



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Teemu Aro

Betonivälipohjatyypin vaikutukset asuinrakennustuotantoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

26.03.2020

Tekijä Otsikko	Teemu Aro Betonivälipohjatyypien vaikutukset asuinrakennustuotantoon
Sivumäärä Aika	44 sivua + 4 liitettä 26.03.2020
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat	Työpäällikkö Harri Soininen Yliopettaja Mika Lindholm
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Rakennusliike Lapti Oy:lle. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa yhteenveto paikallavalettavien välipohjien ja ontelolaattavälipohjien hyödyistä ja haitoista asuinkerrostalorakentamisessa.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin betonirakentamisen historiaa, betoninormeja, betonivälipohjien tuotantomenetelmiä, sekä betonivälipohjatyypien hyötyjä ja haittoja tuotannon näkökulmasta. Tutkimus tehtiin alan kirjallisuuden, ohjekorttien, luentojen, rakennussuunnitelmien, haastattelujen sekä oman kokemuksen pohjalta.</p> <p>Välipohjatyypien välisistä rakennusteknisistä eroista, tuotantoon vaikuttavista tekijöistä ja kustannuksista saatiin kerättyä kattavasti tietoa. Kustannukset kääntyivät tutkimustuloksen perusteella selvästi ontelolaattojen eduksi, kun taas laatu näkökulma paikallavalettavien välipohjien eduksi.</p> <p>Tulosten perusteella todettiin, että kuhunkin kohteeseen parhaiten soveltuva välipohjatyypit täytyy valita projektikohtaisesti.</p>	
Avainsanat	Betoni, välipohja, tuotanto

Author Title	Teemu Aro Effects of Concrete Intermediate Floor Types on Residential Building Production
Number of Pages Date	44 pages + 4 appendices 26 March 2020
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Degree Programme in Construction Site Management
Professional Major	Building Construction
Instructors	Harri Soininen, Construction Manager Mika Lindholm, Principal Lecturer
<p>This thesis was made for Rakennusliike Lapti Oy. The purpose of the study was to provide a summary of the benefits and drawbacks of cast-in-place intermediate floors and hollow core slab intermediate floors in production of residential apartment buildings.</p> <p>The thesis investigated the history of concrete construction, concrete norms, production methods of concrete intermediate floors, as well as the advantages and disadvantages of concrete intermediate floor types from the production point of view. The research was based on literature in the field, instruction cards, lectures, building plans, interviews and my own experience.</p> <p>Comprehensive information was collected on the differences of construction technology between the floor types, factors affecting production and costs. On the basis of the research results, the costs clearly turned to the benefit of hollow core slabs, while the quality aspect favored the use of cast-in-place intermediate floors.</p> <p>On the basis of the results, it was found that the type of flooring that best suits each project must be selected on a project-by-project basis.</p>	
Keywords	concrete, intermediate floor, production

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Betonin ja betonirakentamisen historia	2
2.1	Betonin historia	2
2.2	Teräsbetonin historia	3
2.3	Elementtien historia	3
2.4	Betonirakentamisen historia Suomessa	4
2.5	Betonirakentaminen nykypäivän Suomessa	6
3	Betonin koostumus ja betoninormit	8
3.1	Betonin osa-aineet	8
3.1.1	Sementti	8
3.1.2	Kiviaines	8
3.1.3	Seosaineet	9
3.1.4	Vesi	9
3.1.5	Lisäaineet	10
3.2	Betoninormit	10
3.2.1	Toteutusluokat	11
3.2.2	Toleranssiluokat	12
3.2.3	Suunnittelukäyttöikä	12
3.2.4	Rasitusluokat	13
3.2.5	Raudituksen betonipeite	14
3.2.6	Betonirakenteen halkeilu	15
4	Betonirakennusten runkotyypit ja välipohjarakenteet	16
4.1	Runkotyypit	16
4.2	Ontelolaatta	19
4.3	Paikallavalulaatta	20
4.3.1	Muottijärjestelmät	21
5	Case Sompasaari	22
5.1	Projektit	22

5.1.1	As Oy Helsingin Flöitti Dianan kuja	22
5.1.2	Kaljaasi Auroran kuja 3	23
5.1.3	As Oy Helsingin Sompasaaren Tyyni	23
5.2	Menetelmät	24
5.2.1	Ontelolaatta	24
5.2.2	Saumavalut talviolosuhteissa	29
5.2.3	Paikallavalulaatta	30
5.2.4	Talvibetonointi	38
5.3	Työmaanaikaiset kustannukset	39
5.3.1	As Oy Helsingin Flöitti Dianan kuja	39
5.3.2	Kaljaasi Auroran kuja 3	39
5.3.3	As Oy Helsingin Sompasaaren Tyyni	41
5.4	Välipohjatyypin vaikutukset tuotantoon	41
5.4.1	Aikataulu	41
5.4.2	Työturvallisuus	42
5.4.3	Viimeistely- ja jälkityöt	42
5.4.4	Työnjohdon kanta	43
6	Yhteenveto	44
	Lähteet	45
	Liitteet	47

1 Johdanto

Opinnäytetyö sai alkunsa Rakennusliike Lapti Oy:n kiinnostuksesta selvittää asuinkerrostaloissa käytettävistä välipohjista järkevin vaihtoehto. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa vuosikymmeniä asuinkerrostaloissa käytettyjen betonivälipohjien hyviä ja huonoja puolia ja tuottaa yhteenveto niiden vaikutuksista sekä tuotannon kulkuun ja kustannuksiin, että rakennuksen yleiseen laatuvaikutelmaan.

Tutkimuksen lähdeaineistona käytettiin alan kirjallisuutta ja ohjekortteja, rakennuspiirustuksia, kustannusten toteumatietoja, luennoilta saatuja oppeja, haastatteluja sekä omaan kokemukseen pohjautuvaa tietotaitoa.

Opinnäytetyössä tutkimuskohteena käytettiin Helsingin Sompasaassa sijaitsevaa asuinkorttelia, jossa välipohjina on käytetty sekä ontelolaattoja, että paikalla valettuja laattoja. Opinnäytetyö rajattiin asuinkerrostaloihin ja juuri näihin kahteen välipohjatyypin.

2 Betonin ja betonirakentamisen historia

2.1 Betonin historia

Betonin alkulähteenä pidetään roomalaisten käyttämää sammutetusta kalkista, pozzolana-laavakivestä, kivimurskeesta ja vedestä sekoittamalla syntynyttä betonia muistuttavaa ainetta. Tämä roomalaisten taito vaipui kuitenkin unohduksiin kansainvaellusten aikana. Kalkkilaastia ja niin sanottua heikkoa betonia käytettiin rakennusaineina viimeistään renessanssista lähtien, mutta tulokset eivät olleet järin hyviä. [2]

Roomalaisten taidot herättivät Brittien kiinnostuksen 1700-luvun lopulla. Keinotekoista sementtiä valmisti ensimmäisenä englantilainen muurari Joseph Aspdin, joka patentoi keksintönsä vuonna 1824 ja nimesi sen rakennusaineena suositun luonnonkiven mukaan Portland-sementiksi. Nykyisen kaltaisen Portland-sementin keksi rakennusmestari Isaac Johnson vuonna 1844. [2]

Uudentyyppistä sementtiä mahtoi käyttää hienona jauhona, mikä mahdollisti sementin laajamittaisen käytön. Sementtiä voitiin valmistaa varastoon, kuljettaa pelipaikalle ja käyttöönottaa vasta tarpeen tullen sekoittamalla siihen vesi. Sementtitehtaita alkoi hiljalleen nousta ympäri maailmaa; ensimmäinen Englantiin vuonna 1843, toinen Saksaan 1850 ja sitten Venäjälle vuonna 1856. [2]

Alun alkaen sementtiä käytettiin kivimuurien laastisaumoissa sideaineena. Sementin kulutus lisääntyi, kun sementin, soran, hiekan ja veden sekoituksena syntyneestä betonimassasta alettiin valaa kappaleita muottiin. Betonimassan kovettumisen ohella syntynyt kemiallinen reaktio antoi massalle kivimäisen kiinteän rakenteen. Betonin ainekset sekoitettiin käyttökohteessa ja sen valmistustavat vaihtelivat käyttötarkoituksen mukaan. Betonin ominaisuuksia opittiin säätelemään 1900-luvun puolivälissä kemiallisilla lisäaineilla. [2]

Betonilla todettiin hyvä puristuslujuus, mutta vetolujuus havaittiin heikoksi. Vetolujuuden heikkous rajoitti betonin käyttömahdollisuuksia huomattavasti, koska siitä ei voinut valmistaa eri suunnista tulevia toispuoleisia rasituksia hyvin kestäviä rakennusosia. [2]

2.2 Teräsbetonin historia

Teräsbetoni syntyi 1800-luvun puolivälissä. Raudoitettun betonin varsinaisena luojana pidetään ranskalaista puutarhuria, Joseph Monieria, joka vuonna 1855 haki patentin kehittämälleen betonisten kukkamaljakoiden raudoitusmenetelmälle. Monier sovelsi periaatteitaan edelleen putkiin vuonna 1868, seinälevyihin 1869 ja siltoihin 1880. [1]

Vuonna 1848 ranskalainen Lampot oli jo suunnitellut veneen betonista. 1950-luvulta lähtien Amerikkalainen Oyatt kehitti vetoterästen teoriaa, jonka hän patentoi 1878. Englantilainen William Williamsen oli puolestaan jo vuonna 1854 patentoinut teräsbetonisillat. Betonista julkisivuelementtiä käytettiin ensimmäisen kerran vuonna 1882 valmistuneessa lontoolaisessa rivitalossa. Kantavia esivalmisteisia teräsbetonipalkkeja käytettiin jo 1890-luvun alussa Ranskassa. Täten oli luotu tekninen pohja betoniteollisuuden valoisalle tulevaisuudelle. [1]

2.3 Elementtien historia

Esivalmisteisten osien eli elementtien käyttöä oli aprikoitu jo ennen teräsbetonin syntyä. Elementtien kehityskulun varrelta on tuotava esiin kolme virstanpylvästä. Ensimmäinen tärkeä kokonaan elementeistä tehty rakennus oli arkkitehti Sir Joseph Paxtonin suunnittelema Crystal Palace. Lontoon vuoden 1851 maailmannäyttelyyn valmistuneen rakennuksen esivalmisteiset osat olivat rautaa, puuta ja lasia. Rakennus purettiin kolme vuotta myöhemmin ja kasattiin vielä kerran Sydenhamissa. [2]

Arkkitehti Eduard Coignet'n suunnittelema maailman ensimmäinen betonielementtivalimo valmistui vuonna 1891. Kyseisen valimon teräsbetonielementeillä pystytettiin kasino Biarritziin. Kolmas merkittävä askel oli italialaisen insinöörin, Nervin suunnittelema elementtitekniikalla rakennettu lentokonehalli. Vuonna 1936 valmistunut rakennus toimi vaativien rakenteiden hallinnan osoittavana taidonnäytteenä. [2]

2.4 Betonirakentamisen historia Suomessa

Suomessa ensikosketus sementtiin ja betoniin tapahtui 1800-luvun puolivälissä. Ensimmäisen kerran sementtiä käytettiin tiettävästi vuonna 1856 valmistuneen Saimaan kanavan rakennustöissä muurirakenteisiin. Tuolloin sementti oli vielä ulkomailta tuotua, mutta sementin ja betonin käytön hiljalleen yleistyessä alkoi Portland-sementin tuotanto myös Suomessa. Lähtökohdan suomalaiselle betonin valmistukselle merkitsi ensimmäisen sementtitehtaan käynnistyminen Keravan Saviolla vuonna 1869. [2]

Asuinkerrostaloissa välipohjat alkoivat vaihtua puurakenteisista teräsbetonisiin jo 1920-luvulla. 1930-luvulla suunnittelijat alkoivat luottaa betoniin myös kerrostalojen kantavissa pystyrakenteissa. Massiivisen teräsbetonilaatan käyttöä välipohjien kantavana rakenteena kokeiltiin asuinkerrostalojen teräsbetonirungon yhteydessä tuolloin ensimmäisiä kertoja. [2]

