



Teemu Airaksinen

Betonityöt rakennusvalvonnan näkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriyö

18.6.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Teemu Airaksinen
Otsikko: Betonityöt rakennusvalvonnan näkökulmasta
Sivumäärä: 46 sivua
Aika: 18.6.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine: Infratekniikka
Ohjaajat: Lehtori Anu Ilander
Insinööri (AMK) Heikki Malaska

Betonia käytetään rakennusteollisuudessa moneen erilaiseen käyttötarkoitukseen. Betonin ainesosien suhteitusta muuttamalla ja lisäämällä seos- tai lisäaineita, saadaan betonista kohteeseensa sopiva. Betonin suhteitus tehdään niin, että varmistetaan betonin kestävyys siltä vaadittavaan fyysistä ja kemiallista kuormitusta vastaan.

Betonissa käytettävien ainesosien laaduntarkastus on standardoitu kansallisesti kovin pitkälle. Lukuisilla standardeilla ja eri viranomaisten ohjeistuksilla varmistetaan, että betoniin käytettävät ainesosat ovat hyvälaatuisia ja ne pystyvät täyttämään niiltä odotetut vaatimukset.

Rakennusvalvonnan on ymmärrettävä, miten eri ainesosat betonissa vaikuttavat betonin ominaisuuksiin ja mitä pitää huomioida, kun betonissa halutaan lisää tai parantaa sen ominaisuuksia.

Rakennusvalvojan varmistaa hyvän työlaadun ja turvallisuuden on ymmärrettävä eri betonitöissä olevat riskit ja mahdolliset ongelmat, sekä mitä niiden välttämiseksi on tehtävä, jotta osataan auttaa ja ohjeistaa urakoitsijaa.

Työ on tehty Ahma insinöörit Oy:lle ja sen tavoitteena oli koota koulutuskäyttöön tärkeimmät asiat rakennusvalvonnasta, kiinnittäen huomiota betonitöihin ja betonin valmistusprosessiin. Sekä siihen mitä rakennusvalvojan on valvottava prosesseista.

Avainsanat: betoni, rakennusvalvonta, rakennusvalvoja

Abstract

Author: Teemu Airaksinen
Title: Concrete Works from the View of Construction Supervision
Number of Pages: 46 pages
Date: 18 June 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Infrastructure
Supervisors: Anu Ilander, Senior Lecturer
Heikki Malaska, Bachelor of Engineering

Concrete is used in the building business for lots of purposes. By changing the mixture proportioning in concrete and adding admixtures or binders, concrete can be made appropriate for its designated target. Mixture proportioning is carried out to guarantee that concrete is going to be capable of meeting its requirements for physical and chemical exposures.

Ingredients that are used in concrete are highly nationally standardized. Through numerous standards and ingredients provided by authoritative guides it is guaranteed that the ingredients of concrete are of high quality and meet the expected requirements.

Construction supervision must understand, how different ingredients affect concrete's qualities and what is needed to notice when there is desire to change concrete's qualities.

For construction supervisor to guarantee good quality of work and safety, one must understand the risks and possible problems in concrete works, in order to give help and guide the contractor.

This study was conducted for Ahma insinöörit Oy and its objective was to collect information of construction supervision by paying attention to concrete works and concrete's manufacturing process. Also, it is important to notice what construction supervisor must supervise during these work processes.

Keywords: concrete, construction supervision, construction supervisor

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoite	1
1.2	Työn rajaus	1
1.3	Ahma insinöörit Oy	2
2	Betoni rakennusmateriaalina	3
2.1	Betoni yleisesti	3
2.2	Kiviaines	3
2.2.1	Betoniin käytettävän kiviaineksen vaatimukset	4
2.2.2	Kiviaineksen fyysiset ja mekaaniset ominaisuudet	5
2.2.3	Kiviaineksen rakeisuus	7
2.2.4	Kiviaineksen kemialliset ominaisuudet	11
2.2.5	Kiviaineksen radioaktiivisuus	13
2.3	Sementti	14
2.3.1	Sementin valmistus	15
2.3.2	Sementtistandardit	16
2.3.3	Sementtien laadunvalvonta	19
2.3.4	Sementin ominaisuudet	20
2.4	Vesi	21
2.5	Betonin seosaineet	21
2.6	Betonin lisäaineet	23
2.6.1	Notkistavat lisäaineet	23
2.6.2	Huokostimet	24
2.6.3	Hidastimet	25
2.6.4	Kiihdyttimet	25
2.7	Betonissa käytettävät kuidut	26
2.8	Betonin rauditus	27
3	Betonitöiden rakennusvalvonta	30
3.1	Rakennustöiden valvonnan tehtäväluettelot	30
3.2	Betonityön valvojan pätevyys	31
3.3	Betonielementtistöiden valvonta	32

3.4	Paikalla valettavien betonien valvonta	35
3.4.1	Paikalla valettavien betonien muottitöiden valvonta	35
3.4.2	Paikalla valettavien betonien raudoitustöiden valvonta	37
3.4.3	Paikalla valettavien betonien valamisen valvonta	38
3.4.4	Paikalla valettavien betonien jälkihoidon valvonta	39
3.5	Betonitöiden työturvallisuus	41
4	Loppupäätelmä ja yhteenveto	44
	Lähteet	45

Lyhenteet ja käsitteet

- AAV: Kiviaineksen pinnan kulumiskestävyys.
- CE: Merkintä, joka osoittaa, että tuote tai materiaali täyttää Euroopan unionin direktiivien vaatimukset.
- d/D: Kiviaineksen raekoon merkintä, jossa d on alempi ja D on ylempi seulakoko.
- H-luku: Kiviaineksen rakeisuusluku, määrittyy kiviaineksen normaaliseula-sarjan läpäisyarvojen summasta.
- ISO: Kansainvälinen standardisointijärjestö.
- K: Kalium, kemiallinen symboli.
- MDE: Micro-Deval-arvo, on arvo, joka osoittaa kiviaineksen kulutuskestävyyden.
- MVR: Maa- ja vesirakennustyöt.
- Na: Natrium, kemiallinen symboli.
- Pa: Pascal, yksikkö, jolla ilmaistaan painetta. $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.
- PSV: Kiviaineksen kiillottuvuusarvo.
- RT: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiön omistama yritys, jonka palveluina on kiinteistö- ja rakennusalan ohjeet, säännökset ja yleiset laatuvaatimukset (RYL).
- RYL: Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, Rakennustieto Oy:n kustantamia julkaisuja.

SFS: Suomen standardisoimisliitto, Suomen standardisoinnin keskusjärjestö.

STUK: Säteilyturvakeskus.

Sv: Sievert, yksikkö, jolla mitataan radioaktiivista säteilyä.

v/s: Vesi-sementtisuhte betonimassassa.

YSE: Rakennusurakan yleiset sopimusehdot.

1 Johdanto

Betoni on yksi käytetyimmistä rakennusmateriaaleista. Betonia on mahdollista käyttää laajalti monissa erilaisissa rakennushankkeissa, kuten asuntojen, toimitalojen ja infrahankkeiden, sekä kunnallistekniikan rakentamisessa. Betonia käytetään etenkin kantavissa rakenteissa, kuten pilareissa ja palkeissa. Betonin huonon vetolujuuden takia, siihen yleensä lisätään terästä, jolla saadaan parannettua vetolujuutta betonissa. Tätä kutsutaan teräsbetoniksi. Betoni on saavuttanut suuren suosionsa sen monipuolisten ominaisuuksien ja edullisen hinnan ansiosta. Betonia voidaan käyttää siihen tarvittaessa lisättävien seosaineiden tai lisäaineiden takia moneen erilaiseen käyttötarkoitukseen. Useiden käyttömahdollisuuksien ansiosta rakennusvalvonnalta vaaditaan paljon asiantuntevasta betonista ja siihen liittyvien työvaiheiden valvonnasta, jotta työn laatu pystytään varmistamaan. Rakennusvalvonnan pitää tietää oikeat toimintamenetelmät betonitöiden toteuttamiseen. Rakennusvalvojan tulee valvoa ja opastaa urakoitsijoita oikeiden työtapojen ja rakennusmateriaalien käyttämiseen ja valvoa työn ja itse betonirakenteen laatua ja turvallisuutta, sekä tilaajan etua rakennushankkeessa.

1.1 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyö on tehty Ahma insinööreille. Työn tavoitteena oli koota yritykselle ohjekirjaksi ja koulutuskäyttöön soveltuva dokumentti, jossa kirjataan olennaisimmat tiedot rakennustöiden valvonnasta, kiinnittäen huomion betonitöiden valvontaan ja betonin ainesosien vaikutukseen betonin ominaisuuksiin valamisvaiheessa ja valmiina tuotteena käyttökohteessa.

1.2 Työn rajaus

Opinnäytetyö painottuu betonin käyttämiseen rakennusmateriaalina ja betonin osa-aineiden läpikäymiseen sekä niiden laadunvalvontaan. Työssä läpikäydään betonissa käytettävien aineosien ominaisuudet, sekä miten ne vaikuttavat

betonin ominaisuuksiin betonin valamisvaiheessa sekä kovettuneessa betonissa. Työmaalla betonitöiden työvaiheiden rakennusvalvontaan ja niihin liittyvien työturvallisuuden kohtiin. Työ on rajattu talonrakennus uudiskohteissa tapahtuviin betonitöihin. Opinnäytetyössä käydään läpi myös Rakennustieto-kortiston asiakirjat RT 103171 ja 103171, eli Talonrakennustöiden työmaavalvonnan tehtäväluettelo sekä Maa- ja vesirakennustöiden tehtäväluettelo.

1.3 Ahma insinöörit Oy

Ahma insinöörit Oy on vuonna 2002 perustettu rakennuttamis- ja projektinjoh-toinsinööritoimisto. Yritys toimii pääosin Uudenmaan alueella. Yritys tarjoaa rakennuttamis-, valvonta- ja koordinaattoripalveluita. Yritys on ollut mukana uudis- ja korjaushankkeissa kaikenkokoisissa talonrakennushankkeissa ja infrahankkeissa. [1.]

2 Betoni rakennusmateriaalina

2.1 Betoni yleisesti

Betoni on eniten käytetty rakennusmateriaali. Betonin vuosituotanto maailmanlaajuisesti on noin 13 miljardia kuutiota. Betonin pääraaka-aineet ovat kiviaines, sementti ja vesi. Kaikki betonin raaka-aineet saadaan otettua maaperästä. Kiviaineksena betonissa voidaan yleensä käyttää paikallisia kiviaineksia. Sementti tehdään pääasiassa kalkkikivestä, joka on myös laajalti saatavilla, sillä kalkkikivi on yksi maailman yleisimmistä kivilajeista. Betonin valmistamiseen voidaan käyttää vesijohtoverkoston vettä. Betonin pääraaka-aineet ovat helposti saatavilla, jonka takia betoni on edullinen vaihtoehto rakennusmateriaaliksi. Betonin vetolujuuden heikkouden takia sen käytössä hyödynnetään terästä, jolla betonin vetolujuutta saadaan parannettua. [2, s.13,59,89,263.]

2.2 Kiviaines

Rakentamisessa yleisesti kiviaines termillä tarkoitetaan rakeista materiaalia, kuten routimatonta hiekkaa, soraa ja kalliomurskettä. Betonissa suurin tilavuusosuus raaka-aineista on kiviaineksella. Kiviaineksen tilavuusosuus betonista on 65–80 prosenttia koko tilavuudesta. Kiviaineksen ollessa suurin tilavuusosuus betonin valmistamisessa on kustannustehokasta hyödyntää mahdollisuuksien mukaan paikallisia kiviaineksia. Kiviaineksen ominaisuuksilla on suuren tilavuusosuuden takia merkittävä vaikutus valmiin betonin ominaisuuksiin. Betonissa käytettävästä kiviaineksesta voidaan käyttää myös termiä betonin runkoaine. [2, s.43.]

Betonin kiviaineksena voidaan käyttää luonnon kiviaineksia, kuten raskaita malmitaiteita tai kevyitä vulkaanisia kiviaineksia. Suomessa betoninvalmistukseen käytetään yleisimmin graniittipohjaista luonnonkiviainesta. Keinotekoisia materiaaleja voidaan myös käyttää kiviaineenä betonin valmistuksessa, kuten kevytsoraa. Kiviaineksena voidaan käyttää kierrätettyjä materiaaleja, kuten lentotuhkaa ja tiili- ja betonimurskettä. [2, s.43.]

2.2.1 Betoniin käytettävän kiviaineksen vaatimukset

Betonissa käytettävällä kiviaineksella on vaatimuksia, jotka perustuvat SFS-EN 12620 *Betonin kiviainekset* -standardiin. Betonin valmistukseen tulee käyttää mainitun standardin mukaista CE-merkittyä kiviainesta. Betonin valmistaja voi käyttää kiviainesta, jolla ei ole CE-merkintää, eikä kiviainesta toimiteta muille. Edellytyksenä kiviaineen käyttämisessä, jolla ei ole CE-merkintää on, että betonin valmistaja valvoo tuotteen laatua mainitun standardin mukaisesti. Suomessa betonissa käytettävien kiviainesten CE-merkintää varten tutkittavat ominaisuudet on listattu kansallisessa soveltamisstandardissa SFS 7003. [2, s.44.]

