöitä, jotka eivät varsinaisiin laatutekijöihin kuulu. Niitä käytetään tarpeen tullen kohteen käyttövaatimusten edellyttäessä. Luokittelemattomiin laatutekijöihin kuuluvat esimerkiksi kuivuminen, kemiallinen kestävyys, säänkestävyys, vedenpitävyys, karheus, sähkönjohtavuus ja ulkonäkö. (Mykkänen 2013, 71.)

Betonilattian ulkonäölle voidaan myös määritellä muita ulkonäkövaatimuksia kuten väritasaisuus, hiertojäljen tasalaatuisuus, pintahalkeamien määrä ja maalaus- tai lakkausjälki. (Mykkänen 2013, 77.)

9.2.3 Suoruus ja tasaisuus

Lattian vaakasuoruus- ja tasaisuusvaatimukset riippuvat betonilattian käyttökohteesta. Lattian on oltava riittävän suora, jotta liikkuvien ja paikallaan olevien laitteiden käyttö olisi mahdollista, sekä vedenpoisto toimisi kaltevissa lattioissa. Suoruuden arvosteluperusteena käytetään kaltevuuteen liittyviä virheitä. (Johansson 2014, 17.)

Lattian tulee olla riittävän tasainen, sillä päällysteet ja pinnoitteet, sekä mahdolliset laitteet asettavat vaatimuksia lattian tasaisuuden kannalta. Tasaisuutta arvostellessa käytetään perusteena lattiassa olevaa hammastusta ja aaltoilua, mutta ei pinnan karheutta. (Johansson 2014, 17.)

9.2.4 Kulutuskestävyys

Kulumisella tarkoitetaan käytöstä aiheutuvaa kulumista joko käsittelemättömällä betonipinnalla tai lopullisella käsitellyllä betonipinnalla, kun pintakäsittelyn tavoite on kulutuskestävyyden parantaminen. Laatumäärittelyssä on aina ilmoitettava, tarkoitetaanko käsiteltyä vai käsittelemätöntä pintaa. (Johansson 2014, 19.)

Kulutuskestävyysskojeita tehdään tarvittaessa, yksi jokaista alkavaa 5000 lattianeliötä kohden. Kulutuskestävyysskoje tehdään aikaisintaan kolmen kuukauden kuluttua rakenteen betonoinnista, jos betonin kypsyysikä on vähintään 50 vuorokautta. Koetta ei kuitenkaan tavallisesti tehdä, ellei perustellusti epäillä, että lattia ei täytä kulutuskestävyydelle asetettuja laadullisia tekijöitä. (Johansson 2014, 20.)

9.2.5 Halkeilu

Täysin halkeamavapaata lattiaa on erittäin vaativa toteuttaa, eikä se yleensä ole perusteltuakaan. Halkeilua on lattioissa rajoitettava siten, ettei se heikennä rakenteen asianmukaista toimintaa, säilyvyyttä tai vaikuta sen ulkonäköön hyväksyttömästi. (Johansson 2014, 23.)

Leveät halkeamat lohkeavat reunoistaan ja murtuvat helposti raskaasti kalustetuissa tiloissa, jossa vaurio ja sen aiheuttamat haitat kasvavat jatkuvasti. Lattian reunat voivat myös nousta koholle halkeaman ympärillä, joka aiheuttaa pintamateriaalia tai teollista toimintaa, esimerkiksi trukkiliiennettä. (Johansson 2014, 23.)

Jos epätasaisesta kuivumisesta johtuva reunannousu on voimakasta, laatta voi irrota alustastaan ja saattaa katketa kuormitustilanteissa. Jos halkeama on liian suuri, katoaa kuormansiirtokyky halkeaman yli, sekä sen reuna-alueille voi syntyä tasoero. Suuret halkeamat lyhentävät lattian käyttöikä kloridien normaalia nopeamman tunkeutumisen ja terästen korroosioalttiuden johdosta. (Johansson 2014, 23.)

Rakenteeseen syntyessä halkeamaleveysvaatimuksen ylittäviä halkeamia, voidaan ne korjata injektointimenetelmällä. Injektoimalla suuret halkeamat palautetaan lattiarakenne sen alkuperäiseen vaatimusluokkaan. Ennen mahdollisiin korjaustoimenpiteisiin ryhtymistä on kuitenkin tärkeää selvittää halkeamisen syyt. (Johansson 2014, 23.)

Halkeilua koskevat vaatimukset esitetään suunnitelmissa koskien niitä lattioita, jotka jäävät näkyviin. (Johansson 2014, 23.)

9.2.6 Pinnan laatu

Jos lattian pinnalle asetetaan erityisvaatimuksia ulkonäön suhteen, ne selvitetään etukäteen. Tällaisia vaatimuksia ovat värin tasaisuus, hionta- tai hiertojäljen tasalaatuisuus ja pintahalkeamien esiintyvyys. Vertailussa voidaan käyttää esimerkiksi vanhoja lattioita tai koelaattoja. (Johansson 2013, 27.)

Mikäli vaatimukset eivät salli pintahalkeilua, tulee lattian toteutuksessa kiinnittää erityishuomiota valuolosuhteisiin, jälkihoitoon ja betonin koostumukseen. Pinnan halkeilu syntyy yleensä ensimmäisten tuntien aikana betonoinnista, kun pinnasta haihtuva vesi ei korvautu alapäin. (Johansson 2013, 27.)

Valettaessa kuitubetonia osa kuiduista jää pintaan näkyviin. Kuitujen määrää voidaan vähentää esimerkiksi pintatäryttämällä massa heti tasauksen jälkeen. Toisena vaihtoehtona on poistaa pystyyn jääneet kuidut ja paikata poistosta aiheutuneet jäljet. (Johansson 2013, 27.)

Pölyämättömän pinnan aikaansaaminen voidaan tehdä valitsemalla betonin koostumus ja lattian toteutustapa, jotka minimoivat betonimassan erottumista. Lisäksi on huolehdittava, että jälkihoito aika on tarvittavan pitkä. Yleinen tapa lattian pölyämättömäksi valmistaminen on betonipinnan käsittely pölynsidonta-aineilla, tai pinnan silikaattikäsittelyllä. (Johansson 2013, 28.)

Kun betonilattia halutaan saada helposti puhdistettavaksi, on pinnan huokoisuuden ja halkeilun oltava mahdollisimman vähäistä. Vaatimukset ja pinnan käsittelytapa vaihtelevat lattian käyttötarkoituksen mukaan. (Johansson 2013, 28.)

Paikallavalettavan betonipinnan ulkonäköön vaikuttavat betonimassan koostumus, muotin materiaali, kunto ja kosteus, muottitekniikka, muotituksessa käytettävät irrotusaineet, valutapa, tiivistämistapa, kovettumislämpötila, jälkihoito ja pinnan kuivuminen. (Mykkänen 2013, 77.)

9.3 Työsaumat

9.3.1 Perustaa

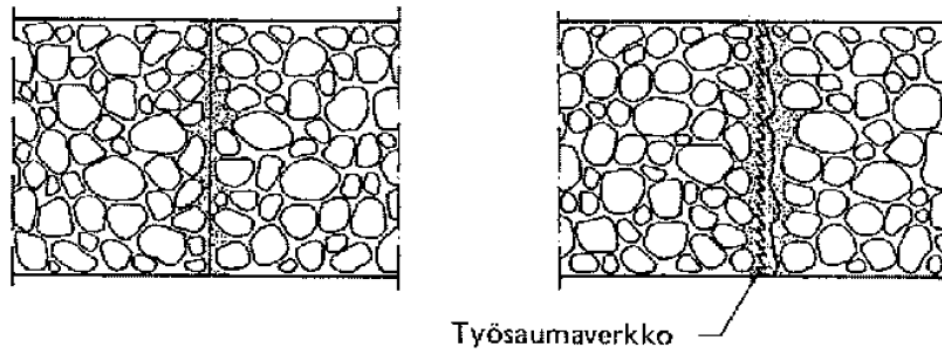
Suurimmissa valuissa, joissa ei aikataulullisista, laadullisista tai toiminnallisista syistä ole mahdollisuutta valaa betonirakennetta yhdellä kertaa valmiiksi, on tehtävä työsauma.

Työsaumojen kohdalla betonin ominaisuudet yleensä heikkenevät verrattuna rakenteen muihin kohtiin. Vaativissa ympäristöolosuhteissa suositellaan käytettäväksi niin sanottua pestyä työsaumaa. (Johansson & Mannonen 2016, 25.)

Kun työtä jatketaan työsaumasta, on sauman oltava puhdas ja betonin tiivistämiseen kiinnitettävä erityistä huomiota. Kolmannen luokan toteutusluokissa rakenteen työsaumojen paikka ja toteutustapa on esitettävä suunnitelmissa. Muissa toteutusluokissa suunnittelija voi jättää rakenteen kelpoisuuden kannalta vähämerkityksellisen työsauman sijainnin ja toteutustavan työmaan päätettäväksi. (Johansson & Mannonen 2016, 78.)

Jos rakenteelle asetetaan tiiviysvaatimuksia, työsaumassa käytetään saumanauhaa tai sauman tiiviys varmennetaan muulla luotettavalla keinolla. Pestyissä työsaumoissa sauman voidaan katsoa olevan riittävän tiivis. (Johansson & Mannonen 2016, 79.)

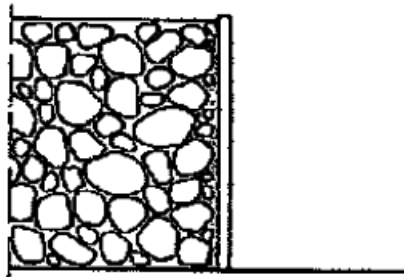
Työsaumojen kohdalla betonin ominaisuudet ovat lähes aina huonommat kuin muualla rakenteen kohdalla. Jos rakenne valetaan levyä vasten, syntyy sauman reunaan pystysuora laastivyöhyke, jossa betonin runkoaines ei mene limittäin (kuva 15). Tästä syystä sauman kohdalla oleva leikkauslujuus heikkenee. (Johansson & Mannonen 2016, 79.)



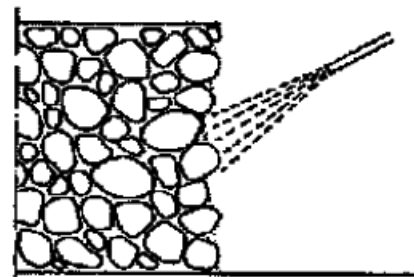
Kuva 15. Levyä ja työsaumaverkkoa vasten valetut saumat (Johansson & Mannonen 2016, 78).

Kun valetaan työsaumaverkkoa vasten, on se säilyvyysominaisuuksiltaan huonompi verrattuna levyä vasten valettuun, koska siinä sementtiliima työntyy osittain verkon läpi ja laastisaumasta muodostuu levyä vasten valettua työsaumaa vahvempi (kuva 15). (Johansson & Mannonen 2016, 79.)

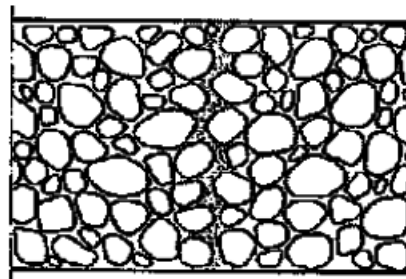
SAUMAN VALU



SAUMAN PESU



VALMIS SAUMA



Kuva 15. Pesty työsauma (Johansson & Mannonen 2016, 78).

Pestyissä työsaumoissa voidaan muottina käyttää levyä tai työsaumaverkkoa. Betonin ollessa riittävän kovettunut, muotti puretaan ja sementtiliima huuhdellaan pois esimerkiksi korkeapainepesurilla niin, että kivet paljastuvat esiin. Tällöin valua jatkettaessa kivet saadaan limitettyä uuden betonin kanssa. Pesemisen oikea aika haetaan kokeilemalla niin, että betonimassa kestää muotin purkamisen, mutta kuitenkin sementin voi pestä helposti pois. (Johansson & Mannonen 2016, 79.)

9.3.2 Työsaumaluokat

Työsaumat on jaettu niiden pintaominaisuuksien mukaan kolmeen eri luokkaan. (Johansson & Mannonen 2016, 78.)

Pestyt työsaumat ovat sellaisia, jonka pinnasta laasti poistetaan pesemällä tai muulla vastaavalla menetelmällä 2–5 mm syvyydeltä (Johansson & Mannonen 2016, 78). Pestyissä työsaumoissa sauma muistuttaa homogeenistä betonia. Pestyn työsauman säilyvyys ja lujuudelliset ominaisuudet ovat muita työsaumatyyppejä merkittävästi paremmat. (Johansson & Mannonen 2016, 25.)

