



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville-Matti Salimäki

Betoni ja teräs osana runkorakentamista

Opinnäytetyö
Syksy 2022
Rakennusmestari (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Ville-Matti Salimäki

Työn nimi: Betoni ja teräs osana runkorakentamista

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2022

Sivumäärä:34

Liitteiden lukumäärä:0

Opinnäytetyössä käsitellään runkorakenteen osien merkitystä rakennuksen rakentamisessa sekä käydään läpi betonia ja terästä rakennusmateriaaleina. Lisäksi kerrotaan niiden materiaaliominaisuuksista, luokituksista ja paneudutaan lyhyesti liitostapoihin, paloturvallisuuteen sekä hiilijalanjälkeen ja ekologisuuteen. Opinnäytetyössä ei käsitellä suunnittelua rakennustyömaalla tai tehtaassa, mutta kerrotaan lyhyesti laadunvarmistuksesta, materiaalien asennuksesta ja materiaalien vastaanotosta työmaalla sekä niiden varastoinnista.

¹betoni, teräs, rakentaminen, aikataulu, työmaaympäristö

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Constuction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Ville-Matti Salimäki

Title of thesis: Concrete and steel as a part in frame construction

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2022

Number of pages: 34

Number of appendices: 0

The thesis discussed parts of frame construction and steel and concrete as construction materials. The thesis studied fire safety, material features, classification of concrete and steel material and the ways how to join these materials to each others and other materials. Ecology and materials' carbon footprint was also examined. The thesis did not discuss how to design these materials in a factory or on site but it described shortly quality assurance, materials installation and it described receive and store them.

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva- ja taulukkuuettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO	7
2 RUNKORAKENTAMINEN OSANA LAAJEMPAA KOKONAISUUTTA.....	8
2.1 Rakenneosat	8
2.2 Alapohjarakenteet ja perustukset	8
2.3 Runkorakenne ja vesikatto	9
2.4 Ulko- ja sisäverhous	11
3 BETONI RUNKORAKENNEMATERIAALINA.....	12
3.1 Betoni rakennemateriaalina.....	12
3.2 Paikallavalurakentaminen	13
3.3 Elementtirakentaminen.....	16
3.4 Paloturvallisuus	18
3.5 Materiaalin hiilijalanjälki/ekologisuus	20
4 TERÄS RUNKORAKENNEMATERIAALINA	21
4.1 Teräs rakennemateriaalina.....	21
4.2 Liitosmahdollisuudet ja niiden käyttö	22
4.3 Paloturvallisuus	24
4.4 Hiilijalanjälki ja fossiilivapaa teräs.....	25
5 RUNKORAKENTEET RAKENNUSTYÖMAALLA	26
5.1 Aikataulutus.....	26
5.2 Betoni- ja teräsmateriaalien vastaanotto ja varastointi	26
5.3 Betonirakenteiden asennus	27
5.4 Teräsrakenteiden asennus.....	28
5.5 Laadunvarmistus työmaalla ja asennustyössä	29

5.6 Säasuojan käyttö.....	30
6 YHTEENVETO.....	32
LÄHTEET	33

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Paikallavaluseinä valmiina.....	15
Kuva 2. Teräspilarin liitos perustukseen	23

Taulukkoluetelo

Taulukko 1. Rasitusluokat.....	13
Taulukko 2. Paikallavalurakenteiden pintaluokitus muottimenetelmällä.....	16
Taulukko 3. Paloluokat ja niiden käyttö.....	19

Käytetyt termit ja lyhenteet

Karbonatisoituminen	Karbonatisoituminen tarkoittaa betonin kykyä sitoa itseensä hiilidoksidia
Korroosio	Korroosiolla tarkoitetaan metallien syöpymistä.
Lujuusluokka	Lujuusluokka kertoo betonin puristuskestävyyden MPa.
Momenttiavain	Momenttiavain on kiristämiseen käytettävä avain, jolla voi säätää kiristyslujuuden Nm.
P-lukumenetelmä	Betonisissa silta- ja väylärakenteissa käytettävä luokitusmenetelmä.
Rakenneluokka	Rakenneluokka kertoo betonin käyttötarkoituksen.
Rasitusluokka	Rasitusluokka on betonin ulkopuolisten ärsykkeiden luokitus.
Saneerauskohde	Saneerauskohteella tarkoitetaan vanhan rakennuksen remontointia
Uudiskohde	Uudiskohteella tarkoitetaan täysin uutta rakennettavaa rakennusta
Valmistusreseptiikka	Valmistusaineet, joita käytetään materiaalin valmistamiseen.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä kerrotaan betonin ja teräksen käytöstä runkorakentamisessa. Lisäksi kerrotaan materiaaleista, teräsrakenteiden liitostavoista, työmaaympäristössä huomiioon otettavista asioista, sekä paloluokista ja niiden käyttökohteista. Opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä betonin ja teräksen käyttöön runkorakenteissa, koska opinnäytetyön tekijä on tekemisissä näiden rakennusmateriaalien kanssa päivittäin rakennustyömailla.

Molemmat runkorakennemateriaalit ovat muokattavissa ominaisuuksiltaan juuri sellaisiksi, mitä niiltä vaaditaan. Lisäaineilla teräksen ja betonin rakenne saadaan niin käyttöiän aikaista rasitusta kuin ulkoisia voimia kestäväksi. Teräs voidaan pinnoittaa palonkestäväksi, betoni taas on itsessään palamatonta. Rakenneaineet ovat osittain teollisuuden jäämätuotteita ja kierrätettävissä myös rakennuksen käyttöiän täytyttyä. Nykyaikana ekologisuus ja kierrätys ovat tulleet suureksi osaksi rakentamista ja molempien rakennemateriaalien valmistus ja tuote itsessään ovat osa ekologista rakentamistapaa. Molempien rakennusmateriaalien voidaan todeta olevan osana jokaista rakennettavaa rakennusta ja siksi niiden ekologisuus on tärkeä.

2 RUNKORAKENTAMINEN OSANA LAAJEMPAA KOKONAISUUTTA

2.1 Rakenneosat

Rakennukset ovat kokonaisuuksia, jotka koostuvat viidestä oleellisesta ja pakollisesta rakennusosasta: maanrakentamisesta, perustuksista, runkorakenteista, vesikatosta, ulko- ja sisäverhouksista. Huolellisella suunnittelulla ja laadullisesti varmistetulla rakentamisella pyritään luomaan kokonaisuus, joka on pitkäikäinen ja huoltovapaa koko rakennuksen käyttöiän. Jokaisen rakenteen tarkoitus on luoda perusta seuraavalla rakenteelle ja olla osa rakennettavaa rakennusta.

2.2 Alapohjarakenteet ja perustukset

Perustusten ja alapohjarakenteiden tarkoitus rakennuksessa on kantaa koko rakennukseen tuleva kuorma ja toimia perustana niiden päälle rakennettavissa rakenteissa, kuten runko- ja vesikattorakenteissa. Perustuksien kokoluokka vaihtelee pienistä suuriin, riippuen käyttötarkoituksesta sekä rakennuksen kokoluokasta. Perustusten mitoittamiseen vaikuttaa myös alla oleva maapohja. Eri maalajit ovat kovuudeltaan erilaisia; siinä missä savi tarvitsee paalutuksen tai reunavahvistetun rakenteen kantaakseen rakennuksen painon, kalliopohjalle voidaan rakentaa rakennekerroksilla rakennus ilman maanpohjanvahvistuksia, esimerkiksi paalutusta. Mikäli rakennuksen maapohja todetaan lujuudeltaan tarkoitukseen kelpaamattomaksi, voidaan sitä lujittaa maahan asennettavilla betoni-, teräs- tai puupaaluilla, jolloin kantavuus saadaan suoraan alapuolella olevasta kalliosta tai muusta kantavasta maa-aineksesta.

Perustusten tarkoituksena on toimia pohjana rakennuksen rungolle. Sokkelirakenne, joka valmistetaan betonista tai muuhun kiveen pohjautuvasta materiaalista ja jota käytetään runkorakenteen alla, antaa vakaan pohjan teräs-, puu- tai betonirungolle. Perustukset ovat rakennusten ensimmäinen näkyvä rakenneosa maanrakentamisen jälkeen. Ilman huolellista perustusrakentamista annetut mittatoleranssit sekä mahdollisesti rakennuslupakuvien perusteella suunnitellut ja tilatut elementit eivät mahdollisesti ole soveltuvia, jolloin etukäteen suunnitellut kustannukset ja aikataulut eivät ole pitäviä.

