

Kahden välipohjaratkaisun kustannukset ja aikataulut

Ontelo- ja kuorilaatan sekä paikalle valetun holvin vertailututkimus

Tiivistelmä

Tekijä(t) Marko Nikula	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2024
	Sivumäärä 38	
Työn nimi Kahden välipohjaratkaisun kustannukset sekä aikataulut - Ontelo- ja kuorilaatta sekä paikalla valetun holvin vertailututkimus		
Tutkinto ja koulutusala Rakennusmestari (AMK), työnjohdonkoulutus		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla ja selvittää kerrostalohankkeen kahden eri välipohjaratkaisun kustannuksia ja aikatauluja silloin kun parvekeratkaisuna on ulokeparveke (Schöck-parveke). Omakohtainen kokemus työmaalla oli tärkein syy vertailun tekemiseen ja halu oppia välipohjan valintaan johtaneista syistä.</p> <p>Välipohjarakenteen vertailua on tehty ontelo- ja kuorilaattayhdistelmän ja paikalla valetun holvin välillä. Selvitystyössä käytettiin rakennusalan kirjallisuutta ja omia kokemuksia kerrostalo kohteesta, jossa oli kuorilaatta- ja ontelolaattavälipohja. Lisäksi selvitystyön aikana perehdytään rakennuksen aiheuttamaan hiilijalanjälkeen ja välipohjaratkaisun vaikutusta siihen.</p> <p>Opinnäytetyön vertailututkimuksen tuloksia voidaan käyttää/hyödyntää, kun suunnitellaan eri ratkaisujen soveltuvuutta hankkeeseen ja antaa työkaluja vertailutyön tekemiseen rakennussuunnittelussa. Suunnittelunohjaus on tärkeässä asemassa, kun päätetään, kuinka kerrostalohankkeissa välipohjat halutaan tai voidaan toteuttaa.</p>		
Asiasanat välipohja, ulokeparveke, ontelo- ja kuorilaatta, kerrostalorakennus, rakennussuunnittelu		

Abstract

Author(s) Marko Nikula	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2024
	Number of Pages 38	
Title of Publication The costs and schedules of the two intermediate floor solutions – Hollow-core slab and thin-shell slab and a comparison study of cast-in-place vault		
Degree, Field of Study Bachelor of construction management, Construction Management (UAS)		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to compare and find out the costs and schedules of two different intermediate floor plans for an apartment building project when the balcony solution is a cantilever balcony (Schöck balcony). Personal experience at the construction site was the main reason for making the comparison and the desire to learn about the reasons that led to the choice of the intermediate foundation.</p> <p>A comparison of the sub-base structure has been made between a combination of hollow and shell slabs and a cast-in-place vault. The investigation used construction industry literature and my own experiences from an apartment building with a shell slab and hollow slab sub-floor. In addition, during the survey work, the carbon footprint caused by the building and the effect of the intermediate floor solution on it will be studied.</p> <p>The results of the comparative study of the thesis can be used/exploited when planning the applicability of different solutions to the project and providing tools for doing comparative work in building design. Planning guidance plays an important role when deciding how intermediate floors are desired or can be implemented in apartment building projects.</p>		
Keywords mezzanine floor, cantilever balcony, hollow and shell tile, apartment building, building design		

Sisällys

1	Johdanto.....	3
2	Hankkeen aloitus ja välipohjarakenteen valintaan vaikuttavat tekijät.....	4
2.1	Suunnittelu	4
2.2	Tarveselvitys.....	5
2.3	Välipohjan valintaan vaikuttavat määräykset.....	6
3	Välipohjan toteutusvaihtoehdot	7
3.1	Yleistä välipohjatyypeistä	7
3.2	Paikalla valettu välipohja.....	8
3.3	Ontelolaattavälipohja	9
3.4	Kuorilaatta	10
4	Työ- ja materiaalimenekkipöytäkuva.....	14
4.1	Ontelolaattavälipohja	14
4.2	Kuorilaattavälipohja	15
4.3	Paikalla valettu välipohja.....	17
4.4	Yhteenveto materiaali- ja työmenekistä	19
5	Aikataulut.....	20
6	Työturvallisuus.....	22
6.1	Työturvallisuus rakennusalalla	22
6.2	Työturvallisuuden huomioon ottaminen rakennushankkeessa	22
6.3	Työmaatarkastukset	23
6.4	Työmaan yleiset turvallisuusmääräykset.....	23
7	Hiilijalanjälki	24
7.1	Hiilijalanjälki yleistä	24
7.2	Rakennushankkeen välipohjan hiilijalanjälki.....	25
8	YIT – tarkastettava kohde As. Oy Porvoon Fanny.....	27
8.1	Yleistä rakennusprojektista	27
8.2	Työ – ja materiaalimenekki	28
8.3	Aikataulu ja kustannukset	29
8.4	Työturvallisuus.....	30
8.5	Hiilijalanjälki	31
9	Yhteenveto ja pohdinta	32
	Lähteet	34

Käsitteet

Ansas	Raudoite, joka sitoo pintavalun yhtenäiseksi rakenteeksi kuorilaattaan
BES- järjestelmä	Betonelementtistandardi
Elpohormi	Talotekniikkahormi
Hiilijalanjälki	Tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana syntyvien kasvihuonekaasujen summa
KL	Kuorilaatta
Kololaatta	Ontelolaatassa oleva ohennus ja se mahdollistaa märkätilojen talotekniikan ja kallistusvalun
ONT	Ontelolaatta
PIMA	Pilaantunut maa-aines
Plaano	Pumpattava lattiatasoite
PVH	Paikalla valettu välipohja
RAM	Rakennusammattimies
RM	Rakennusmies
Ratu	Rakennusalan tuotannosuunnittelun yleistiedosto
Ryntäyttäminen	Työvoiman lisääminen aikataulutavoitteiden saavuttamiseksi
Schöck-parveke	Ulokeparveke
TR-mittaus	Talonrakennusalalla käytettävä työturvallisuuden havainnointi- ja arviointimenetelmä
tth	Työntekijätunti
tv	Työvuoro

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla ja selvittää kerrostalohankkeen kahden eri välipohjaratkaisun kustannuksia ja aikatauluja silloin kun parvekeratkaisuna on ulokeparveke, Schöck-parveke. Parveketyyppinä ulokeparveke on sellainen, jossa ei ole pystyrakenteita ja kannatus voidaan tehdä joko teräsprofiileilla tai ulokeparvekkeisiin kehitetyillä vakioiduilla kannatusratkaisuilla. Sen sijoittelu julkisivulla on myös vapaampaa kuin itsekan-tavilla parvekkeilla. Työn tarkoitus on auttaa ymmärtämään välipohjaratkaisun valintaan vai-kuttavia tekijöitä.

Opinnäytetyössä tarkastellaan myös rakentamisen työturvallisuutta ja hiilijalanjälkeä. Tar-kastelussa on otettu huomioon, mitkä tekijät pienentävät rakentamisen ilmastovaikutuksia ja kuinka saadaan työstä mahdollisimman työturvallista. Opinnäytetyön tukena on käytetty kirjallisuutta, haastatteluja ja toteutuneita aikatauluja sekä kustannuksia kuori- ja ontelolaat-tavälipohjan toteutuksessa.

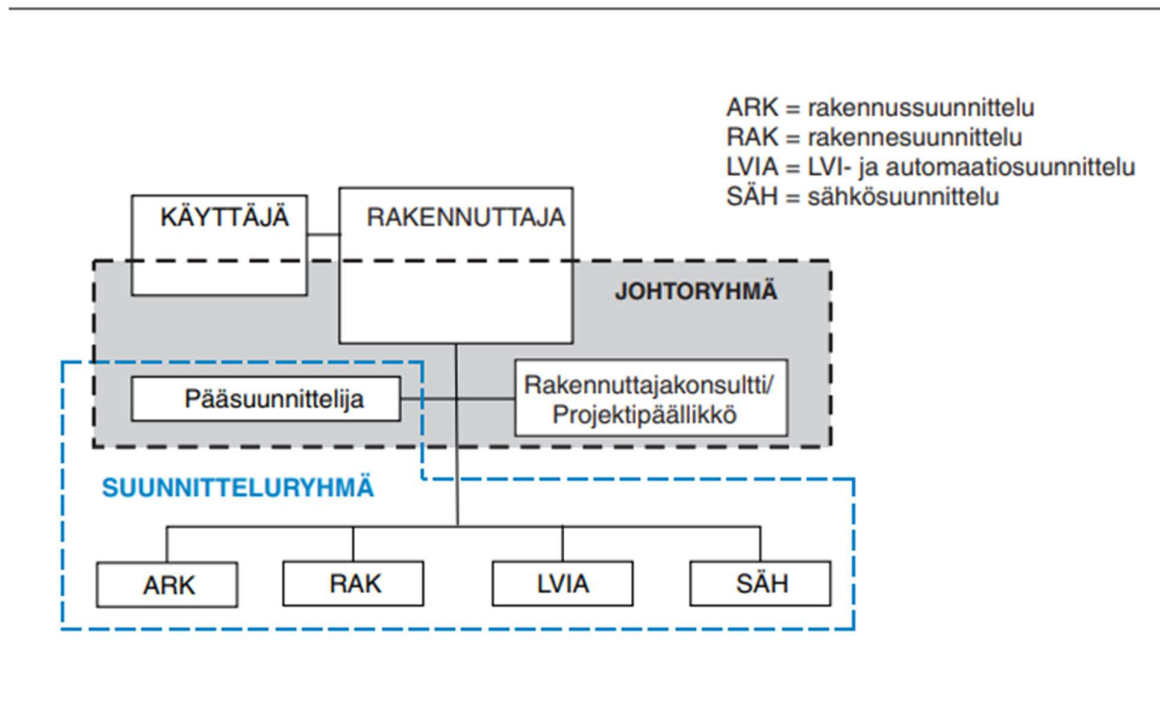
Opinnäytetyön kohteena käytettiin uudiskohde As.Oy Porvoon Fannyn työmaalta saatuja kokemuksia ja kohteen rakentamisesta vastasi YIT Suomi Oy. YIT:llä on pitkä kokemus talonrakennusalalta ja se on suurin suomalainen rakennusyhtiö. Yli sadan vuoden osaami-sella YIT:n tavoitteena on tehdä kestävästä asumisesta ja elämisestä helppoa ihmisille, yri-tyksille ja yhteiskunnalle. Yritys haluaa omilla valinnoillaan ja teoillaan hillitä ilmastonmuu-tosta ja tehdä vastuullista liiketoimintaa joka päivä. YIT Suomi Oy ei ole opinnäytetyön toi-meksiantaja, mutta olen saanut luvan käyttää kohdetta opinnäytetyössäni.