Karheissa työsaumoissa karheuden tulee olla 2 – 5 mm syvä. Vaakasuora työsauma voidaan karheuttaa esimerkiksi betonin pintaa harjaamalla ennen sen sitoutumista ja pystysuora käyttämällä työsaumoihin tarkoitettuja verkkoja. (Johansson & Mannonen 2016, 78.)

Sileät työsaumat ovat sellaisia, jotka eivät täytä edellä mainitun kahden muun työsauman ehtoja. (Johansson & Mannonen 2016, 78.)

9.4 Betonimassan laatu

Betonointityön aikana suuremmissa valutöissä, jossa betoniannoksia on enemmän ja betonitoimittajalta tulee useampia kuormia, voidaan toimitajaan olla yhteydessä betonimassan ominaisuuksista. Joskus betonimassa saattaa olla liian notkeaa, tai vastaavasti liian jäykkää. Jäykkää massaa on huono työstää työmaalla eikä se välttämättä leviä muottiin kunnolla jättäen jotkut kohdat ilmaviksi.

Betonityönjohtaja ja betonointityötä suorittava voivat olla nopeasti yhteydessä betonitoimittajaan, jos massa ei ole kyseiseen työhön soveltuvaa tai muuten virheellistä. Massan valmistusreseptiä muutetaan tehtaalla niin kauan, kunnes se on työmaalle sopivaa. (Mannila 2017.)

Betonimassan ominaisuuksista ei kuitenkaan saa poiketa, sillä ne ovat tarkkaan suunniteltu rakenteen mukaisiksi. Ainoastaan massan notkeutta voidaan muuttaa, mutta sekin on tehtävä betonitoimittajan puolesta, ja siitä on mainittava kuormakirjassa. Vettä ei saa koskaan käyttää betonin notkistimena, sillä se vaikuttaa betonin lujuuden heikkenemiseen. (Sakki, haastattelu 5.12.2017.)

9.5 Näytepalojen keräysmenetelmä

Kustakin betonirakenteesta otetaan näytekappaleet, jotka koepuristetaan 28 vuorokauden kuluttua kyseisen rakenteen betonoinnista. Tällä tavalla määritetään rakenteen puristuslujuus.

Koepuristuksen näytekappaleet voidaan valmistaa työmaalla muottien avulla, mutta on tehokkaampaa tehdä näytekappaleiden valmistus betonitoimittajan toimesta. Betonitoimittaja toimittaa näytekappaleen koepuristuslaboratorioihin, mutta isommilla betonitoimittajilla on itselläänkin kyseiseen tarkoitukseen valmiudet (Sakki, haastattelu 5.12.2017).

9.6 Betonointikaluston sijoittelu

Betonointikalusto vaatii yleensä runsaasti tilaa, sekä se omaa massiivisen omapainon. Tämän takia on työmaalla ennakkoon varmistuttava siitä, että betonointikalustolla on esteetön, turvallinen ja hyvän työtekniisyyden salliva pääsy betonointipisteelle.

Työmaalla on varmistuttava siitä, että betonointipisteen alusta kestää betonointikaluston painon. Heikon maaperän tai esimerkiksi parkkihallirakenteiden päällä betonoitaessa voi alusta olla mitoittava tekijä, joten suurimmat sallitut kuormat on selvitettävä ja ilmoitettava niistä betonitoimittajalle ennakkoon.

Joskus työmaa saattaa olla tilapäisesti tai kokonaan hyvin ahdas, eikä betonointikalusto mahdu työmaalle. Tällöin joudutaan betonoimaan osittain tai kokonaan työmaa-alueen ulkopuolelta. Mikäli mahdollisia ympäröiviä teitä tai kulkuväyliä joudutaan sulkemaan, on niihin pyydettävä lupa kunnan viranomaisilta. Ulkopuolinen alue on myös rajattava ja merkittävä liikennemerkkein ja aidoin, mikäli se estää ympäröivää liikennettä liikkumasta tai on muuten sille vaaraksi.

9.7 Ympäröivien pintojen suojaus

Betonoitaessa valmiiden rakenteiden tai pintojen läheisyydessä on varmistettava, että betoniroiskeita ei pääse kulkeutumaan valmiiden materiaalien pinnoille.

On ennakkoon mietittävä ja suojattava mahdolliset riskikohdat, esimerkiksi elementtiportaat, ulkoseinät, vesikattorakenteet ja muut vastaavat riskialttiit rakenteet. Mikäli betonia kuitenkin päätyy valmiille pinnoille, on ne pestävä pois välittömästi ennen kuin betoni pääsee kuivumaan pinnalle.

9.8 Betonin tiivistäminen

Betonin tiivistyksessä betonimassa pakotetaan muottirakenteen sisälle tiivistämällä se erilaisin tiivistämiskeinoin. Tiivistyksessä betonista myös poistuu sen sisällä oleva ylimääräinen ilma. Monimutkaisissa rakenteissa, joissa esimerkiksi rauditus luo betonimassan etenemiselle esteitä kohtia, tiivistäminen myös edesauttaa massan liikkumista näiden muodostuneiden esteiden läpi.

Huonosti tehdystä tiivistyksestä seuraa ongelmia. Esimerkiksi rakenteen lujuus ja tiheys voi alentua, tartunta betonin ja teräksen kanssa voi jäädä heikoksi, sekä peräkkäin valetut osat voivat liittyä huonosti toisiinsa. Nämä ovat usein sellaisia oireita, joita ei ole mahdollista havaita päällepäin. (Mannila 2017.)

Betonimassan tärytys tehdään noin 40–50 cm:n pistovälein yli koko betonoitavan alueen. Sopiva tärytysaika on noin 10–20 sekuntia. Tärytysajan on oltava riittävä, jotta ylimääräinen ilma poistuu betonimassasta (Rakennustuoteteollisuus n.d.). Ylitäryttämistä on kuitenkin syytä välttää, sillä se aiheuttaa betonimassan erottumista ja liiallista huokoisuuden poistumista.

Tiivistämiskeinoja on monia erilaisia. Niiden käyttö riippuu hyvin pitkälti siitä, missä betonoitava kohde sijaitsee. Betonielementtitehtaiden tärytysmenetelmät ovat poikkeavia esimerkiksi työmaan tärytysmenetelmiin.

Tärysauva on notkeusluokiltaan notkeiden betonirakenteiden tiivistämiseen yleisimmin käytetty väline. Se soveltuu kaikkien betonirakenteiden tiivistämiseen lukuun ottamatta kaikkein ohuimpia pintabetonivaluja. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Tärysauvaa on käytettävä aina pystysuorassa asennossa. Vaakasuurassa asennossa tärysauva ei tiivistä, vaan aiheuttaa betonimassan erottumisen (Rakennustuoteteollisuus n.d.). Myös raudoitteisiin osumista on vältettävä, sillä se aiheuttaa veden erottumista betonimassasta ja voi myös irrottaa raudoitteita tai niihin kiinnitettyä tekniikkaa.

Kun tiivistetään useammalla betonointikerralla tehtäviä valuja, tiivistys on tehtävä 20–30 cm kerrosvälein huolellisesti ennen seuraavan kerroksen valua. Tärysauvan annetaan painua omalla painollaan noin 15–20 cm edellisen valukerran kerrokseen, jolloin kerrosten välinen sauma tasoittuu eikä se jää näkyviin valmiiseen rakenteeseen.

9.9 Betonin suojaaminen

9.9.1 Sääsuojaus

Valun jälkeen betonipinta on altis ympäröivälle säälle. Kylmä ilma tai rankka vesisade vaurioittaa vasta valettua betonirakennetta.

Sadesuojauksessa ensisijainen tarkoitus on estää suoraa sadetta vaurioittamasta tuoreen betonirakenteen pintaa ennen sen sitoutumista. Sadesuojaus yleensä myös parantaa rakennusosan laadun lisäksi työtehoa ja estää rakennustöiden keskeytymistä huonojen sääolosuhteiden takia. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Tuulelta ja suoralta auringonpaisteelta suojaaminen on myös varteenotettava menettely, sillä ne kuivattavat nopeasti vastavaletun suojaamattoman betonipinnan. Tällaisesta kuivumisesta seuraa valupinnan halkeilua ja ohuempien rakenteiden käyristymistä. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Jos betonoinnin ja jälkihoidon vaatimia olosuhteita ja sääsuojausta ei tehdä, on tällöin betonointityö siirrettävä säätilaltaan parempaan ajankohtaan. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

9.9.2 Sääsuojauskalusto

Vesikaton asentaminen on eniten käytetty rakennusten pintabetonivalujen suojaustapa. On kuitenkin myös huolehdittava siitä, että rakennuksen sivut on suojatut, yleensä seinien asennuksella mutta joissakin tapauksissa voidaan käyttää suoja- tai telinepeitteitä. Viistosade pilaa helposti vasta valettujen betonilaattojen reuna-alueet. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Telinepeitteet ovat rakennustelineitä varten mitoitettut peitteet. Käyttösuuntana voi olla pysty- tai vaakasuora. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Eristepeitteissä kahden tiiviin suojakankaan väliin on asennettu ohut lämmöneriste. Lämmöneristemateriaaleina käytetään yleisesti vaahto- tai solumuovia. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

9.10 Betonin jälkihoito

Esijälkihoitoaine levitetään betonointityön aikana ennen pintahiertoa. Kuivattavissa valuolosuhteissa, esimerkiksi lämmitetyissä sisätiloissa talviaikana sekä tuulisella tai aurinkoisella ilmalla ulkotiloissa, on jälkihoito aloitettava valun aikana betonilaatan liiallisen kuivumisen ehkäisemiseksi. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Betonipintaa oikaistaessa sumutetaan siihen esijälkihoitoaine, pidetään pinta kosteana vesisumutuksella tai peitetään vasta valettu rakenne suoja-peitteillä. Esijälkihoidon aikana vettä ei saa sumuttaa laatan päälle liikaa. Sumutuksen tarkoituksena on vain kostuttaa laatan pinta, joten liika vesimäärä saattaisi sekoittaa betonirakenteeseen heikentäen sen lujuutta pinnassa. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Esijälkihoidon tarkoitus on ehkäistä betonilaatan turmeltumista ennen varsinaisen jälkihoidon aloitusta. Jos esijälkihoitoa ei tehdä, kuivissa olosuhteissa betonilaatta halkeaa jo ennen pinnan hiertoa. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Jälkihoitoaine huolehtii tasaisesta, hitaasta kuivumisesta betonin pinnassa. Se muodostaa laajalle ulottuvan vesihöyrynläpäisemättömän kal-

von, sekä lisää lujuutta ja tiiveyttä pinta-alueilla, vahvistaa kulutuskestävyyttä olennaisesti ja ehkäisee kuivumiskutistuman aiheuttamaa halkeilua, hilseilyä ja pölyämistä. (Alimex n.d.)

Jälkihoitoaine sumutetaan betonipinnalle oikaisun ja hierron jälkeen. On hyvä muistaa, että ennen betonin kuivumisen aloitusta on jälkihoitoaine hiottava pois betonin pinnasta. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Vesikastelua ei tule tehdä ennen betonimassan sitoutumista, sillä lisätty vesi kasvattaa betonin vesisementtisuhdetta rakenteen pinnassa ja täten heikentää betonin laatua. Vettä voidaan käyttää myös varsinaisena jälkihoitoaineena, mutta kyseinen tapa on työläs ja pidentää betonin kuivumisaikaa, joka taas siirtää rakenteen pinnoitustöitä eteenpäin. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

9.11 Talvibetonointi

9.11.1 Perustaa

Betonin lämpötila valuvaiheessa on erityisen tärkeä saada pysymään ohjeistetuissa, sillä liian kylmänä kovettuva betoni kehittyy huomattavasti hitaammin ja joissain tapauksissa sen lujuus saattaa jäädä nimellislujutta paljonkin pienemmäksi.

Betonointi kylmänä vuodenaikana asettaa rakennustyömaalle normaalista poikkeavia haasteita. Talvibetonointikausi katsotaan alkavan, kun lämpötila laskee vuorokauden kuluessa alle +5 °C. Etelä-Suomessa kausi kestää noin seitsemän kuukautta, käsittäen ajanjakson lokakuusta huhtikuuhun. Pohjois-Suomessa samainen kausi kestää jopa yhdeksän kuukautta syyskuusta toukokuuhun. (Ratu 120603, sivu 1.)

Lämpötilaolosuhteet vaikuttavat sementin kovettumisreaktioon. Alhaisissa lämpötiloissa sementin hydrataatio tapahtuu normaalia hitaammin. Myös jäätymis- ja muotinpurkulujuuden saavuttaminen viivästyy usein merkittävästikin. Betonin jäätymislujuutena pidetään arvoa 5 megapascalia. (Ratu 120603, sivu 1.)