Betonin kiviaines ei saa aiheuttaa haittavaikutuksia betonimassaan, kovettuneen betonin ominaisuuksiin tai raudoitukseen. Betonissa käytettävä kiviaines tutkitaan ja selvitetään, voidaanko sitä käyttää betonin valmistamiseen. Kiviainekselta tutkitaan sen fysikaaliset, geometriset, kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet. Ominaisuuksien ollessa vaatimukset täyttävät, voidaan kiviainesta käyttää betonin valmistukseen. Kiviaineksen soveltuvuutta betonissa käyttämiin voidaan arvioida petrografisella tutkimuksella. Petrografisessa tutkimuksessa selvitetään kiviaineksen laji. [2, s.44; 3.]

Petrografisen tutkimuksen lisäksi kaikista kiviaineksista tutkitaan kiintotiheys, rakeisuus ja vedenimeytyminen eli absorptio. Riippuen kiviaineksen alkuperästä ja raekoosta tehdään lisätutkimuksia, kuten humuspitoisuuden ja radioaktiivisuuden määrä kiviaineksessa. Petrografisen tutkimuksen tuloksen mukaan tarvittaessa kiviainekselta selvitetään myös alkali- ja kiviainesreaktiivisuus sekä kiviaineksen sulfaatti- ja rikkipitoisuus. Kiviainekselta tarkastetaan tarvittaessa myös mekaaniset ominaisuudet. [2, s.44–45.]

Kiviaines ei saa sisältää epäpuhtauksia, kuten öljyä ja roskia tai jätteitä. Kiviaines ei myöskään saa olla rapautunutta, eivätkä ne saa sisältää lunta tai jäätä. [2, s.45.]

2.2.2 Kiviaineksen fyysiset ja mekaaniset ominaisuudet

Kiviaineksen fyysiset ja mekaaniset ominaisuudet käsittävät kiintotiheyden, kosteuden, vedenimeytymisen ja erilaisia kestävyyttä mittaavia ominaisuuksia, joita kiviaineelta määritetään standardien mukaan. [2, s.50–51.]

Kiintotiheydeltään normaali kiviaines on $2,0\text{--}3,0\text{ Mg/m}^3$, joka muutettuna kilogrammoiksi on $2000\text{--}3000\text{ kg/m}^3$. Suomesta löytyvien kiviainesten kiintotiheys on $2,65\text{--}3,0\text{ Mg/m}^3$. Betonin suhteituksessa eli betonin osa-aineiden yhdistämisessä on huomioitava kiviaineksen kiintotiheys, jotta saadaan valmistettua oikean kokoisia annoksia, sillä betonia tilataan ja valmistetaan työmaille tilavuuspohjaisesti kuutiometreinä. Kiintotiheys ei saa vaihdella liikaa, sillä se vaikuttaa suoraan betonin tilavuuspainoon. Sitä kautta kiviaineksen kiintotiheys vaikuttaa myös rakenteen kokonaispainoon. Samasta otopaikasta otetussa sorassa ei esiinny merkittäviä eroja kiintotiheydessä. Kallioalueelta kiviainesta hankittaessa tulee kiinnittää huomiota eri kivilajiesiintymiin. Kiintotiheys voi vaihdella suuresti eri kivilajien välillä. Kiviaineksen kiintotiheys määritetään standardin SFS-EN 1097-6 mukaan. [2, s.50,155.]

Kiviaines on huokoista materiaalia, mikä tarkoittaa, että kivi voi kyllästyä osittain vedellä. Valmiin betonin todellisen vesimäärän määrittämiseksi on kiviaineksestä tiedettävä sen kosteuspitoisuus. Kiviaineksen kosteuspitoisuus määritellään standardin SFS-EN 1097-5 mukaan. Kiviainesnäyte punnitaan ennen ja jälkeen kiviaineksen kuivattamista. Kiviainesnäyte kuivatetaan 105 °C :ssa. [2, s.50.]

Kiviainekseen imeytynyt veden määrä ilmoitetaan absorptiona. Kiviaineksen avoimissa pintahuokosissa oleva vesi on absorboitunutta vettä. Kiviaineksen rapautuneisuus vaikuttaa imeytyvän veden määrään. Rapautuneessa kiviaineksessä on enemmän pintahuokosia, johon vesi voi imeytyä. Normaalin rapautumattoman kiviaineksen vedenimemiskyky on noin $0,3\text{--}05\text{ paino-}\%$. Rapautuneella kiviaineksella vedenimemiskyky voi olla $1,0\text{--}1,5\text{ paino-}\%$. [2, s.50.]

Kiviaineksen vedenimemiskyvyn ollessa suurempi kuin 1 %, on kiviainekselta määritettävä sen pakkasenkestävyys. Pakkasenkestävyys tulee määrittää myös silloin, kun on aihetta epäillä kiviaineen pakkasenkestävyyttä. Pakkasenkestävyys määritetään standardin SFS-EN 1367-1 mukaisella jäädytys-sulatuskestävyysskojeella. Kokeessa kiviaines nimensä mukaisesti jäädytetään ja sulatetaan, jolloin havaitaan kiviaineksessa mahdolliset muutokset, kuten rakoilu ja massan häviö. Näiden perusteella pystytään määrittelemään kiviaineksen pakkasenkestävyys. Betonirakenteen säänkestävyyden varmistamiseksi betonissa on käytettävä pakkasenkestävää kiviainesta. [2, s.51.]

Korkealujuusbetoneilta ja kovan rasituksen alaisena olevilta usein vaaditaan hyvää iskunkestävyyttä sekä kulutuskestävyyttä, jolloin kiviaineksen valinnassa merkittävänä ominaisuutena on kiviaineksen kestävyys. Kiviaineksen kulutuskestävyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa kiven mineraalikoko, mineraalikoostumus, tekstuuri ja rapautuneisuus. Kiviaineksen kulutuskestävyys voidaan määrittää standardin SFS-EN 1097-1 mukaan tehtävällä kokeella. Kokeessa saadaan määritettyä kiviainekselle sen Micro-Deval-arvo (MDE). Standardin SFS-EN 1097-2 mukaisella Los Angeles -testillä voidaan määrittää kiviainekselle sen iskunkestävyys. [2, s.51.]

Betonipinnalta, jolta vaaditaan suuren kulutuksen kestävyyttä, joudutaan tarvittaessa määrittämään erilaisia kestävyksiä. Nämä ovat karkean kiviaineksen kiillotuskestävyys, sen pinnan kulumiskestävyys ja nastarengaskestävyys. Kiviaineksen kiillotuskestävyys ja kiviaineksen pinnan kulumiskestävyys määritetään standardin SFS-EN 1097-8 mukaisella kokeella, jossa saadaan määritettyä kiviainekselle sen kiillottuvuusarvo (PSV) ja pinnan kulumiskestävyydelle kulumisluku (AAV). Nastarengaskulutuskestävyys karkealle kiviainekselle voidaan määrittää standardin SFS-EN 1097-9 mukaan kuulamylymenetelmällä. [2, s.51.]

2.2.3 Kiviaineksen rakeisuus

Yksi kiviaineksen geometrisistä ominaisuuksista on kiviaineksen rakeisuus. Rakeisuudella tarkoitetaan kiviaineksen sisältämien erisuuruisten rakeiden määrien painosuhteita. Kiviaineksen rakeisuus saadaan määritettyä seulomalla kiviaines standardin SFS-EN 933-1 mukaan. Seulontamenetelmällä kiviaines saadaan jaettua raekokoluokkiin. Näistä voidaan sen jälkeen laskea jokaisen raekoon määrän osuus massaprosentteina koko kiviainesmassasta. [2, s.45.]

Kiviaines nimetään sen raekoon mukaan merkinnällä d/D. Merkinnässä d tarkoittaa alempaa seulakokoa ja D tarkoittaa ylempää seulakokoa. Kiviainestuotteet lajitellaan rakeisuuden perusteella taulukon 1 mukaisesti. Kiviaines lajitellaan sen rakeisuuden perusteella. [2, s.45.]

Taulukko 1. Kiviainestuotteiden lajittelu raekoon mukaan. [2, s.45]

Kiviainestuotteiden jaottelu	Raekoot (mm)
Fillerikiviaines	< 0,063
Hieno kiviaines	0/1, 0/2 tai 0/4
Luonnon lajittama 0/8	0/8
Koostekiviaines (sora- tai kalliomurske)	0/5, 0/6 tai 0/8
Karkea kiviaines	d/D (d < D, d ≥ 2; D ≥ 4) esim. kalliosepeli 16/32

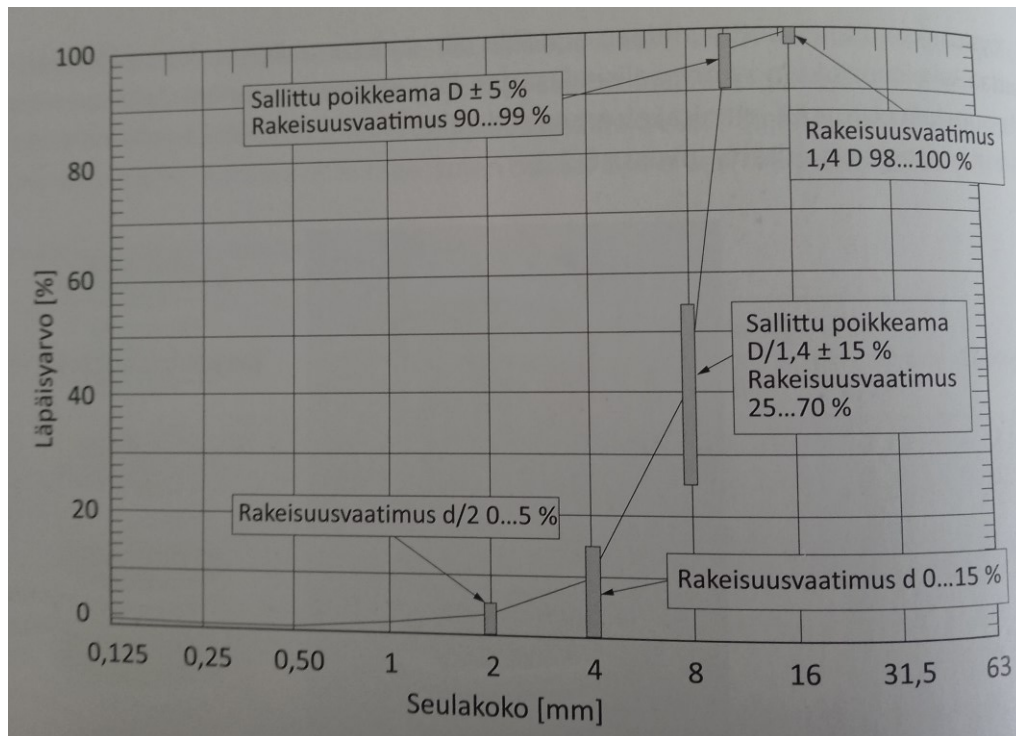
Kiviaines voidaan sen raaka-aineen alkuperän mukaan jakaa kolmeen eri ryhmään. Luonnon kiviaineksesta valmistetut kiviainekset, kuten sora tai kallio. Keinokiviaineksesta valmistetut kiviainekset, kuten masuunikuona ja kevytsora. Uusiokiviaineksesta valmistettu kiviaines, kuten murskattu betoni. [2, s.45.]

Kiviainestuotteet nimetään standardin SFS-EN 933-2 mukaisella perusseulasarjalla. Tarvittaessa käytetään lisänä lisäseulasarjoja 1 tai 2. Perusseulasarjan seulakoot ovat seuraavat. [2, s.45.]

- 1 mm
- 2 mm
- 4 mm
- 8 mm
- 16 mm
- 31,5 mm
- 63 mm.

Kiviainesta testattaessa käytetään mukana myös 1 mm:ä pienempiä seuloja. Hienoaineksen määrä (raekoko < 0,063 mm) määritetään aina pesuseulonnalla. [2, s.45.]

Kiviaineksen rakeisuudesta voidaan muodostaa tyyppikäyrä. Tyyppikäyrällä saadaan visuaalisesti ilmoitettua kiviaineksen läpäisykoot seuloilta. Tyyppikäyrä muodostetaan yleensä laadunvalvonnan keskiarvoista, jotka on muodostettu tuotannon aikana saaduista arvoista. Toimittaja ja tilaaja yhdessä hyväksyvät tyyppikäyrän. Kiviaineksen rakeisuus voi poiketa tyyppikäyrästä. Poikkeaman sallittava suuruus riippuu yksittäisestä seulasta ja kiviaineksen raakoosta. Poikkeama voi olla 3–17,5 prosenttia, kuten kuvassa 1, jossa esitetään kiviaineksen 4/12 mm tyyppikäyrä. [2, s.46.]



Kuva 1. Esimerkki karkean kiviaineksen 4/12 mm tyyppikäyrästä. [2, s.48]

Kiviaineksen rakeisuutta voidaan arvioida H-luvun eli rakeisuusluvun avulla. Rakeisuusluku määrittyy normaaliseulasarjan läpäisyarvojen summalla. Mitä pienirakeisempaa kiviaines on, sitä suuremmaksi rakeisuusluku eli H-luku muodostuu. [2, s.47.]

Kiviaineksen rakeisuuskäyrä voi täyttää sille asetetut vaatimukset, kuitenkin joutuessaan kiviaineksen raemuodosta tai pinnan laadusta voi valmiista betonista tulla erottuvaa tai harvaa. Pyöreät ja sileät rakeet antavat betonimassalle parhaimman muokattavuuden. Raemuodon takia ne vaativat vähiten sementin ja veden muodostamaa seosta eli sementtiliimaa. Useat betonimassan valmistuksessa käytettävät ohjelmat, kuten raejakauman optiset määräyslaitteet sekä suhteitus- ja rakeisuudenmääritysohjelmat olettavat, että betonimassaan käytettävä kiviaineksen rakeet ovat pyöreitä. Murskattua kiviainesta käytettäessä on kiinnitettävä huomiota raemuotoon. Murskatun kiviaineksen raemuoto on kuutiomaista ja pahimmillaan puikkomaista ja litteää. Raemuoto tuo siis omat haasteensa

betonimassan valmistukseen. Tarvittaessa karkeiden kiviainesten muoto on standardin SFS-EN 933-3 mukaan määriteltävissä. [2, s.48.]