2 Hankkeen aloitus ja välipohjarakenteen valintaan vaikuttavat tekijät

2.1 Suunnittelu

Talonrakennushankkeet käynnistyvät rakennuttajan, kiinteistökehittäjän tai -sijoittajan aloitteesta ja jakautuvat seuraaviin suunnitteluvaiheisiin: hankesuunnittelu, ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu ja toteutussuunnittelu (RT 10-11224). Rakennushankkeeseen ryhtyvä määrittelee aluksi hankkeelle organisaation sekä nimeää projektille johtajan ja pääsuunnittelijan. Projektille tulisi nimetä lisäksi johtoryhmä. Johtoryhmän avoin työskentely muodostaa perustan suunnittelun johtamiselle rakennushankkeessa. (RT 13-10860.)

Sopimus- ja valtasuhteita esittävä organisaatiomalli kuvataan yleensä hierarkkisena linjaorganisaationa (kuva 1).



Kuva 1. Organisaatiokaavio (RT 13-10860, 2005)

Suunnittelun johtaminen kuuluu yleisesti rakennuttajalle, mutta tehtäväkokonaisuuksia voidaan jakaa. Isoissa ja laajoissa hankkeissa suunnittelusta ja aikatauluista voi huolehtia erillinen rakennuttajakonsultti tai tilaaja yhdessä pääsuunnittelijan kanssa. Rakennuttajan ja pääsuunnittelijan yleisiä tehtäviä ovat: suunnittelun organisointi, ohjaus, valvonta ja koordinoiminen suunnittelijoiden aktiivista opastusta tavoitteiden mukaisten ja keskenään yhteensopivien suunnitteluratkaisujen saavuttamiseksi. Suunnittelun ohjauksella voidaan vaikuttaa haluttuihin rakenneratkaisuihin kuten esimerkiksi välipohjan toteutustapaan. (Junnonen ym. 2023, 7.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää, että hankkeelle nimetään pääsuunnittelija ja useasti hankkeen pääsuunnittelijana toimii arkkitehti (Kankainen & Junnonen 2004, 13). Pääsuunnittelijalla tulee olla ajantasainen ja kattava kuva rakentamista ohjaavista ja hankkeisiin vaikuttavista tekijöistä, jotta jo suunnitteluvaiheesta lähtien on otettu huomioon vallitsevat määräykset ja lainsäädäntö.

Suunnittelussa on huomionarvoista se, että viralliset rakennusmääräykset sekä kaavamääräykset ohjaavat suunnittelua. Alueelliset rakennusmääräykset täydentävät sen sijaan kaavamääräyksiä. Rakennusmääräykset säätelevät rakennustyyppiä, julkisivuvärejä, katemateriaaleja, katon kaltevuutta sekä myös harjan suuntaa. (Junnonen ym. 2023, 9)

2.2 Tarveselvitys

Rakentamisen tulee olla tarvelähtöistä ja tarveselvitys tehdään pääsääntöisesti käyttäjälähtöisesti. Tarveselvitysvaihe on hankkeen tärkeimpiä vaiheita, koska selvityksellä saadaan erimuotoisia tuloksia hankkeen sisällöstä sekä kustannuksista Tämä ei aiheuta kovinkaan paljon kustannuksia tässä vaiheessa, mutta hanketta tulee tarkastella riittävällä tarkkuudella ja kriittisesti läpi. (Junnonen ym. 2023, 24.)

Valmiin tarveselvityksen pohjalta päätetään, kannattaako rakennushanketta aloittaa. Mikäli hankepääätös tehdään, tarveselvityksen perusteella laaditaan hankesuunnitelma, joka on puite koko hankkeen jatkotoimenpiteille (Kankainen & Junnonen, 2004, 18). Tarveselvityksen tuloksilla tulisi pystyä osoittamaan myöhemmin laadittavassa hankesuunnitelmassa muun muassa se, onko suunniteltu hanke toteutuskelpoinen ja jos on, niin millä edellytyksillä.

2.3 Välipohjan valintaan vaikuttavat määräykset

Rakentamista ohjaavassa kaavoituksessa rakennusten korkeutta ja korkeusasemia voidaan säännellä esimerkiksi määräämällä rakennukselle suurin sallittu kerrosluku, julkisivun suurin sallittu korkeusasema tai rakennuksen vesikaton ja julkisivupinnan leikkauskohdan enimmäiskorkeus.

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999), määritellään rakentamista koskevat yleiset edellytykset, teknisesti olennaiset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettely ja viranomaisvalvonta. Olennaiset tekniset vaatimukset koskevat rakenteiden lujuutta ja vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa ja äänolosuhteita sekä energiatehokkuutta. Tarkemmat rakentamista koskevat säännökset ja ohjeet on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. (Ympäristöministeriö/rakentamismääräykset.)

Rakennuskohteeseen sopiva välipohjaratkaisu tuo lopullisissa kustannuksissa säästöjä rakennushankkeen toteuttajalle ja sitä kautta enemmän taloudellista voittoa valmiista tuotteesta. Talonrakentamisen tuotannosuunnittelusta (Ratu:sta) saatuja työmenekkiaikoja voidaan näin ollen verrata todelliseen työaikaan. Yksi rakennushankkeiden onnistumista mittaava tekijä on aikataulu. Kireä aikataulu voi olla yksi merkittävimmistä syistä valita välipohjaratkaisuksi ontelo- ja kuorilaatan yhdistelmä. Tällä menettelyllä kerrostalohteissa saavutetaan vesikattotyövaihe nopeammin ja talo saadaan säältä suojaan. (Rakennustieto.)

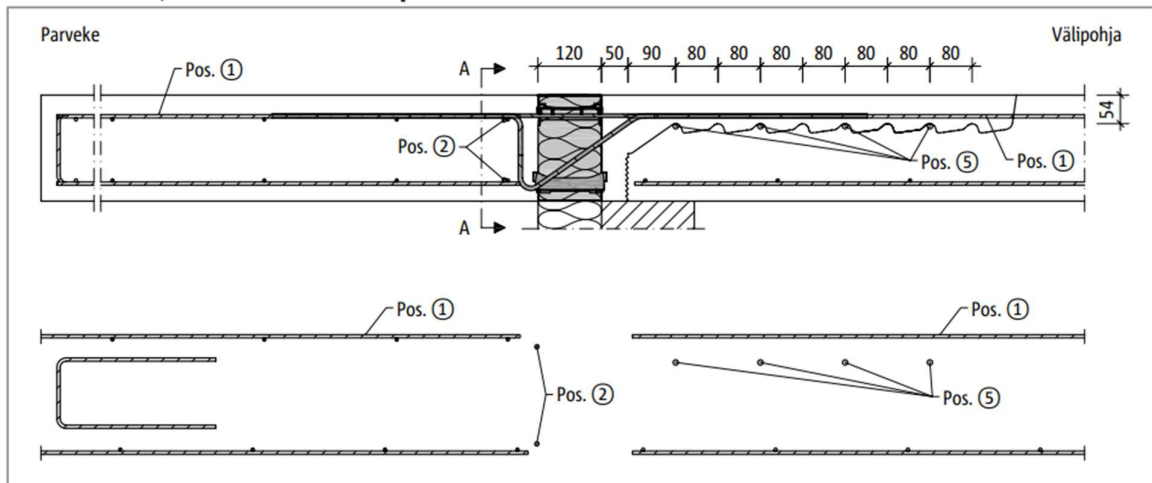
3 Välipohjan toteutusvaihtoehdot

3.1 Yleistä välipohjatyypeistä

Rakennuksessa kahden kerroksen välisestä vaakarakenteesta käytetään nimitystä välipohja. Puhekielessä välipohjasta käytetään myös nimitystä holvi.

Tässä opinnäytetyössä välipohjarakenteen vertailua on tehty ontelo- ja kuorilaattayhdistelmän ja paikalla valetun holvin välillä, koska nämä kaksi vaihtoehtoa ovat yleisesti käytettävät ratkaisut. Näitä ratkaisuja puoltavat paloturvallisuus, äänieristävyys ja yhteensopivuus betoniseinä- ja ulokeparveke-elementtien kanssa. Mainitut välipohjaratkaisut ovat selvitystyön perustana, koska valittujen ulokeparvekkeiden tartuntaraudoitteet pitää saada valettua kantavaan rakenteeseen ja tässä tapauksessa välipohjaan. Schöck Isokorb XT tyyppi K ottaa vastaan momentteja ja leikkausvoimia tukemattomissa betonisissa ulokelaatoissa. (Kuva 2.) Tästä syystä välipohjarakenne ei voi olla ainoastaan ontelolaatoilla toteutettu, koska ontelolaattaan ei saada valettua edellä mainittua parvekeratkaisun edellyttämää kannatinjärjestelmää. (Schöck Isokorb®.)

Suora asennus, IDock® 1 ilman reunapalkkia



Kuva 93: Schöck Isokorb® XT type K-E: Liittyvä rauditus suoralla asennuksella

Kuva 2. Leikkauskuva ulokeparvekkeesta (Suunnitteluohje EC2)

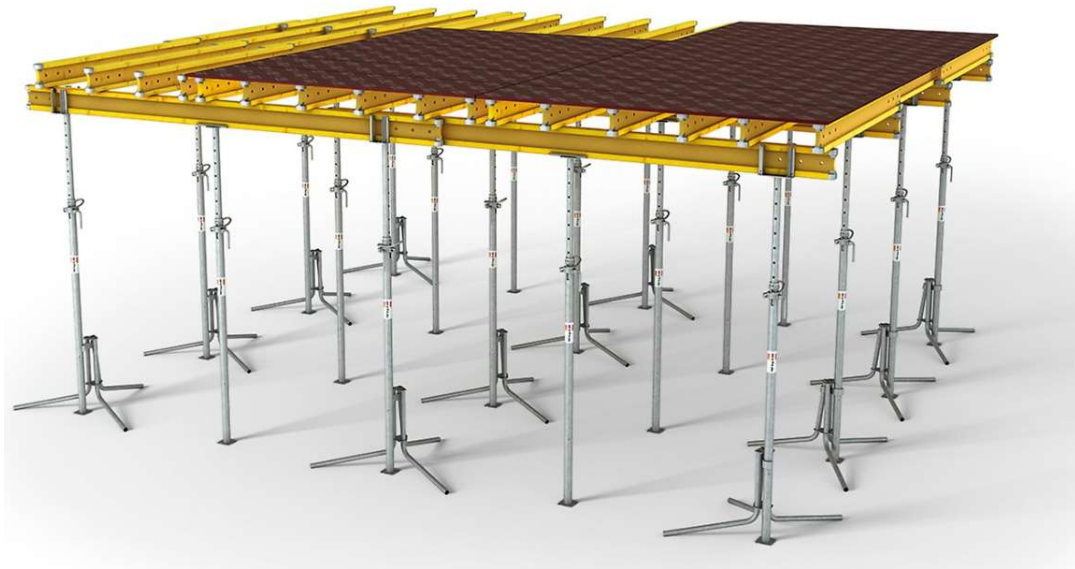
3.2 Paikalla valettu välipohja

Paikalla valetun holvin isona etuna ontelolaatoilla toteutettuun välipohjaan nähden on sen monipuoliset tekniset mahdollisuudet. Paikalla valamalla voidaan tehdä hyvin eri muotoisia rakenteita. Näitä mahdollisuuksia ovat muun muassa rakenteen aukotukset sekä ulokkeet ja sisäänvedot. Myös kaarevat rakenteet ovat helposti toteutettavissa. Paikallavalurakenteella on huomattavasti suurempi kuormien jakokyky elementteihin nähden. (Laitinen 1996, 75–76).