Alapohjarakenteet kuten myös perustukset, ovat paksuudeltaan ja rakenteeltaan erilaisia. Mikäli betoniselle alapohjalaatalle tai -rakenteelle on tarkoitus asettaa kuormaltaan raskaita tai laaja-alaisia esineitä, suunnitellaan betonilaatan rakenne raudoitukseltaan ja rakenteeltaan vahvemmaksiksi ja paksummaksi. Esimerkiksi teollisuuskoneet, kuten CNC-koneet, sekä muut näihin verrattavat massaltaan raskaat laitteet ja maataloustyökoneet voivat mahdollisesti vaatia paksumman raudoitteen tai raudoituksen määrän lisäämisen kohtiin, joissa koneita on tarkoitus säilyttää. Myös alapohjarakenteelle tuleva kuorma, joka resonoi tai tärisee, voi olla syy raudoituksen lisäämiselle. Alapohjarakenne toimii perustana kaikelle rakennuksen sisäpuolelle tulevalle pitkäaikaiselle ja lyhytaikaiselle kuormitukselle ja estää pohjarakenteen alapuolisten ongelmien siirtymisen sisäpuolelle.

2.3 Runkorakenne ja vesikatto

Runkorakenne on perustana ulkoisille rasituksille ja rakennuksen omalle kuormalle. Runkorakenteen on kestävä sille asetetut kuormitukset ja teräspilari- tai palkkirakenteen on toimittavana kantavana perustana siihen liitetyille rakenteille.

Runkorakenteet voidaan jakaa kahteen luokkaan: ei-kantaviin ja kantaviin rakenteisiin. Kantavan ja ei-kantavan rakenteen käyttötarkoitukset eroavat täysin toisistaan. Kantavan rakenteen tulee kestää rakennuksen kuormitus ja pohjautua suunniteltuihin lujuus- ja kestävyysmitoituksiin, eikä sitä voida muuttaa ilman uutta mitoitus- ja suunnittelua. Ei-kantava rakenne toimii useimmiten tilaa jakavana rakenteena, jonka mittaa ja rakennetta voidaan muuttaa tapauskohtaisesti ja joka voidaan halutessa jättää myös pois.

Kun runkorakenne toimii kantavana rakenteena, runkorakenteelle asetetaan mitoituksen myötä perusteet ja vaaditut lujuudet, jolloin sen tulee olla riittävän kestävä käyttöikänsä ja lujuudeltaan. Rakenteen tulee kestää vähintään sille laskennallisesti suunnitellut kuormitukset, käyttötarkoituksesta ja kuormituksen määrästä riippumatta. Visuaalisuus ei ole runkorakenteelle ominaista, sillä rakenne voidaan verhota materiaalilla, lukuunottamatta katosrakenteiden pilarirakenteita esimerkiksi kauppakeskuksissa, joissa ulkopuolella oleva pyöreä teräs- tai betonipilari voidaan jättää näkyviin. Kantava rakenne toimii myös perustana vesikatolle.

Ei-kantavalla rakenteella voidaan jakaa huoneistojen tiloja väliseinänä, peittää jokin rakennuksen tai rakenteen osa. Ei-kantavan rakenteen koon ja materiaalin voidaan katsoa määräytyvän jo rakennetun osan mukaan tai ilman erikseen määrättyä ohjetta tai säädöstä. Ei-kantava rakenne voidaan muuttaa tilan lopullisen muodon mukaan. Ei-kantavaan rakenteeseen kohdistetaan silti palomääräyksiä, joilla pyritään minimoimaan palon leviäminen, mikäli perimmäinen käyttötarkoitus on esimerkiksi tiloja jakava rakenne tai suojaava rakenne.

Rakennuksen runkorakenteiden voidaan katsoa pohjautuvan hyvin kahteen ympäristöministeriön asetukseen (Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 2014/477):

Rakennuksen kantavia ja jäykistäviä rakenteita koskevat olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät, kun rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan eurokoodien sekä niitä koskevien ympäristöministeriön asetuksina annettujen kansallisten valintojen mukaan. Suunnittelijan on lisäksi otettava huomioon rakennuspaikasta johtuvat olosuhteet. (Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 477/2014)

Rakennustuotteiden ominaisuuksien on vastattava suunnitelmissa esitettyjä vaatimuksia ja rakennustuotteiden tulee olla rakennuspaikan olosuhteisiin soveltuvia. Rakennustuotteista on voitava suunnitelmia noudattaen ja suunnitelmien mukaisia työmenetelmiä käyttäen rakentaa suunnitelmien mukainen rakenne. Rakennuskohteessa on käytettävä rakennustuotteita, joiden ominaisuudet ovat säilyneet muuttumattomina riippumatta siirroista, kuljetuksista, varastoinnista tai asennuksesta. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennustuotteiden kelpoisuus tarkastetaan ennen niiden käyttöä toteutukseen. (Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 477/2014)

Vesikatto suojaa sisätiloja vesi- ja lumisateilta sekä toimii osana rungon kantavaa rakennetta. Vesikattorakenteessa olevat kattotuolit ja palkistot kantavat rakennuksen yläpuoliset kuormat, kuten tuuli- ja lumikuormat. Vesikatto on tärkeä osa rakennuksen ulkopuolista viivaalisuutta. Vesikatto päällystetään aina läpäisemättömällä rakenteella, joko peltikatteella, huopakatteella tai muulla vettä läpäisemättömällä rakennusmateriaalilla. Ulkoterasseissa ja muissa saman tyyppisissä rakenteissa voidaan käyttää valokatetta, jolloin aurin gonpaiste läpäisee katteen, jos katemateriaali on muovia.

2.4 Ulko- ja sisäverhous

Ulkoverhous piilottaa ja suojaa runkorakenteita ja rakennuksen sisäpuolta ulkoilman ja sään rasituksilta, kuten vesi- ja lumisateelta, tuulelta, korkeilta ja matalilta lämpötiloilta. Lisäksi se toimii joissain tapauksissa osittaisena suojana yksityisyydelle. Ulkoverhouksen tarkoitus on tuoda rakennukselle näyttävyyttä ja rakenteille suojaa ja ulkoverhouksen materiaalin mittaa, väriä tai rakennetta voidaan muuttaa tilaajan vaatimuksien mukaan.

Sisäverhouksella pinnoitetaan runkorakenteet, kuten betoni-, teräs- ja puurakenteet, ja luodaan kokonaisuus, joka on visuaalisesti tilaajan oman mieltymyksen ja suunnittelun mukainen. Sisäverhouksen tarkoitus on suojata joko maalein, tasoittein tai näiden molempien yhdistelmin ja materiaalein rakenteet, jotka eivät saa rikkoontua ja joihin ei saa kohdistua mekaanista rasitusta ja kulumista. Lisäksi se tuo kotiin viihtyisyyttä.

3 BETONI RUNKORAKENNEMATERIAALINA

3.1 Betoni rakennemateriaalina

Betoni on sekoitus sementtiä, vettä ja kiviainesta (Betoniteollisuus, i.a-c). Valmistusreseptiikka vaihtelee riippuen halutusta ominaisuudesta, rasitusluokasta ja lujuusluokasta. Valmistus suhteen säätelyllä voidaan vaikuttaa betonin laatuun. Vaadittaessa seokseen lisätään tarvittavaa lisäainetta, jolla saadaan betonille uusia ominaisuuksia, kuten pakkasen kesto, kohteesta ja käyttötarkoituksesta riippuen.

Eri rakenteet vaativat ominaisuuksiltaan erilaisia betonilaatuja. Rakennesuunnittelijan tehtävä on määrittellä ne ominaisuudet, joita betonilta vaaditaan rakenteessa (Rudus i.a-a). Rakennesuunnittelija määrittelee betonin lujuus- ja rakenneluokan sekä rasitusluokan. Käytössä olevia betonilaatuja ovat rakennebetonit, lattiabetonit, saumausbetonit, maakosteat betonit, kuitubetonit ja erikoisbetonit. Olemassa olevia betonituotelaatuja on kuitenkin paljon enemmän (Rudus, i.a-b). Betoniluokkia voidaan jaotella vielä erikseen eri ryhmiin, joihin kuuluu mm. rakennebetonin osalta normaalisti kovettuva betoni, nopeasti kovettuva betoni, hitaasti kovettuva betoni, seosaineettomat rakennebetonit, sulfaatin kestävät betonit, säänkestävät rakennebetonit ja p-luku-betonit, joita käytetään infrarakentamisessa.