Lujuudenkehitys hidastuu merkittävästi lämpötilan laskiessa alle 0 °C ja sen laskiessa -10--15 °C se lopulta pysähtyy. (Järvinen ym. 2004, 347.)

Betonimassan lämpötila voi laskea jopa 7 °C kuljetuksen ja työmaasiirtojen aikana, vaikka se siirrettäisiinkin betonitehtaalta muottiin oikeaoppisesti ilman turhia välivarastointeja. Betonoinnin hidastuminen, turhat ja pitkät välivarastoinnit sekä häiriöt betonoinnissa merkitsevät vielä suurempaa jäähtymistä. Myös ympäristöolosuhteet kuten tuuli nopeuttavat betonin jäähtymistä merkittävästi. (Ratu 120603, sivu 1.)

9.11.2 Lujuudenkehityksen nopeuttaminen

Lujuudenkehityksen nopeuttamiseen on useita vaihtoehtoja. Useimmin käytetyt vaihtoehdot valmisbetonin lujuuden kehittämisen nopeuttamiseen ovat lujuusluokan nosto, lisäaineiden käyttö, nopeasti kovettuvan betonin käyttö, lämpökäsittely tai kuumabetonin käyttö. (Järvinen ym. 2004, 372.)

Kuumabetoni on betonia, joka on betonitoimittajan toimesta lämmitetty huomattavasti normaalisti toimitettavan betonin lämpötilaa kuumemmaksi. Tällöin sen lujuudenkehitys nopeutuu ja työmaalla tarvittava lämmitystarve pienenee. (Järvinen ym. 2004, 372.)

9.11.3 Talvibetonointiin varautuminen

Sääolosuhteet ovat Suomessa betonoinnin kannalta ajoittain ankarat, jonka takia niihin täytyy kiinnittää varsinkin talvisaikaan huomiota. Ennen betonointityön tilausta on tarkasteltava lämpötilaennusteita ja meneteltävä sen mukaan. On mietittävä ennakkoon, tarvitseeko betonia lämmittää työmaalla erilaisin keinoin tai vaihtoehtoisesti lisätä betonimassaan kylmiä olosuhteita vastaan toimivia lisäaineita.

Lämmitystavasta ja muottitekniikasta riippumatta talvibetonointi edellyttää aina betonirakenteiden suojaamista. Suojaamisen päätarkoituksena on taata riittävä lujuudenkehitys yhdessä muiden talvibetonointitoimenpiteiden ohella. Riittävällä suojaamisella myös ehkäistään lumen ja jään kertyminen valun päälle. (Sahlstedt ym. 2013, 36.)

Valettaessa talvisaikaan on myös otettava huomioon betonoitavan rakenteen viereiset rakenteet tai muut siihen välittömässä kosketuksessa olevat materiaalit. Suurella pinta-alalla kosketuksessa valettavan rakenteen kanssa oleva rakenne tai maa-aines ottaa betonin kovettumisreaktiosta lämpöä itseensä, joka voi kylmissä olosuhteissa aiheuttaa betonin kylmetymisen tai jäätyksen.

On mietittävä ennakkoon menetelmiä, joilla betonin jäähtymistä vastaan voidaan varautua. Valuvalmiin muotin suojaus ennen betonointia on hyvä tapa ehkäistä suurten lumi- tai jäämäärien pääsy muottiin. Mikäli muottirakenteen sisään kuitenkin pääsee lunta tai jäätä, voidaan se esilämmittää niiden sulattamiseksi.

Kalusto- ja tarvikehankinnat koskevat lähinnä lämmityslaitteita, lämmitykseen tarvittavia aineita, betonin, raudoituksen ja muotin suojapeitteet ja lämmöneristeet, välineet lumen ja jään sulatukseen sekä lämpötilaseurantaan tarvittavat mittarit. (Järvinen ym. 2004, 364.)

Koska tuuli ja suuret vetoa aiheuttavat tekijät edesauttavat betonin jäähtymisessä, täytyy myös ottaa huomioon niiden ehkäiseminen esimerkiksi ikkuna-, ovi- ja muiden aukkojen peittämisellä.

Lämmityksen aloitus niin aikaisin, että muotin alustan lämpötila on betonoinnin alkaessa yli 5 °C. (Ratu 120603, sivu 6.)

9.11.4 Puhdistus ja sulatus

Muottirakenne, raudoitteet ja betonoitava alusta on puhdistettava lumesta ja jäätä juuri ennen betonointia, jotta ne eivät pääset jätymään uudelleen. Erikoista huomioita on kiinnitettävä tiheisiin raudoituksiin. (Järvinen ym. 2004, 365.)

Betonin lähtöpinnat maa, kallio ja aikaisemmin valettu betoni lämmitetään sellaiseen lämpötilaan, ettei valettava betoni pääse jätymään. Höyry sopii parhaiten puhdistukseen ja sulatuksen viimeistelyyn. (Järvinen ym. 2004, 365.)

9.11.5 Betonin lämmitys valutyön aikana

Betonointityön aikana työmaalle toimitettavan betonimassan lämpötila tarkastetaan mittaamalla se esimerkiksi betoniauton säiliössä. Jos betoni on toimitusvaiheessa päässyt jo liian kylmäksi, se voi jäätymään ennen kuin jäätymisluku saavutetaan.

Ennen valutyötä tai sen aikana voidaan jo asentaa erilaisia kuumailmalämmittimiä tai puhaltimia esimerkiksi holvirakenteen alle, jossa yleensä on asennettuna seinät ja vetoa tuottavat aukot mahdollista tukkia. Tällöin lämpö alkaa johtua muottirakenteen läpi betonoitavaan osaan. Valutyön jälkeen, kun on mahdollista, valettu rakenne voidaan peittää kelmuilla tai solumuovimatoilla. Tällöin tuotettava lämpö ei heti säteile kylmään ilmaan.

Kuumabetonia voidaan käyttää myös kylmiä olosuhteita vastaan. Betoni- tehtaalla se lämmitetään valmiiksi +30-+50 °C. Lämpötilaltaan tavallista korkeampi betonimassa hyödynnetään parhaiten valamalla se hyvin lämpöeristettyyn muottiin. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

9.11.6 Betonin lämmitys valutyön jälkeen

Varsinkin talviolosuhteissa vasta valettu betonirakenne on altis jäähtymiselle. Tällöin tulee huolehtia, ettei betonimassa pääse jätymään lujoudenkehityksen alkuvaiheilla. Betonin jäätyminen liian varhaisessa vaiheessa vaikuttaa merkittävästi sen lopulliseen lujuuteen.

Muottiin siirretyn betonin riittävästä kovettumislämpötilasta huolehditaan peittämällä ja suojaamalla, sekä lämmittämällä sitä. (Järvinen ym. 2004, 369.)

Betoniset vaakarakenteet suojataan yleensä päältä puolin lämpösuojalaa-tikoilla, -levyillä tai -matoilla. Lämpösuojalaa-tikot ovat nosturilla siirreltäviä, raskaita suoja. Levyt ja matot ovat kevyitä, käsin siirreltäviä peitteitä. (Järvinen ym. 2004, 370.)

Suojapeitteiden vaikutusta tehostetaan hyvällä tiiviydellä, tiheällä ja vahvalla kiinnityksellä, rakenteiden ohi ulottuvalla pituudella ja kaksinkertaisen peitteen käytöllä. Usein valuun joudutaan asentamaan korokkeita, kannattimia tai kiinnikkeitä eristeiden ja peitteiden asentamisen vuoksi. (Järvinen ym. 2004, 371.)

Valutyön jälkeen betonia voidaan alkaa lämmittää esimerkiksi valuun asennetuilla vastuskaapeleilla.

Säteily- eli infrapunalämmityksessä lämmitetään suoraan muottia tai betonipintaa. Lämmittimet suunnataan lämmitettävää muottia tai betonipintaa kohti. Lämmitettävä kohde on lämpöeristettävä ulkoilman puolelta suoja- tai eristepeitteillä lämmönhukan vähentämiseksi. (Rakennustuote-teollisuus n.d.)

Lankalämmitys on sovelias betonoitavien rakenteiden kylmäsilta-alueiden lisälämmitysmenetelmäksi. Betonivalun sisään asennetaan sähkövastuslanka, joka lämmittää suoraan betonia. (Rakennustuote-teollisuus n.d.)

Kuumailmalämmityksessä lämmitetään muotin ja betonin ympäröivää ilmaa. Jotta lämmitys olisi taloudellisesti kannattavaa, tulee lämmitettävä tila osastoida ja tiivistää huolellisesti ympäröivästä ilmasta. Ilman lämmittämiseksi käytetään öljy-, kaasu-, sähkö- tai kuumavesikäyttöisiä kuumailmapuhaltimia. Lähes kaikissa edellä mainituista menetelmistä lämmöntuotto perustuu palamiseen, josta syntyy aina palamiskaasuja ja -hiukkasia. Kaasut ja hiukkaset voivat olla myrkyllisiä, joten niiden poistamisen varmistamiseksi järjestetään lämmitettävään tilaan riittävä tuuletus. Yleisimmät lämmittimet kuumailmalämmityksessä ovat kaasu- ja sähkökäyttöiset lämmittimet. (Sahlstedt ym. 2013, 43.)

9.11.7 Betonin lämpötilaseuranta

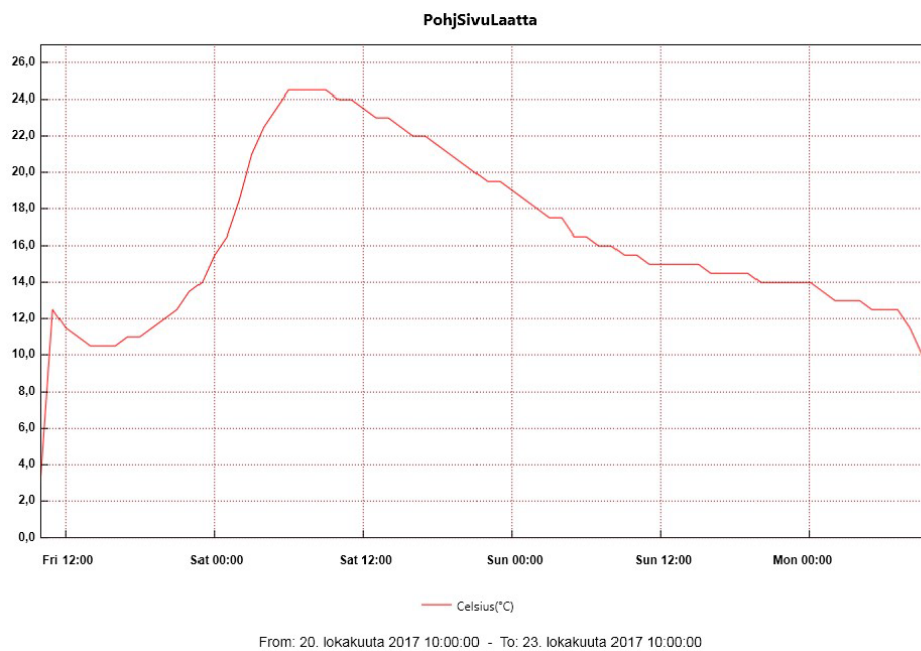
Valutyön jälkeen betonia voidaan alkaa lämmittää esimerkiksi valuun asennetuilla vastuskaapeleilla.

Betonin lämpötilaseurantaa voidaan tehdä asentamalla rakenteeseen ennen valua lämpötila-antureita. Lämpötila-anturit asennetaan rakenteen kannalta kriittisimpiin kohtiin kylmyyden kannalta, sekä tarvittaessa sellaisiin kohtiin, joita halutaan jostain muusta syystä seurata.

Lujuuden kehittymisen ja lämpötilaseuranta reaaliaikaisesti voidaan tehdä esimerkiksi dataloggereilla. Loggereissa on usein kolme mittauspistettä rakenteessa: laatan pohjassa, keskiosassa ja laatan yläosassa. (Huusko 2017.)

Lämpötilaseurannassa voidaan käyttää tietokoneohjelmia, esimerkiksi EasyLog USB -nimistä sovellusta, jonka avulla antureiden mittamaa lämpötilaa pystytään seuraamaan joko reaaliajassa tai jälkikäteen. Lokimaiseen lämpötilaseurantaan tarvitaan pattereilla toimiva laite, joka kirjaa ylös rakenteen lämpötilan halutuin aikaväleihin. Erilaiset hälytykset riskillisistä lämpötiloista on myös mahdollista luoda kyseiseen ohjelmaan. Hälytyksen voi asettaa betonin ollessa lähellä riskillistä lämpötilaa ja jäätymisvaaraa.