Paikalla valettu välipohja on kantava teräsbetonirakenne. Välipohjan tulee kestää sille asetetut suunnitelmien mukaiset kuormat ja siirtää ne kantavien seinäelementtien kautta perustuksille ja lopulta kantavalle maapohjalle tai paalujen kautta kallioon. Kerrostaloissa välipohjalle on asetettu rakennusmääräyksissä rakennelujuuden lisäksi muitakin vaatimuksia, kuten palonkesto- ja äänieristysvaatimukset. Betoni itsessään on palokestävä rakenne, se kestää hyvin puristusvoimia ja yhdessä raudoitteen kanssa myös vetovoimia. Äänieristysvaatimukset täytyvät holvin paksuuden mukaan, itse välipohja on massiivinen betonirakenne. Paikalla valettu välipohja voidaan raudoittaa verkkoraudoitteilla, kappaletavaralla tai punoksilla eli silloin kyseessä jälkijännitetty holvi. Paikalla valetun välipohjan rakentaminen alkaa muottien pystyttämällä ja muottikaluston tarve on etukäteen tarkkaan laskettu, jotta saadaan optimaalinen kierto muottikalustolle. (By 65 betoninormit 2016.)

Muottikaluston tarve saadaan laskettua kohteeseen sopivaksi esimerkiksi kalustoa vuokraavalta yritykseltä. Tässä selvitystyössä on käytetty PERI Oy:n esimerkkilaskureita. MULTIFLEX-holvimuotti voidaan suunnitella nopeasti ja helposti PERI:n suunnittelutaulukoilla. Holvin paksuuden ja käytettävän muottivanerin (3-kerrosvaneri 21 mm) mukaan määräytyy koolausjako. Sallitun tolppajaon ja niskavälin esivalinta sekä näin saatava tolppakuorma auttavat käyttäjää optimoimaan käytettävissä olevat palkit ja holvituet kulloiseenkin tilanteeseen sopiviksi. (PERI.)

Itse muottityö voidaan jakaa kahteen erilliseen työvaiheeseen: muottien pystyttämiseen ja purkamiseen. Välipohjan muottikaluston valinnassa pyritään löytämään juuri kyseiseen kohteeseen parhaiten sopiva kalusto, joka on aikataulua tukeva, kustannustehokas sekä mahdollistaa hyvän toteutuksen. Lisäksi erilaiset muottikalustot vaikuttavat työryhmän määrään sekä asennuksessa tarvittaviin apuvälineisiin. Paikallavaluholvin yleisin käytössä oleva toteutustapa on vakiopalkkijärjestelmä (kuva 3.), kasettimuotit ja pöytämuotit.



Kuva 3. Holvimuottijärjestelmä GT 24-palkeilla (PERI)

3.3 Ontelolaattavälipohja

Ontelolaatan (Kuva 4) käyttökohteita ovat betonirunkoisten rakennusten väli- ja yläpohjat sekä eristettynä alapohjat. Suomessa vuosina 1968-70 alettiin kehittämään järjestelmää, joka vastaisi 1970-luvun ennätysellistä asuntotuotantoa. Tämä järjestelmä sai nimekseen avoin BES-järjestelmä. Ontelolaatta on oleellinen osa tätä järjestelmää ja se on taannut ontelolaatan suosion. (Laitinen 1996.)

Ontelolaatta on standardoitu tuote ja laatan sisällä olevat onteloiden koko, määrä ja muoto määräytyvät ontelolaatan korkeuden mukaan. Perusleveys on 1200 mm ja erikoislaattoina saadaan eri levyisinä, mutta maksimi leveys on sama kuin perusleveys. Suomessa käytettäviä korkeuksia ovat 150 mm(O15), 200 mm(O20), 265 mm(O27), 320 mm(O32), 400 mm(O40) ja 500 mm(O50), (Elementtisuunnittelu).



Kuva 4. Ontelolaatta (Betsset-yhtiöt)

Kerrostalojen välipohjat toteutetaan pääsääntöisesti 270–370 mm(O27-O37) paksuisella ontelolaatalla. O27- ja O32-tyyppien ontelolaatat vaativat lisä-ääneneristystä ja O37-tyyppin ontelolaatta tarvitsee normaalin välipohjan rakenteen, eli ontelolaatan päälle tulevan tasoitteen, lattiapinnan alusmateriaalin ja lattiapinnoitteen saavuttaakseen askeläänieristävyyden vaatimukset. Ontelolaattojen palonkestokyky on vakiona REI60, mutta tarvittaessa ontelolaatat voidaan suunnitella palonkestoaikoihin REI90 ja REI120. (Elementtisuunnittelu.)

3.4 Kuorilaatta

Kuorilaattoja käytetään osana betonielementtirakentamista ja ne ovat ohuita esijännitetyjä laattaelementtejä. Kuorilaatta toimii muottina paikalla valettavalle betonille. Lopullisessa tilanteessa kuorilaatta toimii pääraudoituksen sisältävänä liittorakenteena yhdessä pintavalun kanssa. (Elementtisuunnittelu.)

Kuori- ja ontelolaatat tulee asentaa kantavien seinien päälle. Kuorilaatat (Kuva 5) tarvitsevat asennusaikaisen tuennan, koska ne ovat ohuita rakenteeltaan (100–150 mm) ja eivät kestä pelkästään kantavien seinien päällä. Kuorilaatoissa on ansakset, joista niitä voi myös nostaa asennettaessa paikalleen. Tuentasuunnitelma tulee kuori- ja ontelolaattavalmistajalta. (Elementtisuunnittelu.)



Kuva 5. Kuorilaatat (Kovabetoni)

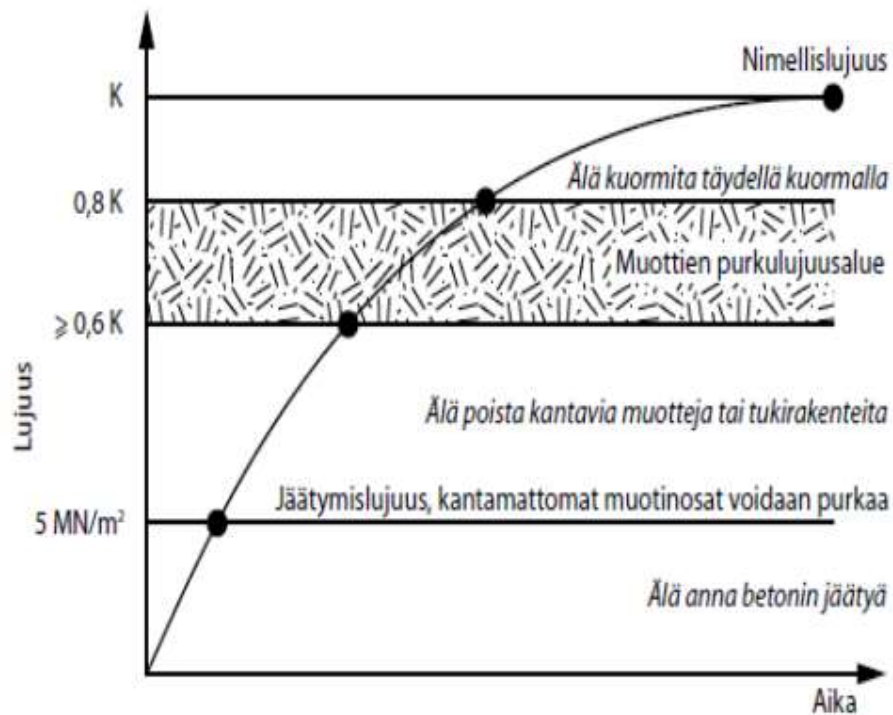
Tuenta voidaan toteuttaa suunnitelmien mukaisesti holvitukia ja vakiopalkkeja käyttäen. Tuentalinjat rakentuvat ensimmäisen kerroksen paikalla valetun holvin päälle ennen kuori- ja ontelolaattojen asennusta (Kuva 6). Laatoissa voi olla on eroavaisuutta keskenään toleranssin sisällä elementtien mukaan. Kuorilaatoissa on kaarevuus eroa verrattaessa ontelolaattoihin sekä keskenään kuorilaatoissa on isoja kaarevuus eroja. Tämä tietysti vaikuttaa kuinka ne asennettaessa laskeutuvat tukilinjojen varaan. Tälle kaarevuudelle voi olla useita tekijöitä kuten punokset ovat liian lähellä alapintaa, punoksien esijännitys vääränlainen, laatta valmistettu paljon ennen kuin saapuu työmaalle (kuivuessaan käyristyy, varsinkin kuumassa auringon paisteessa). Tukilinjat tulee asentaa suunnitelmien mukaiseen korkeusasemaan ja asennuksen aikana voidaan pieniä säätöjä tehdä asennuspalojen kanssa, lisätä tai vähentää tarpeen mukaan (PERI.)



Kuva 6. Tuentalinjat rakentuvat

Ontelo- ja kuorilaattojen määrä vaihtelee asuntojen kokoluokan mukaan sekä parvekkeen sijoittelun mukaan. Holville asennetaan vielä ennen muiden töiden aloittamista kerrostasolaatat, Schöck-parvekkeet ja portaat. Sen jälkeen tehdään LVIS-työt, tukkolaudoitukset, raudoitukset ja betonointi.

Tuentalinjat puretaan vasta, kun kuorilaattojen päälle valettava betoni on saavuttanut sille asetetun purkulujuuden rakennesuunnittelijan ohjeistuksen mukaan. Holvimuottijärjestelmän purkutöitä saa aloittaa aikaisintaan, kun betoni on saavuttanut vähintään 60 % nimellisuudesta. Rakennetta jälkituetaan muottien purkamisen yhteydessä suunnitelman mukaisesti. Muottienpurkus suunnitelman tulee sisältää oikea purkujärjestys sekä jälkituenta-ohje. Muottien purkutöiden jälkeen tulee betonia lämpöeristää ja suojata, jottei synny liian suuria sisäisiä lämpötilaeroja. Betonin kovettumisvaiheessa suuret lämpötilaerot aiheuttavat pintahalkeilua. Betonin lujuuden kehitystä arvioidaan lämpötilamittausten perusteella. Lujuuden kehityksen kolme tärkeintä tarkasteluhetkeä ovat, kun betoni saavuttaa: jäätymislujuuden, muottien purkulujuuden ja nimellisujuuden, (Kuva 7). (Sahlstedt 2013, 56.)