Runkorakenteissa käytetään rakennebetonia. Rakennebetonilla tarkoitetaan perustuksiin, holveihin, palkkeihin, seiniin ja pilareihin käytettävää betonia. (Rudus, i.a-b). Jokaisella betonilaadulla on olemassa oma rasitusluokkansa. Rasitusluokiltaan betoni voidaan jaotella joko ympäristöolosuhteiden mukaan tai silta- ja väyläympäristöissä p-lukumenettelyn kautta. Rakenteet voivat kuulua yhtäaikaisesti useampaan rasitusluokkaan (Suomen betoniyhdistys, 2019, s.22–23). Ympäristöolosuhteiden mukaan jaoteltavat rasitusluokat saadaan, kun huomioidaan rasitustekijät. Rasitusluokat ovat taulukoituna taulukossa 1. Ensimmäisenä rasitustekijänä on luokka, jossa ei ole korroosion tai syöpymisen riskiä. Toinen rasitustekijä on karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio; jossa ilmassa oleva hiilidioksidi, joka on hapan kaasu, pyrkii neutralisoimaan betonissa olevia emäksisiä yhdisteitä. Kolmas rasitustekijä on kloridien aiheuttama korroosio, joka tarkoittaa sitä, että karbonati-

soituminen on aiheuttanut neutralisoitumista betonissa ja pääsee kosketuksiin betoniteräksen kanssa ja alkaa tekemään korroosioita teräsiin. Neljäntenä rasiustekijänä on meriveden aiheuttama korroosio; merivesi sisältää kloridia. Viidentenä rasiustekijänä on jäätymis- ja sulamisrasitus. Kuudentena rasiusluokkana on kemiallinen rasitus.

Taulukko 1. Rasiusluokat (Suomen betoniyhdistys, 2019, s.23)

X0	Ei korroosion tai syöpymisen riskiä
XC1...XC4	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio
XD1...XD3	Muun kuin meriveden aiheutunut korroosio
XS1...XS3	Meriveden kloridien aiheuttama korroosio betonin teräksissä
XF1...XF4	Jäätymis- ja sulamisrasitus jäänsulatusaineilla tai ilman niitä
XA1...XA3	Kemiallinen rasitus

Betonin lujuusluokittelukirjaimena betonissa käytetään eurokoodien mukaan c-kirjainta (Suomen betoniyhdistys, 2018, s.85). C-kirjaimen perässä lukemat ilmoittavat betonin lujuuden, niin lieriölujuudessa kuin kuutiolujuudessa. Lieriölujuudella ja kuutiolujuudella tarkoitetaan määrätyn kokoisen kappaleen kuormittamista määritetyllä kuormalla puristuslujuustestissä ja tulkitaan betonin kestävyyttä. C8/10:tä voidaan pitää alimpana lujuusluokkana ja ylimpänä lujuusluokkana C100/115:tä

3.2 Paikallavalurakentaminen

Paikallavalurakenteilla tarkoitetaan betonirakenteita, jotka valmistetaan rakennustyömaalla muottimenetelmin rakennettavassa rakennuspaikassa, kuten kuvassa 1. Betonoinnissa ja rakentamisessa käytettävät valumuotit raudoitetaan kuten elementitkin, mutta eroavaisuu-

tena on kuitenkin se, että niiden raudoitus suoritetaan muottirakenteisiin ja betonointi suoritetaan työmaalla. Muottirakenteita käytettäessä on huolehdittava siitä, että muotit kestävät betonin aiheuttaman paineen eivätkä pyri laajentumaan ja aiheuta mittaheittoja leveydessä tai pituussuunnassa. Muottien kestävyys tulee varmistaa laskelmin ja niiden tulee olla niin tiiviitä, ettei betoni pääse valumaan pois muottirakenteesta.

Paikallavalurakenteiden betonointityylejä on erilaisia. Korkeat ja leveät muottikokonaisuudet pyritään betonoimaan hitaammin ja betonointikerroksittain edeten, jolloin rakenteen betonirakenteesta saadaan tasalaatuisempaa ja betoni saadaan levittäytymään koko muottiin. Matalat muottirakenteet voidaan betonoida kokonaan ja heti. Paikallavalussa betonoinnin yhteydessä käytetään vibraa, eli betonitärytintä, joka on sauvamainen laite, jolla betoni saadaan levittäytymään muottirakenteeseen tasaisesti. Betonitäryttimellä saadaan valurakenteesta tasaista, vaikka se sisältäisi paljon harjaterästä ja olisi onkaloinen tai tiivis. Betonitäryttimen käytössä tulee noudattaa huolellisuutta. Vaaratekijänä liiallisessa betonitäryttimen käytössä on betonin ominaisuuksien heikentyminen, jossa kiviaines valuu muottirakenteen pohjalle.

Paikallavalurakenteita voidaan käyttää esimerkiksi tapauksissa, joissa valmiiden betonielementtien toimitus ei ole aikataulullisesti mahdollista, niiden kustannukset ylittävät budjetin, rakenne on erikoinen tai asentaminen ei ole mahdollinen työmaaolosuhteissa. Sisäolosuhteissa tehtäviä betonointeja voidaan pitää useimmiten paikallavalurakenteina, koska betonielementtien nostaminen rakennuksen sisätiloihin aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia ja aikatauluviivästyksiä, ellei kyseessä ole uudisrakentaminen ja nostotoimenpiteet on mahdollista suorittaa ennen kattorakenteita tai seuraavia tasorakenteita.

Kun paikallavalurakennetta betonoidaan kasettimuoteilla, voidaan rakentaa muottikokonaisuuksia. Kasettimuotit ovat määrämittäisiä muottikappaleita, ja yhdistelemällä muottikappaleita, saadaan haluttu muottikokonaisuus. (Suomen betoniyhdistys, 2019, s.84) Kasettimuotit asennetaan haluttavan valurakenteen molemmin puolin, ja muottikokonaisuudet kiinnitetään toisiinsa valettavan rakenteen lävitse molempien muottien lävitse menevällä sidepultilla, jolla voidaan säätää muottien välistä etäisyyttä. Sidepultin päällä käytetään välikappaleita, jolloin betoni ei kiinnity sidepulttiin vaan välikappaleeseen. Näin sidepultit

saadaan irrotetuksi myös betonoinnin jälkeen. Muottikappaleet liitetään toisiinsa kiinnikkeiden avulla, joiden määrä tietyn kokoiselle muotille on ilmoitettu asennusohjeistuksessa. Järjestelmämuottien asennusvaiheessa niille suoritetaan tuenta, jossa vinotuella muottikonaisuus tuetaan siihen asentoon, johon se halutaan. Tuennassa huomioidaan myös se, että muotit kestävät rakenteen massan ja massan aiheuttaman paineen eivätkä lähde liikumaan esimerkiksi leveyssuunnassa, jolloin halutusta rakennepaksuudesta tulisi virheellinen ja betonoitu rakenne ei olisi rakenteeltaan oikeanlainen.



Kuva 1. Paikallavaluseinä valmiina (Salimäki, 2022).

Paikallavalurakenteeseen voidaan ennalta määrätä betonipinnalle pintalaatu. Näitä laatuja ovat AA, A, B, C. Luokitukset ja selitteet on taulukoituna taulukossa 2.

Taulukko 2. Paikallavalurakenteiden pintaluokitus muottimenetelmällä (Suomen betoni-yhdistys, 2019, s. 76–77).

Luokka	Sisältö, vaatimukset
AA	Ei yleisesti käytössä oleva luokka. AA-pinnalle voidaan asettaa vaatimuksia, kuten toteutustapa, muottimateriaali, pintakuviointi, muottisiteiden sijoittelu.
A	Ei sisällä piikkausta tai paikkauksia. Luokan pintoja ovat arkkitehtuuriset pinnat, sisä- ja ulkotiloissa.
B	Luokan pinnat vaativat yleensä tasoitustyötä. Näitä ovat sisäseinät, kellarin seinät ja maan alle osittain jäävät seinäpinnat.
C	Luokan pinnat eivät jää näkyviksi pinnoiksi. Luokkaan luetaan perustukset ja täysin maanalle jäävät rakenteet.

Paikallavalurakenteiden kuivumisajat ovat elementtirakenteita pidemmät. Tällöin kuivumiseen kuluva aika tulee huomioida paikallavalurakenteita rakennettaessa elementtirakentamista tarkemmin. Rakenteen korkea kosteus hidastaa rakenteen kuivumista ja liian kuiva ja lämmin ilma aiheuttaa betonin liian nopean kuivumisen, mikä aiheuttaa halkeamia ja ominaisuuksien heikkenemistä. Betonoidun rakenteen kuivumisnopeuden tulee olla maltillinen, ja kosteuden tulisi pysyä tasaisesti rakenteessa. Lisäksi tulisi huolehtia riittävästä jälkihoidosta. Vähentämällä luonnonilmiöille ja säänsitukselle, kuten tuulelle, sateelle, korkeille sekä matalille lämpötiloille altistumista, voidaan betonin laadun ja ominaisuuksien säilyminen varmistaa. Talviolosuhteissa betonin jälkihoidolla, kuten lämmittämällä tai eristämällä, pyritään suojaamaan betonin jäätymistä vastaan (Suomen betoni-yhdistys, 2018, s. 342).