Esivalmisteisten betonituotteiden, kuten betoniputkien, harkkojen ja kaivonrenkaiden valmistus alkoi Suomessa jo vuosisadan vaihteessa. Paraisten Kalkki Oy alkoi valmistaa sementtiä näihin tuotteisiin Tanskasta vuonna 1913 ostetulla sementtiuunilla. Suomessa toimi noin 200 sementtituotealan yritystä jo 1920-luvulla. 1930-luvun talouskriisin takia sementtipohjaisia tiiliä alettiin tehdä itse alkeellisillä laitteilla sekä normaaliin rakentamiseen että rakennusten kattamiseen. Sotien jälkeen betoniteollisuuden menestystuotteita olivat kattotiilet, sementtitiilet, kaivonrenkaat ja kaapelikourut. Parhaimmillaan näitä tuotteita valmisti 450 valimoa. Talonrakentamisessa käytettäviä kantavia elementtejä alettiin käyttää vasta 1940-luvun lopulla. Alkuaan elementit valmistettiin työmaalla mahdollisimman lähellä rakennuspaikkaa. [1]

Suomeen perustettiin ensimmäinen kiinteä elementtitehdas diplomi-insinööri Matti Janhusen toimesta vuonna 1950. Nykyisiin elementtitehtaisiin verrattuna kyseessä oli pieni versta, jossa kuitenkin valmistettiin jännebetonipalkkeja, pilareita, seinäelementtejä, paaluja ja muita elementtejä. Arkkitehti Aarne Ervin suunnittelema vuosina 1952-53 valmistunut Helsingin yliopiston Porthania –rakennus oli ensimmäinen suurkohde, jossa käytettiin teräsbetonisia julkisivuelementtejä sekä esijännitettyjä välipohjaelementtejä ja palkkeja. [1]

Asuinrakennus-, teollisuusrakennus- ja varastorakennustuotannossa nopeasti suosio-
taan kasvattanut elementtirakentaminen oli 1960-luvun loppuun mennessä jo niin suu-
ressa suosiossa, että yli puolet mainitusta rakennustuotannosta koostui elementtiraken-
teista. [1]

1960-luvun joutuisan kehityksen myötä huomattiin, että alan teollistamiseksi tarvittiin ke-
hittynyttä standardisointia. Elementtirakentamisella saavutettu etu oli vähäistä element-
tituotannon lyhyiden sarjojen vuoksi. Vuonna 1967 aloitettiin elementtituotannon ja –ra-
kentamisen kannattavuuden parantamiseksi avoimen kansainvälisen BES-elementtijär-
jestelmän kehitystyö. Kehitystyön ansiosta varsinainen elementtijärjestelmä syntyi 1970-
luvun alussa. [1]

Suomessa otettiin heti BES-järjestelmän mukainen rakentaminen laajalti käyttöön. Jär-
jestelmä vaikutti huomattavasti rakennusalan toimialarationalisointiin ja teollistamiseen.
Sen ansiosta Suomesta tuli 70-luvun alkupuolella elementtirakentamisen kärkimaita
maailmassa. Betonialan yritykset rohkaistuivat uusiin investointeihin BES-hankkeen
myötä. Vuonna 1970 rakennettiinkin reilut 75 000 asuntoa, joissa betoni ja elementit oli-
vat vallitsevassa asemassa. Väkilukuun suhteutettuna tämä tarkoitti maailmanennätys-
vauhtia. [1]

Tuon ajan asuntohallituksen kireä kustannusten ohjaus, rakennusliikkeiden omat julkisi-
vutehtaat ja kova tarve rakentaa vauhdilla vaikuttivat siihen, että rakennusten estetiikkaa
ei juuri mietitty ja rakennetuista taloista tuli suorakulmion tehokkuutta ilmentäviä laati-
koita. Tieto useista betonin kestävyteen vaikuttavista tekijöistä, kuten raudotteiden kor-
roosio, pakkasen vaikutus betoniin sekä betonin lämpökäsittely, perustuivat tuolloin
melko lyhytaikaiseen kokemukseen. Tästä syystä osa julkisivuista tarvitsi peruskorjausta
vain 30-40 käyttövuoden jälkeen. [19]

Betonielementtistandardien tarjoamia muuntelumahdollisuuksia ei juuri käytetty hyväksi.
Yleisesti ottaen asuntojen pohjaratkaisuihin oltiin tyytyväisiä. Tarjosivathan modernit
pohjaratkaisut tilaa, valoa, keittiöitä, kylpyhuoneita ja parvekkeita. Muihin inhimillisen
asuinympäristön tekijöihin, kuten piharakenteisiin ei rahoitusta juuri myönnetty. [19]

Rakennetun ympäristön laadusta oli ehditty huolestua kansalaisia myöten 80-luvun alkuun tultaessa. Vuosikymmenen betonielementtirakentaminen näkyy pääkaupunkiseudulla mm. Länsi-Pasilan, Matinkylän, Kivenlahden sekä Leppävaaran asuinalueissa. [19]

80-luvulla alkanut pitkäjänteinen betonin kehitystyö on havaittavissa 90-luvun betonirakenteissa monimuotoistumisena. [19]

1990-luvun rakentamista suuntasivat arkkitehtuuri, rakennuksen elinkaarikustannukset, ympäristövaikutukset ja koko rakennuksen ominaisuudet. Rakentamisen asenteet ovat muuttuneet edellisen vuosituhatosen ajoista ja betoni tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia niin väri vaihtoehtojen kuin säilyvyyden kannalta. Nykyaikainen huolellisesti valmistettu betonituote on käyttäjälleen kaunis ja kestävä ratkaisu. [19]

Modernisoitunut betoniteollisuus kilpailee tuotantolähtöisyyden sijasta betonin ääni- ja kosteusteknisillä ominaisuuksilla, ympäristöystävällisyydellä, taloudellisuudella ja esteettisillä piirteillä. [19]

2.5 Betonirakentaminen nykypäivän Suomessa

Nykypäivän asuinkerrostalojen betonielementtijärjestelmä perustuu vanhaan BES-järjestelmään. Vaikka rakennedetaljit ja tuotantomenetelmät ovat kehittyneet, on perusratkaisu edelleen sama; kantavat seinät ja laatta -runko. [14]

Vertikaalisesti järjestelmä perustuu nykymääräysten mukaiseen kerroksen vähimmäiskorkeuteen 3000 mm ja pienimpään sallittuun huonekorkeuteen 2500 mm. Koska asuinkerrostalot suunnitellaan pääsääntöisesti minimikerrosvaatimusten mukaan, jää välipohjalle ja tekniikkavedoille tuolloin tilaa korkeintaan 500 millimetriä. [14]

Runkojen vaakarakenteena käytetään joko tasapaksuista massiivista laattaa tai esijännitettyjä 1200 mm leveitä ontelolaattoja. Asuntojen väliset seinät tehdään betonista, jotta ne täyttäisivät ääni- ja palotekniset vaatimukset. Kantavien väliseinien paksuudet ovat 180 mm tai 200 mm. Ulkoseinien sisäkuori on rakennuksen päädyissä kantava ja paksuudeltaan yleensä 150 mm. Huoneistojen sisäiset seinät ovat ei-kantavia ja kevytrakenteisia. [3, 14]

Taloteknisten laitteiden melun karsimiseksi märkätilat pyritään sijoittamaan päällekkäin. Märkätiloja tehdään paikalla kivirakenteisina, levyrakenteisina tai erillisillä tilaelementeillä. LVI-tekniikka on keskitetty pystynousuihin, jotka kulkevat yleensä samassa kohdassa päällekkäisten asuntojen läpi. Pystynousut tehdään yleensä esivalmisteisilla hormielementeillä. Vaakavedot viedään kellaritiloissa tai alapohjan alla. [14]

Rakennusrungot jäykistetään porras- ja hissikuiluilla sekä kantavilla seinillä. Jäykistävät betoniseinät koostuvat tyypillisesti erillisistä betonielementeistä, jotka yhdistetään liitoksilla yhtenäisiksi levyiksi. [14]

Rakennukseen kohdistuvat vaakavoimat siirretään jäykistäville seinille jäykkien välipohjalaattojen välityksellä. Elementeistä tehdyt laatastot yhdistetään rengas- ja saumauradoituksella sekä saumavalulla jäykiksi yhtenäisiksi laatoiksi. [14]

3 Betonin koostumus ja betoninormit

3.1 Betonin osa-aineet

Betonin pääainesosat ovat kiviainekset, sementti ja vesi. Betonissa voidaan käyttää näiden lisäksi myös erilaisia lisä- ja seosaineita tuoreen betonimassan työstettävyyden parantamiseksi. [14]

Betonin osa-aineiden suhteita säätelemällä kyetään muuttamaan betonin ominaisuuksia. Tätä kutsutaan betonin suhteitukseksi. Seossuhteiden määrittämisellä ja ainesosien laadulla on merkittävä vaikutus betonin ominaisuuksiin. [14]

3.1.1 Sementti

Sementti on hienojakoiseksi käsitelty epäorgaaninen materiaali, joka muodostaa lujan ja pitkäikäisen lopputuotteen reagoidessaan veden kanssa niin ilmassa, kuin veden alla. Sementin ja veden reaktiotuotteena on sementtikivi, joka liittyy yhteen betonimassan ainesosat. Sementtikivi tunnetaan myös nimillä sementtiliima ja sementtipasta. [14]

Sementti vaikuttaa merkittävästi sekä tuoreen että kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Sementin kemiallisella koostumuksella on erityinen vaikutus betonin työstettävyyteen, lämmön- ja lujuudenkehitykseen sekä betonin säilyvyyteen. [14]

3.1.2 Kiviaines

Kiviaineksella tarkoitetaan yleisesti rakentamisessa käytettävää rakeista materiaalia, kuten hiekkaa, soraa ja kalliomursketta. Koska kiviaineksen tilavuusosuus betonissa on suuri, noin 65...80%, on kiviainesten ominaisuuksilla merkittävä vaikutus betonin ominaisuuksiin. Koska kiviainesta tarvitaan betonin valmistukseen paljon, sitä tulee olla riittävästi ja helposti saatavilla, eivätkä sen kustannukset saa olla kovin korkeat. Betonin kiviaineksista käytetään usein myös nimitystä betonin runkoaine. [14]

Luonnon kiviaineksista betonissa voidaan käyttää tavanomaisia raskaita malmipitoisia kiviaineksia tai kevyitä vulkaanisia kiviaineksia. Suomessa betonin kiviaineksena käytetään tyypillisesti graniittipohjaista luonnonkiviainesta. Myös keinotekoisia materiaaleja kuten kevytsoraa, tai niin kutsuttuja uusiokiviaineksia (kierrätetyt materiaalit) kuten ferrokromikuonaa, lentotuhkaa, masuunikuonaa sekä betoni- tai tiilimursketta voidaan käyttää kiviaineksena. [14]

3.1.3 Seosaineet

Sementissä käytettävien seosaineiden käyttö vähentää sementin tuotannon aiheuttamaa ympäristökuormaa, mutta seosaineiden käytöllä on myös useita suotuisia vaikutuksia sementin ominaisuuksiin. Kuonan piilevät hydrauliset ominaisuudet aktivoituvat sementin ja veden reaktiossa syntyvän kalsiumhydroksidin vaikutuksesta ja kuona kasvat-
taa lujuutta lähes yhtä paljon kuin sementtiklinkkeri. Kuonan lujuusreaktiot tuottavat kuitenkin vähemmän lämpöä, joten siitä on hyötyä massiivisten betonirakenteiden valussa. [16]

Betonin side- ja runkoaineena saatetaan käyttää myös mineraalisia seosaineita, joihin kuuluvat lentotuhka, masuunikuonajauhe, jauhegranuloitu, pelletoitu tai ilmajähdytetty masuunikuona, ilmajähdytetty ferrokromikuona, sekä silika. [14]

3.1.4 Vesi

Vettä voi yleensä käyttää betonin valmistamiseen, jos se näyttää puhtaalta, ei haise eikä maistu pahalta. Vesijohtoverkosta otettu vesi sekä juomakelpoinen luonnonvesi soveltuvat lähestulkoon aina betonin valmistukseen. Lisäksi betonin valmistuksessa voidaan käyttää betoniteollisuuden prosessista talteen otettua vettä eli kierrätysvettä, mutta sen soveltuvuudesta on ensin varmistuttava. Luonnon pintavedet ja muun teollisuuden jätevedet eivät ilman tarkempaa tutkimusta kelpaa betonin valmistukseen. Viemäriverdet eivät koskaan sovellu betonin raaka-aineeksi. Betonointiin käytettävä vesi ei myöskään saa vaahdota, sisältää paljoa levää tai muita pieneliöitä. [14]