Kun lämpötilaa on seurattu betonin lujuudenkehityksen kriittisimmän ajan verran, voidaan lämpötilalokia tarkastella asentamalla antureissa kiinnitetyt laitteet tietokoneeseen USB -liitännällä. EasyLog -ohjelma luo graafisen kuvaajan (kuva 16) lämpötilan seurannasta.



Kuva 16: Kuvaaja lämpötilanseurannasta.

10 MUOTIN PURKU

10.1 Perustaa

Muottikaluston purkaminen aloitetaan, kun betoni on saavuttanut sille asetetun muotinpurkulujuuden. Muotinpurkulujuuden määrittää rakennesuunnittelija.

Mikäli holvia ei valeta yhdellä kerralla, on tärkeää huolehtia ja ohjeistaa työryhmää oikeasta purkamisjärjestyksestä. Jos eri lohkojen valut ovat betonoitu ajallisesti eri vaiheissa, on myös muotit purettava niin, etteivät ne ole alle muotinpurkulujuuden.

Muottien purkujärjestyksessä on otettava huomioon työsaumojen sijainti ja rakenteen staattinen toiminta niin, ettei rakenteeseen missään vaiheessa kohdistu ylimääräisiä rasituksia. (Järvinen ym. 2004, 348.)

Muotin tukirakenteet saa purkaa, kun on luotettavasti saatu todettua betonin kovettuneen niin paljon, että rakenne kestää mahdollisine varatukineen siihen kohdistuvat rasitukset ja siihen ei synny muodonmuutoksia. Betonin lujuuden on oltava vähintään 60 % nimellislujuudesta, ellei suunnitelmissa ole muuta arvoa esitetty. (SFS-EN 5975 2011, 3.)

Lujuuden tarve on tavallisesti 60-80% nimellislujuudesta. Lujuuden tarve määräytyy purkamishetken kuormituksen mukaan kaavasta (kuva 17). (Järvinen ym. 2004, 348.)

$$K_m \geq \frac{F}{F_k} * K$$

K_m on betonin keskilujuus purkamishetkellä

K on betonin nimellislujuus

F on työnaikainen kuormitus

F_k on suunnittelukuorman ominaisarvo.

Kuva 17. Lujuuden tarpeen määrittely (Järvinen ym. 2004, 349.)

Vaikka suurin osa muottikalustosta poistetaan ja yleensä siirretään seuraavan holvin työstämiseen, jätetään kuitenkin taipuman vastaiset tuet rakennesuunnittelijan määrittelyn mukaan. (Järvinen ym. 2004, 348.)

10.2 Siirrot ja nostot

Muottikalustoa purkaessa muottikalusto siirretään seuraavalle holville. Apuna voidaan käyttää erilaisia nostoastioita, joihin muottikalusto laiteetaan. Isommat kappaleet, kuten levyt ja palkit niputetaan ja nostetaan omana nippunaan seuraavalle holville.

Nostoissa hyödynnetään nosturia, esimerkiksi työmaalla olevaa torninosuria tai ajoneuvonosturia. Niputettu muottikalusto voidaan nostaa ikkuna- tai oviaukoista.

Siirtäessä muottikalustoa, varsinkin uudelleen käytettäviä levyjä, on ne merkittävä tai niputettava tarkasti. Muotoon leikatut levyt sopivat seuraavallakin holvilla samaan kohtaan, joten on tärkeää, että muottikalustoa ei sekoiteta muodoltaan samanlaisina jatkuvina rakenneratkaisuissa.

10.3 Jälkituenta

Koska betonin kovettuminen nimellislujuutensa vie aikaa, sekä toisaalta taas rakentamisen aikataululliset painotteet eivät yleensä salli niin suuria aikavälejä holvivalujen välissä, on betonirakenteiden jälkituennasta huolehdittava omana osa-alueenaan.

Jälkituennan tarkoituksena on se, että betonin nimellislujuutta ei ole vielä saavutettu. Rakennuksen kasvaessa myös yläpuoliset holvirakenteet rasi-tavat niiden holvituenta- ja rakennusvaiheessa huomattavan paljon vasta valettua holvia, joten jälkituenta on hyvin olennainen huomioitava seikka. (Fagerlund, haastattelu 31.10.2017)

Holvit mitoitetaan usealle eri kuormalle, joihin sisältyvät muun muassa rakenteen oma paino, pysyvät kuormat, rakennusaikaiset kuormitusrasitukset sekä muuttuva hyötykuorma.

Plastisten taipumien ja siitä johtuvien halkeilun ehkäisemiseksi holvi on kuitenkin pidettävä tuettuna siihen asti, kunnes betoni on saavuttanut 80% suunnittelulujuudestaan. Suurien kenttien kohdalla taipumien rajoittamiseksi voidaan käyttää holvin esikorotusta, josta tehdään yksityiskoh-taisemmat suunnitelmat ja detaljit. (Paloniitty 2017)

11 LUJUUDENSEURANTA

11.1 Perustaa

Muotinpurkulujuuden saavuttamisen varmistamista ja laskentaa kutsutaan betonin lujuudenkehityksen hallinnaksi. Yksinkertaistettuna betonin lujuudenkehityksen seuranta ja hallinta sisältää kaksi eri toimenpidettä. Näitä ovat tuoreen ja kovettuvan betonin lämpötilaseurannan sekä betonin lujuuden määrittämisen lämmönkehityksen perusteella käytetyn betonin suhteutustiedot. (Ratu 120603, sivu 8.)

Lämpötilaolosuhteiden alentuminen hidastaa betonin lujuudenkehitystä. Viileällä säällä tai talviolosuhteiden vallitessa betonin on annettava kovettua muotissaan tavallista pidempään. Muotinpurkulujuutta arvioidaan seuraamalla betonirakenteen lämpötilaa useassa kohdassa kovettumisprosessin aikana ja laskemalla betonin kypsyysikä astetunneista. Valmisbetonitoimittajien laskentapalveluilla voidaan laskea betonin kypsyysikä sen

rakenteen sisään asennettujen antureiden mittaamien lämpötilatietojen perusteella. (Rakennustuoteteollisuus n.d.)

Lujuudenkehityksessä on tärkeä seurata hydrataatiolämpöjä, jotta muut-
teja ei aleta purkaa liian varhaisessa vaiheessa. Tyypillisesti muotinpurku-
lujuutena pidetään 60-80 prosenttia betonin nimellislujuudesta. (Mannila
2017.)

Vastavaletun ja kovettuvan betonin lämpötilanseuranta tehdään raken-
teen kriittisimmistä kohdista. Kriittisimpiin kohtiin lukeutuvat rakenteen
kohdat, joissa lämpötilan voidaan olettaa olevan alhaisimmillaan, sekä nii-
hin kohdistuu suurin rasitus muotinpurkamisen yhteydessä. Laattaraken-
teissa nämä kohdat ovat kentät ja yläpinnat tukialueille. (Ratu 120603, sivu
8.)

Betonin reaaliaikaista lujuutta voidaan laskea betonin lujuudenkehityk-
seen luoduilla suunnitteluohjelmilla, joissa voidaan hyödyntää työmailla
mitattuja lämpötilakaavioita ja -lokeja. Ohjelmassa käytetään valetun be-
tonilaadun suhteutustietoja, pystytään laskennassa määrittämään raken-
teen reaaliaikainen lujuus mittauskohdista. Tällainen laskentamenetelmä
on vanhempia menetelmiä huomattavasti tarkempi ja luotettavampi, sekä
nopea. Tiedoston voi esimerkiksi lähettää lujuuslaskentaa tekeväälle henki-
lölle sähköpostitse. (Ratu 120603, sivu 9.)

11.2 Lujuuden määrittämismenetelmät

Betonirakenteen lujuus todetaan ensisijaisesti betonista mitattujen läm-
pötilojen avulla. Lämpötilat mitataan valetusta rakenteesta erilaisilla läm-
pötilamittareilla. Mittauspisteet on valittava niin, että saadaan luotettava
kuva betonin lämpötiloista myös kylmissä osissa rakennetta. (Järvinen ym.
2004, 350.)

Lujuuden kehitystä voidaan myös arvioida tietokoneavusteisesti. Tietoko-
neohjelmat määrittelevät betonin lujuuden sen valulämpötilan, betonoita-
van kohteen mittojen ja suojauksen, sekä ulkoisten sääolosuhteiden pe-
rusteella. Ohjelmat huomioivat myös eri sementtityyppien erilaiset lujuu-
denkehittymisominaisuudet. (Järvinen ym. 2004, 350-351.)

Betonin kypsyysmittarit ilmaisevat betonirakenteeseen asennettuna sen
kypsyden, josta saadaan betonin lujuus, kun tiedetään sen koostumus.
(Järvinen ym. 2004, 351.)

Ainetta rikkomattomissa menetelmissä betonin lujuutta mitataan mitta-
laitteella, joka perustuu yleensä betonin kimmoisuusasteen kehittymi-
seen. (Järvinen ym. 2004, 351.)

Olosuhdekoekappalemenetelmässä käytetään koekappaleita, joita säilytetään samoissa olosuhteissa tutkittavaan rakenteeseen verrattuna. Puristamalla rakenne saadaan selville sen hetkinen lujuus. (Järvinen ym. 2004, 351.)

Poraamalla itse rakenteesta koekappaleita ja puristamalla ne saadaan luotettavasti tietää rakenteen lujuus. Menetelmä on kuitenkin rakennetta rikkova ja kallis. (Järvinen ym. 2004, 351.)

Niin sanotulla Sadgroven menetelmällä betonin lujuusarvio lasketaan lämpötilan ja ajan perusteella summa, joka kuvaa betonin kypsyysikä. Kypsyysikä osoittaa, miten betonin lujuus on kehittynyt, suhteessa +20 °C va-kiolämpötilassa säilytettyyn betoniin verrattuna. Sadgroven menetelmässä betonin kypsyysikä t_{20} lasketaan siihen luodulla kaavalla (kuva 18). (Järvinen ym. 2004, 351.)

$$t_{20} = ((T+16 \text{ °C})/36\text{°C})^2 * t$$

missä T lämpötila (°C) aikavälillä t.
t on kovettumisaika (vrk)

Kuva 18. Sadgroven menetelmä (Järvinen ym. 2004, 352).

12 RAKENTEEN KUIVUMINEN

12.1 Perustaa

Betonin kuivuminen tarkoittaa sitä, että betonissa oleva vapaa huokosvesi poistuu.

Sementti tarvitsee vettä kovettuakseen, mutta sementin kemiallisesti sitoma vesimäärä on vain noin 25% sementin painosta. Betonin työstettävyyden takia tarvitaan vettä enemmän, 40-80% sementin painosta. Tämä osuus vedestä jää betonin huokosiin ja sen on kuivuttava ennen kuin betoni päällystetään kosteusongelmien välttämiseksi. (Finnsementti n.d.)

Betonin kuivuminen on hidasta verrattuna esimerkiksi sen lujuudenkehitykseen. Kuivumisnopeuteen vaikuttaa betonin koostumus, rakenteen paksuus sekä ympäristössä vallitsevat olosuhteet. (Finnsementti n.d.)

Betonin kuivuminen jatkuu niin kauan, kunnes betonissa olevien huokosten ilmatilassa oleva suhteellinen kosteus on sama kuin betonirakennetta

ympäröivän ilman suhteellinen kosteus. Tällöin betoni on saanut saavutettua hygroskooppisen tasapainon ympäröivien olosuhteiden kanssa. (Merikallio 2002, 33.)

Pintapuoliltaan kostean betonirakenteen kuivuminen on riippuvaista enimmäkseen ympärillä olevasta haihtumismahdollisuudesta. Haihtumismiljöössä pinnassa oleva kosteuspiitoisuus pienenee. Tämä aiheuttaa sen, että kosteutta siirtyy rakenteen sisältä kuivempaa pintaa päin niin kauan, kunnes kosteuden haihtuminen on sen siirtymistä rakenteesta pintaan päin verrattuna pienempää. Kuivuminen siirtyy syvemmälle rakenteeseen ja on ensisijaisesti riippuvainen kapillaarisesta johtumisesta sekä diffuusiosta. (Merikallio 2002, 34.)

Kapillaarisessa kosteudensiirtymisessä edellytys on, että betonissa on yhtenäinen vedellä täyttynyt huokosverkosto. Hydrataatioreaktion edetessä huokosverkosto katkeaa tai kapillaarihuokokset alkavat täyttyä ilmalla, jolloin kosteuden siirtyminen tapahtuu ensisijaisesti diffuusion avulla. Diffuusiolla huokoisen materiaalin eri osissa vallitsevat erisuuret vesihöyryn osapaineet pyrkivät tasaantumaan keskenään. Koska kapillaarisessa kosteudensiirtymisessä kosteus siirtyy huomattavasti nopeammin, hidastuu betonin kuivuminen silloin, kun kapillaarinen kosteudensiirtyminen katkeaa. (Merikallio 2002, 34.)