Kuva 7. Betonin lujuuden tarkasteluhetket (Sahlstedt 2013,17)

Talviaikana suoritettaessa paikalla valuja pitää varmistua, ettei betonivalu pääse jäätymään ennen kuin se on saavuttanut 5 MN/m^2 lujuuden. Jäätymisljuuden saavuttamisen jälkeen betoni voi jäätyä ilman, että syntyy betonin lujuuskatoa. Sen jälkeen voidaan purkaa ei kantavien osien muotteja. Muotteja ja niiden tukirakenteita purettaessa betonin lujuuden tulee olla minimissään 60 % ($0,6K$) nimellisljuudesta, ellei suunnitelmassa ole toisin määritelty tai ellei ole tehty muuta erillistä selvitystä. (Sahlstedt 2013, 18.)

Betonirakenteiden suunnittelu lujuudesta käytetään nimitystä nimellisljuuus. Käytännössä tämä tarkoittaa, ettei betonirakenteita saa ottaa käyttöön tai kuormittaa ennen kuin rakenne on saavuttanut sille suunnitellun nimellisljuuden.

4 Työ- ja materiaalimenekkivertailu

4.1 Ontelolaattavälipohja

Työvaiheet betonielementtiasennuksissa on usein samankaltaisia ja siksi ontelo- ja kuori-laatan asennuksessa aloittavat työvaiheet eivät paljon poikkea toisistaan. Aloittavia töitä ovat:

- aloituspalaveri ja työkohteen vastaanotto
- materiaalien ja suunnitelmien tarkastukset
- edeltävät mittaukset
- nosturille tehdyt tarkastukset
- käyttökokeiden voimassaolon varmistukset (Ratu 0389 Ontelo- ja TT-laattaelementtityö.)

Elementtiasennuksen työvaiheet ovat:

- ontelolaattojen asennus
- ontelolaattojen valumuotitus ja -raudoitus (Kuva 8)
- ontelolaattojen saumojen juotosbetonointi
- ontelolaattojen vesireikien avaus.



Kuva 8. Ontelolaatan raudoitus

Lopettaviin töihin kuuluvat: työssä tarvittavan kaluston huolto, siirrot ja varastointi, betonitavien alueiden jälkihoito, muottien purkaminen, tukien poistaminen, siivous sekä lajittelu työstä aiheutuneet jätteet. Materiaalimenekki on ontelolaattavälipohjan asennuksessa minimaalinen, koska elementit asennettuna muodostavat kantavan välipohjan. Välipohjan tukkoraudoitukseen käytetään vaneria tai lautaa, lisäksi saumaraudoitus sekä saumabetoni ovat suurimmat materiaalierät. Ontelolaattavälipohjan työmenekkiin (Kuva 9) löytyy ohjeelliset työmenekit. (Ratu 0389 Ontelo- ja TT-laattaelementtityö.)

TYÖMENEKIT

	Työnosa	Työmenekki			
Aloittavat työt	Mittaus	0,12 tth/kpl			
Asennus					
Ontelolaatat	ontelolaatta, keskikoko 1,2 m x 7,2 m, paino < 3 t	0,28 tth/kpl	0,033 tth/m ²		
	ontelolaatta, keskikoko 1,2 m x 14 m, paino 3...8 t	0,36 tth/kpl	0,021 tth/m ²		
Saumaus ja kiinnitys					
Ontelolaattojen saumaustyöt	pumppubetonointi	0,1 tth/kpl	0,01 tth/m ²		
	raudoitus, laudoitus, ja laudoituksen purku	0,23 tth/kpl	0,028 tth/m ²		
Suoritemäärän vaikutus	Ontelo- ja TT-laattoja, kpl	<100	100...500	>500	
	Suoritemääräkerroin	1,1	1,0	0,95	
Talvihaitta- ja lisäaikaprosentit	Lämpötila, °C	0...-2,5	-2,5...-7,5	-7,5...-12,5	<-12,5
	Laattaelementit	+10 %	+20 %	+30 %	+40 %

Kuva 9. Työmenekit (Ratu 0389 Ontelo- ja TT-laattaelementtityö)

4.2 Kuorilaattavälipohja

Alla on eriteltyinä työtehtävät työmaalla kuorilaattavälipohjan toteutustavassa (Ratu 0390 Kuorilaattaelementti- ja liittolevytyö). Kuorilaattavälipohja tarvitsee tuentakalustoa, holvi-raudoitteen, tukkoraudoituksen ja betonimenekki on paljon suurempi kuin ontelolaattaratkaisussa. Ennen betonointia kuorilaattojen päälle on asennettava raudoitus, viemäröinnit ja sähköputkitukset (Kuva 10). Viemäreiden ja kaivojen huolellinen tuenta on yksi tärkeistä viemäröintityön vaiheista.



Kuva 10. Kuorilaatan raudoitus-, sähkö- ja viemärintityöt

Aloittavat työvaiheet ovat kuten ontelolaatan asennuksessa, lisänä kuorilaatan tuentalinjojen sijaintimittaukset ja rakentaminen ennen elementtien asennusta. Kuorilaatan asennustyövaiheet ovat:

- kuorilaattaelementtien asennus
- kuorilaattaelementtien tuennan varmistus
- tukkolaudoitus
- raudoitus
- betonointi.

Lopettavat työt ovat kuten ontelolaattavälipohjan lopettavissa töissä. Ylläpitäviä töitä elementtiasennuksissa ovat työaikaiset siirrot, suojaukset ja siivous. Suojauksiin kuuluvat työaikaiset kaiteet, aukkojen ja läpivientien suojaukset. Kuorilaattavälipohjan työmenekkiin (Kuva 11) löytyy ohjeelliset työmenekit. (Ratu 0390 Kuorilaattaelementtityö.)

TYÖMENEKIT

	Työnosa	Työmenekki			
Kuurilaattaelementtityö	Mittaus	0,12 tth/kpl	0,02 tth/m ²		
	Tukipintojen tasaus	0,1 tth/kpl	0,017 tth/m ²		
	Tuenta	0,25 tth/kpl	0,042 tth/m ²		
	Kuurilaattojen asennus	0,20 tth/kpl	0,033 tth/m ²		
	Reuna ja täytemuottien teko ja varausten asennus	0,3 tth/kpl	0,05 tth/m ²		
	Raudoittaminen	0,18 tth/kpl	0,03 tth/m ²		
	Betonointi	0,42 tth/kpl	0,07 tth/m ²		
	Hierto	0,42 tth/kpl	0,07 tth/m ²		
	Muottien ja tukien poisto	0,12 tth/kpl	0,02 tth/m ²		
	Täydentävät työt	0,06 tth/kpl	0,01 tth/m ²		
Suoritemäärän vaikutus	Kuurilaattoja, kpl	0...200	201...400	401...1000	>1000
	Suoritemääräkerroin	1,08	1,0	0,93	0,86
Suoritemäärän vaikutus	Liittolevyjä, m ²	125	250	500	1000
	Suoritemääräkerroin	1,10	1,05	1,00	0,95
Talvihaitta- ja lisäaikaprocentit	Lämpötila, °C	0...-2,5	-2,5...-7,5	-7,5...-12,5	<-12,5
	Laattalementit	+10 %	+20 %	+30 %	+40 %

Kuva 11. Työmenekit (Ratu 0390 Kuurilaattaelementtityö)

4.3 Paikalla valettu välipohja

Tämä toteutustapa lisää työtehtäviä työmaalla (Kuva 12), koska vain vähäisiä työvaiheita voidaan valmistaa elementteinä. Se on yksi merkittävimmistä syistä, että valmistuminen vie enemmän aikaa kuin elementeillä toteutettuna ja työtunteja tulee enemmän työmaalla tehtäväksi. Lisäksi rakennuksen vesikattoa päästää rakentamaan myöhemmin.

Välipohjan työmaalla tehtävät työvaiheet ovat: Holvitukien pystyttäminen ja säätäminen oikeaan korkeuteen, kannatinpalkkien asennus, muottityö vaneroimalla, varauksien tekeminen, raudoitus ja LVIS-työt sekä mahdollisesti muottityö ennen betonointia (Kuva 13).

TYÖMENEKIT
LEVYMUOTTITYÖ
Aloittavat työt
Mittaustyö

Muotin pystytys

Muotin purku

Muottitarvikkeiden puhdistus, öljyäminen ja kokoaminen taakoiksi

Kalliota vasten tehtävä levyvuotti

Suoritemäärän vaikutus

Työnosa	Työmenekit
Siirrot nostokoneella	0,05 tth/muotti-m ²
Perusmuurit	0,03 tth/muotti-m ²
Seinät	0,02 tth/muotti-m ²
Palkit	0,0025 tth/muotti-m ²
Laatat	0,0025 tth/muotti-m ²
Hissikuilut, porrashuoneet	0,03 tth/muotti-m ²
Perusmuurit ja seinät	0,2 tth/muotti-m ²
Palkit	0,2 tth/muotti-m ²
Laatat	0,2 tth/muotti-m ²
Hissikuilut, porrashuoneet	0,32 tth/muotti-m ²
Purku, materiaalien lajittelu ja karkea puhdistus	
Perusmuurit ja seinät	0,2 tth/muotti-m ²
Palkit	0,2 tth/muotti-m ²
Laatat	0,25 tth/muotti-m ²
Hissikuilut ja porrashuoneet	0,25 tth/muotti-m ²
Perusmuurit ja seinät	0,07 tth/muotti-m ²
Palkit	0,07 tth/muotti-m ²
Laatat	0,05 tth/muotti-m ²
Hissikuilut ja porrashuoneet	0,07 tth/muotti-m ²
Työmenekkeroin	2,0

Muottityötä, muotti-m ² ,	≤100	200	400	≥800
Suoritemääräkerroin	1,05	1,0	0,95	0,9

Kuva 12. Työmenekit (Ratu 0398 Levymuottityö)



Kuva 13. Paikalla valetun välipohjan betonointi

Aloittavat työt ovat lähes samoja, jos välipohja toteutetaan elementeillä. Suurin eroavaisuus materiaalmäärissä ja -siirroissa. Levymuottityön työvaiheisiin kuuluvat esivalmistelut, paikan mittaus ja muotin pystytys. Lopettavia töitä ovat:

- muotin purku
- materiaalin lajittelu
- muottitarvikkeiden puhdistus, öljyäminen ja kokoaminen taakoiksi
- työkohteenluovutus. (Ratu 0398 Levymuottityö)

4.4 Yhteenveto materiaali- ja työmenekistä

Paikalla valetun välipohjan materiaalimenekki työmaalla on merkittävästi suurempi kuin ontelo- ja kuorilaatoilla toteutettuna. Ontelolaatat ovat itsessään kantavia rakenteita ja niiden saumat ainoastaan valetaan paikan päällä, toisin kuin kuorilaatassa ja paikalla valetussa välipohjassa. Näillä välipohjilla ei ole mitään kantavaa rakennetta valmiina. Kuorilaatta toimii ikään kuin muottina holvivalulle ja nopeuttaa työvaiheita. Raudoitteen ja betonin määrä on riippuvainen siitä, kuinka paljon holvin pinta-alasta on ontelolaattoja.