Litteysluku ilmoitetaan seuraavina luokkina Fl_{15} , Fl_{20} , Fl_{35} , Fl_{50} , $Fl_{ilmoitettu}$ ja Fl_{NR} . Kun kiviaineksen litteysluvulle ei ole asetettu vaatimuksia käytetään alaindeksiä NR. Alaindeksissä oleva luku ilmoittaa kiviaineksessa olevan litteiden rakeiden määrän prosentteina. [2, s.48; 3.]

Kiviainesta, jossa litteysluku on Fl_{15} suositellaan käytettäväksi betonituotantoon, jossa betonityypit, siirtomenetelmät ja käyttökohteet vaihtelevat. Kohteissa, jossa ei betonilta vaadita suurta puristuslujuutta, voidaan käyttää kiviainesta, jossa litteysluku on suurempi. Kiviaines, jonka litteysluku on Fl_{20} voidaan käyttää betoniin, jonka vaatimus puristuslujuudelta on keskitasoa. Mikäli betoni halutaan valaa pumpun avulla kiviainesta, joka on litteysluvultaan Fl_{20} tai suurempi ei pumpppua kannata käyttää. Pumpulla on vaara tukkeutua, kun litteysluku on Fl_{20} tai suurempi. Betoniin, joka valetaan pumpulla, on siis käytettävä kiviainesta, jonka litteysluku on Fl_{15} tai pienempi. Korkealujuusbetoneissa ja itsesääntiivistyvissä betoneissa tulee käyttää kiviainesta, jonka litteysluku on Fl_{10} . [2, s.49.]

Raemuodolle saattaa asettua tiukkoja vaatimuksia, riippuen betonointikoneista ja menetelmistä. Murskaamaton luonnonsora kiviaineksena on turvallinen vaihtoehto, sillä se on valmiiksi luonnon muokkaamaa ja on muodoltaan pyöreää kiviainesta. Murskatun kiviaineksen käyttäminen vaikuttaa betonin suhteituksessa suoraan veden ja sementin määrään. Murskattu kiviaines vaatii betonin suhteituksessa suurempaa vesimäärää, raemuotonsa vuoksi. Suurempi vedentarve suhteituksessa vaikuttaa suoraan myös sementin määrään, joka suurenee, kun vesimäärä nousee. [2, s.49.]

Kiviaineksessa hienoaineksella tarkoitetaan kiviainesta, joka läpäisee 0,063 mm:n seulan. Standardin SFS-EN 933-1 mukaisella pesuseulonnalla pystytään erottamaan kiviaineksessa oleva hienoaines. Hienoainesmäärä merkataan kiviaineksessa muodossa $f_{alaindeksi}$. Alaindeksillä ilmaistaan 0,063 mm:n seulan

läpäisevä hienoainesmäärä massaprosentteina. Luonnon lajittamalle 0/8 kiviainekselle käytetään hienopitoisuuden alaindekseinä 3, 10 ja 16. Karkealle kiviainekselle alaindekseinä käytetään 1,5 ja 4. Hienolle kiviainekselle käytetään alaindekseinä 3, 10 ja 16. Hienoaineksen sallittu enimmäismäärä riippuu kiviainestuotteesta. Hienossa kiviaineksessa sitä saa olla enintään 16 prosenttia, karkeassa kiviaineksessa enintään 4 prosenttia ja luonnon lajittamassa 0/8 kiviaineksessa saa olla enintään 10 prosenttia. Prosenttiluvuilla tarkoitetaan koko kiviaineksen massaprosentin osuutta. [2, s.49.]

Hienoaineksen laadun tarkkailu on tärkeitä, sillä hienoaineksen laadulla voi olla positiivisia tai negatiivisia vaikutuksia betoniin. Hienoaines, joka sisältää paljon rapautumistuotteita, kuten savea ja hienojakeista kiillettä, se luokitellaan huonolaatuisena. Hyväksi hienoainekseksi luokitellaan kova ja hienojakoinen kiviaines, sillä sen vaikutus betoniin on yleensä myönteinen. Huonolaatuinen hienoaines, saattaa usein lisätä betonin tarvittavaa vedenmäärää ja nostattaa kokonaisvesimäärää betonireseptille. Hyvälaatuisella hienoaineksella voidaan parantaa pieniä määriä seos- ja sideaineita sisältävän betonin koossapysyvyyttä ja työstettävyyttä. Hienoaineksen laatua voidaan testata lukuisilla ISO- ja SFS-EN-testeillä. ISO on maailmanlaajuinen standardisointijärjestö. [2, s.49; 4.]

2.2.4 Kiviaineksen kemialliset ominaisuudet

Humuspitoisuudella tarkoitetaan kiviaineksessa esiintyvän kasviperäisen orgaanisen aineen määrää. Kiviainesta, jossa on suuria määriä humusta ei voi käyttää betonin raaka-aineena. Humus voi hidastaa tai estää kovettumisen betonissa. Humuspitoisuus tarkastetaan standardin SFS-EN 1744-1 mukaan, jossa sekoittamalla kiviainesta ja natriumhydroksidiliuosta. Kiviaineksessa oleva humus värjää liuoksen tummaksi. Mitä enemmän kiviaineksessa on humusta, sitä tummempaa liuoksesta tulee. Osa humusaineista ei värjää liuosta, joten koe on suuntaa antava. [2, s.52; 5.]

Kiviaineksesta määritetään kloridipitoisuus, silloin kun on syytä epäillä, että kiviaineksessa esiintyy enemmän kloridi-ioneja kuin normaalisti. Vesiliukoisten

kloridi-ionien määrä sisämaasta otetusta kiviaineksessa on normaalisti erittäin alhainen. Sisämaasta otetun kiviaineksen laskelmissa voidaan kiviaineksen kloridi-ionien määränä käyttää arvoa 0,001 % kiviaineksen massasta. Kloridipitoisuus tulee aina määrittää, kun betoniin käytetään merikiviainesta. Kiviaineksen kloridipitoisuus on tiedettävä, jotta ei ylitetä betonille suurinta sallittua kloridipitoisuutta. Kloridipitoisuus määritetään standardin SFS-EN 1744-1 mukaan. [2, s.52.]

Haitallinen määrä klorideja betonissa saattaa aiheuttaa betonissa olevan teräksen korroosion käynnistymisen. Ongelmallisia kohteita on talvisin suolattavien teiden betonirakenteet, kuten pysäköintirakennukset ja betonisillat. Näihin voi kulkeutua loskaa, joka on suolapitoista. Itämeressä oleva vesi on suhteellisen vähäsuolaista, eikä se aiheuta helposti korroosio-ongelmia betonille. Kloridirasi-tuksen kannalta on tärkeätä, että betoniin tulevat halkeamaleveydet jäävät riittä-vän pieniksi. Suurista halkeamista on mahdollista, että kloridipitoinen vesi pää-see suoraan teräkseen asti, jolloin on vaarana, että raudoituksen ruostuminen alkaa. [6.]

Kiviaineksen tietyt mineraalit ja sementtikiven huokosveden sisältämät alkalit ja hydroksyyli-ionit reagoivat keskenään. Tätä reaktiota kutsutaan alkali-kiviainesreaktioksi. Alkali-kiviainesreaktiot paisuttavat kiviainesta. Paisunut kiviaines aiheuttaa halkeilua ja betoniin sisäisiä jännityksiä. Alkali reagoi yleisimmin piiyh-disteiden välillä. Alkali voi reagoida myös karbonaattien tai silikaattien kanssa. Reaktio voi tapahtua, jos seuraavat kolme vaatimusta täyttyvät. Betoniin käyte-tään sementtiä, jossa on paljon alkaleja, kuten Na tai K. Betoniin käytettävässä kiviaineksessa on runsaasti mineraaleja, jotka kestävät heikosti alkalisuutta. Kosteuspitoisuus betonissa on riittävän korkea. Alkalikiviainesreaktion vähentä-miseksi tai estämiseksi voidaan käyttää erikoisementtejä, joissa alkalipitoisuus on pieni. Suomessa luonnon kiviaines, jota käytetään betonin valmistamiseen, on yleensä hyvin kestävää kemiallisesti. [2, s.52,134–135.]

Kiviaineksessa rikin (S) kokonaismäärä saa olla korkeintaan 1 %. Ilmajäähdy-tetty masuunikuona on poikkeus, sillä sen kokonaisrikkimäärä saa olla enintään

2 %. Kiviaines, joka sisältää magneettikiisua, joka on rautasulfidi ja haitallinen betonille, saa sisältää enintään 0,1 % rikkiä. Standardin SFS-EN 1774-1 mukaan saadaan määritettyä kiviaineksen kokonaisrikkimäärä. Samassa standardissa ohjeistetaan happoliukoisten sulfaattien määrän selvitystapa. Kiviaineksen enimmäismäärä, mitä se saa sisältää riippuu sen luokituksesta. [2, s.53.]

Kiviaineksessa oleva rikki ja rikkiyhdisteet voivat hapettua. Kiviaineksen sulfidimineraalien pintaan voi muodostua sulfaatteja. Sulfaatit aiheuttavat betonissa sulfaattikorroosion. Korroosion lisäksi sulfaatit voivat haitata betonin työstedävyttä. Sulfaatit haittaavat etenkin notkistettuja sekä nesteytettyjä betoniseoksia. [2, s.53.]

2.2.5 Kiviaineksen radioaktiivisuus

Radioaktiivisia aineita löytyy pieniä määriä jokaisesta kiviainesperäisestä rakennusmateriaalista. Radioaktiivisten aineiden määrään vaikuttaa eniten käytettävä kiviaines. Lentotuhka tai masuunikuona, joita voidaan käyttää betonissa lisä- tai seosaineena, voivat lisätä rakennusmateriaalin radioaktiivisuuspitoisuutta.

STUK eli Säteilyturvakeskuksella on ohjeistus ST 12.2 *Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus*, jossa on määritelty rakennusmateriaaleille radioaktiivisuuden toimenpidearvot. [2, s.53.]

Kiviaineksesta mitataan alkuaineiden kaliumin, radiumin ja thoriumin radioaktiivipitoisuudet. Radioaktiivipitoisuuden avulla saadaan laskettua aktiivisuusindeksit. Aktiivisuusindeksejä on kolme eri käyttötarkoitukseen. Aktiivisuusindeksi ilmoitetaan I merkinnällä. [2, s.54.]

Aktiivisuusindeksin raja-arvo on 1. Materiaalin aktiivisuusindeksin ollessa alle raja-arvon, ei sille aseteta käyttörajoituksia kyseiseen käyttötarkoitukseen. Aktiivisuusindeksin ylittäessä raja-arvon, on osoitettava, että materiaalin toimenpidearvo ei ylitä. Aktiivisuusindeksi on välillinen tapa arvioida rakennusmateriaalin radioaktiivisuuden määrää. Aktiivisuusindeksi on tiukempi tapa mitata

radioaktiivisuuden määrää toimenpidearvoon verrattuna. Aktiivisuusindeksin raja-arvon ylittäessä on mahdollista, että toimenpidearvon raja-arvo ei ylity. [2, s.54.]

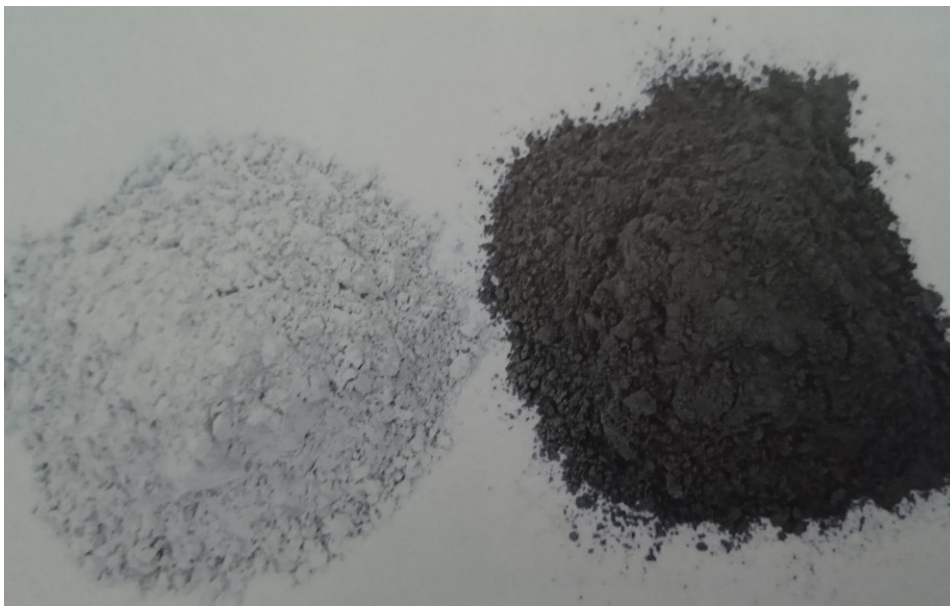
Rakennusmateriaalien, joita käytetään talonrakennukseen, toimenpidearvo on 1 mSv vuodessa. Tämä on enimmäisarvo, jonka rakennusmateriaalit saavat lisätä maaperästä aiheutuvaan gammasäteilyyn. [2, s.54.]