Korkeahuokoisena materiaalina betoni pystyy luovuttamaan ympäristöön kosteutta, mutta se pystyy myös vastaanottamaan sitä helposti. Koska betoni pyrkii tasapainokosteuteen ympäröivien olosuhteiden kanssa, betoni voi myös vastaanottaa ilmasta kosteutta ollessaan kuivempi. Betonin kannalta merkittävin tekijä on kuitenkin betonin suuri vedenimukyky. Rakentamisen aikana betonirakenteisiin pääsee lähes väistämättä vettä esimerkiksi vesi- ja lumisateiden, märkien työmenetelmien tai vesivahinkojen toimesta. (Merikallio 2002, 34.)

Kastumisen vaikutus on betonirakenteen kuivumiseen sitä suurempi, mitä alhaisempi on betonin lujuusluokka. Lujuusluokassa vaikuttavana tekijänä on betonin vesisideainesuhde, jonka ollessa matalampi betoni on tiiviimpää. Vedenimukykyyn vaikuttaa betonin tiiviys, sekä se, mitä myöhemässä vaiheessa betonin kastuminen tapahtuu. (Merikallio 2002, 35.)

Mitä enemmän betonissa on vettä ja sementtiliimaa, sitä kauemmin kuivuminen vie aikaa ja myös kutistuma on suurempaa. (Finnsementti n.d.)

12.2 Rakenteen kutistuminen

Betoni kutistuu, kun se kuivuu ja kovettuu. Kutistumisen syynä on kaksi eri ilmiötä, kuivumisen ja hydrataatioreaktion aiheuttamasta tilavuuden muutoksesta. Kutistuman osat ovat nimeltään kuivumiskutistuma ja sisäinen kutistuma. (Nykyri 2013, 47.)

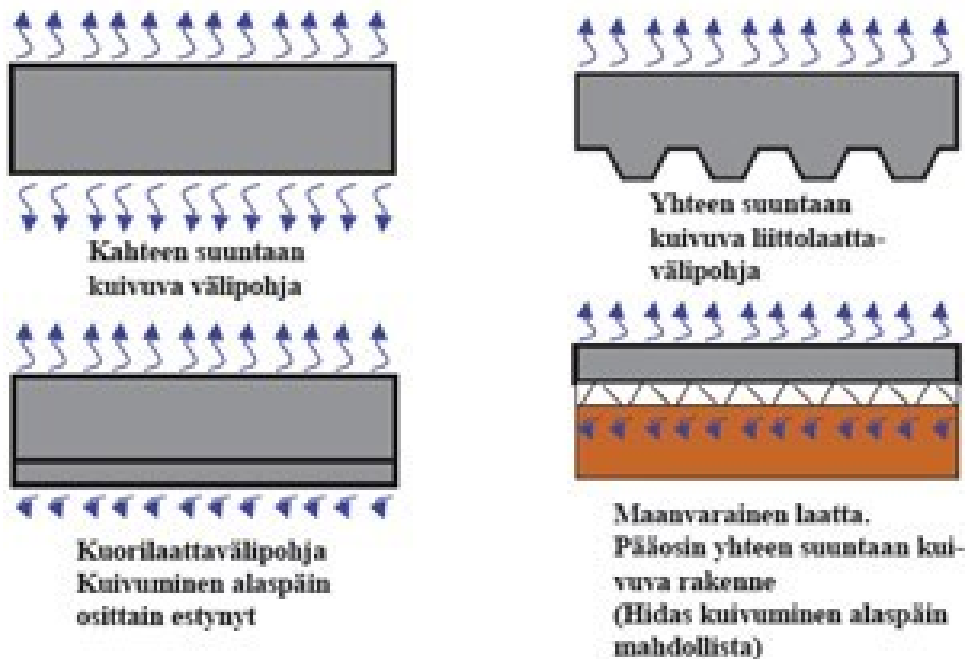
Kuivumiskutistumassa betonin huokosissa oleva vesi poistuu. Tällöin kiinteät osat, kuten sementtikivi, pakkautuvat lähemmäksi toisiaan ja betonin tilavuus olennaisesti pienenee. Kuivumiskutistuma kehittyy hitaasti sitä mukaa, kun huokosissa oleva vesi pääsee pois. Tämän kutistumisosan suuruuteen vaikuttavat vesisementtisuhte, rakenteet mitat sekä ympäristössä vallitseva kosteus. (Nykyri 2013, 47.)

Sisäisessä kutistumassa sementin hydrataatiotuotteiden tilavuus on pienempi kuin reaktioon osallistuvien tuotteiden tilavuus. Tämän takia sisäinen kutistuma on sitä suurempi, mitä suurempi on sementin määrä betonissa. Sisäinen kutistuma tapahtuu nopeasti valua seuraavina päivinä hydrataation mukana. (Nykyri 2013, 47.)

Kutistuma aiheuttaa betonirakenteisiin halkeiluriskiä. Runsaasti raudoitetuissa betonirakenteissa halkeaminen jää yleensä pieneksi, sillä raudoitus estää kutistuman aiheuttaman muodonmuutoksen syntymistä ja rajoittaa halkeamisen avautumista. Heikommin raudoitetuissa rakenteissa kutistuman aiheuttama muodonmuutos keskittyy muuttamaan halkeamaa ja halkeamaleveys voi kasvaa suureksi. Halkeiluriski on pienennettävissä ja rajoitettavissa huolellisella suunnittelulla ja valun jälkeisellä jälkihoidolla. Vaihtoehtoisesti kutistumamuodonmuutokset voidaan ohjata mahdollisiin liikuntasaumoihin. (Nykyri 2013, 47.)

12.3 Kuivumiseen vaikuttavat asiat

Betonirakenteiden ominaisuuksilla on suuri merkitys niiden kuivumisprosessissa. Rakenteen paksuus ja muoto, vesisementtisuhte, sementin liima-aineet sekä sijainti vaikuttavat sen kuivumisaikaan. Suuri merkitys on myös sillä, että kuinka moneen suuntaan rakenteella on mahdollisuus kuivua (kuva 19). Jos esimerkiksi laatan alla on paljon eristettä tai se on maata vasten, ei rakenne kuivu tehokkaasti kuin ylöspäin.



Kuva 19. Rakennerratkaisu ja kosteuden siirtyminen pintaa kohti (Merikallio 2002, 35).

Rakennerratkaisu vaikuttaa siihen, kuinka pitkän matkan kosteus joutuu siirtymään betonin sisällä, jotta se pääsee haihtumiskelpoiseen pintaan. Eli mitä paksumpi rakenne on, sitä pidempi on kuivumisaika. (Merikallio 2002, 35.)

Rakennetta ympäröivillä olosuhteilla on suuri merkitys betonin kuivumiseen. Ympäröivä lämpötila, suhteellinen kosteus ja ilmavirrat vaikuttavat siihen, kuinka nopeasti betonirakenteen pinnalle edennyt kosteus haihtuu ja rakenteen sisäinen kosteus pääsee siirtymään pinnalle. Betonin korkea lämpötila ja kosteus vaikuttavat positiivisesti siihen, kuinka nopeasti ja täydellisemmin sementti hydratoituu ja kuivuminen nopeutuu. Tätä ilmiötä sanotaan sitoutumiskuivumiseksi. (Merikallio 2002, 35.)

Betonointityötä voidaan suorittaa vaikka kolmessa vuorossa, mutta betoni itsessään kuivuu vain yhdessä vuorossa (Niku-Paavo 2017).

Normaaleilla betoneilla siirtymiskuivuminen on kuitenkin suuremmissa osassa kuin sitoutumiskuivuminen. Siirtymiskuivumisessa betonissa oleva vesi haihtuu ympäröivään ilmaan, jolloin sen suhteellisen kosteuden on oltava alhaisempi, jotta rakenne kuivuu tehokkaammin. Betonin vesihöyryn läpäisevyyskyky kuitenkin laskee jyrkästi betonin suhteellisen kosteuden laskiessa. Tämä aiheuttaa sen, että kosteuden siirtyminen pintaosissa hidastuu. Optimaalisena suhteellisen kosteuden arvona betonisen kuivumisen kannalta pidetään 50 %. (Merikallio 2002, 35.)

Rakentamisaikainen kosteudenhallinta on myös syy-seuraussuhteessa betonirakenteiden kuivumiseen. Jos rakenteisiin pääsee vettä jatkuvasti keskenkäisen rakennuksen myötä, imeytyy kosteus betoniin ja täten hidastaa

kuivumisprosessia. Keskenkäiset hormit ja yläpuoliset rakenteet, sekä peittämättömät aukot kuljettavat sadevettä rakennuksen sisälle. Tämän vuoksi betonin kuivumisen katsotaan alkaneeksi vasta silloin, kun rakennus on tiivis ja vesikattotyöt on saatu päätökseen.

Myös epäpuhtaudet, pöly ja suuremmatkin jätteet hidastavat kuivumista varsinkin suuremmissa kosteuspitoisuuksissa. Betonirakenteen päällä oleva betonipöly, puutöistä aiheutunut sahanpuru, eristeet ja esimerkiksi kipsilevyistä jäänyt pöly sitovat kosteutta itseensä ja täten se jää rakennuksen sisälle.

Betonin kuivumiseen vaikuttavat riittävä ilmanvaihto, mikäli ollaan tiiviissä rakennuksessa. Betonin kuivumisen yhteydessä siitä vapautuu kosteutta, joka puutteellisen ilmanvaihdon johdosta jää rakennuksen sisäilmaan ja täten hidastaa kosteuden poistoa myös itse rakenteesta.

Riittävän ilmanvaihdon rinnalla on myös tärkeää, että rakennuksessa on koko ajan riittävän lämmintä. Betonin kuivumiseen vaikuttaa myös lämpötila, jota nostamalla sitä voidaan nopeuttaa. Lämpötilan nousun myötä vesihöyryn osapaine betonin huokosrakenteissa kasvaa ja kosteudensiirtovoimat kasvavat (Merikallio 2002, 35). Runsaan ilman vaihtuvuuden myötä lämpötilan pitäminen korkealla onkin muodostunut yhdeksi ongelmaksi betonirakenteiden kuivumisen kannalta. Betonirakenteen riittävään nopeaan kuivumiseen edellytetään yleensä vähintään +20 °C lämpötilaa, mutta +25–30 °C lämpötiloissa kuivuminen nopeutuu merkittävästi (Merikallio 2002, 35.).

Betonirakenteita kuivattaessa on tärkeää saada kuivattava betoni lämpimäksi, mutta silti myös ilman lämmittämisestä on hyötyä kuivattamisen kannalta. Kun rakennetta ympäröivän ilman lämpötila nousee, myös sen suhteellisen kosteuden arvot laskevat ja kyky vastaanottaa betonista haihtuvaa kosteutta nousee. (Merikallio 2002, 36.)

Rakentamisvaiheessa ilman lopullista ilmanvaihtoa rakennus muuttuu nopeasti ylipaineiseksi. Rakennuksessa oleva ylipaine siirtää sisäilmassa olevan kosteuden kuiviin rakenteisiin, joka taas hidastaa niiden kuivumista. Tämän vuoksi on tärkeää, että rakennus pidetään alipaineisena.

12.4 Kuivumisen tehostaminen

Käyttämällä mahdollisimman suuriraekokoista ja jäykkää massaa varmistetaan betonirakenteiden nopea kuivuminen. Mitä suurempi runkoaineen maksimiraekoko on, sitä pienempi on massaansa vaadittava vesimäärä. (Merikallio 2002, 37.)

Nopeasti kuivuvien betonilaatujen käyttäminen nopeuttaa myös rakenteen kuivumista. Nopeasti kuivuvat betonit perustuvat yleensä normaalia

betonia pienempään vesisideainesuhteeseen, sekä massan huokoistamiseen. (Merikallio 2002, 37.)

Betonirakenteen kastumisen minimoinnilla tehostetaan betonirakenteen kuivumista. Mitä enemmän betonirakenne kastuu myöhemmällä kuivumisajalla, sitä enemmän se pystyy itseensä vettä sitomaan (Merikallio 2002, 37). Ylimääräinen vesi voidaan poistaa mekaanisesti esimerkiksi vesimureilla, lastoilla tai harjoilla betonirakenteen pinnalta.

Betonirakenteiden kuivumista nopeutetaan useimmiten erilaisilla lämmittimillä. Myös simpukkapuhaltimet ja alipaineistajat ovat tehokkaita nopeuttajia kosteuden poistamiseen.

On tärkeää huolehtia siitä, että rakennuksessa on kuivatettavan rakenteen koon ja muiden ominaisuuksien kannalta riittävästi lämmittimiä ja ilman kierrättäjiä.