Kun vertaillaan työmenekkiä näiden kolmen välipohjaratkaisun kesken (Ratu työmenekit) niin huomataan, että työmaalla tehtävät työt ovat paikalla valetun välipohjan ratkaisussa suurimmat. Toiseksi eniten työtä vaatii kuorilaattavälipohja. Vähiten työmenekkiä vaatii ontelolaattavälipohja, koska tässä tapauksessa elementit tulevat työmaalle valmiina.

Kokonaisuus eri välipohjien työmenekkivertailusta on seuraavanlainen, kun esimerkki laskussa välipohjien yhteenlaskettu pinta-ala on 1446m²:

- ontelolaattoja 387m², 0,19tth/m²
- kuorilaattoja 890m², 0,24tth/m²
- massiivilaattoja 169m², 0,084tth/m²
- paikalla valettu välipohja 1446m², 0,45tth/m².

Ontelo-, kuori- ja massiivilaattojen kokonaistyömenekki on 302tth ja paikalla valetun välipohjan 651tth. Tämä laskelma osoittaa, että elementeillä toteutettuna välipohja saadaan yli puolet vähemmällä työmenekillä valmiiksi.

5 Aikataulut

Aikataulusuunnittelun tarkoitus on varmistaa ajallisten tavoitteiden toteutuminen. Rakennusprojektin tavanomaisuutta on, että sillä on selkeä alkua ja loppu. Työmaan aikataulutus on yksi tärkeimmistä tehtävistä ennen työmaan aloitusta sekä työmaan aikana. Näin pystytään suunnittelemaan ja varaamaan työvoimaresurssit, kaluston tarve, materiaali toimitukset ja hankinnat. Hyvin laaditun aikataulun avulla saadaan projekti valmiiksi oikea-aikaisesti, pysytään budjetissa ja varmistetaan laadukas lopputulos.

Yleisaikataulu

Yleisaikataulu on rakennushankkeen keskeinen aikataulu, joka jakautuu kolmeen toisistaan eroavaan sisältöön: alustava yleisaikataulu, sopimusaikataulu ja työaikataulu. Alustava yleisaikataulu (Kuva 14) on karkea aikatauluversio, jonka tarkoituksena on selvittää tärkeimmät työvaiheet- ja menetelmät, hankkeen kesto, tärkeimpien resurssien tarve. (Ratu KI-6031, 43).

Sopimusyleisaikataulua käytetään sopimusneuvotteluissa ja tarvittaessa yleisaikataulua muokataan tai tarkennetaan. Rakennuttajan ja päätoteuttajan välisestä sopimusaikataulusta on tärkeää löytyä molempien osapuolia koskevat, tärkeät ajankohdat. Nämä voi olla rakennuttajan hankinnat tai toimintakokeiden käynnistäminen. Sopimusaikataulusta tulee käydä ilmi ainakin aloitus- ja valmistuspäivämäärät sekä välitavoitteet. Sopimusyleisaikataulu perustuu kokonaisaikoihin. (Ratu KI-6031, 45).

Pääurakoitsija jakaa yleisen urakka-aikataulun työaikatauluksi paikan päällä ja koordinoi eri urakoitsijoiden työt. Työaikataulu on urakoitsijan ja pääurakoitsijan välisen sopimuksen aikaperuste. Työaikataulua kutsutaan usein rakennustyömaan pääaikatauluksi. Työsuunnittelussa tehtävät suunnitellaan tarkemmin ja jaetaan osiin tai osatehtäviin. Työsuunnitelmiin sisältyy aina rakennustyötehtävät. (Ratu KI-6031, 45).



Kuva 14. Alustava yleisaikataulu (Ratu KI-6031)

Työaikataulu

Työaikataulu laaditaan työmaalla, jossa se toimii osana työmaan ohjausta. Aikataululla seurataan yleisaikataulun toteutumista. Tämä aikataulu toimii viikkoaikataulun tekemisen pohjana. (Mäki 2004, 28)

Hyvässä työaikataulussa tärkeintä ei ole nimikkeiden määrä vaan aikataulun selkeys. Tehtävien ajoituksen lisäksi työaikataulussa tulee esittää välitavoitteet, talotekniikan työt ja luovutustoimenpiteet. Työaikataulussa tulee myös ottaa kantaa esim. kuivumisolosuhteisiin. (Ratu KI-6031, 47).

Viikkoaikataulu

Viikkoaikataululla (Kuva 15) varmistetaan resurssien riittävyys sekä tavoitteiden toteutuminen. Tehdään yleensä kolmeksi viikoksi eteenpäin, mutta tarkennetaan viikoittain urakoitsijalavereissa. (Mäki 2004, 31)

Viikkoaikataulun laatimisesta vastuu kuuluu vastaavalle työnjohtajalle tai työpäällikölle. Heidän tulee selvittää tavoitteet rakentamisolosuhteiden tai työaikataulun perusteella. Näitä tavoitteita voi olla ennalta määritellyn alueen tai rakenneosan valmius tiettyinä päivinä. (Ratu KI-6031, 59).

VIIKKOAIKATAULU														
Tehtävä	Tekijä	Vahvuus	vko 43					vko 44					vko 45	
			MA	TI	KE	TO	PE	MA	TI	KE	TO	PE	MA	TI
C LOHKO														
Anturat, laudoitus	Alpo alurakoitsija	2												
Routasuojaus, asennus	GM-yritys	1												
Anturat, rauditus	MaiKa	3												
Anturat, valu ja tartunnat	Alpo alurakoitsija	3												
Purku ja siivous	Alpo alurakoitsija	1												
Täytöt	Maa-alurakoitsija	kone												
VS-nostojen laudoitus	Alpo alurakoitsija	2												

Kuva 15 Viikkoaikataulu (Ratu KI-6028)

6 Työturvallisuus

6.1 Työturvallisuus rakennusalalla

Rakennusala on haastava työturvallisuuden näkökulmasta tarkasteltuna. Siinä on paljon riskejä työtapaturmiin ja työturvallisuuteen onkin kiinnitetty entistä enemmän huomiota. Jokainen työntekijä on vastuussa turvallisuudesta ja yrityksissä tehdään paljon turvallisuushavaintoja ja kirjataan ne ylös erilaisiin järjestelmiin epäkohtien havainnoimiseksi. Rakennushankkeiden työturvallisuus on Suomessa laissa määrätty ja sitä myös seurataan aktiivisesti. Yksi työturvallisuuden lakisääteisistä mittauksista on työmailla suoritettavat, viikoittaiset TR-mittaukset. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009).

Rakennushankkeessa on rakennuttajan, suunnittelijan, työnantajan ja itsenäisen työsuorittajan yhdessä ja kunkin osaltaan huolehdittava siitä, ettei työstä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville eikä muille työn vaikutuspiirissä oleville henkilöille. Kaikilla rakennustyömaan työntekijöillä on oltava riittävät tiedot turvallisesta työskentelystä ja heidän on tunnettava rakennustyömaan vaara- ja haittatekijät sekä niiden poistamiseen tarvittavat toimenpiteet. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 3 §.)

6.2 Työturvallisuuden huomioon ottaminen rakennushankkeessa

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on nimettävä rakennuttajan puolesta hankkeen vaativuutta vastaava turvallisuuskoordinaattori. Koordinaattorin tulee huolehtia rakennushankkeen työturvallisuudesta ja katsoa, että työturvallisuusvelvoitteet tulevat toteutetuiksi ja työsuoritteet voidaan tehdä aiheuttamatta haittaa työntekijän terveydelle. Rakennuttajan velvollisuuksiin kuuluu varmistaa, että turvallisuuskoordinaattori huolehtii hänelle kuuluvista tehtävistä. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 5 §.)

Työturvallisuus on otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Suunnittelijoilta vaaditaan rakennuttajan toimesta työturvallisuuden huomioimista rakentamisessa ja rakennuttajan on annettava riittävän oikeat tiedot suunnittelijoille, jolloin heillä on mahdollisuus toteuttaa työturvallisuuslaissa määritetyt vastuunsa. Elementtirakentamisessa vastaavan rakennesuunnittelijan vastuulla on huolehtia, että suunnitelmat ovat ristiriidattomat sekä elementtirakentamiselle asetetut työturvallisuusvaatimukset täyttyvät. Rakennuttaja huolehtii, että ennen rakennushankkeen päättymistä rakennuskohteesta on laadittu seuraavat käyttö- ja huolto-ohjeet: Ylläpitoa, huoltoa, kunnossapitoa ja korjaamista koskevat ohjeet, jotka sisältävät työturvallisuus- ja terveystiedot. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 7 §.)

6.3 Työmaatarkastukset

Työmaatarkastuksia on tehtävä työmaalla vähintään kerran viikossa. Näissä kunnossapitotarkastuksissa on käytävä läpi muun muassa putoamissuojaus, riittävä valaistus, rakennustyön aikainen sähköistys, nostoissa käytettävät apuvälineet, henkilönostimet ja telineet, kulkuteiden esteettömyys, kaivantojen sortumavaaran estäminen sekä muut merkittävät työturvallisuuteen vaikuttavat tekijät. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 16 §.)

Jos tarkastuksissa esiintyy epäkohtia, on nämä korjattava välittömästi ja työmaatarkastuksista tehdään aina pöytäkirja. Työmaatarkastuksissa tulee olla mukana työturvallisuushenkilö, työmaan edustaja tai aliurakoitsijan edustaja. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 17 §.)