Suomen kallioperän radioaktiivisuus vaihtelee paikoittain. Alueilla, jossa Säteilyturvakeskuksen tutkimusten mukaan on asetettujen raja-arvojen ylittävää radioaktiivisuutta maaperässä, on kiviaines tutkittava, ennen kuin, sitä voi käyttää rakentamiseen. Alueilla, joilla raja-arvot eivät ylity, kiviaineksesta ei tarvitse tutkia sen radioaktiivisuutta, ellei ole epäilystä, että kiviaines saattaisi olla radioaktiivinen. [2, s.54.]

2.3 Sementti

Sementti on yksi betonin pääraaka-aineista. Sementti on epäorgaaninen materiaali, joka on jauhettu hienoksi. Sementti reagoi vedessä muodostaen seoksen. Tästä seoksesta muodostuu luja ja kestävä lopputuote, joka liittyy yhteen muut ainesosat, joita käytetään betonissa. Sementin ja veden seosta kutsutaan sementtikiveksi. Muita seoksesta käytettäviä nimiä on sementtiliima ja sementtipasta. [2, s.24; 7.]

Sementin vaikutus on merkittävä betonin ominaisuuksiin. Erilaisilla sementeillä voidaan muokata tuoreen ja kovettuneen betonin ominaisuuksia, riippuen betonilta vaadittavilta ominaisuuksilta. Sementillä pystytään vaikuttamaan betonin lämmön- ja lujoudenkehitykseen, betonin työstettävyyteen sekä betonin säilyvyyteen. Sementti on yleensä väriltään harmaata. Poikkeuksena on valkosementti, joka on nimensä mukaan väriltään valkoinen. [2, s.24.]



Kuva 2. Vasemmalla valkosementtiä ja oikealla yleisempää harmaata sementtiä. [2, s.25.]

2.3.1 Sementin valmistus

Sementin valmistuksessa tärkein osa-aine on portlandklinkkeri, jonka pääraaka-aineena käytetään kalkkikiveä. Kalkkikivi koostuu pääosin kalsiumkarbonaatista CaCO_3 . Portlandklinkkerin valmistukseen käytetään kalkkikiven lisäksi kolmea muuta ainetta, jotka ovat saatavilla kalkkilouhoksen sivukivistä tai muualta teollisuuden sivutuotteina. Nämä ovat alumiinioksidi Al_2O_3 , piidioksidi SiO_2 ja rautakoksidi Fe_2O_3 . Näistä käytetään sementtikemiassa lyhenteitä A, S, ja F. [2, s.24.]

Kalkkikivi, jota käytetään sementin raaka-aineena, annostellaan muiden raaka-aineiden mukana raakajauhemylyyn. Kiviainesten kemialliset koostumukset määrittävät syöttösuhteet raaka-aineille. Tarkalla kemiallisella reseptillä varmistetaan oikea koostumus valmiille sementtiklinkkerille. Muodostuneen jauheen tasalaatuisuus varmistetaan homogoinnilla. [2, s.25; 7.]

Klinkkerin valmistus etenee esilämmitykseen, jossa kalkkikiven kalsiumkarbonaatti (CaCO_3) alkaa hajoamaan. Reaktiota kutsutaan esikalsinoinniksi.

Esikalsinoinnissa kalsiumkarbonaatti hajoaa hiilidioksidiksi (CO_2) ja kalsiumoksidiksi (CaO), jonka lyhenne sementtikemiassa on C. [2, s.25.]

Sementtiklinkkerin valmistus tapahtuu kiertoilmaunissa. Uunissa nostetaan lämpötila hitaasti noin $1450\text{ }^\circ\text{C}$ asteeseen. Lämpötilan noustessa jauhe sulaa osittain ja muodostuu klinkkerimineraaleja. Polttamisen loppuvaiheessa klinkkeri jäähdytetään nopeasti noin $275\text{ }^\circ\text{C}$ asteeseen. [2, s.25.]

Klinkkeri koostuu pääosin neljästä mineraalista. Mineraalit ovat aliitti (trikalsiumsilikaatti, C_3S), aluminaatti (trikalsiumaluminaatti, C_3A), beliitti (dikalsiumsilikaatti C_2S) sekä ferriitti (tetrakalsiumaluminaattiferriitti C_4AF). Näiden neljän mineraalin keskinäisiä suhteita muokkaamalla pystytään vaikuttamaan sementin ominaisuuksiin. Klinkkerin ainesosien suhteilla voidaan nostaa esimerkiksi sementin lujuudenkehityksen nopeutta, loppulujuuden suuruutta, hydrataatiolämmön suuruutta sekä kestääkö sementti sulfaattia. [2, s.25,28.]

Rakennussementti valmistetaan jauhamalla kuulamylyssä klinkkeriä, kipsiä ja seosaineita hienoksi jauheeksi. Rakennussementtien valmistuksessa käytetään seosaineina masuunikuonaa ja kalkkikiveä. Erilaisia sementtilaatuja voidaan valmistaa samasta klinkkeripohjasta muokkaamalla seosaineiden ja klinkkerin jauhatushienoutta sekä seosainemääriä. Sementtiin jauhatuksessa lisättävällä kipsillä pystytään hidastamaan trikalsiumaluminaatin (C_3A) reaktiota, jolloin sementille saadaan sopiva sitoutumisaika. [2, s. 25,28.]

2.3.2 Sementtistandardit

Kuten betonissa käytettävän kiviaineksen pitää myös sementin olla CE-merkitty tuote. Betonissa käytettävän sementin on täytettävä standardin SFS-EN 197-1 vaatimukset. Tässä standardissa käsitellään sementille asetettuja vaatimuksia sen koostumuksen, laatuvaatimuksen ja vaatimustenmukaisuuden mukaan. CE-merkinnän saaminen sementille edellyttää sementtien tuotesertifiointia. Tuotesertifiointin toteuttaa arviointilaitos, joka tarkastaa säännöllisesti sementtitehtaan olosuhteet tuotannolle ja laadunvalvonnan tasokkuuden. Sementtituotteen

pitää täyttää vaatimukset, jotka on asetettu standardissa alkutestauksessa ja jatkuvassa tuotannossa. Arviointilaitos suorittaa myös pistotarkastuksia, jolla varmistetaan sementtitehtaan vaatimustason pysyminen. [2, s.29.]

Standardi SFS-EN 197-1 tunnistaa jopa 27 erilaista sementtiä. Suomalaisiin olosuhteisiin niistä katsotaan vain osan sopivan. Standardi jaottelee sementit viiteen eri päälajeihin. Sementit on jaettu niiden koostumuksen perusteella.

- | | |
|------------------------|---------|
| • Portlandsementti | CEM I |
| • Portlandseossementti | CEM II |
| • Masuunikuomasementti | CEM III |
| • Pozzolaanisementti | CEM IV |
| • Seossementti | CEM V. |

Sementin päälajit jaetaan edelleen erisementtilajeihin, riippuen niissä käytetyistä seosaineista ja niiden määrästä. Sementtilajit CEM I ja CEM II sisältävät portlandklinkkeriä. Sementtilajien CEM I ja CEM II sementtilajiluokitus riippuu sementissä olevien sivuosa-aineiden määrän suhteesta portlandklinkkerin ja sivuosa-aineiden yhteiseen määrään. Sementti luokitellaan CEM I sementtilajiin, jos siinä on enintään 5 % sivuosa-aineita kokonaismäärästä. CEM II sementtilaji jaetaan kahteen osuuteen CEM II A ja CEM II B. CEM II A sementtilajiin kuuluu muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta sementtilajit, joissa seosaineiden osuus on 6–20 %. Sementtilaji CEM II B seosaineiden määrä on 21–35 % klinkkerin ja seosaineiden yhteismäärästä. Muille sementtilajeille ei voida antaa samantyyppistä muistisääntöä. [2, s.29.]

Rakennussementit tulee merkitä standardin mukaan vähintään sementtilajin tunnuksella, lujuusluokkaa kuvaavalla luvulla ja varhaislujuutta kuvaavalla kirjaimella. Esimerkiksi pikasementti CEM I 52,5 R. [2, s. 30–31.]

Rakennussementit voidaan jakaa kolmeen eri standardilujuusluokkaan sen puristuslujuuden mukaan 28 vuorokauden iässä. Puristuslujuusluokat ovat 32,5 MPa 42,5 MPa ja 52,5 MPa. Puristuslujuuden yksikkö on Pa eli Pascal.

Standardilujuusluokilla on lisäksi kaksi varhaislujuusluokkaa N ja R. Varhaislujuusluokka N on normaali varhaislujuus ja varhaislujuusluokka R on korkea varhaislujuus. [2, s.30.]

Sementtien värit poikkeavat hieman toisistaan. Tämä johtuu eroista sementin raaka-ainepohjassa. Standardin ISO 2470 mukaan voidaan mitata sementin väri eli vaaleus. Asteikossa on 0–100, jossa 0 on täysin musta ja 100 on täysin valkoinen. Harmaiden sementtien ISO-vaaleus asettuu asteikolla väliin 24–35. Valkosementin ISO-vaaleus on noin 80. Kohteissa, jossa betonin värin tasaisuus on tärkeätä, on suositeltavaa välttää sementin vaihtamista. Silmällä havaittavissa on yli kahden prosenttiyksikön muutos. Sementtilaadun sisäinen väri vaihtelu on kovin pientä, toisin kuin vesi-sementtisuhteen vaihtelusta johtuvat sävyerot. [2, s.31.]

Suomessa käytetään pääsääntöisesti viittä eri suomalaista rakennussementtiä. Plussementti (CEM II/B-M(S-LL) 42,5 N), on sementti, joka kovettuu normaalisti. Tätä sementtiä voidaan käyttää laajasti niin mökkivaluihin kuin betonikohteisiin, jotka ovat vaativia. Rapidsementti (CEM II/A-LL 42,5 R) on nimensä mukaan sementti, joka kovettuu nopeasti. Tätä sementtiä voidaan käyttää elementti- kuin valmisbetonointiin. Rapidsementin tärkeitä käyttökohteita on talvibetonointi ja lattiavalut. Pikasementti (CEM I 52,5 R) on elementtiteollisuudessa suosittu sementti, johtuen sen ominaisuudesta kovettua nopeasti. Joka mahdollistaa nopeamman elementtituotannon. Sementtiä voidaan käyttää myös korkealujuusbetonointiin ja talvibetonointiin, johtuen sen nopeasta alkulujuuskehityksestä. SR-sementtiä (CEM I 42,5 N SR 3) käytetään sen sulfaatinkestävyyden ansiosta kohteisiin, joissa sulfaattirasitusta esiintyy. Valkosementtiä (yleensä CEM I 52,5 N) käytetään lähinnä julkisivuelementtien tekoon sen valkoisen värin takia. [2, s.31.]

Muita sementtejä, joita käytetään erikoiskohteisiin ovat injektointisementti, muurusementti ja aluminaattisementti. Injektointisementtiä hyödynnetään betonissa olevien reikien ja halkeamiin. Injektointisementtiä hyödynnetään etenkin kalliotunneleihin, jossa sitä käytetään tunnelin vesitiiviyyden saavuttamiseksi.

Injektointisementin ominaispiirre on sen erittäin suuri hienous. Tämä parantaa sementin tunkeutuvuus- ja reaktiivisuusominaisuuksia. Muuraussementtiä käytetään nimensä mukaisesti muuraustöihin. Muuraussementillä saa hyvät työstettävyyden laastille. Muuraussementistä kovettunut laasti on pakkasenkestävää. Muuraussementillä saa heikomman loppulujuuden kuin muilla sementeillä, tämä on tarkoituksenmukaista. Aluminaattisementtiä käytetään sen hyvän korkeiden lämpötilojen sietokyvyn takia tulenkestävien laastien valmistamiseen. Aluminaattisementin reaktiotuotteet eivät ole ajan myöten pysyviä. Reaktiotuotteet muuttuvat kosteissa olosuhteissa heikommiksi yhdisteiksi. Tämän ominaisuuden takia kyseistä sementtiä ei voida käyttää kantavien rakenteiden valmistuksessa. [2, s.32.]

2.3.3 Sementtien laadunvalvonta

Sementin laadunvalvonta on tiukkaa. Sementtiä pidetään kaikista betonin osaineista tärkeimpänä. Ominaisuudet määrittelevät pitkälti, millaista valmiista betonista tulee ja millainen on betonin kehitys, sen jälkeen, kun se on valettu. Laadunvalvontaa toteuttaa itse valmistaja sisäisesti sekä viranomaiset. Laadunvalvonnan tarkoituksena on varmistaa, että sementti täyttää vaatimukset, jotka sille on asetettu. Viranomaiset valvovat laatua turvallisuuden lähtökohdasta. Sementin pitää olla riittävän korkealaatuista, jotta se täyttää vaatimukset siihen rakenteeseen, johon sementtiä aiotaan käyttää. [2, s.32.]

Sementin koko valmistusprosessin ajan sementin laatua tarkkaillaan ja sille tehdään lukuisia erilaisia testejä, jotta sementin laatu saadaan dokumentoitua ja varmistettua. Sementin jauhatusvaiheessa joka toinen tunti otetaan koenäyte. Näytteestä selvitetään sementin hienous. Yhden vuorokauden aikana kerätyistä näytteistä otetaan vielä sitoutumisaikakoe, jolla selvitetään, onko sementtiin lisätyn kipsin määrä sopiva. Sementtiä testataan myös kemianlaboratoriossa, jossa sementistä selvitetään sen erilaisia ainepitoisuuksia ja määriä. Sementteistä otetaan myös lastauksen yhteydessä viralliset siilonäytteet kaksi kertaa viikossa. Siilonäytteistä testataan sementtilajikkeen edellyttämät standardit. [2, s.33–34.]