Lämmittimien ja puhaltimien sijoittelulla on suuri merkitys rakenteen kokonaisvaltaiseen kuivumiseen. Jos puhaltimia pidetään koko ajan vain samassa paikassa, kuivattaa se vain paikallisesti betonirakennetta. Jotta rakenne kuivuisi tasaisesti koko alaltaan, täytyy ilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa seurata erilaisin mittarein. Mittaustulosten perusteella tehdään lämmittimien ja puhaltimien siirtoja. (Haavisto 2017.)

Puhaltimet on kuitenkin sijoitettava niin, että ne eivät puhalla suoraan rakennuksen vaipassa oleviin aukkoihin. Ilman kulkeutuessa esimerkiksi ikkuna- tai oviaukkoa kohti, menee se siitä suoraan ulkoilmaan tai -tilaan ja täten kuivuminen hidastuu.

Mikäli betonirakenne valetaan jo vaipan ollessa ummessa, on hyvin tärkeää huolehtia valun jälkeisestä ilmanvaihdosta. Betonin kovettuessa siitä vapautuu suuri määrä kosteutta, joka rakennuksen sisälle jäädessään aiheuttaa sen siirtymisen ympäröiviin kuivempiin rakenteisiin. Kosteuden pääsyn rakenteisiin voi estää alipaineistamalla tila, jossa kuivattava betonirakenne on. Huonetilan ollessa alipaineistettu, vallitseva kosteus ei pääse tunkeutumaan ympäröiviin rakenteisiin.

12.5 Kosteusseuranta

12.5.1 Kosteusmittaus

Rakennustyömaalla kosteusmittauksia tehdään lähinnä niistä rakenteista, jotka päällystetään tai pinnoitetaan myöhemmin. Ennen päällystys- tai pinnoitustyötä on alustana olevan betonin alitettava päällystemateriaalin, kiinnitysmassan tai pinnoitteen edellyttämä kosteusraja-arvo. (Merikallio 2002, 5.)

Koska betonirakenteiden kuivumisnopeudet riippuvat monen eri tekijän summasta, riittävästä kuivumisesta ei voida varmistua kuin mittaamalla kosteus suoraan rakenteesta. Kosteusmittaukset on tehtävä hyvin huolellisesti, jotta virheellisen tuloksen takia ei jouduttaisi odottelemaan liian kauaa tai vastaavasti aiheuteta kosteusvaurioita. (Merikallio 2002, 5.)

Kosteusmittauksia tulee tehdä hyvissä ajoin ennen betonirakenteen päällystämistä, jotta voidaan seurata sitä, että kuivuuko rakenne suunnitellun aikataulun mukaisesti vai tarvitaanko lisäkuivaustoimenpiteitä. (Merikallio 2002, 5.)

12.5.2 Pintakosteudenosoittimet

Rakenteiden kosteuspitoisuuksia voidaan mitata ainetta rikkomattomilla pintakosteusmittauksilla. Pintakosteudenosoittimien toiminta perustuu mitattavan materiaalin vesipitoisuuden muuttuessa tapahtuviin materiaalin sähköisten ominaisuuksien, kuten sähkönjohtavuuden, kapasitanssin ja dielektrisyyksien muutoksiin. Mittalaitteiden toimintaperiaatteiden, sekä rakennusmateriaalien ominaisuuksien vaihtelun vuoksi mittaustuloksia pidetään lähinnä suuntaa-antavina (Merikallio 2002, 6.)

Betonin sementtimäärästä ja lisäaineista johtuen toiset betonirakenteet johtavat sähköä paremmin kuin toiset, joka vaikuttaa mittaustuloksen antamaan lukemaan. Myös rakenteen pinnan läheisyyteen asennetut raudoitteet, vesiputket ja sähköjohdot voivat lisääntyneen sähkönjohtavuuden vuoksi kasvattaa mittalaitteen antamaa lukemaa huomattavasti. (Merikallio 2002, 6-7.)

Mittaustulosten epätarkkuuden johdosta pintakosteusmittauksen perusteella ei tule tehdä betonirakenteiden päällystettävyysepäätöksiä, määrittää rakenteen kuivatustarvetta tai tehdä rakenteiden purkupäätöksiä. (Merikallio 2002, 7.)

12.5.3 Betonin suhteellinen kosteus

Betonin suhteellista kosteutta mitataan pääsääntöisesti sähköisillä mittalaitteilla, jotka koostuvat mittapäästä ja näyttölaitteesta (Merikallio 2002, 8). Betonin suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betonin huokosten ilman suhteellista kosteutta. Koska erilaisilla betonilaaduilla on erilainen huokosrakenne, on niillä myös erilainen kyky sitoa kosteutta. (Merikallio 2002, 10.)

Betonirakenteen suhteellinen kosteus mitataan yleensä joko rakenteeseen poratusta reiästä tai rakenteesta otetusta näytekappaleesta. (Merikallio 2002, 9.)

Huokoisena materiaalina betoni pyrkii hygroskooppiseen tasapainokosteuteen ympäröivien olosuhteiden kanssa, eli se joko luovuttaa ympäristöön tai vastaanottaa ympäristöstä kosteutta. Betonissa kosteus siirtyy hitaasti (Merikallio 2002, 10.)

Mittaustulosten perusteella arvioidaan, kuinka paljon rakenteessa on ympäristöön nähden ylimääräistä kosteutta, sekä voidaanko rakenne päällystää ilman kosteusvaurion riskiä. Tulosten perusteella voidaan myös arvioida mahdollista kuivatustarvetta. (Merikallio 2002, 11.)

Mittaukset tehdään joko poraamalla rakenteeseen reikä tai ottamalla rakenteesta materiaalinäytepaloja. Mittauspisteiden lukumäärä on aina rajallinen, sillä mittaukset ovat rakennetta rikkovia sekä vaativat paljon työtä ja aikaa. (Merikallio 2002, 11.)

12.5.4 Porareikämittaus

Porareikämenetelmässä kosteus asettuu tietyn ajan kuluessa tasapainoon ympäröivän materiaalin kanssa. Mittauspiste porataan siihen syvyyteen, josta mittaustulos halutaan saada. On kuitenkin suositeltavaa, että mittauksia tehdään useammalla eri syvyydellä. Reiät porataan kuivamenetelmällä, jossa reiän halkaisija vaihtelee 4–16mm. (Merikallio 2002, 13.)

Mittausreikä poratessa on varottava sähkö- ja vesiputkia. Poraukset eivät myöskään saa rikkoa rakennetta siten, että siitä voisi olla myöhemmin haittaa. Vedeneristeen tai höyrynsulun läpi mentäessä ne on paikattava hyvin huolellisesti. Porattu reikä on puhdistettava huolellisesti porauspölystä esimerkiksi imuroimalla tai paineilmalla puhaltamalla. Puhdistamaton mittausräikä antaa usein liian korkeita suhteellisen kosteuden arvoja. (Merikallio 2002, 13.)

Porauksen ja puhdistuksen jälkeen reikä tiivistetään. Jos mittaustulos halutaan määritetyltä syvyydeltä, reikä on tiivistettävä sivuilta sekä päältä käyttämällä reiässä putkea. Tämän seurauksena mittaustulokseksi saadaan reiän pohjalla vallitseva kosteus, joten reiän porausryvyys porataan siihen syvyyteen, josta kosteustulokset halutaan. (Merikallio 2002, 14.)

Ennen mittapään asentamista on varmistuttava siitä, että mittapää on toimintakunnossa ja sen tulee tasaantua ympäröivään lämpötilaan ja suhteellisen kosteuteen. Tasaantumisaajan jälkeen mittapää liitetään näyttölaitteeseen, josta mittaustulokset voidaan lukea. Laitte ilmoittaa suhteellisen kosteuden arvon ja lämpötilan. (Merikallio 2002, 15.)

Porareikämittauksissa lämpötilan on oltava lähellä sitä lämpötilaa, mitä käytetään rakennuksen käyttöaikana. Jos lämpötila poikkeaa merkittävästi tulevasta käyttölämpötilasta, se voi aiheuttaa merkittäviä mittausrvirheitä suhteellista kosteutta mitattaessa. (Merikallio 2002, 16.)

12.5.5 Näytepalamenetelmä

Betonin suhteellista kosteutta voidaan myös tutkia näytepalamenetelmällä. Tämä menetelmä on nopeampi ja luotettavampi verrattuna porareikämenetelmään. Kun mittaustulos halutaan saada nopeasti, käytetään silloin yleensä näytepalamenetelmää (Merikallio 2002, 17.)

Näytepalat otetaan poraamalla betonirakenteeseen 10–16mm poranterällä noin 100–150mm halkaisijaltaan oleva piiri. Reiät porataan siihen syvyyteen, josta mittaustulokset halutaan. Piirin sisään jäävä betoni irrotetaan piikkaamalla tai hakkaamalla. Irrotetun betonipalan alta paljastuu näytteenottopinta. (Merikallio 2002, 17.)

Haluttuun mittaussyvyyteen päästäessä pinnasta irrotetaan ja kerätään talteen betonin murusia. Betonipölyä ei kerätä. Betonimuruset laitetaan koeputkeen kosteusmittapään kanssa. (Merikallio 2002, 17.)

Näytteenoton jälkeen koeputket, jotka sisältävät betonipaloja, siirretään +20 °C vakioämpötilaan. Näytepalojen siirron ajaksi koeputket laitetaan lämpöeristettyyn kuljetusastiaan, jossa suuret lämpötilaerot eivät vaikuttaisi koeputkiin. (Merikallio 2002, 18.)

Näytepalojen tulee antaa tasaantua vakioämpötilassaan 2–12 tuntia riippuen halutusta mittatarkkuudesta. Tarkkoja lukemia vaativissa päällystettävyyssmittauksissa tasaantumisaika on kuitenkin vähintään kuusi tuntia, mutta erittäin tiiviillä betonilla tasaantumisaika on oltava pidempi. Tasaantumisaikan jälkeen kosteusarvo eli suhteellinen kosteus, sekä lämpötilatulokset luetaan. (Merikallio 2002, 18.)

12.5.6 Päällystettävyyssarviointi

Jotta betonirakenteen päällystys voitaisiin aloittaa, tulee varmistua siitä, että alle jäävä betonirakenne on riittävän paljon kuivunut. Kosteusraja-arvoja annetaan pääsääntöisesti suhteellisen kosteuden pitoisuuksina, yleisimmin päällystemateriaalien raja-arvot ovat 80–90% välillä (Merikallio 2002, 20.).

Päällystettävän laattarakenteen kosteus vaikuttaa päällystemateriaalista sisäilmaan emittoituvien haitallisten aineiden määrään. Jotkut emittoituvista yhdisteistä huonontaa sisäilma terveyden kannalta, sekä voi vahingoittaa pinnoitemateriaalia. (Mykkänen 2013, 68.)

Ensisijaisesti on aina noudatettava päällystemateriaalivalmistajan asettamia ohjeita. Raja-arvoja on myös annettu SisäRYL:ssä sekä Betonilattiatyöryhmän ja Betoniyhdistyksen julkaisuissa. (Merikallio 2002, 20.)

Päällystettävyyssarvioinnissa mittauksia tehdään ennen päällystystyöhön ryhtymistä. Mittauksia on kuitenkin syytä tehdä paljon ennen päällystystöitä, jotta korjausliikkeitä voitaisiin alkaa tehdä riittävän ajoissa. Liian hitaasti kuivuva rakenne voidaan kuivattaa nopeammin lisäkuivatustoimenpiteillä, jotta vältetään aikatauluviivytyksiltä (Merikallio 2002, 20-21.)

Rakennustyömaalle olisi kannattavaa laatia ennakkoon kosteusmittaus-suunnitelma, josta kävisi ilmi mittausmenetelmät, mittausten aikataulu, laajuus ja mittauspisteiden sijainti etukäteen mietittynä. (Merikallio 2002, 21.)

Ensimmäinen kosteusmittaus tulisi suorittaa pian rakenteen kuivumisen alettua. Kuivuminen alkaa silloin, kun se ei enää kastu ja kohteessa on riittävä lämpötila. Varhaisella mittauksella saadaan käsitys rakenteiden kosteuden tilasta ja niiden kuivatustarpeesta. Seurantamittauksia tehdään yleensä 2–4 viikon välein. (Merikallio 2002, 21.)

Mittauspisteiden sijainti täytyy huolellisesti miettiä, sillä betonirakenteet kuivuvat eri lailla eri sijainneissa. Jotkut kohdat saattavat esimerkiksi kastua rakennushankkeen aikana raskaastikin muun muassa sateen tai työkentelymenetelmien takia. Vastaavasti jotkut osat betonilaatoissa kuivuvat nopeasti, eivätkä ole alttiita suoralle kosteudelle rakennusaikana. On siis tärkeää löytää betonirakenteesta kosteudelle kriittisimmät kohdat, jotta mittaustuloksiin osataan varautua oikealla tavalla.