6.4 Työmaan yleiset turvallisuusmääräykset

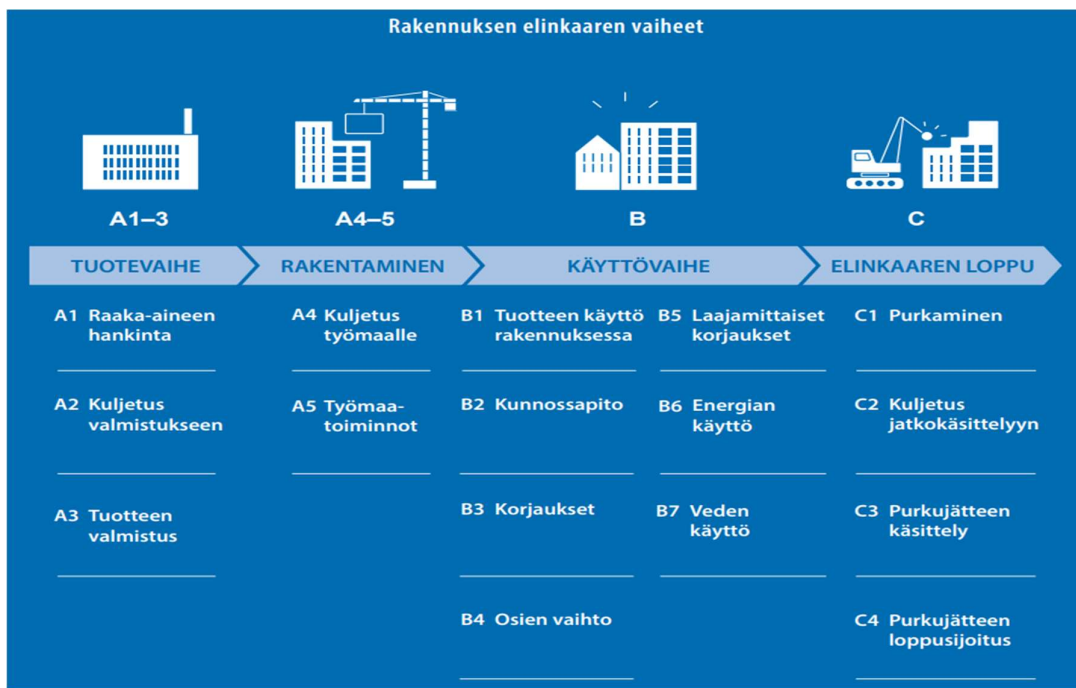
Työmaan ajotiet tulee toteuttaa kestävästi raskaan liikenteen ja nostureiden aiheuttaman rasituksen. Ajoteiden tulee kestää myös tavaran purkamisen ja lastaamisen sekä työmaalle tarkoitetun varastoinnin kuormitukset. Ajotiet tulisi järjestää niin, että risteävää liikennettä ei muiden kulkuteiden kanssa muodostuisi ja liikennejärjestelyt tulee olla liikennemerkeillä näkyvästi osoitettu. Työmaan aluesuunnitelmassa täytyy huomioida rakennustarvikkeiden varastointi-, purkaus- ja lastauspaikkojen sijoittelu siten, että vältetään rakennustarvikkeiden nostot työntekijöiden ylitse. Jalankulkijoille on järjestettävä erilliset kulkutiet ja niiden tulisi sijaita ajoväylien läheisyydessä. Liikennejärjestelyjä suunnitellessa on huomioitava toiminnan luonne ja käyttäjien määrä sekä näkyvyys on riittävä. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 25 §.)

Rakennustyömaan yleisvalaistus tulee olla riittävä ja erityisesti kulkuteiden valaistus tulee olla sopiva niiden käyttäjille. Kohtisuoraa valaistusta käyttäjää kohti minimoitava ja valaistuksen suuria ja äkillisiä eroja tulisi välttää. Valaisimien asentamisessa tulee huomioida työntekijöiden turvallisuus siten, ettei niistä aiheudu tarpeetonta vaaraa. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 26 §.)

7 Hiilijalanjälki

7.1 Hiilijalanjälki yleistä

Ympäristöministeriö on julkaissut vähähiilisen rakentamisen tiekartan vuonna 2017. Tiekartta osoittaa rakennusten elinkaaren (kuva 16) tulevan osaksi vähähiilistä rakentamista ja rakennusmääräyksiä 2020-luvun puoliväliin mennessä. Vähähiilisyys on otettu huomioon myös maankäyttö- ja rakennuslain kokonaisuudistuksessa. Ympäristöministeriön julkaisussa kuvataan rakennusten vähähiilisyyden arviointiin Suomessa käytettävän menetelmän ensimmäinen versio. Järjestelmän runkona on käytetty Euroopan komission Level(s)-menetelmää sekä EN-standardeja. (Valtioneuvosto, rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä.)



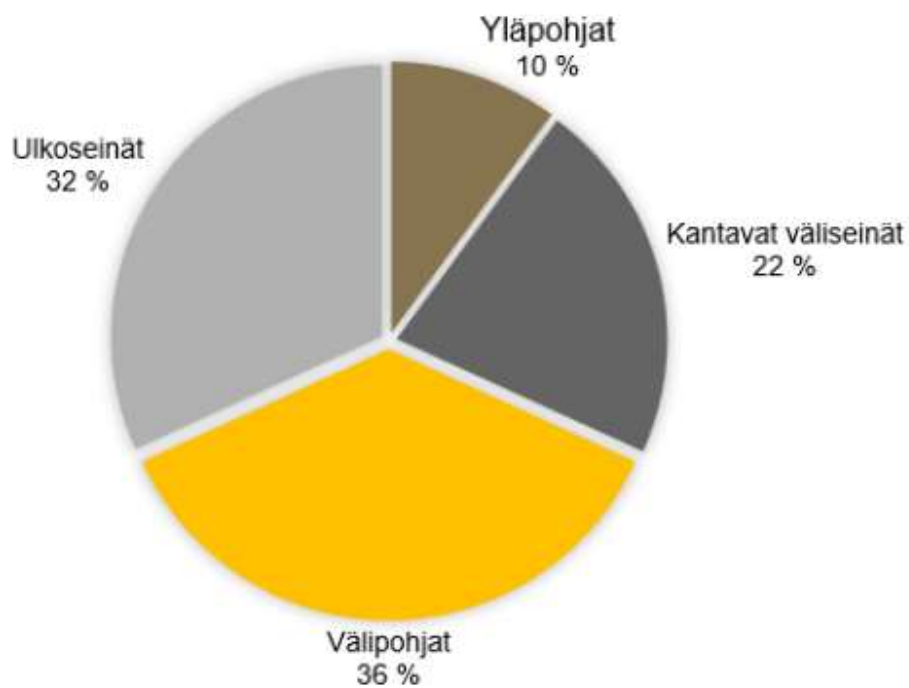
Kuva 16. Rakennusten elinkaari (Valtioneuvosto)

Hiilijalanjäljen laskennan tarkoitus on selvittää, kuinka suuri määrä kasvihuonekaasuja pääsee ilmastoon rakennuksen elinkaaren aikana. Rakennuksen elinkaari alkaa rakennustuotteiden valmistamisesta ja päättyy rakennuksen purkamiseen. Mittaamiseen käytetään omaa mittayksikköä, jota kutsutaan hiilidioksidiekvivalentiksi (kg CO₂e). Rakennusalan ammattilaisille on olemassa ilmainen tietokanta, johon on kerätty rakentamisessa käytettävien tuotteiden ilmastovaikutuksia, materiaalihokkuutta sekä kierrätettävyyttä. Yhdenmukaiset tiedot helpottavat kasvihuonekaasujen laskentaa sekä auttavat vähähiilisen rakennuksen suunnittelua. (Valtioneuvosto, rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä.)

7.2 Rakennushankkeen välipohjan hiilijalanjälki

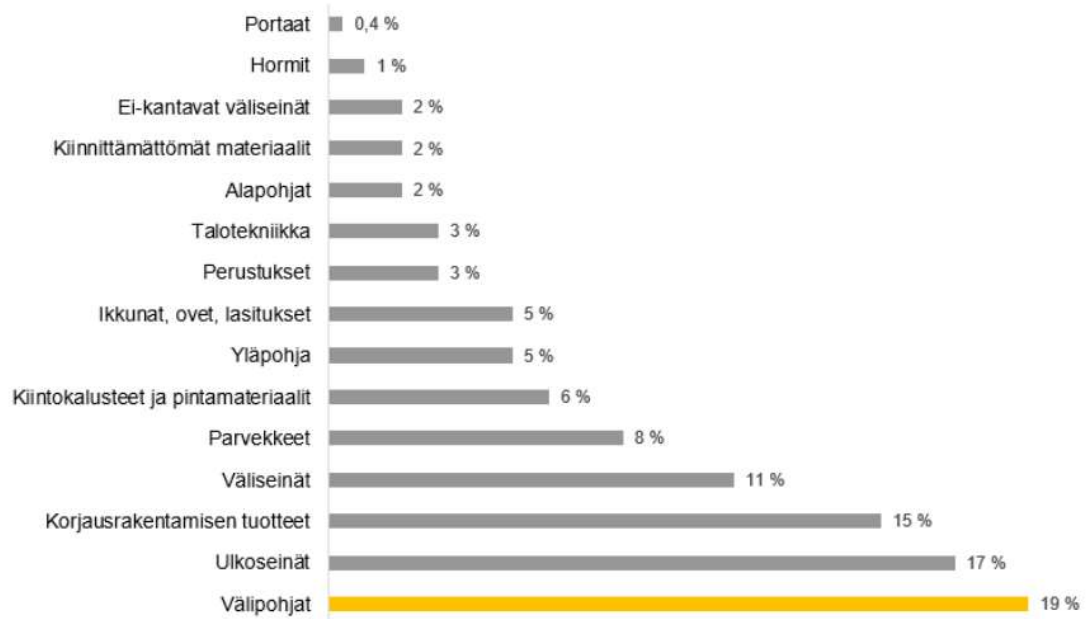
Rakennussuunnitteluvaiheessa voidaan arvioida hiilijalanjälki myös välipohjan osalle. Välipohjan hiilijalanjälki koostuu seuraavista: Rakennustuotteen valmistuksesta, kuljetuksista ja loppusijoituksesta. Elinkaariarvioinnissa tarvitaan tuotteen rakennushankkeen määräluetelo, arvioita vaihdettavista materiaaleista elinkaaren aikana sekä uudelleenkäyttöön, kierrätykseen tai loppusijoitukseen päätyvien materiaalien määrät.

Kantavan rungon valmistuksesta aiheutuu noin 35 % tuotesidonnaisista päästöistä. Kuvassa 17 on esitetty kantavan rungon eri osien päästöjen jakautuminen, ja välipohjat ovat hiilijalanjälkeä eniten kuormittava rakenneos (Häkkinen&Kuittinen 2020, 27).



Kuva 17. Kantavan rungon valmistuksen päästöjen jakautuminen (Häkkinen & Kuittinen 2020, 27)

Väliohjarakenne on edelleen suurin päästöjen aiheuttaja, jos tarkastellaan betonirunkoisen asuinkerrostalon päästöjen muodostumista tarkemmin. Alla olevassa kuvassa (kuva 18) on lisätty rungon lisäksi tarkasteluun myös muita suurimpia päästöjen aiheuttajia ja suurin yksittäinen päästölähde on väliohjat. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 29.)