2.3.4 Sementin ominaisuudet

Tärkein ominaisuus sementillä on sen kyky reagoida veden kanssa. Sementti reagoi vedessä veden kanssa muodostaen sementtiliiman. Sementtiliimaa kutsutaan valmiissa kovettuneessa betonissa sementtikiveksi. [2, s.35.]

Kun sementti ja vesi reagoi keskenään, ensimmäisenä reagoi sementissä oleva aluminaattiyhdisteet. Reaktionopeuden hidastamiseksi sementtiin lisätään kipsiä, jolla saadaan työstöaika massalle sopivaksi. Aluminaattiyhdisteet ovat välttämättömiä, vaikka ne eivät betonin lujuuteen vaikuta suuresti. Sementin lujuuteen vaikuttaa sementissä olevat trikalsiumsilikaatti ja dikalsiumsilikaatti. [2, s.35.]

Sementin ja veden seos on aluksi notkeaa. Ajan myötä alkaa seos sitoutumaan. Sitoutuminen on alkutapahtuma kovettumiselle. Aikaa vedenlisäyksestä sementtiin, jossa seos saavuttaa tietyn jäykkyyden kutsutaan sementin sitoutumisajan aluksi. Standardissa SFS-EN 197-1 on määritelty sementtien lujuusluokien mukaan vähimmäisaikat sitoutumiselle. Suuremmilla lujuusluokilla on pienempi vähimmäisaika tietyn jäykkyyden saavuttamiseksi, kuin pienemmillä lujuusluokilla. [2, s.35–37.]

Sementin kemiallinen koostumus ja hienous määrittää sementin sitoutumisajan. Lämpötila vaikuttaa myös suuresti sementin sitoutumisaikaan. Lämpötilan noustessa 10 °C sitoutumisaika karkeasti arvioiden puolittuu. Kylmä ilma hidastaa betonin lujuudenkehityksen alkua. Talvella betonitöitä tehdessä on joko käytettävä sementtiä, jossa sitoutuminen alkaa nopeasti tai käytetään lämmitettyä betonimassaa. [2, s.37.]

Sementin sitoutumisen päätyttyä kovettuminen jatkuu niin pitkään, kuin seoksessa on osallistumiskykyistä vettä hydratoitumiseen. Betonin vesi-sementti-suhde määrittelee voimakkaasti sementin lujuusreaktiot. Vesi-sementtisuhteella tarkoitetaan betonimassassa olevan tehollisen vesimäärän ja sementtimäärän suhdetta. Vesi-sementtisuhteesta käytetään lyhennettä v/s. [2, s.37.]

Sementin lämmönkehitykseen vaikuttaa sementin hienous ja kemiallinen koostumus. Massiivisissa betonirakenteissa lämmönkehityksellä on keskeinen rooli. Halkeamisriski nousee lämpötilan nousun myötä. Betonin lämmönkehitystä voidaan hallita sementtivalinnalla tai käyttämällä kylmempää betonimassaa. Lämmittämällä betonia ulkoapäin voidaan estää suuria lämpötilaeroja betonin sisäosan ja pinnan välillä. [2, s. 39.]

Sementtiä tulee säilyttää kuivissa tiloissa, sillä se on hygroskooppinen aine. Sementti imee kosteutta ilmasta. Tämä voi johtaa sementin sitoutumishäiriöihin. Säkkisementti on työmailla suojattava sateelta sekä maan ja ilman kosteudelta. [2, s. 41.]

2.4 Vesi

Betonin pääraaka-aineista veden vaatimukset, jotta sitä voidaan käyttää betonin valmistamiseen, on vähäisimmät. Vesijohtoverkosta saatava vesi sekä juomakelpoinen luonnonvesi ovat soveltuvia lähes aina betonin valmistukseen. Betonin valmistamiseen voidaan elementtitehtailla hyödyntää talteen otettua vettä betoniteollisuuden prosessista. Veden soveltuvuus betonin valmistamiseen on kuitenkin varmistettava. [2, s.59.]

Betonin valmistukseen käytettävällä vedellä on rajoituksia sen kloridipitoisuudesta. Vedessä olevan kloridipitoisuuden raja-arvo riippuu betonin käyttökohteesta. Jännitetyissä betonirakenteissa on pienimmät raja-arvot kloridipitoisuudelle, kun taas raudoittamattomissa betonirakenteissa kloridipitoisuuden raja-arvo on paljon suurempi. Standardissa SFS-EN 1008 ohjeistetaan testausmenetelmät veden soveltuminen betonin valmistukseen. [2, s.59.]

2.5 Betonin seosaineet

Betonin seosaineita ovat lentotuhka, silika ja masuunikuonajauhe. Näitä voidaan käyttää betonissa side- ja runkoaineina. Seosaineet, joita käytetään Suomessa ovat kaikki käytännössä CE-merkittyjä. [2, s.56.]

Lentotuhka on kivihiilen polttamisessa syntyvä sivutuote. Lentotuhka on pozzolaani, mikä tarkoittaa, että se reagoi sementin hydrataatioreaktiossa muodostuvan kalsiumhydroksidin kanssa. Reaktiosta muodostuu kalsiumsilikaattihydraatigeeliä. Lentotuhka jaetaan kahteen luokkaan sen hehkutushäviön mukaan. Hehkutushäviöllä käytännössä tarkoitetaan lentotuhkan hiilipitoisuutta. Hehkutushäviö voi olla A-luokassa enintään 5 % ja B-luokassa enintään 7 %. A-luokan lentotuhkaa voidaan ainoastaan käyttää talvibetonoinnissa. Lentotuhkaa voidaan käyttää betonissa kiviaineksena tai sideaineena. Lentotuhkan käyttö betonissa vähentää fillerin eli hienon kiviaineksen määrää. Lentotuhka parantaa betonimassan koossapysyvyyttä ja työstettävyyttä. Lentotuhkaa käytettäessä betonin hydrataatiolämpö vähenee. Alhaisempi lämpötila hidastaa betonissa lentotuhkan reaktiota. Tämän takia ei ole suositeltavaa käyttää lentotuhkaa talvibetonoinnissa. [2, s.56.]

Masuunikuona on sivutuote, joka syntyy raakaraudan valmistuksessa. Masuunikuonaa käytetään useasti massiivivaluissa, koska se pienentää betonin hydrataatiolämpöä. Masuunikuonalla pystytään parantamaan betonin sulfaatinkestävyyttä. Riittävällä suurella määrällä (70 %) kuonajauhetta sideaineesta, luokitellaan sideaineyhdistelmä sulfaatinkestäväksi. [2, s.57.]

Silika on alkuaine piin ja ferropiin valmistuksessa syntyvä pozzolaani. Silikaa käyttäessä on huomioitava siitä johtuva betonin vedentarpeen kasvu. Silikaa käyttäessä on myös aina käytettävä lisäaineita, jotka vähentävät vedentarvetta. Silikalla saadaan parannettua betonin kemiallista kestävyyttä ja lujuutta. [2, s.58.]

Seosaineiden enimmäismäärät mitä voidaan käyttää betonissa riippuvat betonirakenteen rasitusluokasta ja sementin seosainemäärästä. Seosaineiden enimmäismäärät lasketaan kaavoilla, jotka löytyvät InfraRYL 2006 Sillan betonirakenteet kohdasta 42020.1.2. [2, s.58.]

2.6 Betonin lisäaineet

Erilaisilla lisäaineita käyttämällä on mahdollista muokata betonin ominaisuuksia. Lisäaineilla voidaan parantaa betonin ominaisuuksia kovettuneena ja betonimassana. Lisäaineiden käytöllä saadaan parannettua betonin ominaisuuksia ja rahallista kilpailukykyä. Lisäaineilla on joko fysikaalinen tai kemiallinen vaikutustapa betoniin. Lisäaineilla on päävaikutuksensa lisäksi sivuvaikutuksia. Nämä sivuvaikutukset voivat yllättää kokemattoman käyttäjän. Lisäaineiden toiminta betonissa riippuu monista tekijöistä, minkä takia lisäaineiden käyttö vaatii aina huolellisuutta ja ennakkokokeita. [2, s.60.]

2.6.1 Notkistavat lisäaineet

Notkistavilla lisäaineilla pystytään parantamaan betonin pumpattavuutta ja työstettävyyttä. Näiden lisäksi notkistimilla saadaan vähennettyä betoniin käytettävän veden ja sementin määrää. Notkistimien käyttö yleensä mahdollistaa korkealujuusbetonien valmistamisen. [2, s.62.]

Notkistavat lisäaineet voidaan jakaa niiden tehokkuuden perusteella kahteen luokkaan. Nämä luokat ovat notkistimet ja tehonotkistimet. Notkistimilla saadaan vähennettyä vedenmäärää betonissa ilman työstettävyyden heikentymättä noin 5–15 %. Tehonotkistimilla vastaava luku on noin 12–30 %. Tehonotkistimilla voidaan myös parantaa betonin työstettävyyttä. Tässä tapauksessa vesimäärää ei pienennetä, jolloin betonin valettavuusominaisuuksia vain parannetaan. [2, s.62.]

Notkistavien lisäaineiden toiminta riippuu itse notkistimen laadusta ja määrästä, sekä betonin muista ainesosista ja muista tekijöistä, kuten lämpötilasta ja sekoitustehosta. Notkistavien lisäaineiden toiminnan vaikutusaika vaihtelee. Vaikutusajan väli voi olla 15 minuutista useampiin tunteihin, joka pitää ottaa huomioon notkistavien lisäaineiden valinnassa eri betonikohteisiin. Käytettäessä pitkävaikutteisia tehonotkistimia on huomioitava, että ne lisäävät mahdollisesti

betonin halkeiluriskiä. Betonin halkeiluriskiä voidaan pienentää erilaisilla kiviainesuhteituksilla. [2, s.63.]

2.6.2 Huokostimet

Betonin normaali ilmamäärä on noin 1–2 % (10–20 dm³/m³). Poikkeuksena on tiiviit tai korkealujuusbetonit. Näissä voi olla betonissa ilmaa alle prosentti. Betoniin lisäämällä huokostavaa lisäainetta saadaan sen pakkasenkestävyyttä parannettua. Huokostimella saadaan betonin ilmamäärä nostettua 4–8 prosenttiin. Huokosten tarkoituksena on estää pakkasesta johtuvan betonissa olevan veden jäätymisestä seuraavat vahingot. [2, s.63.]

Huokostimilla saadaan myös parannettua betonimassan muokattavuutta, koossapysyvyyttä ja notkeutta. Huokostuksella saadaan parannettua myös betonin kuljetuskestävyyttä. Huokostus alentaa betonin lujuutta, joka pitää ottaa huomioon betonin lopullisessa lujuudessa. Yhden prosentin ilmamäärän lisäys karkeasti arvioituna heikentää betonin lujuutta 5 prosenttia. [2, s.63.]

Huokostuksen onnistumisen varmistaminen on haastavaa. Tuoreelta massalta mitattu ilmapitoisuus ei kerro, minkä kokoisia betonissa olevat huokokset ovat, eikä sitä, miten ne on jakautunut betonin sisällä. Betonin pakkasenkestävyyden kannalta on tärkeää, että muodostuneet huokokset ovat sopivan kokoisia (ominaispinta-ala < 25 mm²/mm³) ja niiden huokosjako ($\leq 0,23$ mm) on riittävän pieni. Jotkut notkistimet voivat muodostaa betoniin liian harvaan olevia ja liian suuria huokosia. Tämän tapahtuessa ei betonin pakkasenkestävyys parane. Notkistimien ja huokostien käyttö voi olla ongelmallista. Kaikki notkistimet eivät ole toimivia kaikkien huokostimien kanssa. Toimiva pari saadaan selvitettyä toimintakokeilla. Sekoitusjärjestys ja -aika vaikuttaa huokostuksen onnistumiseen. Onnistumisen kannalta huokostin pitää lisätä ensin betonimassaan. Betonimassaa kun on sekoitettu vähintään yksi minuutti, voi notkistimen lisätä betonimassaan. [2, s.63–64.]

2.6.3 Hidastimet

Hidastimilla on mahdollista siirtää betonimassan sitoutumista myöhempään ajankohtaan. Kohteissa, joissa ei haluta betoniin työsaumoja käytetään hidastinta. Paikalla valettavissa kohteissa, joista on pitkä etäisyys betonitehtaalle, käytetään tilattavassa betonimassassa hidastimia, jotta betonimassan sitoutuminen alkaisi vasta kuljetusmatkan päätyttyä. Hidastinta ei tarvita yleensä kylminä vuodenaikoina, sillä matalat lämpötilat huomattavasti hidastavat betonimassan sitoutumista. [2, s.64.]

2.6.4 Kiihdyttimet

Kiihdyttimillä on mahdollista nopeuttaa betonin sitoutumista, sekä siitä johtuvaa betonin kovettumista. Kiihdyttimiä käytetään etenkin kohteissa, jossa on tärkeitä saavuttaa nopeasti betonin jäätymislujuus ja betonin muotinpurkulujuus. [2, s.64–65.]