3.1.5 Lisäaineet

Betonin ominaisuuksia voidaan osa-aineiden valinnan ja seossuhteiden määrittämisen lisäksi säädellä myös erilaisilla lisäaineilla. Näillä lisäaineilla voidaan vaikuttaa niin tuoreen betonimassan, kuin kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Betonin teknisiä ominaisuuksia ja taloudellista kilpailukykyä pyritään parantamaan nimenomaan lisäaineita käyttämällä. Esimerkiksi pakkasenkestävän betonin ja korkealujuusbetonin valmistus on erittäin vaikeaa ilman lisäaineita. [14]

Lisäaineiksi katsotaan erilaiset notkistimet, huokostimet, hidastimet ja kiihdyttimet. Markkinoilla on myös monia muita betonin ominaisuuksia parantavia lisäaineita, joista käytetyimpiä ovat jäätyminenkestoa parantavat lisäaineet. Näillä niin sanotuilla pakkaslisäaineilla voidaan vaikuttaa betonissa olevan veden jäätympisteeseen ja estää betonin jäätyminen alle 0 °C:n lämpötiloissa. Aineiden käytöllä on kuitenkin rajoituksia, eikä niitä tule käyttää vaativimmissa rasitusluokissa. [14]

Lisäaineiden määrät betonissa ovat vähäisiä verrattuna muihin betonin osa-aineisiin. Lisäaineiden kokonaismäärä ei saa ylittää lisäaineen valmistajan suosittelemaa suurinta annostusta eikä ylittää määrää 50 g lisäainetta/kg sementtiä, paitsi jos tunnetaan suuremman määrän vaikutus betonin toiminnallisiin ominaisuuksiin ja säilyvyyteen. Lisäainemäärän ollessa vähemmän kuin 2 g/kg sementtiä, tulee lisäaine laimentaa pieneen määrään betonin valmistukseen käytettävää vettä. Kun nestemäisen lisäaineen kokonaismäärä on suurempi kuin 3 l/m³ betonia, lisäaineen vesimäärä otetaan huomioon vesi-sementtisuhdetta laskettaessa. [14]

3.2 Betoninormit

Betoninormit ovat betonirakentamista ohjaavia olennaisia ohjeita ja määräyksiä lainsäädännössä esitettyjen vaatimusten täyttämiseksi. Ohjeet on tarkoitettu etenkin työmaatoimintojen ohjaamiseen, mutta niitä voidaan käyttää apuina myös rakennesuunnittelussa ja betonin valmistamisessa. Betoninormit sisältävät eurokoodeilla suunniteltujen kantavien betonirakenteiden säilyvyysuunnittelua, valmistusta, laadunvalvontaa ja vaatimuksenmukaisuuden osoittamista koskevat ohjeet. Ohjeita noudatetaan kokonaisuudessaan paikalla valetuissa betonirakenteissa. Tehdasvalmisteisissa betonirakenteissa

ohjeita noudatetaan betonin valmistuksen, laadunvalvonnan ja vaatimuksenmukaisuuden osoittamisen osalta. [20]

3.2.1 Toteutusluokat

Työmaalla tehtävien betonirakenteiden toteuttamiselle asetetut vaatimukset on jaettu rakenteiden vaativuuden mukaan kolmeen toteutusluokkaan; 1, 2 tai 3, joista toteutusluokka 3 on vaativin. Muualla kuin työmaalla valmistettujen betonivalmisteiden osalta toteutusluokat koskevat vain niiden asennusta työmaalla. [20]

Rakenteen toteutusluokka määräytyy standardin SFS-EN 1990 *Betonirakenteiden suunnittelunperusteet* ja seuraamusluokkien (CC1, CC2 ja CC3) sekä rakenteen käyttöön ja toteutukseen kuuluvien riskitekijöiden perusteella. Toteutusluokat määräytyvät seuraavasti:

- CC3 seuraamusluokan rakennukset kuuluvat toteutusluokkaan 3.
- CC2 seuraamusluokan rakennukset kuuluvat vähintään toteutusluokkaan 2.
- Korkealujuusbetonista valmistettavat rakenteet kuuluvat toteutusluokkaan 3; korkealujuusbetoniksi katsotaan normaalipainoinen, mutta lujuusluokaltaan lujempi kuin C50/60 betoni.
- Toteutusluokkaan 3 kuuluvat sellaiset rakenteet ja rakenneosat, joiden toteutus katsotaan erityisen vaativaksi tai joiden valmistaminen niiden rakenteellisen toiminnan varmistamiseksi edellyttää erityistä huolellisuutta.
- Mikäli rakenteiden suunnittelussa on käytetty toleranssiluokkaa 2 ja sen mahdollistamia pienennettyjä osavarmuuslukuja, kuuluu rakenteen toteutus toteutusluokkaan 3.

Toteutusluokkaan voi sisältyä koko rakenne, rakenteen osa tai toteutuksessa käytetty materiaali tai menetelmä. Toteutusluokka määrittelee työmaalla suoritettavan laadunvalvonnan ja dokumentaation tason. Toteutusluokan on käytävä ilmi toteutusasiakirjoissa. [20]

3.2.2 Toleranssiluokat

Rakenteelliset toleranssit jaetaan kahteen luokkaan: normaalitoleransseja vastaava toleranssiluokka 1 ja erityistoleransseja vastaava toleranssiluokka 2. [20]

Toleranssiluokka 1 vastaa normaalitoleranssia, joka saavutetaan tavallisella työsuorituksen ja tarkastuksen tasolla. Toleranssiluokassa 1 sallitut mittapoikkeamat täyttävät standardin SFS-EN 1992 suunnitteluoletukset ja vaaditun varmuustason sekä liittyvät kyseisen standardin kohdan 2.4.2.4 mukaisiin materiaaliosavarmuuslukuihin. [20]

Toleranssiluokka 2 on tarkoitettu käytettäväksi standardin SFS-EN 1992-1-1 liitteestä A ilmi käyvien pienennettyjen materiaaliosavarmuuslukujen kanssa. Pienennettyjä materiaalien osavarmuuskertoimia voidaan käyttää ainoastaan toteutusluokassa 3 ja vain silloin, kun käytettäväksi määritellään toleranssiluokka 2. Toleranssiluokan 2 käyttö toteutusluokassa 3 on vapaaehtoista. [20]

Kun rakenne on määritelty toleranssiluokan 2 mukaiseksi, edellytetään rakennuspaikalla laadunvalvontajärjestelmää, joka pitää epäedulliset mittapoikkeamat sallittujen rajojen sisällä, sekä tarkempaa tarkastustoimintaa ja dokumentaatiota suunnitteluoletusten toteutumisesta. Tällöin puhutaan käytännössä toteutusluokasta 3. [20]

3.2.3 Suunnittelukäyttöikä

Suunnittelukäyttöiän määritelmä on ajanjakso, jonka ajan betonirakenteen ominaisuudet valitulla todennäköisyydellä säilyvät rakenteelta vaadittavalla tasolla edellyttäen, että sitä pidetään asianmukaisessa kunnossa. Suunnittelukäyttöikä arvioidaan normaalisti 95 %:n varmuustasolla käyttäen log-normaalista jakaumaa. Tämä tarkoittaa sitä, että suun-

nittelukäyttöiän ollessa 50 vuotta 5% kyseisistä rakenteista voi vaurioitua ennen 50 ikävuotta, puolet kestää lähes 150 vuotta ja pitkäikäisimmät kohdat voivat kestää peräti 300 vuotta. [20]

Suunnittelukäyttöikä on siis käytännössä aikajakso, jonka rakenne kestää ilman korjaustarvetta edellyttäen, että rakenteesta pidetään huolta. Suunnittelukäyttöiän ylittyttyä rakenteen käyttöikä on jatkettavissa suhteellisen paikallisilla korjaustoimenpiteillä. Rakenteen vauriotodennäköisyyttä voidaan olennaisesti pienentää valitsemalla pidempi käyttöikä, esimerkiksi 100 vuotta 50 vuoden sijaan. [20]

Suunnittelukäyttöiän edellytysten täytyminen määrittellään epäsuorasti betonin laatua koskevien parametrien, rakennemittojen ja muiden käyttöikään vaikuttavien tekijöiden avulla. [20]

3.2.4 Rasitusluokat

Rasitusluokat asetetaan rakenteille ympäristöolosuhteiden mukaan. Rasitusluokkia on yhteensä 18 ja ne jaetaan viiteen pääluokkaan seuraavasti:

Ei korroosion tai syöpymisrasituksen riskiä, X0-luokka:

Ympäristö ei haittaa rakenteen käyttöikä. Tällaisissa rakenteissa ei ole raudoitusta tai raudoitettu rakenne on kuivissa olosuhteissa, eikä siihen kohdistu pakkarasitusta. [22]

Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio, XC-luokat:

Betoni suojaa raudoitusta ruostumiselta sekä fysikaalisesti että kemiallisesti. Kemiallinen suoja pohjautuu betonin korkeaan emäksisyyteen (pH noin 13-14), jolloin teräksen pinnalle syntyy tiivis oksidikalvo. Betonin emäksisyys laskee, kun se reagoi ilman hiilidioksidin kanssa. Tätä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Raudoituksen kemiallinen suoja häviää, kun betonin pH laskee alle yhdeksän ja tällöin teräksen korroosio voi alkaa. Karbonatisoitumisnopeus riippuu ympäristöolosuhteista, betonin koostumuksesta ja betoni-
peitteen paksuudesta. [22]

Kloridien aiheuttama korroosio, XD- ja XS-luokat:

Kloridit voivat käynnistää teräksen korroosion huolimatta betonin emäksisestä ympäristöstä. Teräskorroosiosta johtuva terästen poikkipinnan pieneneminen ja korroosiotuotteista seuraava betonipeitteen lohkeaminen lyhentävät oleellisesti rakenteen elinikää. Raudoituksen riittävä betonipeite, mahdollisimman tiivis betoni sekä pienet halkeamaleveydet ovat tehokkain suoja klorideista juontuvaa korroosiota vastaan. [22]

Jäätymis-sulamisrasitus, XF-luokat:

Pakkasrapautumisen betonissa aiheuttaa etupäässä kapillaarihuokosissa jäätyvä vesi. Betoniin kohdistuva pakkasrasitus lisääntyy, kun mukana on suoloja. Suolat aiheuttavat sen, että betoniin imeytyy kosteutta entistä alhaisemmissa lämpötiloissa, minkä lisäksi suolat kasvattavat jäätymispainetta. Betonin pakkasenkestävyyttä voi parhaiten parantaa betonin huokoistamisella. [22]

Kemiallinen rasitus, XA-luokat:

Suomessa betonin kemiallinen vaurio johtuu tyypillisesti siitä, että betoniin kulkeutuu ympäristöstä aineita, jotka joko happamina liuottavat sementin hydrataatiotuotteita ja heikentävät niiden ominaisuuksia tai paisuttavat sementtikiveä ja sitä kautta vaurioittavat rakennetta. Kemiallisen korroosion edellytyksenä on se, että haitallisten aineiden lisäksi betonissa on vettä jossain muodossa. Tavallisimpia betonille vahingollisia aineita ovat mm. sulfaatit, hapot ja aggressiivinen hiilidioksidi. [22]

3.2.5 Raudoituksen betonipeite

Raudoituksen betonipeite on betonipinnan ja sitä lähinnä olevan raudoituksen pinnan välinen etäisyys. Betonipeitettä määritettäessä huomioidaan sekä haat että työteräkset. Betonipeitteen vähimmäisarvon tulee olla niin suuri, että sillä voidaan taata terästen tartuntavoimien siirtyminen, terästen säilyvyys sekä rakenteen riittävä palonkestävyys. [20]

3.2.6 Betonirakenteen halkeilu

Betoniin muodostuu halkeamia sen vetolujuuden ylittyessä. Rakenteen staattisen toiminnan, säilyvyyden ja ulkonäön kannalta on tärkeää, että halkeilu on hallittua ja halkeamat leveydeltään pieniä. Betonin halkeilua voidaan rajoittaa sekä suunnittelemalla rakenne oikein että valitsemalla sopiva betonin koostumus, työn suoritustapa ja jälkihoitomenetelmä. [14]