Mittauspisteiden sijaintia valittaessa huomioidaan rakenteen tyyppi, valujankohta sekä betonin muut ominaisuudet. Betonilattioiden kosteusmittaukset suositellaan tehtäväksi kerroskohtaisesti vähintään kahdesta huoneistosta ja erikseen kahdesta kylpyhuoneesta. Jos rakenteen eri osissa havaitaan selviä olosuhde-eroja tai jotkut kohdat ovat huomattavasti kastuneet, tehdään näille alueille tarkistusmittauksia poikkeamien toteamiseksi. (Merikallio 2002, 21.)

12.5.7 Kosteuden mittauspisteet

Betonirakenteen kosteuden selvittämiseen vaaditaan yleensä yksittäiseen mittauspisteeseen useampia mittausreikiä. Mittausreiät porataan samassa pisteessä jokainen eri syvyyteen, jolla selvitetään rakenteen kosteusjakauma. (Merikallio 2002, 22.)

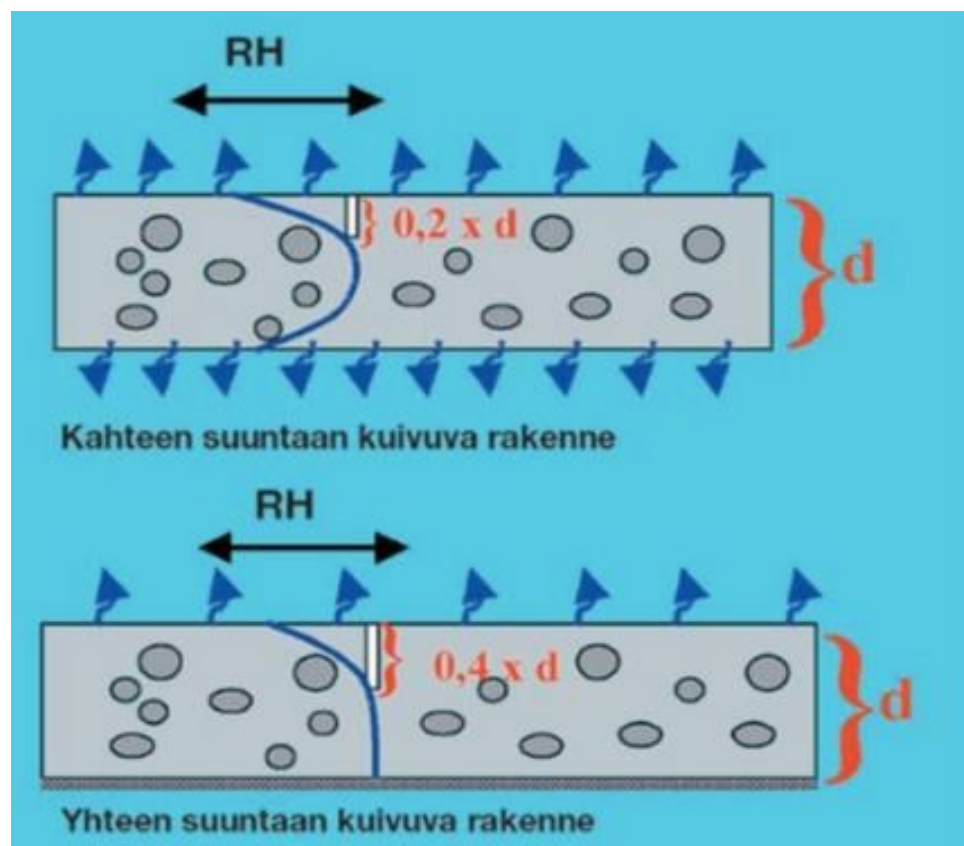
Arvostelusyvyys on se kohta rakenteessa, jossa kosteuden raja-arvo on alitettava, jotta päällystystyö voidaan aloittaa. Arvostelusyvyiden kohdalla porataan kaksi saman syvyyttä reikää, joiden keskinäinen etäisyys on 100–300mm. Arvostelusyvyys määritetään pääsääntöisesti rakenteen paksuuden mukaisesti. Se perustuu olettamukseen, jonka mukaan päällystämisen jälkeen kosteus nousee tiiviin päällysteen alla enimmillään arvoon, joka ennen päällystämistä oli kyseisessä arvostelusyvydessä. (Merikallio 2002, 22.)

12.5.8 Päälystettävyyssarvioinnin mittaussyvyydet

Betonilla itsellään on kosteudenkestokyky, mutta betonissa vallitseva kosteus on hyvin alkaalista, eli korkean pH-arvon omaavaa. Suuret alkaalipitoisuudet voivat aiheuttaa päälyste- ja pinnoitemateriaalien kiinnitysaiheisiin vaurioita. (Merikallio 2002, 23.)

Betonirakenteen kuivuessa siihen muodostuu yleensä selkeä kosteusjakauma, jossa pintaosat ovat kuivat ja syvemmällä on kosteampaa. Syvemmällä vallitseva kosteus siirtyy ajan kuluessa kohti rakenteen pintoja haihtuen ympäröivään ilmaan. Tämän takia rakenteen päälystäminen luo rakenteen päälle tiiviin kalvon, jolloin kosteuden poistuminen hidastuu merkittävästi. Kosteuden poistumiseen vaikuttaa huomattavasti pinnalla olevan materiaalin vesihöyrynläpäisevyys. Päälyste- tai pinnoitevaurion syntyyyn vaikuttaa siis suurimmalta osin betonirakenteesta päälystemateriaaliin kohdistuva kosteusvirta, sekä päälystemateriaalin ominainen vesihöyrynläpäisykyky. (Merikallio 2002, 23.)

Kosteusmittausyvytydet perustuvat kokeelliseen tutkimukseen, jonka mukaan tiiviin kerroksen luoneen päälysteen tai pinnoitteen alla kosteus nousee suurimmillaan arvoon, joka kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa vallitsi ennen päälystystä tai pinnoitusta syvyydellä 20% koko rakenteen paksuudesta. Yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa vastaava syvyys on 40% rakenteen paksuudesta (kuva 20). (Merikallio 2002, 23.)



Kuva 20. Yhteen ja kahteen suuntaan kuivuva rakenne (Merikallio 2002, 41).

Betonirakenteiden kosteusmittausvyvydet ovat riippuvaisia rakenneratkaisuun ja rakenteen paksuuden kanssa. Mittausvyvyysuositukset perustuvat tehtyihin betonilattioiden päällystämiseen liittyviin lukuisiin tutkimuksiin. (Merikallio 2002, 24.)

12.5.9 Mittaustulosten tulkinta ja raportointi

Kosteusmittaustuloksilla on taloudellisesti merkittävä rooli rakennushankkeessa. Mittaustulosten perusteella päätetään päällystämisaikajankohdat ja mahdolliset lisäkuivatustarpeet. Mittaajalta edellytetään ammattitaitoista tuntemusta mittauslaitteisiin ja -menetelmiin, betonin materiaaliominaisuuksiin ja rakenteen fysikaaliseen käyttäytymiseen, jotta tulokset olisivat oikeita. (Merikallio 2002, 28.)

Mikäli betonirakenteen kosteuspitoisuudet ovat liian korkeat, tai rakenne ei kuivu suunnitellussa ajassa, on sen päällystämistyövaiheita lykättävä tai kuivatusta lisättävä. Tämän vuoksi on tärkeää aloittaa kosteudenseuranta riittävän ajoissa, jotta korjaustoimenpiteisiin voidaan ryhtyä varhaisessa vaiheessa.

13 DOKUMENTOINTI

13.1 Arkistointi

Kaikista työmaalla tehtävistä kosteusmittauksista on tehtävä mittauspöytäkirjat. (Mykkänen 2013, 103.)

Betonointitoista tehdyt asiakirjat on hyvä arkistoida kaikki samaan paikkaan, mielellään kronologisessa järjestyksessä. Tällöin ne on helppo löytää ja tunnistaa, kun niihin tarvitsee palata.

Kustakin betonointityöstä luodut ja vastaanotetut asiakirjat nidotaan kiinni toisiinsa, jotta ne pysyvät tallessa ja yhtenä kokonaisuutena. Betonointisuunnitelmat, tilausvahvistukset, kuormakirjat, lämpötilaseuranta- ja muut asiakirjat arkistoidaan yhdessä samaan paikkaan.

Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden alkuperä, valmisbetonin kuormakirjat, muutospyyntöt ja vastaukset niihin, poikkeamat suunnitelmien- tai vaatimuksenmukaisuudesta ja niiden aiheuttavat korjaustoimet dokumentoidaan ja arkistoidaan kunkin rakenneosakohteen toteutuksen tallenteesiin. (SFS-EN 5975 2011, 8.)

Poikkeamat suunnitelmien- tai vaatimuksenmukaisuudesta ja niistä johtuvat korjaavat toimenpiteet, kuten esimerkiksi muotti-, raudoitus-, betonointi- tai jälkihoitotyössä ilmenneet ongelmat kirjataan betonointipöytäkirjaan. (SFS-EN 5975 2011, 8.)

Toteutusluokissa 3 kaikista rakenteiden kantavuuteen tai stabiiliuteen vaikuttavista poikkeamista luodaan asiakirja, johon kirjataan havaitut poikkeamat ja niiden korjaamiseen tehdyt toimenpiteet vastaavan rakenne-suunnittelijan hyväksynnän kanssa. (SFS-EN 5975 2011, 8.)

Betonointityöt on hyvä nimetä esimerkiksi betonointisuunnitelmaan niin, että ne ovat tunnistettavissa. Tunnistettavuutta voidaan tehostaa kirjoittamalla betonointiasiakirjaan kerros tai lohko, jossa työ on suoritettu.

13.2 Valokuvat

Kustakin piiloon jäävästä rakenteesta on aina otettava valokuvat. Betonointityöt lukeutuvat näihin rakenteisiin. On siis tärkeää valokuvata rakenne silloin, kun se on betonointivalmiudessa. Valokuvat otetaan niin, että ne ovat paikallistettavissa. Hyvä tapa paikallistamisen tehostamisessa on merkitä valokuvaan esimerkiksi asunnon, kerroksen tai lohkon numero (kuva 21) riippuen betonirakenteen suuruudesta.



Kuva 21. Asuntokohtaisesti pesuhuoneesta otettu valokuva ennen valua.

Valokuvat arkistoidaan rakennekohtaisesti esimerkiksi kansioihin tietokoneella, jolloin ne ovat helposti tunnistettavissa ja löydettävissä. Varsinkin suurilla yrityksillä on omat tietokannat, joihin valokuvat lisätään.

14 JOHTOPÄÄTÖKSET

Betonirakenteen luomisen onnistumisen takaamiseksi vaaditaan monen eri tekijän onnistuminen, oli kyse sitten suuremmasta tai pienemmästä betonisesta rakennusosasta.

Vaikka betoni on ollut ihmiskunnan käytössä monia tuhansia vuosia ajoittain enemmän tai vähemmän, on sen optimaaliseen valmistukseen silti haasteita niin luonnon, työmaaolosuhteiden, toiminnallisuuden, sekä työ- ja materiaalitekniikan haasteiden johdosta vielä tänäkin päivänä.

Haasteiden ja riskien eliminoinniseksi on suunniteltava kukin betonointityö joka osa-alueeltaan niin kirjallisina, kuin palaverimuotoisina versioina. Tiivis yhteistyö ja viestintä eri liittyvien töiden urakoitsijoiden ja materiaali-toimittajien kanssa on hyvin tärkeää, jotta laadulliset, aikataululliset ja toiminnalliset haasteet saadaan minimoitua.

Koska betonirakennetta on sen valettua aikataulullisesti ja taloudellisesti haastava lähteä muokkaamaan, on oleellisen tärkeää, että kaikki asennukset ovat tehdyt valuun. Tekniset asennukset, raudotteet ja muut rakenteen sisällä olevat asennukset on oltava tehty oikein, koska vikojen tai puutteiden ilmetessä on arveluttavaa lähteä etsimään niille syytä.

Työvaiheiden välisillä vastaanottotarkastuksilla taataan kunkin vaiheen oikeanmukaisuus ja suunnitelmien toteutuminen. Tarkastuksien johdosta virheellisten asennusten korjausliikkeet voidaan suorittaa ajoissa. Suunnitelmien mukainen rakenne voidaan betonoida, kun se on tarkastettu kunkin vastuullisen osapuolen toimesta, eli eri asennuksista vastaavat työjohtajat tai valvojat tarkastavat myös itse vastualueensa ennen betonoinnista.