Betonin jäätymislujuudella tarkoitetaan puristuslujuutta, missä betoni kestää jäätyksen vaikutukset vahingoittumatta. Betoni on saavuttanut jäätymislujouden, kun sen puristuslujuus on 5 MN/m^2 . Betonimuotit voidaan purkaa, kun on todettu, että betoni on kovettunut riittävän paljon. Betonilla on riittävästi lujuutta muottien purkuun, kun sen rakenteet ja niiden mahdolliset varatuet kestävät niille tulevat rasitukset. Toisena kriteerinä muottien purulle on, että betoniin muottien purun jälkeen ei synny liian isoja muodonmuutoksia. Betonin tarvitsee olla lujuudeltaan vähintään 60 % nimellislujuudestaan, jotta muotit saa purkaa, ellei betonointisuunnitelmissa ole esitetty toisin, tai tehty muuta erillistä selvitystä kohteen muottien purkulujudelle. Betonin lujuudenkehitystä voidaan arvioida tietokoneohjelmilla. Kovettuvan betonin lujuus pystytään laskemaan käsin, jolloin käytetään Sadgroven kaavaa. Lujuus on mahdollista myös arvioida eurokoodeissa olevilla arviointimenetelmillä. [2, s. 91–92; 9.]

2.7 Betonissa käytettävät kuidut

Kuitubetonit ovat betonilaatua, jossa betonissa perinteisesti käytettävä raudointus voidaan korvata betonissa olevilla kuiduilla. Kuitubetonissa käytettävät kuidut ovat yleensä polymeerikuituja tai teräskuituja. Muitakin vaihtoehtoja betonikuiduille on. Näiden kuitujen käyttö on vähäisempää kuin teräs- ja polymeerikuiduilla. [2, s.66.]

Teräskuituja käytetään varsinkin maanvaraisten lattioiden kuitubetoneissa sekä ruiskubetonissa. Teräskuitutyyppejä on monia. Vaihtuvia ominaisuuksia teräskuiduissa on kuidun pituus, halkaisija ja vetolujuus sekä ankkurointitapa. Teräskuidun pituus voi olla 15–60 mm ja halkaisija 0,4–1,0 mm. Kuidun vetolujuus on välillä 900–1800 MN/m². Teräskuiduilla saadaan parannettua betonin vetolujuutta, halkeilutaipumusta ja plastista kutistumaa. Plastisella kutistumalla tarkoitetaan betonimassan kutistumista vaakatasossa. Tämä johtuu betonin pinnasta liian nopeasti haihtuvasta vedestä. Tämä tapahtuu muutaman tunnin jälkeen valusta. [2, s.66; 10.]

Polymeerikuidut luokitellaan kahteen kokoluokkaan. Nämä ovat mikro- ja makroluokat. Mikrokituihin kuuluu halkaisijaltaan alle 0,30 mm kokoiset kuidut ja yli 0,30 mm kokoiset kuidut ovat makrokuituja. Tuoreen betonin ominaisuuksia saadaan parannettua mikrokuiduilla. Mikrokuituja käyttämällä saadaan vähennettyä kovettuneen betonin lohkeilua palotilanteessa. Makrokuiduilla pystytään saamaan parempi jäännösvetolujuus kovettuneelle betonille. Mikropolymeerikuituja käyttäessä pitää varmistaa, että ne ovat alkaliresistenttejä. Makropolymeerikuidut puolestaan säilyttävät ominaisuutensa niin happamassa kuin alkalisessa ympäristössä. [2, s.67.]



Kuva 3. Betonissa käytettävä teräskuituja (vasemmalla) ja makropolymeerikuituja (oikealla). [11.]

2.8 Betonin raudoitus

Betonia pystytään valmistamaan ilman raudoitusta. Kohteissa, joissa betonilta vaaditaan suurta vetolujuuden kestävyyttä, on käytettävä raudoitusta. Betonilla itsessään ei ole kovin suuri vetolujuuden kestävyys, jonka takia raudoitusta käytetään. Tätä rakennetta kutsutaan teräsbetoniksi. Betonilla ja teräksellä on lähes samansuuruiset lämpötilakertoimet, jonka ansiosta suuret lämpötilan muutokset eivät aiheuta ylimääräisiä rasituksia tai materiaalien välisiä muodonmuutoseroja. [2, s.263.]

Teräsbetoni on selvästi yleisempää kuin raudoittamaton betoni. Kohteita, joissa voidaan käyttää raudoittamattomia betonirakenteita, on esimerkiksi jotkut massiiviset rakenteet ja perustukset, joiden rasitus koostuu pääosin ainoastaan puristuksesta. [2, s.263.]



Kuva 4. Asuinkerrostalon anturan muotti- ja raudoitustyö. [8.]

Betonin raudoituksen toteutuksen tyyli ja määrä riippuu sen käyttökohteesta ja siihen kohdistuvista voimista. Palkeissa raudoitus koostuu pituussuuntaisesta raudoituksesta ja poikkisuuntaisista haoista. Palkkien raudoitus tehdään yleensä 12–32 mm:n paksuisista terästangoista. Laattojen raudoituksessa, raudoitus asennetaan kahdessa eri suunnassa. Laattojen raudoitus voidaan tehdä valmiiksi hitsatusta raudoitusverkosta tai irtotangoista. Laattojen raudoituksessa käytettävän tangon paksuus on yleensä 6–12 mm. Pilarien raudoituksessa asennetaan päätangot betonin ulkoreunan lähelle ja niitä ympäröi haot. Haoilla estetään päätankojen nurjahtamista. Pilareissa käytettävien päätankojen paksuus on yleensä 16–32 mm. 40 mm käyttö on myös mahdollista eurokoodin mukaan. Pilareissa käytettävien hakatankojen paksuudet ovat yleensä 6–10 mm. Seinien raudoitus toteutetaan, siten että molemmilla pinnoilla on pystysuuntaiset tangot ja niiden ulkopuolelle asennetaan vaakatangot, joilla saadaan estettyä seinää nurjahtamasta. [2, s.263–264.]

Raudoitukseen käytetään betoniterästä. Betoni teräs on eri teräslaaduista valmistettua hitsattavaa harjakuvioitua terästä. Valmistustapana on kuumavalsaus ja/tai kylmämuokkaus. [2, s. 270.]

Raudoituksen tuenta on tärkeä osa raudoitusjärjestelmää. Raudoitusjärjestelmällä tarkoitetaan tiettyjen rakenneosien tai runkojärjestelmiin vakioituja ratkaisuja raudoitukselle. Raudoitussuunnitelmissa tulee esittää, miten raudoitus tuetaan. Raudoituksen alapinta voidaan tueta muovisilla tankovälikkeillä. Niiden hyötynä on se, että ei tarvitse käyttää työterästä kantavan raudoituksen alapuolella. [2, s.287.]

3 Betonitöiden rakennusvalvonta

3.1 Rakennustöiden valvonnan tehtäväluettelot

Rakennusvalvonnassa käytetään yleensä rakennusvalvojan työtehtävien määrittämiseen Rakennustiedon tehtäväluetteloa. Talonrakentamiseen ja maa- ja vesirakennustöiden valvontaan on omat tehtäväluettelonsa. Talonrakentamisen valvonnan tehtäväluettelo on RT-kortiston RT 103171 ja MVR-töiden on RT 103173. Näissä dokumenteissa sisältö on pääpiirteittäin sama. [12;13.]

Tehtäväluetteloissa määritetään rakennusvalvonnan työkuva. Rakennusvalvonnan tarkoituksena on urakkasopimuksessa olevien kohtien valvominen. Rakennusvalvonta valvoo työn toteutusta ja sen laatua sekä työn turvallisuutta. Rakennusvalvojan vastuulla on myös valvoa kohteen ajallista ja taloudellista toteutusta. Rakennusvalvonnan tehtävänä on valvoa tilaajan tai rakennuttajan etua työmaalla. [12; 13.]

Valvoja tarkastaa ja hyväksyy työmaalla urakoitsijoiden laatimat suunnitelmat, asiakirjat ja työn suoritukset. Tämä ei kuitenkaan siirrä vastuuta urakoitsijalta rakennusvalvonnalle, vaan urakoitsija on täysimääräisesti vastuussa näiden asioiden sopimuksenmukaisuudesta. [12; 13.]

Valvojan on perehdyttävä perusteellisesti rakennusurakan asiakirjoihin, jotta halutusta lopputuloksesta on selvä käsitys. Valvojan huomattessa virheitä tai epäkohtia työmaakäynnillä tai asiakirjoja läpikäydessä, on hänen ilmoitettava tästä urakoitsijalle ajoissa, jotta urakoitsija voi korjata puutteet rakennusvalvonnan ohjeiden mukaan. Rakennusvalvojan ohjeet, luvat ja määräykset tulee antaa kirjallisena, esimerkiksi kirjaamalla ne rakennusvalvonnan raporttiin tai työmaapäiväkirjaan. Huomautukset, jotka koskevat työtä annetaan urakoitsijan työnjohdolle. Valvoja huomattessaan virheellistä työtä, on hänen käytettävä harkintakykyään ja valtuuksia pysäyttää työ. [12; 13.]

Rakennusvalvojana voi toimia henkilö, jolla on alaan soveltuva ammatillinen koulutus. Rakennusvalvojalla pitää olla kohteen tehtävään soveltuva kokemus

sekä pätevyys. Rakennusvalvojan pitää hallita rakennushankkeissa usein sovellettavaa YSE 1998:n sisältö, eli Rakennusurakan yleiset sopimusehdot 1998. Rakennusvalvojalla pitää myös olla riittävä tuntemus ajankohtaisista ja voimassa olevista viranomais määräyksistä. [12; 13.]

Molemmissa tehtäväluetteloissa rakennusvalvonnan tehtävät on jaettu samoihin kategorioihin. Nämä kattavat eri asioiden valvonnan, asiakirjojen laatimisen ja dokumentoinnin, sekä vastaanoton ja takuuajan tehtäviä. Luettelossa esiintyy kohtia, jotka ovat tilaajan erikseen tilattavia palveluja. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset koordinaattoripalvelut. RT 103171 sisältää erikseen tilattavina koordinaattoripalveluina turvallisuuden, sekä puhtaudenthallinnan ja kosteudenthallinnan koordinaattorin palvelut. Vaikka rakennusvalvoja ei toimisi kohteessa samalla yhtenäkin koordinaattorina, on hänellä silti velvollisuus huomauttaa löytämisestä epäkohdista. [12; 13.]

3.2 Betonityön valvojan pätevyys

Betonivalvojan pätevyys on FISE:n vuonna 2018 julkaisema pätevyys. Pätevyys on ollut tarvelähtöinen. Pätevyydellä on haluttu vaativissa betonikohteissa varmistaa työnlaatu. Tämä pätevyys on johdettu jo olemassa olleesta betonirakenteiden työnjohtajan pätevydestä. [14; 15.]

Pätevyys tarvittiin luoda, koska betonirakenteiden työnjohtajan pätevyyttä ei pystynyt uusimaan, jos henkilö oli siirtynyt työnjohtotehtävistä rakennusvalvontatehtäviin. Tämän takia oli luotava uusi pätevyys, jotta henkilöt pystyvät todistamaan oman pätevyytensä vaativista betonitoista valvonnan näkökannalta. [15.]

Betonityön valvojan pätevyys on jaettu kahteen eri luokkaan. Nämä luokat ovat vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Pätevyysluokkien työkokemus- ja koulutusvaatimukset riippuvat haettavasta pätevydestä. Betonityönvalvojan pätevyyttä voidaan vaatia esimerkiksi vaativien siltahankkeiden tai ydinvoimaloiden rakentamiseen. [14; 15.]

Betonityön valvojan pätevyyden hakemiseksi edellytetään hakijalta vaatimuksia koulutuksen ja työkokemuksen suhteen. Hakijalla pitää olla tekniikan alan korkeakoulututkinto ja opintoihin on riippuen haettavasta valvontaluokasta 60 tai 70 opintopisteitä rakennustekniikasta. Opintopistevaatimusten sisällä on vielä vähimmäisvaatimukset opintojen sisällölle, esimerkiksi vaativan betonityön valvojan koulutukseen hakevalla on oltava 10 opintopistettä betonirakentamisesta ja betoniteknologiasta. [16.]

Betonityön valvojan pätevyyden hakemisen työkokemustarpeet riippuvat haettavasta vaatimustasosta. Hakijalla pitää olla kokemusta betonitöiden työnjohdosta tai rakennusvalvonnasta joko 3 vuotta vaativan tason hakemiseen tai 5 vuotta poikkeuksellisen vaativan. Vaativaa tasoa haettaessa on hakijan oltava ollut vähintään yksi vuosi betonityönjohtotehtävissä vaativissa luokissa. Poikkeuksellisen vaativan valvojan pätevyyden hakemisessa, pitää olla poikkeuksellisen vaativista työnjohtotehtävistä vähintään kaksi vuotta kokemusta. [16.]

3.3 Betonielementtien valvonta

Betonielementtien käyttäminen on yleisin tapa Suomessa rakentaa eri käyttöön tulevat monikerroksisten rakennusten, sekä varastointiin ja teollisuuden käytettävien rakennusten rungot. Betonielementtejä suositaan rakentamisessa, niiden nopean asennuksen ja kokonaistaloudellisen edun takia. Suomessa käytettävä asuinkerrostalojen elementtijärjestelmä on vanhasta BES-järjestelmästä muokattu järjestelmä, jonka perusajatus on sama, kuin edellisessä järjestelmässä. Tämä ajatus on, että talon runko on kantavat seinät ja laatta. [2, s. 427–428.]

Nykyisillä rakennusmääräyksillä kerroskorkeuden pitää olla vähintään 3000 mm. Minimihuonekorkeuden pitää olla vähintään 2500 mm. Asuinkerrostalot suunnitellaan yleensä kustannustehokkuuden takia minimivaatimusten mukaisesti, jää tällöin talotekniikan vedoille tilaa korkeintaan 500 millimetriä. [2, s.428.]