Kuva 18. Rakennusosien suhteelliset osuudet päästöistä (Häkkinen & Kuittinen 2020, 29)

8 YIT – tarkasteltava kohde As. Oy Porvoon Fanny

8.1 Yleistä rakennusprojektista

YIT Suomi Oy aloitti rakennusprojektin Porvoon ydinkeskustaan vuoden 2021 lopulla ja sinne rakennettiin kaksi asuinkerrostaloa, As. Oy Porvoon Charlotta ja As. Oy Porvoon Fanny. Rakennukset olivat gryndituotantoa eli YIT oli hankkinut tontin sekä perustanut asunto-osakeyhtiön. YIT rakensi myös itse rakennukset sekä myi huoneistot. Varsinainen rakentaminen alkoi tammikuussa 2022, kun massanvaihdot oli suoritettu ja paalutus oli valmis. Rakennus on kokonaisuudessaan teräspaalujen päälle rakennettu. Teräspaalut on lyöty peruskallioon ja paalujen pituus vaihtelee 3–7 metriin. Rakennuksia yhdistävä kellarikerroksen parkkihallin lattia on myös paaluperustainen. Kellarikerroksen seinät rakentuivat parkkihallin osalla betonikuorielementeistä ja asuinrakennuksien alapuolinen seinärakenne betonisandwich-seinäelementeistä. Parkkihallin ja asuinrakennuksen välipohja tehtiin jälkijännitettynä teräsbetonirakenteena ja kannen päältä alkoi asuinhuoneistojen rakentaminen. Talojen välinen osa toimii piha-alueena ja tämä kansi on toteutettu myös jälkijännitettynä teräsbetonirakenteena. Parkkihallin lisäksi pohjakerroksessa on väestönsuoja As. Oy Charlottan alapuolella. Molemmat talot ovat 5 kerroksisia ja runkorakenteena on lämpörapattu betonielementti. Asuntojen lukumäärä 58 kpl, joista As. Oy Porvoon Fannyn 30kpl (Raksystems).

Opinnäytetyön tekijä toimi asuinkerrostalojen työnjohtajana 2022 tammikuusta alkaen. Hankesuunnitteluvaiheessa on määritelty hankkeen laajuus, laatu, aika ja kustannuksia koskevat tavoitteet ja nämä päätökset ohjaavat rakennussuunnittelun lopputuotteen teknisiä ratkaisuja. Ohjeistuksena suunnittelijoille oli toteuttaa elementeillä niin paljon kuin mahdollista ja siksi rakennussuunnitelmien mukaisesti välipohjan osalta päädyttiin ontelo- ja kuorilaatan yhdistelmään. Tämä ratkaisu herätti useita kertoja ajatuksia tämän rakenteen toimivuudesta tämän kaltaisessa kohteessa, kun parvekeratkaisuna on ulokeparveke ja kerrostalot eivät ole pistekerrostaloja. Ulokeparvekkeiden sijoittelu eri kerroksien välillä poikkeavat toisistaan ja näin myös välipohjat eivät olleet keskenään samanlaisia. Näistä syistä ontelolaattojen käyttömahdollisuus oli vähäinen, 45 % välipohjaelementtien kokonaismäärästä. Lisäksi ongelmia havaittiin kuorilaattojen asennuksen yhteydessä, kun kuorilaatat eivät laskeutuneet tukien varaan vaan osassa ne jäivät ilmaan.

8.2 Työ – ja materiaalimenekki

Työmenekkilaskelmissa on käytetty pohjana Rakennustieto Oy julkaisemia ohjekortteja ontelo-, TT- ja superlaattaelementtityö sekä kuorilaattaelementti- ja liittolevytyö. Nämä ovat suuntaa antavia tietoja ja niitä voi käyttää soveltavin osin laskelmissa. Tarkasteltavassa kohteessa As. Oy Porvoon Fannyn osalla ontelolaattojen kokonaismäärä oli 125kpl. Kuorilaattoja oli 92kpl ja lisäksi välipohjan laskennassa huomioitiin porraskäytävien massiivilaatat 19kpl. Taulukossa 1 on esitettyä työmenekkilaskelmat.

Ontelolaatta	kpl	tth/kpl/m ²		tth				
Mittaus	125	0,12	kpl	15	tth			
Asennus	125	0,28	kpl	35	tth			
Tukkolaudoitus	125	0,23	kpl	28,75	tth			
Betonipumppaus, saumaus	125	0,1	kpl	12,5	tth			
Suoritemääräkerroin	+/- 0%							
Kokonaistyömenekki				76,25	tth		4	tv

Kuorilaatta 120/150	kpl	tth/kpl						
Mittaus	92	0,12		11,04	tth			
Tukipintojen tasaus	92	0,10		9,2	tth			
Tuenta	92	0,25		23	tth			
Kuorilaattojen asennus	92	0,20		18,4	tth			
Reuna- ja täytemuotin teko, varaukset	92	0,30		27,6	tth			
Raudoittaminen	92	0,18		16,56	tth			
Betonointi	92	0,42		38,64	tth			
Hierro	92	0,42		38,64	tth			
Muottien ja tukien poisto	92	0,12		11,04	tth			
Täydentävät työt	92	0,06		5,52	tth			
Yhteensä:	92			199,64	tth			
	tth	kerroin						
Suoritemääräkerroin +8%	< 200	1,08		215,6112	tth			
Kokonaistyömenekki				215,6112	tth		9	tv

Massiivilaatta asennus ja rauditus	19	0,75	kpl	14,25	tth		1	tv
------------------------------------	----	------	-----	--------------	------------	--	----------	-----------

Taulukko 1. Työmenekkilaskelmat

Työmenekkiä lisääviä tekijöitä kohteessa olivat monimutkaiset suunnitelmat, varastointialueiden puute, muutokset asennusjärjestyksiin ja sääolosuhteet. Tarkasteltavan kohteen tontti oli erittäin ahdas, katuihin ja naapurikiinteistöihin rajautuen ja siksi elementtien varastointi mahdollisuus työmaalla oli minimaalinen. Suurin osa elementeistä asennettiin suoraan kuormasta. Ontelo- ja kuorilaattojen asennusjärjestystä jouduttiin muokkaamaan ajoittain virheellisen tai rikkoutuneen elementin takia.

Työmenekkilaskelman mukainen työmenekki välipohjien osalta olisi 14 työvuoroa (Taulukko 1). Todellisuudessa työmenekki on huomattavasti enemmän, pelkästään ontelo- ja kuorilaattojen asennus vei aikaa 8 työvuoroa asennusryhmältä (2RAM, 1 RM). Tähän lisätään tuentalinjojen asennus kuorilaatoille, tukkolaudoitus, raudoitus-, betonointi- ja purkutyöt 24 työvuoroa. Näin ollen kokonaistyövuorojen määrä oli 32 työvuoroa. Lisäksi pitää huomioida, että työryhmien koko ja määrä vaihtelee tiettyjen työvaiheiden aikana. Kohteessa työskenteli yksi työryhmä tukkolaudoituksia tehden ja toinen ryhmä raudoitti kuorilaattoja. Aliurakoitsijan urakkasummia tutkiessa voidaan todeta, että niissä on huomioitu rakennuksen monimuotoisuus ja haasteellisuus. Tietystä toimitusviiveistä, laaturvirheistä elementeissä tai asennusjärjestyksen muutoksista aliurakoitsija on oikeutettu lisälaskutukseen.

Materiaalimenekkiä välipohjan osalta oli elementtien lisäksi: harjateräkset, holvibetoni, juotosbetoni, tukevaneri, asennuspalat, tuentakalusto. Kulurakenne väli- ja yläpohjan materiaalien osalta: ontelo-, massiivi- ja kuorilaatat 60 % materiaalikustannuksista, harjateräkset 15 %, betoni 20 % ja loppumateriaalit 5 %. Plaano-menekkiä ei ole tiedossa, mutta ontelolaattavälipohjan lattioiden oikaisuun menee enemmän tasoitetta kuin paikalla valetavan välipohjan oikaisuun. Ontelolaatat ovat esijännitetyjä ja kaarevia ylöspäin sekä tutkitavassa kohteen laatoissa oli esijännityksestä johtuvia korkeusheittoja keskenään.

8.3 Aikataulu ja kustannukset

Hankkeen yleisaikataulun mukaisesti talot valmistuivat niille asetetun aikataavoitteen mukaisesti. Haasteita aikataulun suhteen työmaalla aiheutti ennalta arvaamattomat viivästyksset ja ennen talonrakennusvaiheen aloittamista oltiin työvaiheissa useita viikkoja myöhässä. Tämä alun viivästyminen johtui tontilta löytyneestä pilaantuneesta maa-aineksesta (PIMA) josta ei ollut etukäteistietoa. Tontilla oli tehty kyllä koeporauksia, mutta niissä ei ollut ilmennyt mitään merkittäviä määriä PIMA:a. Tämän alun viivästyksen vuoksi aikataulupaineita oli koko projektin ajan.

Ukrainan kriisin seurauksena vuonna 2022 materiaalien saatavuus heikkeni ja hinnat nousivat. Erityisesti tämä koski teräs- ja betonituotteita. YIT:n Porvoon työmaalla tämä kriisi aiheutti harjateräksien toimitusvaikeuksia aliurakoitsijalle, jotka sitten saatiin omien yhteistyökumppaneiden kautta järjestymään, eivätkä terästoimitukset aiheuttaneet merkittäviä viivästyksiä. Työjärjestyksin uudelleen organisointia näistä aiheutui. Ylimääräisiä kustannuksia teräksen hinnannousu kyllä aiheutti.

Elpo-hormien toimituksesta työmaalle oli aiheutua ongelma. Hormit oli tarkoitus valmistaa Rudus Oy:n Viipurin tehtaalla, mutta Ukrainan kriisin seurauksena toimitukset Viipurin tehtaalta keskeytyivät. Elpo-hormien valmistus oli siirrettävä Ruduksen tehtaalle Karhulaan, josta ne saatiin toimitettua työmaalle viime hetkellä, eikä tästä aiheutunut viivästyksiä runkourakoitsijan aikatauluihin. Alussa tulleet viivästykset massavaihdossa yritettiin saada kurottua kiinni ja se tarkoitti joissain työvaiheissa ryntäyttämistä ja työvaiheiden uudelleen aikatauluttamista. Esimerkkinä pihakannen vedeneristys jouduttiin tekemään talvella sääsuojan alla ja julkisivurappaus Fannyn osalta tehtiin lämmitetyn sääsuojan sisällä. Näihin ei ollut varauduttu budjetoinnissa, koska rappaus ja pihakannen vedeneristys alkuperäisen yleisaikataulun mukaisesti piti olla valmis ennen lämmityskauden alkua.