Betonirakenteen halkeilu tulee rajata minimiin siten, ettei se haittaa rakenteen toimintaa, säilyvyyttä eikä vaikuta ulkonäköön haitallisesti. Halkeamien muodostuminen voidaan sallia pyrkimättä rajoittamaan niiden leveyttä, mikäli ne eivät haittaa rakenteen toimintaa. [20]

4 Betonirakennusten runkotyypit ja välipohjarakenteet

4.1 Runkotyypit

Rakennuksen rungolla tarkoitetaan perustusten yläpuolista, kuormia kantavaa ja rakennuksen jäykistävää rakennekokonaisuutta. Rungon päätarkoitus on johtaa rakennukseen kohdistuvat kuormat perustuksille. Runko koostuu palkeista, pilareista, laatoista ja seinistä. Rakennuksen rungolta vaaditaan riittävää lujuutta ja jäykkyyttä, jotta se kestää siihen syntyvät rasitukset säilyttäen muotonsa, sekä riittävää varmuutta murtumista, siirtymistä ja taipumista vastaan. [23]

Betonirakennusten runkotyypit voidaan jaotella rakentamistavan mukaan:

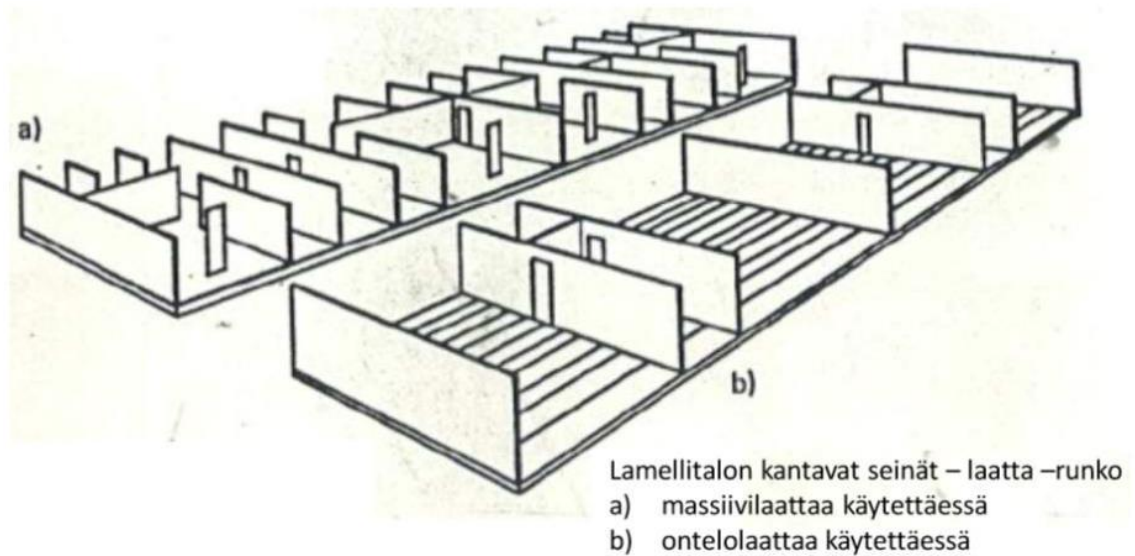
- Paikalla valettu
- Osaelementti
- Täyselementti

Tai rungon rakennusosien mukaan seuraavasti:

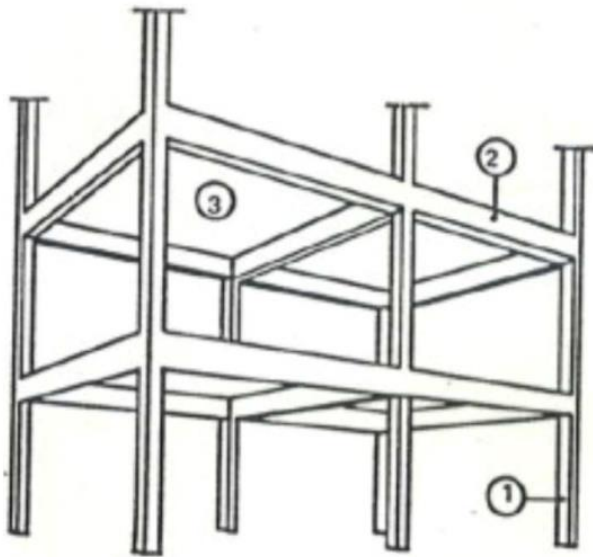
- Kantavat seinät-laatta -runko
- Pilari-palkki-laatta -runko
- Pilari-laatta -runko

Kantavat seinät-laatta runko, eli niin kutsuttu kirjahyllyrunko on yleisesti käytetty asuinrakennuksissa. Runko koostuu kantavista seinistä ja niihin tukeutuvista laatoista. Tässä runkotyyppissä seinät toimivat jäykistävinä elementteinä seinän tason suunnassa, mutta ei seinää vastaan kohtisuorassa suunnassa. Siksi kantavia seiniä tulisi olla rakennuksen kummassakin pääsuunnassa. Nykyaikaisissa asuinkerrostaloissa elementtirakentaminen toteutetaan yleensä näin. Jos kantavat seinät ovat vain yhdessä suunnassa, pitää

rakennus jäykistää toiseen suuntaan joko porrashuoneiden sydänmastojäykistyksellä tai levyjäykistyksellä ei-kantavien seinien avulla. [23]

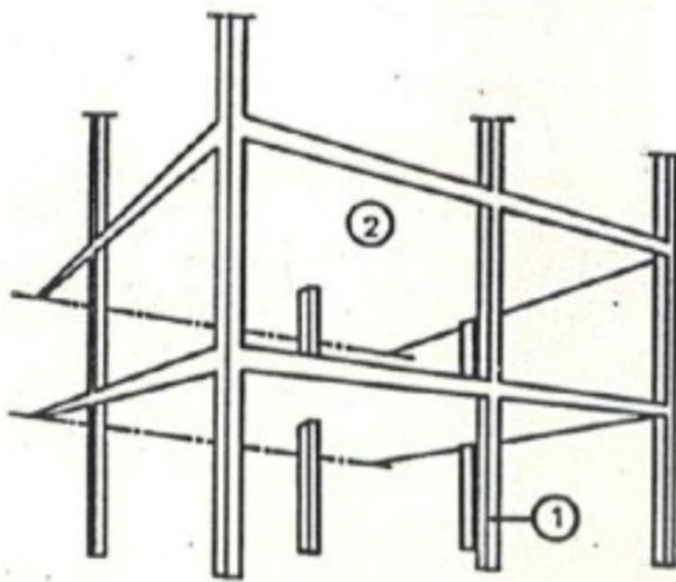


Pilari-palkki-laatta rungossa laatat tukeutuvat palkkeihin, palkit pilareihin ja pilarit välittävät pystykuormat perustuksille. Laattoina käytetään tyypillisesti ontelolaattoja, palkkeina leukapalkkeja ja pilareina 2-3 kerroksen korkuisia elementtipilareja. Rakenteen jäykitys hoidetaan joko sydänmastojäykistyksellä, jossa porrashuoneet toimivat jäykistävänä pystyrakenteena ja välipohjalaatat jäykistävänä vaakarakenteena. Matalina, muutamman kerroksen korkuisina paikallavalettuina rakennuksina pilari-palkki-laatta-runko pysyy sellaisenaan jäykistämään itsensä niin sanotun kehäjännityksen avulla. Runkorakenne on tyypillinen toimisto- ja liikerakennuksissa. [23]



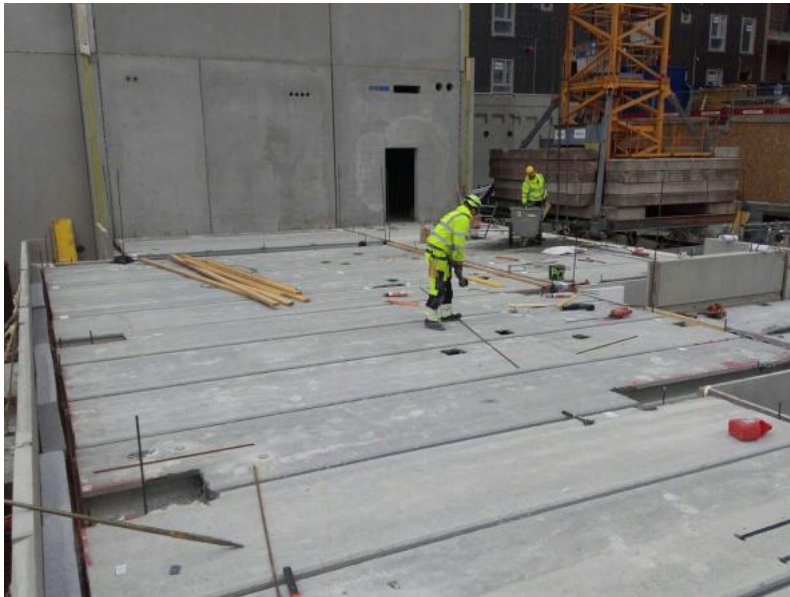
1 pilari, 2 palkki, 3 laatta

Pilari-laatta rungossa laatat tukeutuvat suoraan pilareihin ilman palkkeja. Laatat ovat paikallavalettuja teräsbetoni- tai jännebetonirakenteita ja pilarit ovat joko paikalla valettuja tai elementtipilareita. Jännebetonilaatat jännitetään tartunnattomilla jänteillä, jolloin on mahdollista käyttää pitkiä jännevälejä ja monimuotoisia laattaratkaisuja. Rakenne pitää jäykistää joko porrashuoneiden muodostamalla sydänmastojäykistyksellä tai ristikolla. Runkorakenne on tyypillinen toimisto- ja liikerakennuksissa. [23]



1 – pilari, 2 – laatta

4.2 Ontelolaatta



Kuva 1. Rengas- ja saumaraudoitustyö käynnissä ontelokentällä.

Teollisen järjestelmärakentamisen päämääränä on pyrkiä mahdollisimman nopeaan ja taloudelliseen rakentamiseen. Nämä tavoitteet johtavat työmaalla tehtävän työn vähene- miseen, sillä elementit pyritään viimeistelemään jo tehtaassa. [1]

Nopeaan runkorakentamiseen kuuluu koko rungon elementointi, lohkorakentaminen, selkeät elementtirakenteiset jäykistysratkaisut ja vakioidut liitosratkaisut. [1]

Betonirunkoisissa rakennuksissa yleisimmin käytetty elementtilaattatyyppeä on ontelo- laatta. Ontelolaattoja käytetään ala-, ylä- ja välipohjissa niin asuin-, liike- kuin teollisuus- rakennuksissakin. [4]

Ontelolaatat ovat esijännitetyjä laattaelementtejä, joissa on koko laatan mittaisia onka- loita laatan keventämisen vuoksi. Ontelolaattojen valussa käytetään C40-C70 lujuista betonia. Laatat valetaan liukuvaluna pitkien teräksisten valupetien päälle. Valussa käy- tettävä massa on niin jäykkää, että valukoneen muotoilema ja tiivistämä laatta säilyttää alustalla muotonsa ilman erillistä muottia. [4]

Laatoissa olevien onteloiden korkeus, määrä ja muoto vaihtelevat ontelolaatan korkeuden mukaan. Ontelolaattojen valmistuspaksuudet ovat 150, 200, 265, 320, 370, 400 ja 500mm. Vakioleveys ontelolaatoilla on 1200mm. Ontelolaatoilla päästään jopa kahdenkymmenen metrin jänneväleihin asti. [4]

4.3 Paikallavalulaatta

Paikallavalurakentaminen on parhaimmillaan nopea, taloudellinen sekä varsin tehokas teollinen rakentamisprosessi. Edellytyksenä on hyvä rakennus- ja rakennesuunnittelu, toteutussuunnittelu sekä teollisten tuotantomenetelmien käyttö. Paikallavalurakenteen suunnittelu tarjoaa sekä arkkitehdille että rakennussuunnittelijalle monipuolisia, teknisiä mahdollisuuksia. Paikallavalukohteissa rakennus voidaan muotoilla vapaasti. [1]