3.3 Elementtirakentaminen

Elementtirakentamisessa käytetään ainakin seuraavia rakennetyyppejä: Anturaelementit, sokkelielementit, seinäelementit, pilarit, palkit, laattarakenteet, liittorakenteet, porrashuoneelementit sekä hormit (Suomen betoni-yhdistys, 2018, s.436–448). Elementtirakentaminen

vaatii kuitenkin useimmiten riittävän ajoissa tapahtuvaa rakennesuunnittelua ja aikataulun suunnittelua, sillä elementtien tilausaika voi olla muutamasta viikosta useampaan kuukauteen.

Elementtirakenteella tarkoitetaan sitä, että betonirakenne tehdään jo elementtitehtaalla. Raudoitukset ja betonointi suoritetaan tehtaalla ja valmiit elementit tuodaan työmaalle kuljetuksin, jolloin urakoitsijalle jää työvaiheista enää nosto-, liitos- ja jälkihoitotehtävät. Jos vertaillaan paikallavalurakentamista ja elementtirakentamista, eroavaisuutena voidaan pitää 3.2 kohdassa mainittua kuivumisaikaa. Valmiit elementit ovat saapuessaan kosteuspiitoisuudeltaan alhaisemmalla tasolla kuin paikallavaletut rakenteet, joten niille tapahtuvat jatkotoimenpiteet, kuten tasoittaminen, maalaaminen ja muut pinnoitustyöt on mahdollista aloittaa jo varhaisemmassa vaiheessa verrattuna paikallavalurakenteeseen. Tämän voidaan katsoa vaikuttavan kustannuksiin ja aikatauluun positiivisesti.

Elementtirakenteet liitetään toisiinsa tai muihin rakenteisiin juotosliitoksella, pulttiliitoksella tai hitsausliitoksella (Suomen betoniyhdistys, 2018, s. 453–454). Hitsausliitosta käytetään silloin, kun kumpikaan edellä mainituista liitostavoista ei ole mahdollinen. Juotosliitoksessa betonoitaessa lisätään saumaan rauditus. Sandwich-elementeissä rakenteeseen on lisätty päähän teräslenkit, jotka yhdistetään toisiinsa teräksellä pujottamalla teräs teräslenkien lävitse. Tämän jälkeen sauma betonoidaan saumapumpulla, jolla saadaan kaksi seinärakennetta liittymään toisiinsa yhtenäiseksi.

Oman kokemukseni perusteella pulttiliitosta käytetään pilarielementeissä, asentamalla betonipilari peruspulttiryhmään kiinni. Perustuksiin on asennettu pulttiryhmä, johon pilarielementit asennetaan. Hitsausliitoksen käyttö on yleisintä sokkelirakenteissa. Teräsbetonirunkoisissa rakennuksissa sokkelirakenteet hitsataan kiinni teräslevyihin, jotka ovat tehtaalla valmiiksi asennettuja kappaleita betonipilareissa. Sokkelirakenteeseen on valmistuksessa lisätty kiinnittämiseen tarkoitettua teräslaipaa, joiden avulla elementit saadaan hitsattua kiinni runkoon laittamalla runkorakenteen ja sokkelirakenteen väliin teräksestä liitoskappale, kuten teräksinen lattarauta.

3.4 Paloturvallisuus

Rakennusten paloluokitus jaotellaan neljään luokkaan, P3-, P2-, P1- ja P0-luokkaan (Rakennustieto, 2019, s.2–6). Paloluokituksista ja niiden käyttökohteista ja erityisvaatimuksista kerrotaan taulukossa 3. Rakennuksen koko, kerrosmäärä, pinta-ala, käyttötarkoitus ja henkilömäärä vaikuttavat rakennuksen paloluokitukseen. Paloluokituksella pyritään saamaan paloturvallisuus sille tasolle, jota kyseisen rakennuksen käyttö vaatii. Näin maksimoidaan turvallisuus tulipalon sattuessa. Jokaiselle rakennustyyppille on oma paloluokituksensa. Palokuorman perusteella tapahtuva mitoitus, jolla määritellään luokkavaatimuksia rakenteille, otetaan huomioon vain P1- ja P2-luokan rakennuksissa. Palokuorman määrittelyssä käytetään palo-osaston käyttötarkoitukseen perustuvaa määrittelyä. Palokuorman määrityksellä saadaan rakenteeseen vaadittavat luokkavaatimukset.

Betoni luokitellaan palamattomaksi materiaaliksi (Betoniteollisuus, i.a-a). Betonin paloturvallisuus koostuu sen hidastavasta vaikutuksesta tulipalon sattuessa. Tulipalon pyrkiessä siirtymään helpommin syttyvään materiaaliin, betoni sitoo itseensä lämpöä ja näin ollen heikentää tulipalon siirtymistä palavaan materiaaliin. Betonirakenteen palonkesto voidaan laskea yleisesti tunnista aina neljään tuntiin, lukuunottamatta erittäin ohuita rakenteita. Betonirakenteen voidaan laskea kestävän palon sortumatta. Rakenteena betoni lasketaan osastoivaksi ja sitä voidaan käyttää palokatkona.

Betoni itsessään ei vaadi palonkestävyyden saavuttamiseksi muita pintamateriaaleja, kuten maaleja tai ulkoisia suojalevytyksiä (Betoniteollisuus, i.a-a, viitattu 7.10.2022). Materiaalin palonkestävyyttä voidaan kuitenkin vahvistaa ja varmistaa verhouksella, esimerkiksi palovillalla tai ulkoisella levytyksellä, jolloin vältetään kuumuuden aiheuttamilta lohkeamilta.

Taulukko 3. Paloluokat ja niiden käyttö (Rakennustieto, 2019, s. 2)

Paloluokka	Miksi tämä luokka, erityisvaatimukset	Mihin käytetään?
P0	Suunnittelun paloturvallisuuden varmistaminen ei ole mahdollista ilman, että tätä paloluokitusta käytetään. Edellyttää aina erikoistuneen paloteknisen tutkijan suunnittelua.	Vaativat erityiskohteet, joissa suunnittelun paloturvallisuuden varmistaminen vaatii tarkastelua oletettuun palonkehitykseen perustuvien menetelmin.
P1	Kantavien rakenteiden materiaalit oltava A2-d1, d0. Henkilömäärää, kerrosalaa tai korkeutta ei ole rajoitettu, mutta palotekniset vaatimukset kiristyvät korkeuden ja käyttötarkoituksen riskialttiuden myötä.	Yli kaksikerroksiset rakennukset, suuret rakennukset sekä yksi ja kaksikerroksiset rakennukset, joissa koko tai henkilömäärä ei salli sijoittamista alempaan paloluokkaan. Kantavien rakenteiden kestettävä sortumatta, vaikka siinä oleva palokuorma palaisi loppuun.
P2	Rajoitukset P3-luokkaan verrattuna väljemmät, sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset ja paloturvallisuutta parantavien laitteistojen vaatimukset osittain tiukempia kuin P1-paloluokassa, seinä- ja kattopinnat tulee tarpeen vaatiessa verhota asetusten mukaisesti (asetus 24§)	Enintään kaksikerroksinen laajakokoinen rakennus, korkeus saa olla enintään 9 metriä. Automaattisella sammutuslaitteistolla varustettuna asuin-, hoitolaitos-, majoitus- tai työpaikkarakennuksen kerrosluku voi olla enintään kahdeksan ja korkeus enintään 28 metriä. Kokoontumis- ja liikerakennuksen kerrosluku voi automaattisella sammutuslaitteistolla varustettuna olla enintään 4 ja korkeus enintään 14 metriä.
P3	Koko ja henkilömäärä on rajoitettu käyttökohtaisesti, eikä sallita päällekkäisiä asuntoja. Ei vaatimuksia, paitsi osastoivia rakenteita tukevat rakenteet	Pienet rakennukset, yksi tai kaksi kerrosta, poikkeuksena laajat tuotanto- ja varastotilat.