Materiaalien vastaanottotarkastuksilla vaikutetaan myös lopputuloksen laatuun. Eri materiaalien suunnitelmienmukaisuudesta on varmistuttava, jotta rakenne luodaan suunnitelluin ominaisuuksin varusteltuna.

Betonirakenteen toteuttaminen ei pääty valutyön suorittamisen jälkeen, vaan sen jälkeen on vielä paljon työtä. Jälkihoito, lujuudenarviointi, muotien turvallinen purkaminen, rakenteen kosteus- ja lämpötilaseuranta, sekä kuivumisen oikeaoppinen onnistuminen ovat myös haasteellisia työvaiheita optimaalisen betonirakenteen luomisen kannalta.

Varsinkin talvibetonointiajankohtina betonirakenne voidaan pilata valutyön jälkeen hyvinkin merkittävästi, mikäli sen jälkihoidosta ei huolehdita. Riittävän lämpötilan ylläpitämisellä varmistetaan betonirakenteen lujuudenkehityksen oikeaoppinen eteneminen.

Betonointityön jälkeisellä rakenteen kuivumisen seuraamisella ja tehostamisella vaikutetaan lisäksi rakennushankkeen muihin työvaiheisiin. Varsinkin pinnoitetyöt vaativat tietyn kuivuusasteen alla olevalta betonirakenteelta, jotta kosteusvaurioilta vältytään. Kuivumisen aikataulun mukaisuuteen vaikutetaan työmaan kosteudenhallinnalla ja rakenteen kuivattamisen ennakkosuunnittelulla.

Koska betonirakenteiden kosteusmittauksen näytteiden analysointi voi viedä kauan, on kosteusmittaukset aloitettava ajoissa. Kosteusmittaus-suunnitelma on yksi tärkeä osa betonointiprosessia, jolla taataan aikataulussa pysyminen ja toisaalta myös rakennusvirheiden tekeminen.

Riittäväällä dokumentaatiolla ja arkistoinnilla mahdollistetaan jälkiseurauksien tai haasteiden helpompi ratkaisu. Eri asiakirjojen ja valokuvien selkeällä ja laajalla arkistoinnilla päästään käsiksi menneisyyteen, jonka perusteella ilmenneitä ongelmia tai puutteita voidaan lähteä selvittämään ja korjausliikkeitä suunnittelemaan.

Voidaan täten todeta, että nykyaikaisten rakennusmääräysten mukaisen betonirakenteen toteuttamiseen vaaditaan työnjohtajilta paljon työtä niin työmaolosuhteissa kuin toimiston puolellakin.

15 POHDINTA

Opinnäytetyöni aiheeseen löytyi hyvin runsaasti lähteitä niin sähköisinä, kirjallisina kuin haastattelumuotoisinkin versioina. Lähteinä työssä käytin kutakin edellä mainittua lähdemuotoa. Lähteitä käyttäessä on tärkeää etsiä näkemyksiä monelta eri taholta, koska useata lähdettä käyttäessä annetut tiedot yleensä täydentävät toisiaan.

Vaikka lähteitä paikallavalettavista betonirakenteista on tarjolla paljon, on kuitenkin aina työmaakohtaisia erinäisyyksiä tai muita seikkoja, joita ei välttämättä mainita virallisissa teoksissa. Tämän takia on tärkeää haastatella betonirakenteita luovan tahon organisaatiota, josta saadaan yksityiskohtaisempaa tietoa menetelmistä ja työtavoista yrityskohtaisesti.

Kattavin lähdekokonaisuus muodostui Betoniyhdistyksen julkaisuista. Julkaisuja oli lukuisia, ja ne perehtyivät kukin betonin eri osa-alueisiin. Betonitekniikan oppikirjassa kuvattiin koko betonointiprosessi, mutta yksityiskohtaisemmissa julkaisuissa perehdyttiin syvällisemmin kunkin osa-alueen kokonaisuuksiin.

Työnjohtoharjoittelujakson As Oy Valkeakosken Majakka -työmaan ansiosta sain myös kirjoitettua opinnäytetyöhön itse opittua tietoa työmenetelmistä.

Työn tavoitteena oli luoda rakennustyömaan betonityönjohtajalle ohje- ja tarkastuslista, jota betonirakentamisen eri työvaiheissa sovelletaan. Lähteiden runsauden johdosta työhön sai tiivistettyä betonirakentamisen eri osa-alueet, vaikkakin työstä tuli sisällöllisesti suhteellisen pitkä.

Betonointitöiden suunnitella varmistetaan ennakkoon tarvittavien materiaali- ja laitehankintojen saapuminen työmaalle ajoissa. Koska paikallavaluholvien betonointiajankohdat vaikuttavat merkityksellisesti rakennushankkeen aikatauluun, on niiden aikataulullisen vakauden varmistamiseksi suunniteltava jokainen betonointiosa-alue perinpohjaisesti. Valuajankohdista ei voida mielivaltaisesti siirrellä, sillä ne vaikuttavat myös muiden urakoitsijoiden työsuoritteisiin työmaalla.

Betonirakenteen luomisen jälkeisistä työvaiheista, kuten jälkihoidosta, sekä lujuuden ja kosteuden seurannasta sisältää työhön tuli myös suuri osa. Tämä tarkoittaa sitä, että betonoinnin jälkeiset työvaiheet ovat myös merkittävän tärkeitä onnistuneen rakenteen syntymiseen.

Opinnäytetyöprosessin aikana oli hyödyllistä pitää muistioperäistä kirjaa mieleen tulleista asioista, johtopäätöksistä ja haastatteluista. Muistioita käytin hyväkseni opinnäytetyön edetessä täydentämään tätä kokonaisuutta.

LÄHTEET

Alimex (n.d.). Betonin jälkihoitoaine. Haettu 27.12.2017 osoitteesta <http://www.alimex.fi/tuotteet/pagel-o1-betonin-jalkihoitoaine/>

Betoniteollisuus ry (2009). Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. Osa 2: Betonirakenteiden suunnitteluperusteet. Haettu 7.11.2017 osoitteesta <http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/>

Betoniteollisuus ry (2010). Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. Osa 3: Laatat. Haettu 7.11.2017 osoitteesta <http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/>

Betoniteollisuus ry (n.d.). Betonointisuunnitelma. Haettu 5.12.2017 osoitteesta <http://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/betonointisuunnitelma/>

Betoniteollisuus ry (n.d.). Muottijärjestelmät. Haettu 6.12.2017 osoitteesta: <http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/muotit/Muottij%C3%A4rjestelm%C3%A4t>

Finnsementti Oy (n.d.). Betonin kuivuminen. Haettu 5.11.2017 osoitteesta <http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista>

Huusko, T. (2017). Laitaatsalmen sillan ennätysuuri valu onnistui hyvin. *Rakennusinsinöörit ja arkkitehdit RIA ry:n jäsenlehti* 4, 30-37.

Johansson, K. (2014). *Betonilattiat*. Helsinki: BY-Koulutus Oy

Johansson, K. & Mannonen, R. (2016). *Betoninormit*. Helsinki: BY-Koulutus Oy

Järvinen, M., Koreasalo, R., Korhonen P., Leppänen R., Miettinen, H., Saarinen, O., Sivula, K., Syrjänen P., Sääskilahti, S. & Söderlund, K. (2004). *Betonitekniikan oppikirja*. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Kestävä kivitalo. (n.d.). Vakiopalkkijärjestelmä. Haettu 25.1.2018 osoitteesta <http://www.kivitalo.fi/betonirakenteet/muottijarjestelmat/>

Mannila, M. (2017). Betonivalu onnistuu, jos suunnittelu on pilkuntarkkaa ja ennakoi häiriötkin. *Rakennuslehti* 3.11.2017, 12-14.

Merikallio, T. (2002). *Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi*. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Mykkänen, R. (2013). *Betonirakentamisen laatuohjeet*. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

NCCI 2 (2010). Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet. Liikennevirasto. Haettu 18.10.2017 osoitteesta <http://www.liikennevirasto.fi/julkaisut>

Niku-Paavo, S. (2017). Hankintojen ohjaus. Luento 14.9.2017, Hämeen ammattikorkeakoulu.

Nykyri, P. (2013). Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja – osa 1. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Nykyri, P. (2014). Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja – osa 2. Helsinki: BY-Koulutus Oy

Paloniitty, J. (2017). Paikallavaluholvin jälkituentaohje. A-Insinöörit. 15.3.2017

Paloniitty, J. (2017). Kuitubetonin mitoitus. Sähköposti tekijälle 4.9.2017.

Pulkkinen, V. (2018). Betonin kuntotutkimukset. Luento 19.1.2018, Hämeen ammattikorkeakoulu.

Rakennustuoteteollisuus (n.d.). Valmisbetonin toimitussuunnitelma. Haettu 8.11.2017 osoitteesta www.rudus.fi/Download/23937/Betonity-omaaohje.pdf

Sahlstedt, S., Koskenvesa, A., Lindberg, R., Kivimäki, C., Palolahti, T. & Lahtinen, M. (2013). *Talvibetonointi*. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

SFS-EN 5973 (2011). Betonirakenteiden toteutus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Ratu 120603 (n.d.). Betonointi kylmissä olosuhteissa. Rakennustuoteteollisuus RTT ry. Haettu 31.10.2017 osoitteesta <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120603.pdf>

Suomen RakMK B4 2005. Betonirakenteet. Määräykset ja ohjeet 2005. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto ja rakennusosasto. Haettu 7.11.2017 osoitteesta www.finlex.fi

Tiehallinto (2003). Raudotteiden korroosioasteen määrittäminen. Tiehallinnon selvityksiä. Haettu 8.11.2017 osoitteesta <https://www.liikennevirasto.fi/julkaisut>

Vuori, T. (2016). Betonirakenteet. Luento betoniraudotteista 5.10.2016, Hämeen ammattikorkeakoulu.

Vuori, T. (2016). Betonirakenteiden johdanto, Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 24.9.2017 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi>

Ympäristöministeriön asetus. Hitsattavien betoniterästen ja betoniteräsverkkojen tyyppihyväksynnästä 2016. Haettu 1.11.2017 osoitteesta http://miljoministeriet.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta

Haastattelut

Fagerlund, H. (2017). Opettaja, Hämeen Ammattikorkeakoulu Oy. Haastattelu 31.10.2017

Haavisto, R. (2017). Rakennustyönjohtaja, Hartela Länsi-Suomi Oy. Haastattelu 19.10.2017

Sakki, T. (2017). Työpäällikkö. Hartela Länsi-Suomi Oy. Haastattelu 5.12.2017

Kuvat

Kuva 3

Rudus (n.d.). Valukouru. Haettu 25.1.2018 osoitteesta <http://www.rudus.fi/palvelut/betonin-kuljetus-ja-kalustoesittelya-ja-kalustosta>

Kuva 4

Kestävä kivitalo (n.d.). Puupalkkimuotti. Haettu 25.1.2018 osoitteesta <http://www.kivitalo.fi/betonirakenteet/muottijarjestelmat/>

Kuva 6

Peri Suomi (n.d.). Pöytämuottijärjestelmä. Haettu 25.1.2018 osoitteesta <https://www.perisuomi.fi/tuotteet/muotit/holvimuotit/poytamuotit.html>

Kuva 7

Kestävä kivitalo (n.d.). Kasettimuotti. Haettu 25.1.2018 osoitteesta <http://www.kivitalo.fi/betonirakenteet/muottijarjestelmat/>

Kuva 8

Tiehallinto (2003). Harjaterästankojen korroosioaste. Haettu 25.1.2018 <http://www.doria.fi/handle/10024/139157>

Kuva 11

Vuori, T (2016). Tankojen väliset etäisyydet. Haettu 24.9.2017 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi>

Kuva 12

Vuori, T (2016). Reikien sijoitus rakenteessa Haettu 24.9.2017 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi>

Kuva 15

Johansson, K. & Mannonen, R. (2016). *Betoninormit*. Helsinki: BY-Koulutus Oy

Kuva 16

Johansson, K. & Mannonen, R. (2016). *Betoninormit*. Helsinki: BY-Koulutus Oy

Kuva 18

Järvinen, M., Koreasalo, R., Korhonen P., Leppänen R., Miettinen, H., Saari-
rinen, O., Sivula, K., Syrjänen P., Sääskilahti, S. & Söderlund, K. (2004). *Be-
tonitekniikan oppikirja*. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Kuva 19

Järvinen, M., Koreasalo, R., Korhonen P., Leppänen R., Miettinen, H., Saari-
rinen, O., Sivula, K., Syrjänen P., Sääskilahti, S. & Söderlund, K. (2004). *Be-
tonitekniikan oppikirja*. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Kuva 20

Merikallio, T. (2002). *Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen ar-
viointi*. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Kuva 21

Merikallio, T. (2002). *Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen ar-
viointi*. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