Paikallavaluvaihtoehto lisää suunnittelijan vapautta niin rakennuksen ulkoisen ilmeen, kuin sisätilojen suunnittelussa. Muun muassa julkisivun ulokkeet, sisennykset ja kaaret ovat helposti toteutettavissa. [1]

Paikallavalutekniikan tarjoamiin mahdollisuuksiin kuuluu myös täysin vapaa rakenteiden muotoilu. Muodokkaampia rakenteita käytetään yleensä arvokkailla paikoilla sijaitsevissa merkittävissä rakennuksissa. [1]

Arkkitehtonisten mahdollisuuksien lisäksi paikallavaletulla rungolla on monia rakenteellisia etuja, kuten tilojen muunneltavuus, rakenteellinen jatkuvuus, hyvä ääneneristävyys sekä sisätilojen vaihteleva aukotusmahdollisuus. Paikallavaletulla, yli tukien jatkuvalla rakenteella on elementtirunkoon nähden huomattavasti parempi kuormien jakokyky. Sen ansiosta rakennuksessa pystytään myöhemmin tekemään muutoksia, jotka edellyttävät alkuaan suunnittelussa käytetyn hyötykuorman eli muuttuvan kuorman paikallista keskittämistä ja korottamista. Yhdessä tai useammassa alueessa on silloin mahdollista sallia suurempi hyötykuorma, kun viereisissä alueissa tehdään vastaavasti sallitun hyötykuorman pienennys. [1]

Suunnittelun laadusta ei tarvitse tinkiä, sillä suunnitteluun jää aikaa tiukastikin aikataulutetuissa projekteissa. Toteutussuunnittelun työmäärä on vähäinen ja tuotettavia piirustuksia on huomattavan vähän elementeistä koottavaan rakennukseen verrattuna. [1]

4.3.1 Muottijärjestelmät

Muottijärjestelmiä on kolme pääryhmää; pystyrakenteiden muotit, vaakarakenteiden muotit ja erityismuotit. Pystyrakenteiden muoteilla tehdään esimerkiksi seinät ja pilarit ja vaakarakenteiden muoteilla holvit ja sillan kannet. Erityismuotteja käytetään sekä pystyettä vaakarakenteissa kyseisen muottitekniikan edellyttämällä tavalla. [14]

Vaakarakenteiden muotteihin kuuluvat pöytämuotit, holvikasettijärjestelmät, vakiopalkit ja muottilevyt -järjestelmät, palkkimuotit, sekä paikalla tehdyt lauta- ja levymuotit. Vaakarakenteiden järjestelmämuotteihin kuuluvat myös olennaisena osana tuentakalusto ja tuentarakenteet. [14]

Asuinrakennuksissa usein käytetty vakiopalkit ja muottilevyt -järjestelmä koostuu pystytukiin tai tukitorneihin kiinnitettävistä pudotuspäistä sekä näiden päälle asennettavista vakiopalkeista (primääripalkeista ja niskapalkeista), jotka ovat vakiomittaisia puupalkkeja. Vakiopuupalkkeihin kuuluvat lisävarustuksena palkkituet, joilla normaalikokoisten palkkien asennus ja erityisesti purku käyvät nopeasti ja materiaalia säästävästi. Vakio-puupalkkien päälle asennetaan sekundääripalkit (koolaus) ja sekundääripalkkien päälle varsinainen muottipinta, joko vanerilevyt tai puulevyt. [14]

5 Case Sompasaari

Helsingin Sompasaaren merelliseen ympäristöön rakennetaan asuinalue noin 3000:lle uudelle asukkaalle. Alue muodostuu kahdeksasta asuinkorttelista ja yhdestä hotelli- ja kylpylärakennusten korttelista, minkä lisäksi alueelle tulee kaksi rantakatua, kaksi kanaavaa ja kortteleiden sisään muotoutuva puistoalue. [24]

Rakennusliike Laptin suunnittelema Diana-niminen korttelialue sijoittuu meren rantaan. Korttelialue koostuu neljästä tontista ja sijaitsee Aallonhalkojan (rantakatu), Flöitti Dianan kujan, Loviseholminpolun ja Kaljaasi Auroran kujan rajaamalla alueella. Kortteli on saanut nimensä Kapteeni Sundmanin kolmimastoisesta kauppalaivasta, Flöitti Dianasta. [24]

Korttelialueelle rakennetaan asuntoja noin 14 200 neliömetrin ja liiketiloja kolmensadan neliömetrin edestä. Asuntoja kokonaisuuteen syntyy yhteensä 247 kappaletta. Rakennusten kerrosmäärä vaihtelee neljän ja kolmentoista kerroksen välillä. Taloihin tulee sekä tilavia perheasuntoja, että yksiöitä ja kaksioita. Korttelin sisälle rakennetaan suojaisia korttelipiha, jossa riittää tilaa kaikenikäisille asukkaille. [24, 25]

5.1 Projektit

5.1.1 As Oy Helsingin Flöitti Dianan kuja

”Asunto Oy Helsingin Flöitti Dianan kuja 4 on 4-8-kerroksinen kaksipiortainen yhteensä 42 huoneistoa käsittävä asuinkerrostalo. Huoneistoala on 2568 m², kokonaisala 4208 m², tilavuus 14295 m³. Tontin pinta-ala on 949 m², kaavassa osoitettu rakennusoikeus 3150 m².” [26]

”Rakennusten kantavat pystyrakenteet ovat pääosin elementtirakenteisia teräsbetoniseiniä. Julkisivut ovat tavallisesti tiilestä paikalla muurattuja sisäkuorielementein. Luhtikäytävän seinässä ja A-portaan päätyseinässä käytetään tiililaatta-pintaisia sandwich-elementtejä. Ala-, väli- ja yläpohjat ovat ontelolaattaelementtejä. Pesu- ja WC-tilojen koh-

dalla käytetään erikoissuunnitelmien mukaisesti kolottua ontelolaattaa. Portaot ovat pääosin teräsbetonielementtejä. Porrashuoneiden kerrostasot ovat massiivilaattaelementtejä.” [26]

5.1.2 Kaljaasi Auroran kuja 3

”Kaljaasi Auroran kuja 3 on 4-13-kerroksinen kaksiportainen yhteensä 116 huoneistoa käsittävä asuinkerrostalo. Huoneistoala on 3926 m², kokonaisala 7175 m², tilavuus 23863 m³. Tontin pinta-ala on 1286 m², kaavassa osoitettu rakennusoikeus 4900 m².” [27]

”Rakennusten kantavat pystyrakenteet ovat pääosin elementtirakenteisia teräsbetoniseiniä. Julkisivut ovat tavallisesti tiilestä paikalla muurattuja matalissa osissa sisäkuorielementein ja tornissa sandwich-elementein. Luhtikäytävän seinässä ja B-portaan päätyseinässä käytetään tiililaatta-pintaisia sandwich-elementtejä. B-portaan ja loftin ala-, väli- ja yläpohjat ovat ontelolaattaelementtejä. Pesu- ja WC-tilojen kohdalla käytetään erikoissuunnitelmien mukaisesti kolottua ontelolaattaa. Tornin ala- väli- ja yläpohjat ovat pääosin paikalla valettuja. Portaot ovat pääosin teräsbetonielementtejä. Porrashuoneiden kerrostasot ovat massiivilaattaelementtejä.” [27]

5.1.3 As Oy Helsingin Sompasaaren Tyyni

”Asunto Oy Helsingin Sompasaaren Tyyni on 6-8-kerroksinen ja neljäportainen kerrostalo, jossa on 89 asuinhuoneistoa ja 3 liikehuoneistoa. Asuntojen huoneistoala on 5141 m² ja liiketilojen huoneistoala 284 m². Kokonaisala on yhteensä 8105 m² ja tilavuus 27360 m³. Tontin 2 pinta-ala on 1227 m² ja tontin 4 ala 899 m². Kaavassa osoitettu rakennusoikeus tontille 2 on 3400 m² asuntokerrosalaa ja 150 m² liikekerrosalaa. Tontin 4 rakennusoikeus on 2750 m² asuntokerrosalaa ja 150 m² liikekerrosalaa.” [28]

”Rakennusten kantavat pystyrakenteet ovat pääosin elementtirakenteisia teräsbetoniseiniä. Julkisivut ovat tavallisesti tiilestä paikalla muurattuja sisäkuorielementein. Vesikattojen päältä nousevissa ulkoseinissä käytetään tiililaattapintaisia sandwich-elementtejä.

Alapohjat ovat ontelolaattaelementtejä, väli- ja yläpohjat ovat betonisia paikallavalulautoja. Portaat ovat pääosin teräsbetonielementtejä. Porrashuoneiden kerrostasot ovat massiivilaattaelementtejä.” [28]

5.2 Menetelmät

Sompasaassa välipohjia on tehty sekä ontelolaatoilla, että paikallavaluna. Paikallavaluissa on käytetty vakiopalkit ja muottilevyt -järjestelmää, joka soveltuu etenkin monimuotoisiin, pienehköihin holveihin, kuten asuinkerrostaloihin.

5.2.1 Ontelolaatta

Kun työkohteen aloitusedellytykset, työssä käytettävä kalusto ja työturvallisuus on kunnossa, etenee onteloasennus seuraavasti:

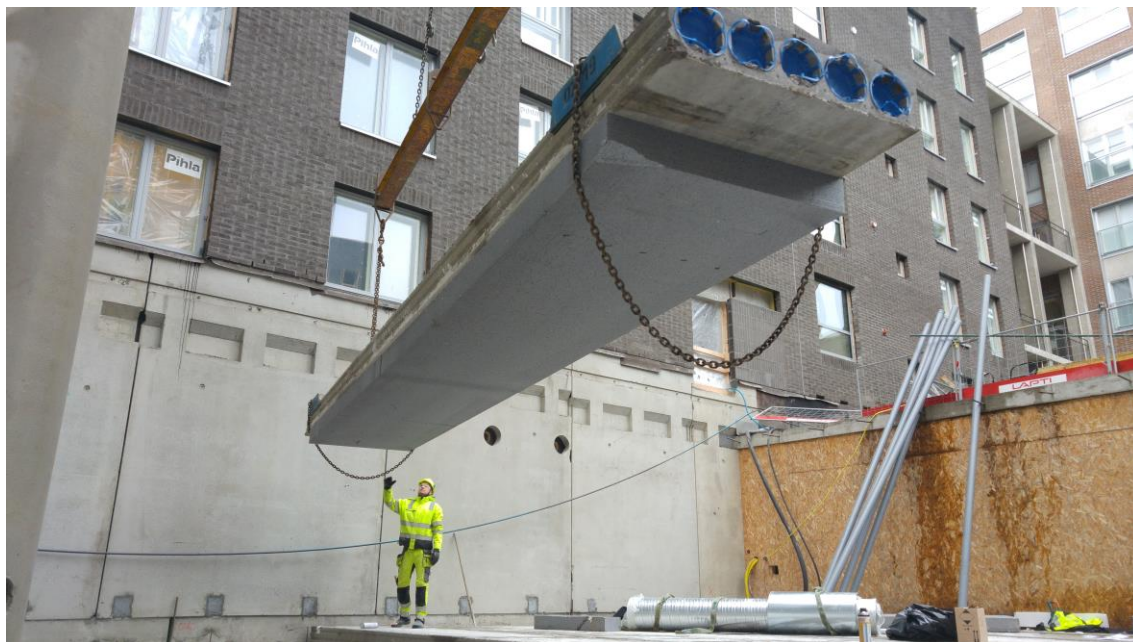
Laattojen asennuspaikat mitataan ja merkitään paikoilleen rakennuksen mittalinjoista tai -pisteistä esimerkiksi tasolaserilla ja mitalla tai takymetrillä. Asennuslinjat ja paikat merkitään niin, että ne ovat näkyvissä asennustyön edetessä. Elementin oikea korkeusasema mitataan vaaituskojeella tai tasolaserilla ja mitalla. [6]

Elementit säädetään vaakasuoraan sopivankorkuisilla asennuspaloilla asennustyön yhteydessä. Asennuspalojen tulee olla ruostumattomia tai on varmistettava niiden riittävä peitesyvyys juotosvalussa. [6]

Työmaalle saapuvan elementtikeruun sisältö ja elementtien kunto tarkastetaan. Mahdollisista virheistä ja puutteista tehdään merkinnät rahtikirjaan. Tarvittaessa rikkoutuneet elementit valokuvataan ja tiedot vaurioista lähetetään elementtitehtaalle. [6]

Elementit nostetaan suunnitellussa asennusjärjestyksessä joko suoraan kuormasta tai välivarastosta. Nostosakset kiinnitetään ontelolaattaan siten, että laatan pään ja laitteen välinen vapaa väli on vähintään 200 mm. Nostettaessa käytetään aina varmuusketjua. Nostolaite kiinnitetään niin, että varmuusketju voidaan avata holvin puolelta. Kavennetut laatat nostetaan ensisijaisesti tehtaalla laattaan valetuista nostolenkeistä. Nostolenkkien

puuttuessa nostetaan laatta nostosaksilla täysleveästä kohdasta vähintään 200 mm päästä kavennetusta kohdasta. Koko pituudeltaan kapeat laatat nostetaan joko nostolenkeistään tai kiristyvillä ketjuilla. [6]



Kuva 2. Nostosaksien varassa olevaa ontelolaattaa lasketaan paikalleen.