Liiketilöjen ja toimistorakennuksissa yleensä runko tehdään pilari-palkkirunko-järjestelmällä. Siinä rasitus ohjataan pilareihin ja palkkeihin, jolloin rakennus on muuntojoustava. Järjestelmä mahdollistaa sen, että rakennuksen sisätilöjen tulevia muutoksia on rajoitettu mahdollisimman vähän. Runko pitää kuitenkin suunnitella siten, että siihen ei tule liian vähän jäykistäviä rakenteita. [2, s.429.]

Rakennusvalvonta tutustuu ennen betonitöiden aloitusta rakennushankkeessa, niistä tehtyihin suunnitelmiin ja asiakirjoihin. Jokaisessa rakennushankkeessa, jossa tehdään betonitöitä, on tehtävä betonointisuunnitelma. Betonointisuunnitelman laatimisesta vastaa työmaalla betonityönjohtaja. Betonointisuunnitelmasta tulee selvittää selkeästi ja riittävän yksityiskohtaisesti betonityön eri osat alueet. Esimerkiksi liikunta- ja työsaumojen ja jälkihoidon toteutus. Suunnitelmien lisäksi on rakennusvalvonnan hyvä käydä läpi mallipiirroksia sekä detaljikuvia. [2, s.220–221.]

Jokaisesta uudesta työvaiheesta pidetään mallikatselmus, jossa urakoitsija näyttää viranomaisille, rakennusvalvonnalle työtavan, jolla työvaihe aiotaan toteuttaa ja nähdään työn lopputulos. Mallikatselmuksella varmistetaan, että työtavalla saadaan urakkasopimuksen mukainen lopputulos. Kun mallikatselmuksessa hyväksytty työskentelytapa on hyväksytty, voidaan koko työvaihe aloittaa. Rakennusvalvonta valvoo työvaiheen ajan, että työn laatu ja turvallisuus pysyvät hyvällä tasolla. [12.]

Betonielementit saadaan liitettyä toisiinsa ja perustuksiin yleensä jälkivaletuilla saumoilla. Betoniseinäelementit sidotaan toisiinsa teräs- tai vaijerivaarnalenekeillä. Nämä vaijerit on upotettu elementteihin. Juotosliitos on betonielementtien yleisin liitostapa. Rakennusvalvonnan tehtävänä on valvoa, että materiaalit ja menetelmät, millä elementit liitetään toisiinsa, on kohteelle soveltuvaa ja ne täyttävät kohteen vaatimukset. [2, s.453.]

Valvonnan kannalta tärkeänä asiana voidaan pitää myös elementtien suojausta. Varsinkin sandwichelementeissä, on tärkeää suojata elementissä oleva lämmöneriste, että se ei pääse kastumaan kuljetuksen ja rakentamisvaiheen välillä.

Kosteiden sandwichelementtien kuivatus saadaan vasta aloitettua, kun rakennuksessa saadaan lämpö päälle. Lämpö saadaan päälle vesikaton asennuksen jälkeen. [2, s.449–450.]

Seinäelementtejä asennettaessa on huomioitava seinäelementtien tuenta. Tuennan pitää olla riittävän vahva, että betonielementti ei pääse kaatumaan. Sauvalut tulee pyrkiä tekemään mahdollisimman nopeasti asennuksesta, jotta tuilla jäykistettäisiin mahdollisimman vähän kerroksia. Asuintalorakentamisessa yleensä käytetään elementtitukia eli tönäreitä. Näitä käytetään yleensä kahta joista seinäelementtiä varten, kuten kuvassa 5. [2, s.475.]



Kuva 5. Seinäelementtien tuenta asuinkerrostalotyömaalla elementtituilla eli tönäreillä. [8.]

Hankkeissa, joissa käytetään runkoratkaisuna elementtipilareita ja -palkkeja, on tärkeää huomioida palkkien koosta johtuvat haasteet. Suurien tilojen, kuten urheiluhallien teossa, saatetaan käyttää pilareita ja palkkeja, koska tilan pitää olla

avara. Palkkien pituus voi olla kohteissa muutamia kymmeniä metrejä, joka tuo monia haasteita työn toteutukselle. [2, s.438–440, 469.]

Palkin kuljetus on yksi haaste. Pitkien palkkien pituus voi ylittää erikoiskuljetusten rajat, jolloin siitä tulee erikoiskuljetus. Työmaa voi myös olla sijainnin tai vähäisen työtilan takia vaativa kohde suurten elementtien asennustöihin. Suuria pilaripalkkeja asennettaessa joudutaan käyttämään kahta nosturia, joka nostaa työvaiheen turvallisuusriskejä ja työn vaativuutta. Rakennusvalvonnan tulee käydä tarkkaan läpi elementtien kuljetus- ja nostosuunnitelmat, jotta elementin saapuminen ja nostaminen paikoilleen pystytään suorittamaan turvallisesti. [2, s.438–440, 469.]

3.4 Paikalla valettavien betonien valvonta

Paikalla valettavissa betonitöissä valvonnan kannalta on neljä suurta kokonaisuutta. Muottityöt, raudoitus, valaminen ja betonin jälkihoito.

3.4.1 Paikalla valettavien betonien muottitöiden valvonta

Muottitöissä tärkein asia valvonnan kannalta on muotin tuenta. Muotin pitää olla riittävän vahva ja hyvin tuettu, jotta se kestää betonin valamisen. Jokaisessa muotin perustehtävänä on kestää muottiin kestävä rasitus ja siirtää rasitus alemmille rakenteille. [2, s.226.]

Muottien runkomateriaaleina käytetään yleensä puuta, alumiinia ja terästä. Sahatavaraa eli puuta voidaan käyttää betonimuoteissa niin muottipintana kuin tukirakenteissa. Lautamuotteja käytettäessä on huolehdittava puumateriaalin riittävästä kastelusta. Kastelulla saadaan muottia tiivistettyä ja samalla saadaan vähennettyä muotin tarttumista pintaan. Sahatavaraa käytettäessä kovettuneen betonin pinnan ulkonäkö riippuu puulajista ja sen sahaustekniikasta. Sahatavaraa käytettäessä pinnan laatuun vaikuttaa myös se, onko puutavara pontattu. Muotteja käytettäessä on hyvä muistaa käyttää muotin irrotusainetta eli muottiöljyä. [2, s.228.]

Yleisin muottipintamateriaali on erilaiset puulevyt. Vaneri on näistä yleisin pintamateriaali. Vanerin käyttökertojen ja betonipinnan sileyden lisäämiseksi levyt ovat yleensä pinnoitettuja. Käyttökertojen määrä riippuu niiden huolellisesta käytöstä. Vaikuttavat tekijät ovat levyjen puhdistus, käsittely ja öljyminen. Levyjen pinta on herkkä kolhuista ja erilaisista kiinnityksistä aiheutuville kolhuille. Levypintojen öljyminen on tärkeätä, sillä puu sitoo ilman sitä betonista paljon kosteutta, jolloin lopputuloksena on betonille heikko pinta lujudeltaan. Pinnoittamatonta vanerilevyä käytettäessä on aina käytettävä muotiniirrotusainetta. [2, s.228.]

Teräsmuoteilla on mahdollista toteuttaa suuria ja sileitä betonipintoja. Teräsmuotit ovat vaikeasti muunneltavissa, jonka takia ne sopivat parhaiten kohteisiin, jossa tehdään toistuvia rakenteita. Muotiniirrotusaineita on käytettävä aina, kun käytetään teräsmuotteja. [2, s.229.]

Muottijärjestelmät voidaan jakaa kolmeen eri pääryhmään. Nämä ovat pysty- ja vaakarakenteiden muotit sekä erityismuotit. Pystyrakenteiden muotteja hyödynnetään seinien ja pilarien tekoon. Vaakarakenteiden muotteja käytetään puolestaan holvien ja sillan kansien tekoon. Holvien muottityö voidaan toteuttaa esimerkiksi vakiopalkit ja muottilevyt-järjestelmällä, jossa tukitornien päälle asennetaan vakiomittaiset puupalkit. Niiden päälle asennetaan sekundääripalkit eli koolaus. Muotin pintamateriaalin käytetään vanerilevyjä tai puulevyjä. [2, s. 233.]



Kuva 6. Pysäköintitalon holvimuotti, joka on toteutettu vakiopalkeilla. [8.]

Suurissa hankkeissa muottikaluston valinnan suunnittelu on isossa roolissa. Muottivalinta vaikuttaa suuresti moniin asioihin. Valintaan vaikuttaa työmaan lähtötiedot, esimerkiksi laatuvaatimukset betonille ja resurssien, kuten aika, raha ja nosturin kapasiteetti. Rakennusvalvonnan kannalta on tärkeää, että valvoja tietää eri muottimenetelmien haitat ja hyödyt, jotta hän voi konsultoida ja auttaa urakoitsijaa, että tilaajaa. [2, s.248–251.]

3.4.2 Paikalla valettavien betonien raudoitustöiden valvonta

Rakennusvalvonnan kannalta huomioitavaa raudoitustöissä on tarkastaa käytettävän raudoituksen CE-merkinnät sekä, että ne vastaavat rakennesuunnittelun kuvia, joissa rauditus on määritelty. Tärkeää huomioitavaa on raudoituksen tuenta. Valvojan pitää tarkastaa, että se on riittävä, ja se on riittävästi irti muotin tai maan pohjasta, jotta betonimassa pääsee raudoituksen alle. Raudoituksessa on huomioitava, että eri raudanpalat on kiinnitetty toisiinsa. Raudanpalat

kiinnitetään toisiinsa yleensä käyttämällä sidontakoukkua sekä rautalankaa. [2, s.292.]

Raudoitustyö on erittäin tärkeä vaihe paikalla valamisessa, sillä raudoitusta ei voi enää muuttaa valamisen jälkeen. Tämän takia on tärkeää, että raudoitustyötä valvotaan sen koko työvaiheen ajan. Raudoituksesta tarkastetaan monia asioita. Yksi tarkastettavista asioista on itse käytettävän raudan laatu. Raudan pitää olla suunnitelmissa olevien mukaisia teräslaatuja. Raudoituksessa ei saa olla tartuntaa huonontavia aineita, kuten rasvaa tai likaa. Raudoituksen määrästä on rakennusvalvonnan tarkastettava, että raudoituksessa on oikeat läpimitat, lukumäärät ja jakovälit. Raudoituksen pitää olla myös sijainniltaan oikeassa kohdassa, jotta rautatankojen etäisyys on riittävä, jotta betonin tiivistäminen voidaan suorittaa. Raudoituksen pitää olla oikeassa kohdassa, jotta betonipeite muodostuu riittävän suureksi. [2, s.296–297.]

Ennen valamista pidetään raudoituskatselmus, jossa tarkastetaan raudoitus. Katselmukseen osallistuu yleensä rakennusurakoitsija, rakennesuunnittelija ja rakennustöiden valvoja. Tarvittaessa osallistuu muita valvojia ja koordinaattoreita sekä tilaajan edustaja. Raudoituskatselmus pidetään lähellä raudoitustöiden loppua tai sen lopussa. Yleensä vähän ennen, jotta mahdolliset muokkaukset ehditään tehdä ennen betonin valamispäivää ja rakennushanke pysyy aikataulussa.

3.4.3 Paikalla valettavien betonien valamisen valvonta

Paikalla valamisessa tärkeitä tarkkailun kohteita rakennusvalvonnalle on valamistapa ja käytettävän betonimassan ominaisuudet. Nämä määrittyvät sen perusteella, millainen valu on kyseessä ja mitä kovettuneelta betonilta vaaditaan.

Paikalla valussa on rakennusvalvonnan huomioitava sen vaikutus työmaahan ja sen ympäristöön. Työmaan tontin koon mukaan, voi olla hankalaa saada betoni-autot työmaalle ja voidaan mahdollisesti vuokrata väliaikaisesti lisätilaa työmaan vierestä. Kaupunkialueella tämä voi olla hyvinkin mahdollista. Valamistyössä on

tärkeää suunnitella hyvin, millä nopeudella betonitehdas toimittaa betonia. Vaarana on, että betonia toimitetaan liian nopeasti, jolloin betonin tiivistyminen voi alkaa jo betoniauton sisällä. Rakennusvalvonnan on huolehdittava, että betoniautojen saapuminen työmaalle on tehty mahdolliseksi ja niille on varattu riittävä liikkumatila työmaalla.

Paikalla valamisessa on tärkeitä betonimassan pudotus. Betonimassan on pudottava suoraan alas, jolla varmistetaan betonimassan tasaisempi jakautuminen valettavalle pinnalle. Paikalla valamisessa on oleellista betonin tiivistys. Tiivistys suoritetaan sauvatäryttimellä. Tiivistämisessä pitää olla tarkkana, sillä liiallinen tiivistäminen voi aiheuttaa betonimassassa erottumista. Tärysauvalla tehtävien pistojen on jakaannuttava tasaisesti koko betonoitavalle pinnalle tasaisen tiiviyden saavuttamiseksi. Betonin tiivistystä voidaan tehdä myös tärypalkilla. Tärypalkki on 1–5 metriä leveä palkki, johon on liitetty kahva ja tärytinmoottori. Tärypalkkeilla voidaan tasata ja tiivistää laattarakenteita tai paksujen rakenteiden pintakerroksia. [2, s.332–338.]