3.5 Materiaalin hiilijalanjälki/ekologisuus

Betonin raaka-aineet, sementti, vesi ja kiviaines ovat kaikki maaperän raaka-aineita (Betoniteollisuus, i.a-b). Sementissä käytettävä kalkkikivi ja betonin pääraaka-aineena käytettävä kiviaines ovat saatavissa laajamittaisesti. Betonin valmistuksessa vapautuvat hiilidioksidipäästöt kompensoituvat betonin ominaisuudella, jossa osa valmistuksessa vapautuvista hiilidioksidipäästöistä sitoutuu takaisin betoniin rakenteen käytön aikana. Laajemmalla aikavälillä katsottuna sementin valmistuksessa käytettävä kalkkikivi ja siitä vapautuva hiilidioksidi saadaan sitoutumaan betonirakenteeseen takaisin noin puolilta määrin. Betonin voidaan katsoa kuluttavan lämmitysenergiaa vähemmän verraten vastaavaan kevytrakenteiseen rakennukseen. Lisäksi betonirakennuksen pitkä käyttöikä nostaa betonin energiatehokkuutta ja ekologisuutta. Betoni itsessään ei sisällä ympäristölle ja terveydelle vaarallisia aineita. Huoneilmaan tulevien päästöjen katsotaan olevan erityisen alhaisia määrältään, minkä vuoksi betoni voidaan luokitella sisämateriaalien päästöluokituksen parhaimpaan, M1-luokkaan.

M1-luokituksella kerrotaan rakennustuotteen olevan vähäpäästöinen ja merkinnällä kerrotaan, että tuote tavoittelee terveellistä ja viihtyisää sisäilmastoa (Rakennustieto, 2010, s. 3). Merkinnän saamiseksi on asetettu raja-arvot haihtuville orgaanisille yhdisteille, formaldehydin, ammoniakkin ja karsinogeenisten aineiden emissiolle. Tällaisia muita materiaaleja betonin lisäksi ovat pinnoittamattomina luonnonkivi, tiili, keraaminen laatta, lasi ja metalli.

4 TERÄS RUNKORAKENNEMATERIAALINA

4.1 Teräs rakennemateriaalina

Teräs on sekoitus rautaa ja hiiltä sekä seosaineita (Väisänen, P., 2007, s. 40). Mekaanisia ominaisuuksia, sekä sitkeyttä, kovuutta, korroosiokestävyyttä ja lujuutta voidaan muuttaa terässeokseen lisättävillä seosaineilla. Seosaineiden käyttö yhdessä vaikuttaa teräkseen eri lailla verrattuna siihen, jos käytettäisiin vain yhtä teräksen seosainetta. Hiilen vaikutus teräkseen on olennaisin. Yleisimmin käytetyt lisäaineet ovat mangaani, pii ja alumiini. Piin tarkoitus on sitoa happea sekä tiivistää terästä. Mangaani parantaa haurasmurtuvuuden kestävyyttä. Muovattavien terästen mangaanin määrä voi olla 7,5 kertaa pienempi rakenneteräksen mangaanimäärään verrattuna. Alumiinin tehtävä teräksessä on sitoa happea ja typpeä.

Teräksiä luokitellaan yleisimmin käyttötarkoituksen pohjalta ja luokituksia ovat rakenneteräkset, työkaluteräkset sekä erikoisteräkset (Väisänen, P., 2007, s. 27). Rakenneteräsiin kuuluvat koneteräkset ja varsinaiset rakenneteräkset, työkaluteräsiin teräkset, joilla käsitellään muita teräksiä, sekä erikoisteräsiin haponkestävät, säänkestävät, hankaavaa kulu- tusta kestävät ja luodinkestävät teräkset.

Teräksen aineenkoestuskokeiden perusteella voidaan määritellä lujuusluokka sekä laatu- luokka, jotka toimivat perustana oikean teräslaadun valintaan rakenteeseen (Väisänen, P., 2007, s. 28). Lujuus- ja laatu- luokitusta varten tehdään kokeita materiaalin valmistuksen ai- kana. Vetokokeesta saadaan selville myötöraja, myötölujuus, murtolujuus, murtovenymä, murtokouromu, suhteellisuusraja ja kimmomoduuli. Sen lisäksi teräkselle suoritetaan isku- koe, jossa teräskappale katkaistaan heijarivasaralla ja mitataan siihen käytetty voima. Is- kukokeen avulla selvitetään laatu- luokka. Taivutuskokeessa terästä taivutetaan yhteen suuntaan ja tarkistetaan mahdolliset murtumat. Kovuuskokeessa teräksen pintaa paine- taan joko teräskuulalla tai timanttikartiolla ja katsotaan painauman halkaisija. Koetta, jossa kappaletta rasitetaan useasti, kutsutaan väsytyk- kokeeksi. Näillä kokeilla saadaan selville, onko teräs halutun laatuista ominaisuuksiltaan.

Suojaamattoman teräksen voidaan katsoa ruostuvan säänrasituksessa 0,05 mm -0,2 mm vuodessa (Väisänen, 2007, s.31). Väisäsen mukaan, ruostumisen nopeuteen vaikuttaa ulkoilman lämpötila. Lämpö nopeuttaa ruostumista ja kylmyys hidastaa ruostumista. Ruostumisen katsotaan kiihtyvän happamissa, emäksisissä ja suolaisissa liuksissa. Mikäli teräksen pintaan kertyy kosteutta, myös se nopeuttaa ruostumista. Teräslaatua merkintään kirjaimilla ja numeroilla, jotka kertovat teräksen ominaisuuksista ja laadusta (Väisänen, 2007, s.27). Standardien mukaan valmistetut teräkset merkitään mitta- ja teräslajistandardilla ja aineistodistuksella.

4.2 Liitosmahdollisuudet ja niiden käyttö

Terästä voidaan liittää pulttiliitoksella sekä hitsausliitoksella.

Pääsääntö teräsrakentamisessa on, että pulttiliitosrakenteet tehdään työmaalla ja hitsausliitosrakenteet tehdään tehtaalla. Aina on kuitenkin selvitettävä liitostekniikan soveltuvuus, kustannukset ja työn kesto. (Tiainen & Papula, 2020, s.147).

Pulttiliitoksissa yleisimmin käytetään laipparakenteita, joissa pilariin tai palkkiin asennetaan tehtaalla pulttiryhmän kokoinen pääty- tai kylkilevyrakenne. Sillä saadaan rakennettua kiinnityspiste, kuten kuvassa 2, jossa teräspilari on kiinnitetty peruspultteihin. Pilari- tai palkkirakenne liitetään rakenteeseen käyttämällä pultteja. Palkkeja voidaan liittää palkkiin tai pilareja palkkiin. Pulttien reikien toleranssit voivat olla vain muutamia millimetrejä käytettävää pulttikokoa suuremmat, jolloin teräsrakenteen täytyy olla säädetty jokaisessa osassaan tarkasti paikoilleen, niin että pulttiryhmien pultit saadaan asennettua niille osoitettuihin reikiin. Pulttiryhmän kappalemäärä ja pulttien suuruus vaihtelevat kappaleen koon mukaan.

Pulttiliitoksessa rakenteen kiinnittäville pulteille on määrätty kiristysmomentti Newtonmetriyksikössä. Momenttiin kiinnittämiseen käytetään momenttiavainta. Mikäli pulttiryhmät kiristetään jokaisen kappaleen kohdalla heti, tulee pultinreikien yhteensopivuus tarkastaa seuraavissa rakenteissa. Mikäli pulttiryhmän pultteja ei kiristetä heti määrättyyn kireyteensä, vaihtoehtoisena menetelmänä momenttiin kiristämiseksi voidaan käyttää rakenteiden pulttien kiristämistä vain osittain, jolloin rakenne saadaan pysymään kasattuna ja sitä voidaan

tarvittaessa liikutella, mikäli jokin pulttiryhmä ei kohtaa kiinnitettävän palkin tai pilarin pulttiryhmän kanssa. Tällöin tulee noudattaa erityistä varovaisuutta työskentelyssä ja kiinnittää erityisesti huomiota siihen, että pulttiryhmässä olevat pultit kiristetään momenttiin viimeistään ennen siirtymistä seuraavaan työkohteeseen.



Kuva 2. Teräspilarin liitos perustukseen (Salimäki, 2022).

Hitsausliitoksella tarkoitetaan liitosta, jossa kaksi teräsrakennetta liitetään toisiinsa hittaamalla. Hitsausliitoksen käytössä toleranssit ovat suurempia, jolloin kappaleiden ei tarvitse olla millimetrilleen oikeassa kohdassa. Kappaleiden välit voivat olla suurempia, jolloin ne voidaan hitsausliitoksessa täyttää vaadittavan kokoisella hitsaussaumalla ja tarvittaessa lisätä niihin lisäainetta, kuten alkuperäisessä tuotteessa olevaa terästä.