Henkilöiden liikkuminen nostoreittien alla estetään asennustyön ajaksi ja nostot tehdään vapaan alueen kautta. Nosturinkuljettajalla ja asentajilla pitää olla näkö- tai radioyhteys. Nostoja ohjataan selkein käsimerkein, jotka kuljettajan ja merkinantajan on tunnettava. Elementtien siirroissa käytetään tarvittaessa ohjauksohjuksia. Ylimmällä laattatasolla työskennellessä on aina käytettävä valjastyypistä putoamissuojausta, kunnes kaikki kai-teet on asennettu. [6]

Elementin ollessa oikealla kohdalla, irrotetaan varmuusketju ja elementti ohjataan paikalleen. Elementti pusketaan paikalleen asennuskangilla ja varmistetaan, että asennus täyttää elementtien valmistajan antamat tukipinnan vähimmäismitat. Ensimmäinen elementti asennetaan mahdollisimman tarkasti, jotta viimeisenkin laatan asennus sujuu ongelmitta. Kun elementti on paikoillaan, voidaan nostosakset irrottaa elementistä. [6]



Kuva 3. Ontelolaatan paikalleenohjaus asennuskankien avulla.

Ontelolaattojen alapinnat asennetaan samaan korkoon. Vierekkäisten laattojen kaarevuuserot tasataan säädettävillä pystytuilla ja poikittaistuilla. Laatastoa ei saa kuormittaa ennen kuin saumat on valettu ja saumabetoni on saavuttanut riittävän lujuuden. Tuet poistetaan vasta saumabetonin kovettuttua. [6]

Eristettyjen ontelolaattojen eristeiden välinen sauma tiivistetään uretaanivaahdolla tai mineraalivillanauhalla. Mineraalivillanauha on kiinnitettävä mekaanisesti ennen viereisen laatan asennusta. [6]

Laattoihin jälkikäteen tehtävät reiät porataan rakennesuunnittelijan ja laattojen valmistajan ohjeiden mukaan. [6]

Ontelolaatoissa olevat aukot suojataan välittömästi asennuksen jälkeen kaiteilla tai riittävän lujalla kannella. Holvin reunoille asennetaan kaiteet laataston edetessä. [6]

Kun asennustyö on edennyt riittävän pitkälle tai saatu valmiiksi, voidaan holvitöiden seuraavat työvaiheet polkaista käyntiin.

Seinien ja laattojen kulmiin asennetaan tiivistysmuotit ja saumat tukkolaudoitetaan alhaaltapäin. [6]

Laataston saumat raudoitetaan rakennesuunnitelmien mukaisesti. Varmistetaan että teräksiset ovat laatan korkeuden puolivälin alapuolella, olematta kuitenkaan sauman pohjalla. [6]

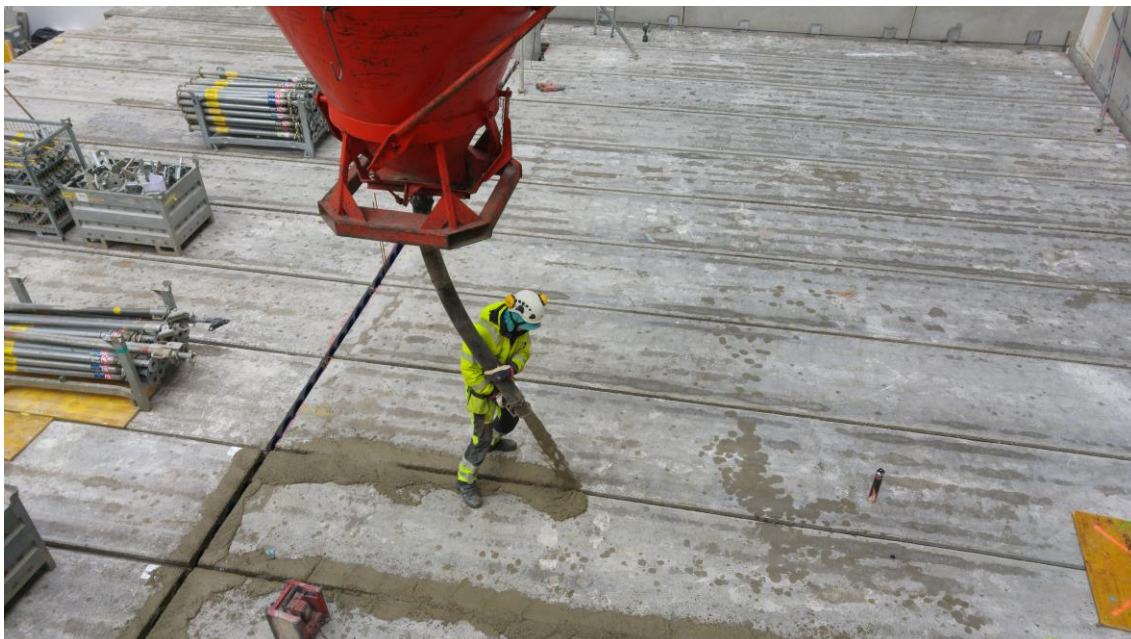
Laatastoa kiertävät rengasteräksiset on ankkuroitava huolellisesti rakennesuunnitelmien mukaisesti, jotta taso toimii levyrakenteena. [6]



Kuva 4. Laatastoa kiertävä raudoitus.

Ennen holvin valamista saumat on puhdistettava jäästä, roskista, yms. ja tarkastetaan, että valutulpat ovat paikoillaan. Saumoihin tulevat sähköputket asennetaan tässä vaiheessa. Mikäli kylpyhuoneiden kallistusvalut tehdään saumavalujen yhteydessä, asennetaan tarvittavat LVI-putket laatan päälle. [6]

Ontelosaumat betonoidaan rakennesuunnitelmien mukaisella notkealla betonimassalla. Betoni levitetään joko pumppaamalla, nostoastialla tai valusuppilon avulla. [6]



Kuva 5. Ontelosaumojen valu nostoastialla.

Saumoihin valettu betoni tiivistetään sauvatäryttimellä. Saumaa ei tärytetä, mikäli käytetään kuivatuotteesta sekoitettua itse tiivistyvää saumabetonia. Mikäli laattaelementti tasoitetaan lattiatasoitteella, sauman yläpinta tasataan huolellisesti. Jos taas rakenteseen tulee pintalaatta, jätetään sauma noin 20 mm vajaaksi paremman tartunnan aikaansaamiseksi. [6]

Saumavalussa roiskunut ylimääräinen betoni poistetaan välittömästi laatan yläpinnalta ja valumat puhdistetaan laatan alapinnalta. Tarkastetaan, että laatan vesireiät ovat auki sekä avataan tarvittaessa jälkivalujen tukkimat ontelot. [6]



Kuva 6. Valmis saumavalu.

Valun liian nopea kuivuminen estetään peittämällä saumat esimerkiksi muovilla. Saumojen juotosvaluja kastellaan vedellä, jotta betoni kovettuu suunnitelmien mukaisesti ja liialliselta saumavalun kutistumiselta välttyään. [6]

5.2.2 Saumavalut talviolosuhteissa

Talviolosuhteissa saumojen ja liitoskohtien tulee olla puhtaat lumesta ja jäästä sekä riittävän lämpimät elementtiliitosten hitsaustyön ja juotosvalujen onnistumiseksi. Juotosvaluissa käytettävän betonin lujuusluokka valitaan suunnitelmissa vaadittavaa luokkaa suuremmaksi. [6]

Betonimassan lämpötilan tulee ylittää +5 °C. Normaaliбетonia käytettäessä juotosbetoni lämmitetään tai laattasaumoissa käytetään pakkas- tai kuumabetonia. Liitoskohta suojataan eristysmatolla kovettumisen varmistamiseksi ja juotoksen jäätyminen estämiseksi. [6]

Saumavalujen lämmitykseen voidaan käyttää joko lanka- tai säteilylämmitystä. Juotosbetonin lujuudenkehitystä seurataan lämpötilamittauksin tai muilla luotettavilla tavoilla. Juotosbetonoinnin tulee saavuttaa 5 MN/m² lujuus ennen jäätymistä. [6]

5.2.3 Paikallavalulaatta

Paikallavalurunkotöissä työvaiheet jakautuvat kuten muussakin betonipaikallarakentamisessa; päätyöt ovat muottityö, raudoitus ja betonointi. Tärkeä betonointiin liittyvä osatehtävä on työmaalla suoritettava laadunvalvonta, joka kohdistuu sekä käytettäviin materiaaleihin, etenkin betoniin, että valmiisiin rakenteisiin. [5]

Muottityö voidaan aloittaa, kun työkohteen aloitusedellytykset, työssä käytettävä kalusto ja työturvallisuus ovat kunnossa. Teräsbetonilaatan työvaiheet etenevät seuraavanlaisesti:

Laatan korkeusasema mitataan ja merkitään seinille ja holvituille. Varaukset ja rajoittimet mitataan paikoilleen muottipinnan asennuksen jälkeen. [7]

Aluksi pystytetään osa puisista, alumiinisista tai teräksisistä holvituista ja kiinnitetään vino- ja vaakatuot. [7]

Tämän jälkeen pystytetään alumiiniset tai teräksiset tukijaloin varustetut holvituot tai tukitornit. [7]



Kuva 7. Tukijaloin varustettu paikalleen asennettu holvituki.

Säädetään holvituet ja tukitornit korkeusasemaansa. Korkeus voidaan säätää myös esivalmistusvaiheessa. [7]

Asennetaan alumiinipalkit, puujuoksut, teräskannattajat tai puukannatinpalkit pystytysten päälle. Vaakakannattajien yläpinnan taso tarkastetaan. Vaakakannattajien tuentaa tihennetään tarvittaessa muottisuunnitelmaa noudattaen. [7]



Kuva 8. Holvitukien kannattelema palkisto ja päälle ladotut muottilevyt.

Alimpien palkkien, eli vaakakannattajien varaan asennetaan naulaus- tai lapekoolaus. Koolaukseen voi käyttää puutavaraa tai alumiinipalkkeja. Koolaus kannattaa jättää vapaamittaiseksi materiaalihukan pienentämistä ajatellen. [7]

Koolauksen varaan ladotaan muottilevyt, jotka kiilataan tiiviiksi muottipinnaksi ja naulataan kiinni. Varauksien ja rajoittimien paikat mitataan ja varausmuotit ja rajoittimet asennetaan paikoilleen. Muottipinta öljytään ja öljytessä käytetään tarvittavia henkilökohtaisia suojaimeja. [7]

Laatan raudoitukseksi asennetaan etukäteen katkotut ja taivutetut raudoitteet. Tankojako merkitään muottiin tai muuhun valualustaan. [8]

Alimmat teräkset eli työtangot asennetaan korokkeiden varaan n. 1,0...1,5 metrin välein. Korokkeet naulataan tarvittaessa muottiin. [8]



Kuva 9. Korokkeiden päällä istuva alapinnan raudoitus.