3.4.4 Paikalla valettavien betonien jälkihoidon valvonta

Betonin jälkihoito on tärkeä osa betonin paikalla valamisen prosessia. Jälkihoitolla tarkoitetaan betonin suojaamista, jotta betoni voi saavuttaa sille suunnitellut ominaisuudet. Etenkin talvibetonoinnissa jälkihoito on erityisen tärkeitä liian aikaisen betonin jäätyminen ehkäisemiseksi. Jälkihoidon tavoitteena on varmistaa, että betonille on luotu olosuhteet, jossa se pystyy kovettumaan haluttuun loppulujuuteen ja tavoittaakseen betonille asetetut muut tavoitteet. Massiivivaluissa puolestaan jälkihoidon tehtävänä on [2, s.341–342.]

Jälkihoito on aloitettava heti massan levittämisen jälkeen. Tällä saadaan estettyä nopeasta veden haihtumisesta johtuvaa halkeilua betonissa. Betonin suojaamisella saadaan estettyä ulkoisia haittavaikutuksia, sekä myös liian nopea veden haihtuminen. Suojaaminen voidaan tehdä esimerkiksi ruiskutettavilla jälkihoitoaineita tai muovikalvolla. Betonin suojaamatta jättäminen voi johtaa

betonin halkeiluun sekä betonissa olevan veden haihtuessa betonin lujuudenkehityksen pysähtymiseen. [2, s.341–343.]

Betonipinnan kosteana pito on tarpeellista, jotta betonipinta saavuttaa sen tavoitellun tiiveyden ja lujuuden. Betonin kosteana pitämisellä saadaan estettyä kuitumishalkeilu. Betonin riittävä kosteus saadaan turvattua haihtumisen estolla käyttämällä muovikalvoa. Riittävä kosteus voidaan toteuttaa vaihtoehtoisesti ruiskuttamalla betoniin jälkihoitoaine. Kosteus voidaan pitää riittävänä myös kastelemalla betonia, joka on suositeltavaa tehdä sumuttamalla vettä betonin pinnalle. [2, s. 343.]

Talvibetonoinnissa on tärkeitä huolehtia, että betonin lämpötila ei laske liian alhaiseksi. Liian alhainen betonin lämpötila sen kovettumisvaiheessa voi johtaa betonin lujuudenkehityksen vaarantumiseen. Tämä voidaan estää suojaamalla betoni esimerkiksi lämpöeristämällä betonirakenne tai lämmittämällä betonia ulkoisesti. [2, s.343.]

Massiivissa rakenteissa ja lämpimissä olosuhteissa betonia valettaessa on mahdollista, että betonin lämpötila nousee liian korkeaksi. Tämä voi johtaa betonissa lujuuskatoon. Jos betonin lämpötilaa ei voida kustannustehokkaasti pitää alle 60 °C, voidaan odotettavissa lujuuskato-ongelma ottaa huomioon käytettävän betonin lujuudessa. Tilaamalla kovempaa betonia varmistetaan, että lujuuskadonkin kanssa betoni tulee saavuttamaan sille vaadittavan lujuuden. Betonin lämpötilassa on huolehdittava, ettei se nouse yli 70 °C. Betonin ylitettyä kovettumisvaiheessa tämän lämpötilan sementin hydrataatioreaktiot häiriintyvät. Tämä johtaa rakenteen myöhempään vaurioitumiseen. Massiiviset valut on suunniteltava ja toteutettava siten, että rakenneosan välille ei tule liian suuria lämpötilaeroja. Liian suuret lämpötilaerot rakenteessa voivat johtaa betonin halkeiluun. Yli 20 °C lämpötilaerot rakenteen sisällä aiheuttavat halkeilua. [2, s.343,376.]

3.5 Betonitöiden työturvallisuus

Rakennusvalvonnan pitää valvoa, että työt tehdään myös turvallisesti. Elementtirakentamisessa ja paikalla valamisessa on omat turvallisuusriskinsä. Molemmissa rakennustavoissa on valvottava, että työstä ja sen menetelmistä ei aiheudu vaaraa kohteen työntekijöille eikä työmaan yhteydessä oleville ulkopuolisille henkilöille. [12.]

Raudoituksen suhteen on valvottava, että rauditus ei aiheuta vaaraa työntekijöille. Pystytartuntaraudat, jotka ovat halkaisijaltaan alle 12 mm, on hyvä taivuttaa työmaalla vaakaan tai valmiiksi suunnitella U-muotoisina. Paksummat raudat, jotka ovat pystyasennossa tulee suojata esimerkiksi muovisuojuksilla, kuten kuvassa 7. [2, s.297.]



Kuva 7. Raudoituksen suojaus muovisuojuksilla. [8.]

Elementtitöissä suurimmat riskit kohdistuvat työturvallisuuden kannalta elementtien nostamiseen. Nostamiseen käytettävien välineiden pitää olla kyseiseen nostotyöhön soveltuvia. Nostamisessa käytettävän nosturin on oltava riittävän

tehokas ja nostamiseen käytettävät apuvälineiden pitää olla työhön soveltuvia. Elementtiasennuksessa on oltava jatkuva yhteys nosturin kuljettajan ja alhaalla työskentelevän elementtiasentajan välillä. Heidän välillensä pitää kokoaikaa olla vähintään näkö- tai radioyhteys. Kaikkien elementtiasennukseen osallistuvien työntekijöiden pitää osata yhteiset käsimerkit, jotta viestintä on virheetöntä, eikä tapahdu vaaratilanteita. [2, s. 476.]

Kerrostaloissa, jotka tehdään elementeillä, tulee vastaan vaihe, jossa putoamis- korkeus tulee olemaan yli 2 metriä. Tämän ylittyessä on asennettava suojakaitteet, jos se on mahdollista. Jos putoamissuojausta ei voida asentaa, niin elementtiasentajien on käytettävä turvavaljaita. Rakennusvalvonnan tehtävänä on valvoa niiden käyttämistä. Turvavaljaita on käytettävä myös, kun käytetään henkilönostinta. Laattaelementeissä on jalanmentävät ja sitä suuremmat aukot tukittava. Aukot tukitaan suojakannella, joka on yleensä puutavarasta tehty. Kannen on pysyttävä paikallaan eikä se saa olla liukas. Kannen on myös kestävä, jos siihen astutaan. Kannet tulee merkitä huomiovärillä selkeästi, jotta niiden huomaaminen on helpompaa ja turvallisuus nousee, kun ne huomataan. [2, s.476.]

Nostotöissä on rajattava nostoalue, jolla varmistetaan työturvallisuutta. Nostoalueen voi rajata esimerkiksi työmaa-aidoilla tai lippusiimalla. Nostoalue on suljettava ulkopuolisilta. Jos kuorma joudutaan purkamaan tai betoni joudutaan valamaan kadulta, on siitä hankittava lupa tai tehdä vähintään ilmoitus poliisille. Kadulta purettaessa on käytettävä huomiovaloja ja varoitusvilkkuja, joilla varoitetaan muita tapahtuvasta työstä. [2, s.470.]

Paikalla valamisessa työturvallisuuden kannalta on tärkeitä myös huomioida mahdollisten nostotöiden rajausta ja toteutusta, sekä kuorman purusta tai valamisesta johtuvat turvallisuusriskit. Muottielementtien nostamiseen käytettävien välineiden pitää olla siihen työhön tarkoitettuja. Betoniautojen saapuminen työmaalle on suunniteltava siten, että siitä ei aiheudu vaaraa työntekijöille, eikä aiheudu haittaa ulkopuolisille.

Paikalla valamisessa turvallisuusriskinä on muottien pettäminen betonin vaikutuksesta. Riskinä on myös, että muotit puretaan liian aikaisin, jolloin betoni ei ole saavuttanut riittävää lujuutta ja se ei välttämättä kannata sen päälle laitettavia kuormia.

Betoni on voimakkaasti emäksinen aine, jonka takia betonitöissä on oikeiden työturvallisuusvälineiden käyttö erittäin tärkeää. Betonitöissä on käytettävä normaalien turvavälineiden lisäksi suojakäsineitä, josta betoni ei pääse lävitse. Jos työskentely edellyttää polvistumista betonivaluun, on käytettävä materiaalia polvien alla, joka ei läpäise vettä. Pahimmassa tapauksessa tuore betoni voi aiheuttaa työntekijälle kemiallisia palovammoja. [2, s.328.]

4 Loppupäätelmä ja yhteenveto

Betoni on moniin erilaisiin käyttötarkoituksiin soveltuva rakennusmateriaali. Betoniseosten ominaisuudet voivat vaihdella suuresti, riippuen siitä mitä niissä on ainesosina. Muokkaamalla näiden suhteita saadaan betonista, sopimaan moneen eri kohteeseen.

Betoni saattaa vaikuttaa yksinkertaiselta seokselta. Vähimmillään se tarvitsee vain kolme ainesosaa, jotka ovat kiviaines, sementti ja vesi. Kuitenkaan se ei ole näin yksinkertaista. Pienilläkin muutoksilla näiden kolmen suhteituksessa saadaan betonin ominaisuudet muuttumaan.

Parantamalla jotain betonin ominaisuuksia, on myös huomioitava, että jotkin ominaisuudet saattavat heiketä tämän seurauksena. Onkin siis tärkeätä, että rakennusvalvonta tietää miten eri ainesosat vaikuttavat betoniin ja sen ominaisuuksiin.

Betonin ainesosat ovat tarkassa laadunvalvonnassa ja betonin ainesosien ominaisuudet on pitkälle standardisoitu. Tällä saadaan varmistettua, että betoniin käytettävät ainesosat toimivat niin kuin niiden odotetaan ja työn lopputuloksesta saadaan hyvälaatuinen.

Vaikka rakennusvalvoja ei yleensä osallistu betonin tai sementin valmistusvaiheen valvontaan elementtitehtailta on hänen ymmärrettävä prosessin kulku, sekä lopputuotteiden nimien merkitys, jotta hän voi todeta, että valitut ratkaisut rakennushankkeeseen ovat sopivia. Rakennusvalvojan tulee tarkastaa suunnitelmista, että esimerkiksi valittu sementti paikallavaluun on lujuusluokaltaan kohteeseen riittävä, sekä sementin ominaisuudet muuten ovat soveltuvia betonityöhön. Työmaalla rakennusvalvojan roolin merkitys kasvaa. Rakennusvalvoja valvoo, että työhön käytettävät materiaalit työmaalla ovat riittävän laadukkaita, joka todistetaan erilaisilla todistuksilla, kuten CE-merkinnällä. Rakennusvalvoja kiinnittää huomiota siihen, että työt voidaan tehdä turvallisesti ja ne tehdään oikeilla työvälineillä ja menetelmillä.

Lähteet

- 1 Verkkosivut. Ahma insinöörit Oy. <<https://ahmagroup.com/yritys/>>. Luettu 1.4.2024
- 2 Suomen Betoniyhdistys Ry. 2018. by 201 Betonitekniiikan oppikirja 2018. Vaasa: Grano Oy.
- 3 Tuomala, Anniina. 2022. Tien kiviainesten laadun tarkastaminen. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/opas_2022-4_tien_kiviainesten_laadun_tarkastaminen_web.pdf>. Luettu 5.4.2024.
- 4 Verkkosivut. ISO. <<https://www.iso.org/home.html>>. Luettu 7.4.2024.
- 5 Humus. Verkkoaineisto. Betonitieto. <<https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto/humus.html>>. Luettu 8.4.2024.
- 6 Betonin vaurioituminen. Verkkoaineisto. Betoni. <<https://betoni.com/tietoa-betonista/ominaisuudet-ja-edut/betonin-vaurioituminen/>>. Luettu 10.4.2024.
- 7 Sementin valmistus. Verkkoaineisto. Finnsementti Oy. <<https://finnsementti.fi/sementti/valmistus/>>. Luettu 12.4.2024.
- 8 Valokuvia työmailta. Valokuvakansio. 2022–2024. Teemu Airaksinen.
- 9 Jäätymislujuus. Verkkoaineisto. Betonitieto. <<https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto/jaatymislujuus.html>>. Luettu 14.4.2024.
- 10 Plastinen kutistuma. Verkkoaineisto. Betonitieto. <<https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto/plastinen-kutistuma.html>>. Luettu 14.4.2024.
- 11 Kuitubetonilla lisää lujuutta. Verkkoaineisto. Rakentaja.fi. <<https://rakentaja.fi/artikkelit/kuitubetonilla-lis%C3%A4%C3%A4-lujuutta/>>. Luettu 4.5.2024.
- 12 Talonrakennustöiden työmaavalvonnan tehtäväluettelo. 2019. RT 103171. Rakennustieto.
- 13 Maa- ja vesirakennustöiden työmaavalvonnan tehtäväluettelo. 2019. RT 103173. Rakennustieto.

- 14 Uusi FISE-pätevyys: Betonityön valvoja. 2018. Verkkoaineisto. FISE. <<https://fise.fi/uusi-fise-patevyys-betonityon-valvoja/>>. 9.5.2018. Luettu 27.4.2024.
- 15 Pesonen, Risto. 2018. Betonityön valvojan pätevyys tarkentuu – tavoitteena varmistaa työnlaatu. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <<https://www.rakennuslehti.fi/2018/06/betonityon-valvojan-patevyys-tarkentuu-tavoitteena-varmistaa-tyonlaatu/>>. 7.6.2018. Luettu 27.4.2024.
- 16 Betonityön valvoja. Verkkoaineisto. Pätevyyspalvelu. <<https://www.patevyyspalvelu.fi/fi/wagtail/pages/hakuohjeet/valvojat-ja-koordinaattorit/betonity%C3%B6n.-valvoja/>>. Luettu 7.5.2024.