Hitsausliitoksen käyttö työmaalla on pulttiliitosta harvinaisempi. Hitsausliitoksen tekemiseen käytettävä aika on pidempi kuin pulttien asentamiseen ja kiristämiseen. Teräsrakenteiden etuna on nopea asennus. Hitsaussaumojen tekeminen ja tarkastaminen vaa-

tivat aikaa enemmän, jolloin pulttiliitoksen käyttö on nopeampi ja hyödyllisempi tapa toimia. Tällöin nopeampana tapana pidettävä pulttiliitos on myös hinnoittelultaan suotuisampi vaihtoehto.

4.3 Paloturvallisuus

Teräksen palonsuojaus perustuu siihen, missä materiaalia käytetään ja mitä sen on määrä kestää. Terästä itsessään voidaan pitää palamattomana materiaalina, jolloin se ei syty palamaan. Teräksen lujuus voi heikentyä tulipalossa, joten se on pinnoitettava, täytettävä tai peitettävä, mikäli tavoitellaan palamatonta rakennetta (Väisänen, P., 2007, s. 30).

Teräksen palonsuojaukseksi voidaan luetella esimerkkinä viisi tapaa, joilla sen palonkestävyyttä saadaan korotettua (Väisänen, 2007, s. 30):

1. Verhoilu: teräs peitetään joko levytyksen avulla tai muun palonkestävän verhoilun avulla
2. Palonsuojamaalaus: teräksen pintaan maalataan tai ruiskutetaan suojaava kerros
3. Betonilla täyttäminen: pilari- tai palkkirakenne täytetään betonilla, jolloin teräksen heikentyessä betoni vahvistaa kantavuutta
4. Pilari- tai palkkirakenteiden vedellä.
5. Tulenkestävän teräksen asentaminen: jo valmistuksessa lisätty lisäaineita, jotka sisältävät kromia, molybdeenia ja kuparia. Näillä saadaan vähennettyä teräksen haettumista korkeissa lämpötiloissa.

Liike- ja teollisuusrakennuksissa teräsrakenteet, pilarit ja palkistot pyritään maalaamaan palonsuojamaalauksella, jotta saadaan hyödynnettyä mahdollisimman paljon sisätilojen vapaita tilarakenteita. Verhoilemalla rakenteita päästään samaan lopputulokseen. Tämä kuitenkin vie pinta-alaltaan enemmän sisätilaa, jolloin ei saada hyödynnettyä rakennuksen pinta-ala neliömetrejä.

4.4 Hiilijalanjälki ja fossiilivapaa teräs

Teräs koostuu suurilta osin raudasta ja hiilestä, jotka ovat luonnon omia valmistusaineita. Materiaali pyrkii palautumaan alkuperäiseen muotoonsa koko ajan, eli teräs ruostuu (Väisänen, P., 2007, s. 33). Itsessään materiaali ei kuormita luontoa, sillä teräs ei sido itseensä epäpuhtauksia, eikä se luovuta niitä. Teräksen magneettisuuden ansiosta sen kierrättäminen sulatukseen ja uudelleenvalmistukseen onnistuu nopeammin ja helpommin.

Valmistusmuotoja on kaksi (SSAB, i.a-a). Ensimmäinen on raakateräksen valmistus materiaaleista, jotka kerätään luonnosta ja toinen on masuunikuonasta valmistettu teräs, johon käytetään kierrätyksestä saatua terästä. Molempia valmistustapoja käytetään, että saadaan vastattua teräksen kysyntään. Teräsrakenteiden suunnittelulla, jolla pyritään tuottamaan pienempikokoisia ja lujuusluokitukseltaan samanlaatuisia rakennekappaleita, voidaan parantaa teräksen ekologisuutta. Teräksen ominaisuuksien vuoksi materiaalia on mahdollista kierrättää loputtomasti, ominaisuuksia huonontamatta.

SSAB:n pyrkimyksenä on tuoda markkinoille täysin fossiilivapaa teräs vuoteen 2026 mennessä (SSAB, i.a-b). Tuotantoketjun päätavoitteena on saada raaka-aineet fossiilivapailta kaivoksilta ja poistaa masuunivalmistuksessa käytettävä hiili ja koksi ja korvata ne vedyllä. Vety tuotetaan vedestä, josta se erotellaan fossiilivapaalla sähköllä. Kokonaistavoitteena on tuottaa täysin fossiilivapaata terästä, jossa teräs tuotetaan fossiilivapailla polttoaineilla.

5 RUNKORAKENTEET RAKENNUSTYÖMAALLA

5.1 Aikataulutus

Aikataulutuksen perustana toimii oikein rytmitetty rakentaminen, jolloin pystytään hyödyntämään mahdollisimman useaa rakennusvaihetta yhtäaikaisesti. Runkorakentamisen olennaisuus rakentamisen rytmittämisessä on korkealla, sillä runkovaiheen jälkeen päästään rakentamaan rakennuksen sisäpuolisia ja ulkopuolisia verhoilurakenteita ja rakennustyömaa etenee niin ulkonäöllisesti kuin rakenteellisesti. Näin myös vältetään ylimääräisiltä kustannuksilta, joita odottamisesta ja rakennusvaiheiden siirtämisestä aiheutuu. Aikataulu luodaan koko rakennustyömaan perustaksi aikaisessa vaiheessa, ja sen mukaan pyritään rakentamaan koko rakennustyömaan ajan. Mahdollisiin muutoksiin ja laajentuneisiin rakennusvaiheisiin pyritään vastaamaan mahdollisimman nopeasti esimerkiksi lisämiehityksellä sekä urakoitsijan ja tilaajan välisellä sovittelulla. Näillä keinoilla pyritään sekä edistämään rakennustyömaan valmistumista että vaikuttamaan yllättäviin kustannuksiin niin, ettei niitä syntyisi.

Aikataulun toimiminen rakentamisen perustana on myös rahallinen perusta yrityksen toiminnalle. Rakennusvaiheiden kesto on ennalta laskettu aikataulullisesti ja kulullisesti, jolloin pyritään saamaan niin laadultaan kuin aikataulultaan molempia osapuolia tyydyttävä lopputulos. Rakentajana toimiva yritys pysyy taloudellisesti budjetissa ja hyötyy aikataulussa pysymisestä ja tilaaja hyötyy rakennuksen valmistumisesta aikataulussa, jolloin pystytään varautumaan jo etukäteen uuden rakennuksen valmistumisen antamiin hyötyihin, kuten uuden koneiston tilaukseen tai muuttopäivämäärien lukitsemiseen.

5.2 Betoni- ja teräsmateriaalien vastaanotto ja varastointi

Teräsmateriaalien varastoinnissa on huomioitava teräksen omamassa, joka on raskaampi kuin betonilla, mutta rakenneosat ovat pienempiä ja kevyempiä ja täten helpommin siirreltäviä. Teräsrunkorakenteita voidaan varastoida päällekkäin, jolloin ne vievät vähemmän tilaa työmaa-alueelta. Mahdollisuuksien mukaan voidaan siirtoihin käyttää autonosturin tai

torninosturin sijaan kurottajaa tai muuta vastaavaa kustannukseltaan edullisempaa nostolaitetta. Terästä voidaan säilyttää suojaamattomana ulkona, koska ne eivät sisällä villaa tai muuta kosteudesta vaurioituvia materiaaleja, joitain poikkeuksia lukuun ottamatta.

Betoni kappaleet ovat suuria ja massoiltaan raskaita, jolloin pienet nosturit ja kuormaimella varustetut nostimet eivät ole nostokyvyltään riittäviä. Näissä tilanteissa joudutaan tilaamaan autonosturi tai muu nostokyvyltään riittävä nostolaite. Betonituotteita ei ole mahdollista varastoida päällekkäin, ellei elementtivalmistaja ole etukäteen antanut siihen suostumusta. Jos ohjeistuksessa ei ole erikseen kerrottu päällekkäin varastoinnista, ei sitä tule tehdä.

Sääolosuhteiden huomioiminen varastointipaikan valinnassa on tärkeää. Tuotteiden laadun takaamiseksi ja varmistamiseksi tulisi varastointipaikan olla maapohjaltaan kestävä ja rakennustuotteet tulisi varastoida tasaiselle alustalle. Niiden noutamisen helpottamiseksi tulisi varastointipaikan sijaita helpossa maastossa ja lähellä rakennuspaikkaa. Mikäli materiaaleille on vaaraa työmaalla tapahtuvasta toiminnasta, kuten liikenteestä, tai niiden katsotaan olevan sääolosuhteiden aiheuttamien haittojen vaikutuksien alaisena, tulisi ne suojata huolellisesti siihen asti, kunnes asennustyö on alkamassa.