Työtankojen varaan ladotaan tankokerros merkkien mukaan, jonka jälkeen asennetaan jakotangot tai toisen suunnan päätangot. Tangot voidaan asentaa myös ilman työtankoja suoraan korokkeiden varaan. [8]

Tangot surrataan aluksi kentän ympäri joka risteyksessä ja sen jälkeen 45°:n kulmassa joka toinen tai kolmas rivi riippuen tankojen paksuudesta ja tankovälistä. Tankojen on oltava suorassa ja sidontasuuntaa on vaihdeltava jäykkyyden lisäämiseksi. [8]

Alapinnan raudoitusten jälkeen paikalleen mitataan ja asennetaan suunnitelmien mukainen talotekniikka.



Kuva 10. Paikalleen naulattuja rasioita ja syöttöputkia.

Yläpinnan terästen tukipukit tai valmiit tukiansaat sidotaan 60...80 cm:n välein työtankolinjojen kohdalle. Työtankona käytetään 10...16 mm:n tankoa, kuitenkin vähintään seuraavaa paksuutta tuettavasta tangosta. [8]



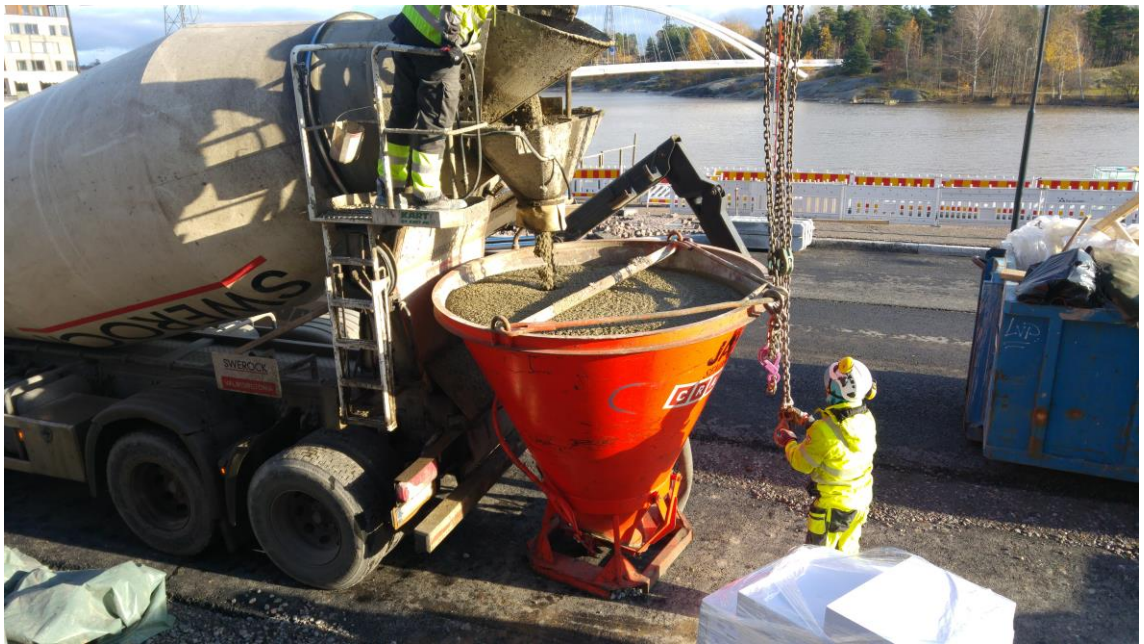
Kuva 11. Tukipukkien päälle asennettu yläpinnan raudoitus.

Työtankoihin merkitään yläpinnan tankojako ja tankonippuun tuen paikka. [8]

Yläpinnan teräkset surrataan kiinni paikkamerkinnyt kohdistaen. Tangot oiotaan alapinnan suuntaisiksi ja sidotaan myös reunimmaisiin tukitankoihin. Sidoksia on oltava vähintään kolme per tanko. [8]

Hyväksytyin raudoitustarkastuksen jälkeen siirrytään betonointiin.

Nostoastia täytetään betoniauton perästä tai välisiilosta. [9]



Kuva 12. Nostoastian täyttö betoniautosta.

Betonimassa nostetaan työkohteeseen, jossa nostoastia tyhjennetään muottiin. Pudotuskorkeus saa olla enintään 1,0...1,5 m erottumisen välttämiseksi. Nostoastiassa voidaan käyttää myös valuputkea tai -sukkaa. Työskentely- ja ohjauspaikan välillä täytyy olla näkö- tai radiopuhelinyhteys. [9]

Laatan valu aloitetaan tason yhdestä laidasta ja edetään kaista kerrallaan suoraviivaisesti toiseen laitaan. Betonimassa otetaan edellisen kaistan rintausta vasten ja tasoitetaan lapiolla. [9]

Muottiin valettu betonimassa tiivistetään sauvatäryttimellä, minkä jälkeen tarkastetaan kerroksen paksuus. Laatan paksuus voidaan tarkastaa koetinteräksen tai etukäteen asennettujen korkolautojen avulla. Korkolautoja poistetaan valun edetessä. [9]

Niin sanotulle työsaumapinnalle jätettävissä valuissa eli raakavaluissa riittää oikolaudalla tai pitkävartisella hiertimellä tasaaminen. [9]

Joissain tapauksissa lopullinen pinta voidaan hiertää suoraan runkobetonista, esimerkiksi vaatimattomissa kohteissa. [9]

Tarvittavat tartunnat voidaan asentaa valun yhteydessä, ellei niitä ei ole asennettu jo raudoitusvaiheessa. [9]

Betonin kelpoisuuden varmistamiseksi betonimassasta otetaan rakenteesta ja mas-samäärästä riippuen betoninormien osoittama määrä koekappaleita. Tilattaessa betoni-massa betonitehtaalta ei koekappaleita tarvitse yleensä tehdä, sillä betonitehtaat tekevät itse tarvittavat kokeet. [9]

Tuoreeltaan valetun betonin jälkihoidolla turvataan betonille edulliset kovettumisolosuhteet, kuten riittävä kosteus lujouden kehitystä varten, oikea ja riittävä lämpötila ja betonipinnan suojaus sateelta, tuulelta, auringonpaisteelta, kylmyydeltä ja muilta ulkoisilta vaikutuksilta. Betonipinnan sopiva jälkihoitoaika on rakenteesta ja olosuhteista riippuen yleensä 3...14 vrk. [9]

Lujuudenkehitystä varten tarvittava riittävä kosteus voidaan turvata ruiskuttamalla jälkihoitoaine, kastelemalla betonia tai estämällä veden haihtuminen esim. muovilla peittämällä tai käyttämällä märkiä peitteitä. [9]



Kuva 13. Betonin päälle ruiskutettu jälkihoitoaine.

Muotit saa purkaa vasta, kun betoni on saavuttanut riittävän lujuuden. Muottien purkamisajankohdan määrittää joko työmaan vastaava työnjohtaja tai betonitöiden työnjohtaja. Muotteja ei missään nimessä saa purkaa ilman edellä mainitun henkilön lupaa. Muotit puretaan sellaisessa järjestyksessä, jossa rakenteille ei aiheuteta ylimääräisiä kuormituksia. Mahdolliset valuvirheet todetaan, kirjataan ja korjataan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa muotin purkamisen yhteydessä. [7]

Turvallisuussyistä laattamuottien purkutyössä tulee olla ainakin kaksi työntekijää. Purkutyö aloitetaan irrottamalla vino- ja vaakasiteet. [7]

Teräksisiä holvitukia löysätään tai osa puisista tuista irrotetaan. Pystytukia irrotettaessa on tärkeää, ettei kaikkia tukia poisteta kerralla. Pystytuet irrotetaan varovasti samalla vaakakoolinkeja tukien niin, että ne voidaan laskea hallitusti maahan. [7]

Muottilevyt ja koolaukset pyritään irrottamaan rikkomatta betonipintaa. [7]

Muottilevyt puhdistetaan karkeasti purun yhteydessä, muottimateriaali kootaan taakoiksi ja siirretään puhdistus- ja lajittelupaikalle. [7]

Uudelleenkäyttöön kelpaamaton puutavara erotellaan muusta puutavarasta muottipuu-tavaran varastointipaikalla. Muottimateriaali puhdistetaan, lajitellaan ja sidotaan nipuiksi seuraavaa käyttöä varten. Ylimääräiset rakennusaineet ja työkalut poistetaan sekä rakennusjätteet siivotaan pois työkohteesta. [7]

5.2.4 Talvibetonointi

Talvibetonoinniksi lasketaan kaikki alle +5 °C:n lämpötilassa suoritettu betonointi. Kylmä sää hidastaa betonin sitoutumis- ja kovettumisreaktioita ja pakkasen voi vaurioittaa tuoreeltaan valettuja rakenteita. [9]

Betonointityön onnistumiseksi talviolosuhteissa muottien tulee olla puhtaita lumesta ja jäästä sekä riittävän lämpimiä. Muotit tulee suojata ennen betonointia lumisateen uhattessa. Työmaalle varataan normaalin betonointikaluston lisäksi sulatus-, suojaus- ja lämmityslaitteet sekä varmistetaan niiden toimintakunnosta. Ennen betonointia muotit ja raudoitteet puhdistetaan lumesta ja jäästä. Sulatuksessa käytetään tyypillisesti kuumaa höyryä. Betonimassan omaa lämpöä ei saa käyttää sulatukseen. Myös valettavaan pintaan rajoittuvat kylmät pinnat kuten maa, kallio tai vanha betonirakenne lämmitetään esim. höyryllä niin lämpimäksi, ettei uusi betoni jäädy. Käytettävän betonin lujuusluokka valitaan suunnitelmissa vaadittavaa luokkaa suuremmaksi. [9]

Betonimassan tulee olla yli viisiasteista. Betoni valetaan kylmässä säässä mahdollisimman nopeasti välttämällä massaa jäähdyttäviä siirto- ja käsittelytapoja. Betonin pumppaus on yleensä paras tapa massan siirtoon. Tiivistetty betoni lämpösuojataan niin pian kuin mahdollista. [9]

Talvisin valu lämmitetään aina joko lanka-, muotti- tai infrapunalämmityksellä tai käytetään kuumabetonia. Betonin lujuudenkehitystä seurataan lämpötilamittauksin tai muilla luotettavilla tavoilla. Valetun betonin tulee saavuttaa jäätymislujuus, 5 MN/m², ennen kuin se jäätyy. [9]

5.3 Työmaanaikaiset kustannukset

Case-tutkimuksen kustannuslaskelmat perustuvat kunkin työmaan litteroilta poimituihin toteutuneisiin kustannuksiin. Välipohjien työ- ja materiaalikustannukset eroteltiin litteroilta päätyneistä laskuista ja niiden perusteella kunkin kohteen välipohjille laskettiin todellinen neliöhinta. Materiaalikustannukset rajattiin kertymään ontelolaatoista, betonista, raudotteista, asennuspaloista, raudoitustarvikkeista, delta- ja petra-palkeista sekä muotti- ja tuentakalustosta. Työkustannukset koostuvat ontelolaattojen ja palkkien asennustöistä, muotti-/tuentakaluston asennustöistä, raudoitustyöstä, betonin pumppauksesta ja valutöistä.

5.3.1 As Oy Helsingin Flöitti Dianan kuja

As Oy Helsingin Flöitti Dianan kuja on täysin elementeistä kasattu kaksirappuinen kantavat seinät-laatta -runkoinen asuinkerrostalo. Flöitin välipohjissa on käytetty ontelolaattoja.

Flöitin ontelovälipohjista kustannuksia kertyi seuraavasti:

Materiaali €	Työ €	Yhteensä €	€/m ²
222 996,37	39 060	262 056,37	78,85

5.3.2 Kaljaasi Auroran kuja 3

Kaljaasi Auroran kuja 3 on kaksirappuinen asuinkerrostalo, jossa toinen rappu on täyselementtirakenteinen ja toinen osaelementtirakenteinen. Molemmat raput on toteu-

tettu kantavat seinät-laatta periaatteella. Täyselementtirakenteisen välipohjina on käytetty ontelolaattoja, osaelementtirakenteisen välipohjina puolestaan paikalla valettuja laattoja.

Kaljaasin ontelovälipohjista kustannuksia kertyi seuraavasti:

Materiaali €	Työ €	Yhteensä €	€/m ²
122 244,02	25 585	147 829,02	77,70

Kaljaasin paikallavaluvälipohjista kustannuksia kertyi seuraavasti:

Materiaali €	Työ €	Yhteensä €	€/m ²
198 090,44	224 983,98	423 074,42	111,48

5.3.3 As Oy Helsingin Sompasaaren Tyyni

As Oy Helsingin Sompasaaren Tyyni on osaelementtirakenteinen, kantavat seinät-laatta-runkoinen nelirappuinen asuinkerrostalo. Välipohjat toteutettiin paikallavaluina.