Asennuspaikkaan sopivuus ja kuljetusvauriot tulisi tarkistaa betoni- ja teräsmateriaaleja vastaanotettaessa, jolloin pystytään reagoimaan viivyttämättä tuotteissa olevien virheiden aiheuttamiin kustannuksiin, sekä aikatauluun tulleisiin viivästyksiin. Myös tavarantottajalle tulee ilmoittaa ja sopia materiaalien uudelleen valmistamisesta tai korjaamisesta. Etukäteen suunniteltu ja rajattu kuorman purku ja varastointialue helpottaa ja nopeuttaa purkutapahtumaa ja varastointia.

5.3 Betonirakenteiden asennus

Elementti on nostettava ja asennettava asennussuunnitelman mukaisesti. Elementtien on nostettaessa oltava tasapainossa. Jos suunnitelmista tai ohjeista joudutaan poikkeamaan, on elementtirakentamisessa arvioitava muutoksen vaikutus työn toteuttamisen turvallisuuteen, ja muutos on hyväksyttävä kyseisen suunnitelman laatijalla ennen töiden jatkamista. Vaikeita elementin

nostotöitä varten on laadittava nostosuunnitelma. Elementtien asennusnosturina on käytettävä torninosturia, ajoneuvonosturia tai muuta suoritusarvoiltaan riittävää ja muilta ominaisuuksiltaan siihen tarkoitukseen suunniteltua ja soveltuva nosturia. Nosturin tukijalkojen alla on käytettävä riittävän suuria tukilevyjä tai muita vastaavia tukirakenteita. Elementtien nosto- ja siirtoapuvälineiden tulee olla käyttötarkoitukseensa soveltuvia ja tarvittavilla tarkastusmerkinnöillä varustettuja. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009)

Nosturinkuljettajalla tai asennustyötä ohjaavalla työntekijällä on oltava esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen. Nostojen ohjaus on toteutettava radiopuhelimilla, käsimerkeillä tai asianmukaisilla nosturikameralaitteistoilla siten, että nostot voidaan tehdä turvallisesti. Nostotyön ohjauksessa on käytettävä radiopuhelimia, joiden kanavat ovat varatut vain nostotyön ohjaukseen ja suljettu muulta radioliikenteeltä. Merkinantaja on nimettävä erikseen ja on varmistettava, että hän osaa hyväksytyt merkinannot. Elementtien asennustyössä yli kahden metrin korkeudessa on työntekijän putoamisvaara torjuttava ensisijaisesti rakenteellisilla toimenpiteillä. Tilanteissa, joissa rakenteellisten toimenpiteiden toteuttaminen ei ole mahdollista, työntekijän putoamisvaara on torjuttava putoamisen estävällä valjastyypillisellä henkilönsuojaimella. Ennen asennustyön alkamista on varmistauduttava siitä, että asennuskohteen alapuolella ei ole henkilöitä asennuksen aikana. Tarvittaessa on käytettävä vartiointia. Asennuskohteesta on poistettava työturvallisuutta vaarantavat rakennusjätteet ja rakennustarvikkeet (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009)

Nostokaluston sijoittaminen työmaalle on huomioitava elementtisuunnitelmaa tehdessä, jolloin nostot voidaan suorittaa mahdollisimman vähillä ajoneuvonosturin siirtymisillä tai nostokaluston nostokapasiteetti huomioiden elementtivarastoon tai materiaalia toimittavaan kuljetuskalustoon nähden. Työajallisesti ja kustannuksiltaan nostotyö pystytään tällöin suorittamaan nopeasti ja turvallisesti.

5.4 Teräsrakenteiden asennus

Asennustyön aloituksessa tulisi olla käytössä henkilönostin tai työtaso, kapasiteetiltaan riittävä nosturi, ehjät ja hyväksytyt nostoapuvälineet sekä henkilösuojaimet, joihin kuuluvat suojavaatetus, kypärä, suojalasit sekä käsineet (Rakennustieto, 2013b, s.6–16). Mikäli asennetaan teräspilaria perustuksiin, peruspulttien kunto tulisi tarkastaa ennen paikoilleen asennusta, sekä puhdistaa liitämisrakenteen pinta, johon on voinut jäädä epäpuhtauksia. Palkkirakenteita asennettaessa palkin kiinnitysrakenteiden tai kiinnityskohdan tulisi olla puhtaita ja ehjiä, sekä kiinnitykseen tarvittavat pultit, kiristämiseen tarvittavat koneet ja

asennustyökalut tai hitsausvälineet tulisi olla asentajalla helposti saatavilla. Tällä varmistetaan noston ja asennuksen nopea eteneminen. Pilarirunkoasennusten jälkeen tulisi peruspultit peittää jälkivalulla, eikä rakennetta tulisi kuormittaa ennen tätä seinärakenteilla tai ontelorakenteilla.

Pilarien paikoilleen asennuksen jälkeen tulisi huolehtia siitä, etteivät ne ole vinossa, jolloin palkit tai ristikot voidaan asentaa nopeammin eikä rakenteiden yhteensopimattomuudesta aiheudu ongelmia (Rakennustieto, 2013b, s.10).. Mikäli tätä toimenpidettä ei tehdä, rakenteiden päälle asetettavat rakenteet eivät välttämättä ole paikoilleen sopivia toleranssien ollessa muutamia millimetrejä. Mikäli käytetään hitsausliitosta, pystytään asennus suorittamaan myös pienistä mittaheitoista huolimatta, kuitenkin rakenteet pitää asentaa suoraan ja määrätyille asennuspaikoilleen.

5.5 Laadunvarmistus työmaalla ja asennustyössä

Laadunvarmistusta suoritetaan koko työmaan ajan aina tarjouspyynnön lähettämisestä rakennusurakan luovuttamiseen saakka (Rakennustieto, 2009, s.1–4). Tarjouspyynnön laatija huolehtii siitä, että rakennus tullaan suunnittelemaan annettujen lupien mukaisesti ja että rakenteet vastaavat suunnitelmissa sitä, mitä vaaditaan. Rakennuttaja on myös velvollinen ilmoittamaan tarjouspyynnössä vaaditut laadunvarmistustoimet ja rakennuksen tai rakennuskohteen laatutason. Rakennuttaja myös laatii turvallisuussäännöt ja työmaata koskevat kirjalliset ohjeet aliurakoinnin järjestämiselle, töiden ajoitukselle ja työmenetelmät erityisosille sekä mittauksia koskevat menettelyt. Urakoitsijan tulee ottaa huomioon rakennuttajan laatimat laadunvarmistustoimet urakkatarjouksessaan ja esittää niiden toteutuksesta selvitys.

Rakentamisvaiheessa urakoitsijat ovat velvollisia dokumentoimaan ja kirjaamaan työvaiheet tarkasti (Rakennustieto, 2009, s.1–4). Urakoitsija on velvollinen hyväksyttämään tavarantoimittajat ja aliurakoitsijat ja muut toimijat rakennuttajalla rakennustyömaalla. Urakoitsija on myös velvoitettu hyväksyttämään täydentävät suunnitelmat rakennuttajalla rakentamisen aikana. Viimeistely- ja luovutusvaiheessa tulee varata tarpeeksi aikaa kokeille ja testauksille, joita rakennuksessa tehdään. Urakoitsija hyväksyttää viimeistelyaikataulun ra-

kennuttajalla ja rakennuttaja huolehtii siitä, että jokainen rakentajaosapuoli tekee omat tarvittavat tarkastukset ja itselleen luovutukset. Rakennuttaja on velvollinen jakamaan tiedot tulevalle rakennuksen käyttäjälle, joka tekee oman tarkastuskierroksen rakennustyömaalla ja ilmoittaa havaitsemistaan puutteista ja vioista rakennuttajalle ja rakennuttaja sopii niiden korjaamisesta pääurakoitsijan kanssa. Luovutuksen aikataulua käydään läpi viikkopalaverissa ja pääurakoitsija huolehtii virheiden dokumentoinnista ja korjaamisesta osaltaan.

Rakennustiedon (2009, s.1–4) mukaan, laadunvarmistuksella tarkoitetaan tilaajan, urakoitsijan, lopullisen käyttäjän ja suunnitteluosapuolten yhteistä laadunvalvontaa, jolla pystytään todentamaan työmaalla tapahtuvat virheet ja puutteet niiden havaitsemisen jälkeen ja pyritään tekemään suunnitelmien ja ohjeiden mukaista rakentamista. Pääurakoitsijan voidaan katsoa olevan vastuussa rakennuksen rakentamisen aikaisesta laadunvarmistuksesta omalla toiminnallaan, jolla tarkoitetaan sitä, että rakennusvaiheita valvotaan tarpeeksi, niissä käytetään ammattilaisia ja havaituista vioista kerrotaan rakennusurakan osapuolille, jolloin niihin etsitään korjaustapoja.

Käytännössä rakentaja on velvollinen käyttämään vain ehjiä rakennusmateriaaleja, jotka eivät ole pilaantuneet ja ovat säilyttäneet ominaisuutensa. Materiaalin varastoinnilla työmaa-alueella voidaan vaikuttaa tähän. Rakennusmateriaalit tilataan vasta kun niille on tarve. Mikäli materiaalityö saapuu työmaalle ennen sovittua asennusajankohtaa, materiaalit suojataan niin, ettei niihin pääse kosteutta tai muita epäsovinnaisia asioita. Asennustyön jälkeen materiaalit on myös suojattava, mikäli niiden ominaisuudet voivat heikentyä rakennustyömaan edetessä. Työhön käytettävät välineet pidetään asianmukaisina työturvallisuus huomioiden, rakennesuunnitelmat katsotaan läpi huolellisesti ja niitä käytetään suunnitelmien mukaisesti, sekä rakennustyön jälkeinen siivous hoidetaan.

5.6 Säsuojan käyttö

Säsuoja on osa kosteuden hallintaa ja kuivana pitoa (Rakennustieto, 2013a, s. 6). Se suojaa myös työntekijöitä tuulelta ja sateelta. Sääolosuhteiden muutokset sekä kosteus aiheuttavat rakennustyömailla ongelmia rakenteiden kastuessa. Tällöin kustannukset nousevat ja joudutaan käyttämään resursseja kuivaamiseen ja kastuneiden rakennusosien vaihtamiseen. Säsuojarakenne on yleistynyt ja sen käyttö lisääntynyt. Säsuojarakenteessa

on telttarakenne rakennuksen ulkopuolella, joka peittää rakennuksen kokonaan tai osittaisesti, jolloin sillä voidaan suojata eristyksen, runkorakenteet ja rakennusmateriaalit. Rakenteet suojataan läpäisemättömällä peitteellä, jolloin peitteen ulkopuoliset mahdolliset ongelmia aiheuttavat tekijät saadaan minimoitua.

Sääsuojarakenne voidaan rakentaa pelkästään vesikaton päälle, jolloin saadaan rakennettua vesikattorakenteet ilman, että sateet pääsevät kastelemaan niitä tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää koko rakennuksen suojarakennetta, jolloin suojataan myös rakennusalueen ulkopuoli. Sääsuojarakennetta voidaan käyttää niin uudiskohteissa, kuin saneerauskohteissa riippuen rakennettavasta osasta tai rakennuksesta.

Mölsän (2014) mukaan betonirakentamisessa säänsuojankäytölle ei ole perusteita, sillä paikallavalurakenteissa käytetään vettä, jolloin rakenteet kastuvat aina siihen asti, kunnes rakennusta päästään lämmittämään ja rakenteet alkavat kuivua. Myös asuinrakentamisessa sääsuojan kustannuksia pidetään kohtuuttomina niiden aiheuttaessa jopa 100 euron lisäkulun rakennettavalle rakennusneliölle.

6 YHTEENVETO

Betoni- ja teräsrakentamista voidaan pitää osana jokaista rakennustyömaata. Materiaalit ovat laadultaan ja valmistukseltaan kestäviä rakennusmateriaaleja, joihin voidaan lisätä ominaisuuksia käyttökohteen ja tarpeen mukaan, kuitenkin muuttamatta niiden ekologisuuteen tähtäävää suunnittelua ja käyttöä. Suomessa betonirakenteiden ja teräksen yhteiskäyttö on tuonut laadultaan kestäviä ja käyttöältään pitkäaikaisia rakennuksia, jotka ovat huoltovapaita mutta ulkonäöltään tyylikkäitä ja soveltuvat luonnontieteellisesti metsäiseen maisemaan.

Rakenteiden muokattavuus lähes loputtomasti antaa mahdollisuuden rakentaa tilaajan, suunnittelijan ja rakentajan kannalta helposti rakennettavia rakennuksia ja mahdollisuuden laajentaa niitä tarpeen vaatiessa. Teräsosien kevyt rakenne verrattuna betoniin antaa mahdollisuuden tehdä teräsrakenteita kustannustehokkaasti, jolloin pystytään rakentamaan kokonaisuuksia nopeammin ja pienemmillä kustannuksilla rakenneosien pienentyessä ja suunnittelun parantuessa.

Betoni on muokattavissa monipuolisesti ja laadultaan kantavana rakenteena erinomainen valinta. Nykyaikaiset muottijärjestelmät helpottavat paikallavalurakenteiden tekemistä, jolloin pystytään rakentamaan työmaaolosuhteissa vaativiakin rakenteita. Betonin monipuolisuus on niin laadultaan kuin ominaisuusluokiltaan omaa luokkaansa. Käyttöikä rakenteissa on korkea ja rakentamisen jälkeen materiaalista tehdyt rakenteet ovat itsessään huoltovapaita kokonaisuuksia.

Sekä betonia että terästä voidaan pitää turvallisena ratkaisuna, jotka toimivat niin pientaloissa kuin suuremmissakin rakennuksissa.

LÄHTEET

- Betoniteollisuus. i.a-a. *Betoni ei pala eikä sula*. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/turvallisuus/paloturvallisuus-palovahingot/>
- Betoniteollisuus. i.a-b. *Luonnon raaka-aineista energiaa säästävä tuote*. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ekologisuus/betonirakenteen-ekotehokkuus/>
- Betoniteollisuus. i.a-c. *Betoni on maailman eniten käytetty rakennusmateriaali*. <https://betoni.com/tietoa-betonista/betoni-rakennusmateriaalina/>
- Mölsä, S. (26.11.2014) *Sääsuoja on tarpeen puutalolle, mutta olisi turha lisäkustannus betonitalolle*. Rakennuslehti. <https://www.rakennuslehti.fi/2014/11/saasuoja-on-tarpeen-puutalolle-mutta-olisi-turha-lisakustannus-betonitalolle/>
- Rakennustieto. (2009). *Rakennushankkeen laadunvarmistustoimet*. (Ratu-1224).
- Rakennustieto. (2010). *Rakennustuotteiden vapaaehtoiset sertifiointimenettelyt*. (RT 20-11008)
- Rakennustieto. (2013 a). *Rakennustyömaan sääsuojaus*. (Ratu-1232)
- Rakennustieto. (2013 b). *Teräsrunkotyö. Menekit ja menetelmät*. (Ratu-0409).
- Rakennustieto. (2019). *Rakennuksen paloluokan määrittäminen ja keskeiset palotekniset vaatimukset*. (RT-103131)
- Rudus. i.a-a. *Betoni - Kun haluat kestävän lopputuloksen*. <https://www.rudus.fi/tuotteet/betoni>
- Rudus. i.a-b. *Rakennebetonit*. <https://www.rudus.fi/tuotteet/betoni/rakennebetonit>
- SSAB. i.a-a. *Teräksen elinkaari*. <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/kestava-kehitys/kestava-tuotevalikoima/teraksen-elinkaari>
- SSAB. i.a-b. *SSAB aikoo tuoda markkinoille maailman ensimmäisen fossiilivapaan teräksen vuonna 2026*. <https://www.ssab.com/fi-fi/fossiilivapaa/ssab-aims-to-hit-the-market-with-the-worlds-first-fossil-free-steel-in-2026>
- Suomen betoniyhdistys. (2018). *Betonitekniikan oppikirja by 201* (6. painos). BY-koulutus.

Suomen betoniyhdistys. (2019). *Betonirakenteiden työmaatoteutus*. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.

Tiainen T. & Papula S. (2020). *Eurocode 3: Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus*. Teräsrakeneyhdistys.

Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 578/2003.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030578?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=578%2F2003>

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090205?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=betoni#L8P39>

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090205?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=betoni#L8P39>

Väisänen, P. (2007). *Teräs: Perustietoa arkkitehtipiskelijälle*. TKK Arkkitehtiosasto Rakennusoppi. https://www.terasrakeneyhdistys.fi/document/1/40/66e53a5/Teras_web.pdf

Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 477/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140477>