Tyynin pv-välipohjista kustannuksia kertyi seuraavasti:

Materiaali €	Työ €	Yhteensä €	€/m ²
341 227,07	360 784,77	702 011,84	107,81

5.4 Välipohjatyypin vaikutukset tuotantoon

5.4.1 Aikataulu

Jokaisen kohteen runkoaikataulu suunniteltiin siten, että yksi rappukerros valmistuu viidessä työvuorossa. Kohteissa oli luotettavat ja aikatauluun sitoutuneet urakoitsijat, joiden kanssa työt saatiin rytmitettyä ja resursoitua tehokkaasti. Usein ajatellaan, että paikallavaluholvi on hitaampi tehdä, mutta hyvin suunniteltuna sillä päästään suunnilleen samaan kerrosvauhtiin kuin ontelolaatoilla. Kunkin kohteen runkovaihe ajoittui siten, että talvi ei päässyt haittaamaan työn kulkua. [10,11]

Tuotannosuunnitteluun kulutettavassa ajassa ei välipohjatyypien välillä ole merkittävästi eroa, vaikka paikallavaluvälipohjan työsuunnittelu vaatii hieman enemmän huolellisuutta, sillä muottikaluston valinta, työjärjestys ja urakoiden yhteensovittaminen on jokseenkin mutkikkaampaa. Ontelolaattoja varten tarvitaan hyvällä putoamissuojauksella varustettu purkupaikka, jonka järjestäminen vie aikaa etenkin, jos kyseessä on ahdas kaupunkitontti. Pv-laatta vaatii muottisuunnitelman ja jälkিতuentasuunnitelman, joka tosin

voidaan tilata myös tavarantoimittajalta, kuten Sompasaassa tehtiin. Paikallavalulaa-
tan tekeminen on runkoporukan kannalta työläämpää ja se vaatii hieman enemmän val-
vontaa ja ohjausta. [10,11]

5.4.2 Työturvallisuus

Riskit ovat kummassakin samat; putoaminen ja kompastuminen. Putoaminen estetään
molempia välipohjia tehdessä asianmukaisilla kaiteilla, henkilökohtaisilla valjailla ja on-
telokentällä aukkosuojilla. Näiden lisäksi ontelolaattojen purkupaikalla käytetään purku-
laituria ja taivaskoukkuja, josta putoaminen on valjaiden lisäksi estetty kaiteilla. [10,11]

Kompastumista ei voida estää, mutta riskiä voidaan pienentää pitämällä paikat siistissä
kunnossa. Paikallavaluholvilla kompastumisriskin aiheuttavat rauditus ja ontelokentällä
ontelosaumat ja erilaiset kolot. [10,11]

Välipohjatyypistä huolimatta Sompasaaren työmaiden runkovaiheisiin on kuulunut myös
tavanomaiset nostotöistä koituvat riskit. Nämä on minimoitu kieltämällä elementtien alle
meneminen, varmistumalla oikein sijoitetuista nostolenkeistä sekä elementin hyvästä tu-
ennasta ennen nostoraksien irrottamista. [10,11]

5.4.3 Viimeistely- ja jälkityöt

Välipohjien työvaiheisiin kuuluu kullekin välipohjatyypille ominaiset viimeistely- ja jälki-
työt, jotka tehdään ennen pintarakenteita ja pinnoitustöitä.

Paikalla valetusta välipohjasta poistetaan muoteista jääneet naulat, hiotaan mahdolliset
purseet sekä laatan yläpinta (Sompasaassa hiottiin myös laatan alapinta kuivumisen
nopeuttamiseksi). Pv-laatan yläpuolisia pintarakenteita päästään tekemään ilman pinto-
jen oikaisuja, kunhan laatta on kuivunut riittävästi. Alapintaan ruiskutetaan kaksinkertai-
nen pohjatasoite. Pintatöiden jälkeen Pv-laatasta ei aiheudu lisätöitä. [10,11]

Ontelolaattavälipohjille ominaisia viimeistely- ja jälkitöitä ovat kuivatusreikien poraus jo-
kaisen ontelolaatan jokaiseen onteloon, ontelosaumojen siistiminen mahdollisista pur-

seista sekä laattojen vaihtelevasta käyrydestä johtuvien porrastusten tasaaminen. Ontelolaataston yläpuolisia pintarakenteita päästään tekemään nopeammin, mutta laattojen porrastuksen takia pintoja joudutaan oikomaan jonkin verran jos lattiaan asennetaan vesikiertoinen lattialämmitysjärjestelmä, kuten Sompasaassa. Alapinnassa selvittää yhdellä pohjatasoitekerroksella, kunhan alapinnankin porrastukset on tasattu. Pintatöiden jälkeen ja vielä takuuajanakin ontelolaattavälipohjissa on riskinä, että onteloihin pesiytynyt vesi pyrkii huoneiston puolelle, joka aiheuttaa kellertäviä länttejä kattoon. [10,11]

5.4.4 Työnjohdon kanta

Työmaalla kummankaan välipohjatyypin ei koeta aiheuttavan toisiaan enempää kuormitusta työnjohdolle, vaikka ontelolaattojen vesiongelmien ja niistä aiheutuvat jälkityöt aiheuttavatkin närää monissa. Paikallavalulaattaa pidetään suoraviivaisempien työvaiheiden ansiosta jokseenkin mielekkäämpänä välipohjan toteutusmuotona, minkä lisäksi sillä saadaan aikaan saumaton (siistimpi) ja täysin tiivis (laadukkaampi) lopputuote. Etenkin laatumielikuva on tuotanto-organisaatiolle tärkeä paikallavalulaatan puolestapuhuja. [10,11]

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa yhteenveto paikalla valettavien välipohjien ja ontelolaattavälipohjien hyödyistä ja haitoista. Välipohjatyyppeiden välisistä rakennusteknisistä eroista, tuotantoon vaikuttavista tekijöistä ja kustannuksista saatiin kerättyä laajasti tietoa.

Paikallavaluvälipohjien tärkeimpiä hyötyjä ovat jälkitöiden vähäinen määrä ja helppous, tiiviin rakenteen hyvä ääneneristävyyys sekä yleinen laatuvaikutelma. Lisänä mainittakoon, että paikallavalulaatalla voidaan rakentaa monimuotoisempia rakennuksia, jolla on huomattava vaikutus asuinympäristön viihtyisyyteen. Haittapuolina on korkeammat kustannukset ja hieman enemmän suunnittelua ja valvontaa vaativa työn suoritus. Paikallavaluvälipohjien hinnaksi tuli keskimäärin 109,6 €/m².

Ontelolaattavälipohjien suurimmat hyödyt ovat edullisuus, jännittämättömiä paikallavalulaattoja pidemmät jännevälit sekä rungon nopea pystytys ja lyhyt kuivumisaika. Lyhyemmästä kuivumisajasta hyödytään, mikäli sisäpuolisten pintarakenteiden teko halutaan käynnistää mahdollisimman nopeasti. Haittoja ovat runsaasti tilaa vievä purkupaikka, hammastusten tasaus, veden pesiytyminen onteloihin ja onteloiden kuivatus – varsinkin maalaustöiden, saati kohteen luovutuksen jälkeen. Myös mahdollinen äänen kulkeminen rakenteissa saattaa laskea asukasviihtyvyyttä. Ontelolaattavälipohjien hinnaksi tuli keskimäärin 78,3 €/m².

Tulosten perusteella ontelolaatoista hyödytään kustannusten osalta huomattavasti. Ontelolaatat soveltuvat etenkin tavanomaiseen asuntotuotantoon, jossa rakennuspaikan ahtaus tai rakennuksen monimuotoisuus ei vaikeuta esivalmistetuilla laatoilla rakentamista kohtuuttomasti. Myös normaalia avarampien asuintilojen rakentaminen käy ontelolaattojen pitkien jänneväliden ansiosta helposti. Paikallavaluvälipohjat puolestaan soveltuvat kohteisiin, joissa vaaditaan takuuvarmaa laatua ja ääneneristävyyttä tai suoraviihtaisempaa tuotannonkulkua. Rakennuspaikan ahtaus tai rakennuksen monimuotoisuus voivat myös toimia ratkaisevana tekijänä pv-välipohjan hyväksi rungon toteutustapaa valittaessa.

Lähteet

- 1 Eero Laitinen, Teollinen betonirakentaminen, Rakennustieto Oy, 1996
- 2 Yki Hytönen, Matti Seppänen, Tehdään elementeistä, SBK-säätiö, 2009
- 3 RT 82-10814 Paikallavaletut betonirunkorakenteet
- 4 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>
- 5 Ratu KI-6020 Talonrakentamisen tuotantotekniikka
- 6 Ratu 0389 Ontelo- ja TT-laattaelementtityö
- 7 Ratu 0398 Levymuottityö
- 8 Ratu 0402 Raudoitus
- 9 Ratu 0403 Betonointi
- 10 Haastattelu, vastaava mestari
- 11 Haastattelu, runkomestari
- 12 <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/kaytto-talonrakentamisessa/>
- 13 <https://betoni.com/wp-content/uploads/2019/09/Betonin-kuviot-2018.pdf>
- 14 Betonitekniikan oppikirja by 201, BY-Koulutus Oy, 2018
- 15 Harri Hautajärvi, Rakennetun Suomen tarina, Rakennustieto Oy, 2018
- 16 <https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-sementista/seosaineet-sementissa/>
- 17 <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/mihin-betonia-kaytetaan/>

- 18 <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/valmisosien-kaytto/>
- 19 <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betonin-historia/miten-betoni-tuli-suomeen/>
- 20 Betoninormit by 65, BY-Koulutus Oy, 2016
- 21 Kerrostalot 1975-2000, Rakennustieto Oy, 2015
- 22 <https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/tietoa-betonista-tietoa-betonista-suunnittelijalle/betonin-rasitusluokat-lyhyesti/>
- 23 Betonirakennetekniikka luento 5, Paula Naukkarinen, 2019
- 24 <https://lapti.fi/referenssi/helsingin-sompasaareen-noin-260-asunnon-korttelialue/>
- 25 https://inaro.fi/fi/projects/diana_fi/
- 26 Rakennusselostus, Flöitti Dianan kuja 4
- 27 Rakennusselostus, Kaljaasi Auroran kuja 3
- 28 Rakennusselostus, Sompasaaren Tyyni

Flöitti

Onteloväli­pohja	Materiaali €	Työ €		
Ontelot	165 000	38780		
Deltat	4 900	280		
Petrat	9 180,96			
Asennuspalat	1 000,00			
Raudoitus	8 824,98			
Betoni	28 183,06			
Pumppaus/valutyöt/jalkityöt				
Muotit/tuenta	5 907,37			
Raudoitustarvikkeet				
			Ontelo	PV
			Kokonaiskustannus €	262 056,37
			Pinta-ala m2	3323,52
			Neliöhinta €	78,84904258

Kaljaasi

Onteloväli­pohja	Materiaali €	Työ €	PV-väli­pohja	Materiaali €	Työ €			
Ontelot	86 449,60	25585						
Deltat								
Petrat	1 083,40							
Asennuspalat	500,00							
Raudoitus	13 488,78			87991,45				
Betoni	19 486,79			72 429,58				
Pumppaus/valutyöt/jalkityöt					59 587,30			
Muotit/tuenta	1 235,45			35 984,51	165 397			
Raudoitustarvikkeet				1 684,90				
						Ontelo	PV	
						Kokonaiskustannus €	147 829,02	423 074,42
						Pinta-ala m2	1902,56	3 794,95
						Neliöhinta €	77,70005677	111,4835294

Tyni

PV-väli­pohja	Materiaali	Työ		
Ontelot				
Deltat				
Petrat				
Asennuspalat				
Raudoitus	139 722,78			
Betoni	161 512,56			
Pumppaus/valutyöt/jalkityöt		60 593,72		
Muotit/tuenta	39 991,73	300191,05		
Raudoitustarvikkeet				
			Ontelo	PV
			Kokonaiskustannus €	702 011,84
			Pinta-ala m2	6511,42
			Neliöhinta €	107,8124034