Välipohjaratkaisu ei itsessään aiheuttanut mitään suuria aikataulullisia ongelmia, mutta urakoitsijan tavoitteessa 8pv/krs kierrolla ei kuitenkaan pysytty. Työvaiheesta tai materiaalitoimituksesta johtuva viive aiheutti painetta aikataulullisesti ja siitä syystä usein jouduttiin uudelleen järjestelemään työjärjestyksiä työmaalla. Aikatauluviiveitä ja kustannuksia lisäsi:

- massanvaihtotyöt
- liian optimistinen aikataulu elementtiasennuksessa
- KL-elementtien laatu ongelmat ja niistä aiheutuneet korjaukset
- työjärjestyksien uudelleen muokkaaminen
- materiaalihintojen nousu
- työvaiheiden siirtyminen lämmityskaudelle
- suunnitelmien muuttuminen/päivittäminen.

8.4 Työturvallisuus

Työturvallisuus on tärkeä osa YIT:n arvomaailmaa ja se on näkyvästi läsnä päivittäisessä toiminnassa. YIT:llä halutaan kehittää jatkuvasti terveys- ja työturvallisuuskäytäntöjä. Jokainen voi vaikuttaa omilla toimillaan, kuinka työturvallisuutta kehitetään ja työmailla edellytetään käytäntöjen toteutumista aliurakoitsijoilta sekä hankintaketjussa. Työntekijöiden perehdyttämisestä alkaa turvallinen työntekeminen. (YIT, työturvallisuusperiaatteet.)

Porvoon työmaalla noudatettiin YIT:n yleisiä turvallisuusmääräyksiä. Jokaisesta uudesta työvaiheesta tehtiin työvaiheen turvallisuussuunnitelma (TTS) ja henkilökohtaisten suojausten käyttöä, työturvallisuuslain tarkoittamaa kuvallista henkilöstötunnistetta ja työmaakohtaista kulkulupaa sekä voimassa olevaa työturvallisuuskorttia valvottiin. Elementtiasennuksiin sisältyy riskejä, jotka tulee huomioida ja yleisesti keskeisimpien vaarojen tunnistaminen työvaiheittainen. Työnjohdon tehtäviin kuuluu valvoa, että työt suoritetaan turvallisesti ja on puututtava epäkohtiin asian vaatimalla ripeydellä. Nostotöissä nostoapuvälineet ovat

aina toimintakuntoisia ja tarkastettuja ja työntekijät ovat perehdytetty nostotöiden turvalliseen toteuttamiseen. Elementtiasennustyötä tekeillä asentajilla tulee valjaat olla asian-mukaisesti kiinnitettynä eikä kukaan työskentele nostettavan taakaan alapuolella. Molempien rakennuksien työturvallisuudesta vastasi YIT:n puolelta nimetty työturvallisuuspäällikkö. (YIT, yleiset työturvallisuusvaatimukset.)

8.5 Hiilijalanjälki

As. Oy Porvoon Fanny välipohjasta hiilijalanjälkilaskentaa ei ole suoritettu, mutta vuonna 2022 YIT Oy otti merkittävän askeleen kohti vähähiilistä rakentamista ja siirtyi käyttämään asuntotuotannossaan Consolis Parman vähähiilisiä ontelolaattoja. Vähähiilinen ontelolaatta lähes puolittaa laattojen päästöt ja pienentää koko asuinrakentamisen materiaalipäästöjä noin 8 %. Vähähiiliset ontelolaatat on otettu käyttöön ensin Uudellemaalle rakennetuissa kerrostaloissa ja tarkoituksena on laajentaa niiden käyttöä vähitellen koko Suomeen (YIT:n asuntotuotannon vähähiiliset ontelolaatat).

Esimerkkinä Vantaan Lentolaan nousi vuonna 2022 maailman ensimmäinen vähähiilisistä ontelolaatoista rakennettu kerrostalo. Laskelmien mukaan ontelolaatat olivat nyt noin 40 % aikaisempia vähähiilisempiä, mutta vähähiiliset ontelolaatat ovat vielä hieman tavallisia kalliimpia (Vähähiilisistä ontelolaatoista rakentuva kerrostalo).

9 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla kerrostalojen betonivälipohjaratkaisuja silloin kun parvekeratkaisuna on ulokeparveke. Vertailua tehtiin ontelo- ja kuorilaattayhdistelmän ja paikalla valetun teräsbetonivälipohjan välillä vertaillen kustannuksia, aikatauluja sekä välipohjaratkaisun hiilijalanjälkeä. Opinnäytetyössä on myös tarkasteltu välipohjaratkaisun vaikutusta työturvallisuuteen.

Välipohjan vertailun tuloksena voidaan todeta, että selkeästi kustannustehokkainta ratkaisu ei ollut kumpikaan tutkittavista vaihtoehdoista. Välipohjan rakenneratkaisun valintaan suurin vaikuttava tekijä on kerrostalotyyppe. Lisäksi valintaan vaikuttavia tekijöitä on hankkeen aikataulu, työvoiman saatavuus ja tontin tilavaraukset. Ontelo- ja kuorilaatta välipohjan suurimmat kustannukset muodostuvat hankintahinnasta, asennustyöstä, raudoitus ja betonointityöstä sekä toimitus- ja purkukustannuksista. Paikalla valettavan välipohjan suurimmat kustannukset aiheutuvat muotti-, raudoitus- ja betonointi työvaiheista, materiaalikustannuksista ja muottikaluston vuokrasta. Nosturia tarvitaan molemmissa vaihtoehdoissa seinäelementtien asennukseen ja usein torninosturi asennetaan perustusvaiheessa tai sen jälkeen työmaalle. Paikalla valetun holvin nostotöitä on vähemmän ja silloin on mahdollista korvata torninosturi mobiilinosturilla. Näin saadaan kuluja pienemmäksi. Huomioitavaa on, että lopullisiin kustannuksiin vaikuttavat myös laadulliset tekijät, erityisesti ontelo- ja kuorilaatta vaihtoehdossa ja niihin on mahdoton etukäteen varautua. Kuten tarkasteltavassa kohteessa huomaamme niin kuluja aiheutui taipumaeroista kuorilaatoissa (kuvat 19 ja 20) ja syyksi valmistajalta kerrottiin esijännityksen epäonnistuminen sekä punoksien sijoittelu liian lähellä elementin alapintaa. Elementtitoimittaja kuitenkin korvasi osiltaan nämä laadulliset ongelmat, mutta siitä huolimatta työmaalla laadullisista virheistä aiheutui aikataulupaineita sekä uudelleen järjestelyjä työvaiheiden osalta.



Kuvat 19 ja 20. Laatuvirheitä elementeissä

Kerrostalokohteen ollessa monimuotoinen, kun parvekkeita sijoiteltuna jokaiselle talon neljästä sivusta ja vertikaalisesti toisistaan poikkeava sijainti johtaa siihen, etteivät kerroksien välipohjat ole samanlaisia keskenään. Pesuhuoneet ja saunat voi olla osaksi kuorilaattojen

päällä ja osaksi kololaatan päällä ja seuraavassa kerroksessa sitten taas toisaalla kokonaan kuorilaattojen päällä tai kokonaan kololaatan päällä. Kuorilaattojen kohdalle on asennettava viemäröinti ennen kuorilaattojen betonivalua, kun taas kololaattojen kohdalla viemäröinti voidaan tehdä myöhemmin. Tämä johtuu siitä, että kuorilaatat eivät ole kantavia rakenteita ilman betonivalua ja taas kololaatta on kantava rakenne saumavalujen jälkeen. Pistekerrostaloissa kerrosvälipohja toistuu samankaltaisena kerroksittain ja silloin ontelo- ja kuorilaattaratkaisusta saatava hyöty on parempi.

Työmenekkilaskelman mukaan työt pitäisi saada aikaiseksi puolessa siitä ajasta mitä käytännössä välipohjat valmistuivat. Toki Ratu:n työmenekkilaskenta on vain suuntaa antava ja se voi olla lähempänä todellisuutta pistekerrostalojen välipohjanrakentamisessa.

Tämän opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta, että kun kyseessä on monimuotoinen pienkerrostalo, jossa on ulokeparvekkeet niin laadullisesti parempi ja edullisempi lopputulos saavutetaan paikalla valetulla välipohjaratkaisulla kuin kuori- ja ontelolaattavälipohjalla. Tätä selvitystyön tulosta tukee myös se, että yrityksestä saatujen tietojen mukaan välipohjaratkaisut on mahdollista toteuttaa omalla henkilöstöllä paikallavalettuna 20–30 €/välipohjaneliö halvemmalla kuin ontelo- kuorilaattavälipohja. Jatkokehittämisen kannalta olisi hyvä tutkia enemmän hiilijalanjälkeä juuri välipohjanvaihtoehtojen välillä. Siinä on erinomainen opinnäytetyön aihe.

Lähteet

- Betsset Yhtiöt. Viitattu 14.3.2024. Saatavissa <https://betsset.fi/tuotteet/betonielementit>
- By 65 betoninormit 2016.
- Elementtisuunnittelu. Päivitetty 26.4.2022. Viitattu 5.3.2024. Saatavissa <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat>
- Finlex 205/2009. Viitattu 28.12.2023. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>
- Häkkinen, T. & Kuittinen, M. 2020. Kohti vähähiilistä rakentamista. Opas arviointiin ja suunnitteluun. Helsinki: Rakennustieto.
- Junnonen, J-M., Saari, A. & Savolainen, J. 2023. Rakennushankkeen suunnittelun ohjaus. Helsinki: Rakennustieto.
- Kankainen J., Junnonen J-M. 2004. Rakennuttaminen. Helsinki: Rakennustieto.
- Kovabetoni. Viitattu 24.2.2024. Saatavissa <https://kovabetoni.fi/tuotteet>
- Laitinen, Eero 1996, s.105. Teollinen betonirakentaminen. Tampere: Rakennustieto.
- Leikkauskuva ulokeparvekkeesta. Viitattu 26.2.2024. Saatavissa <https://www.schoeck.com/>
- Mäki, Tarja 2004. Aikataulukirja s.27–31.
- PERI Suomi Ltd Oy. Viitattu 12.2.2024. Saatavissa <https://www.peri.fi/tuotteet/muotit.html>
- Raksystems Insinööritoimisto Oy. Viitattu 15.3.2024. Saatavissa <https://raksystems.fi/ajankohtaista/asunto-oy-porvoon-charlottan-ja-fannyn-suunnittelijana>
- Ratu 0389. 2012. Ontelo- ja TT-laattaelementtityö. Copyright Rakennustietosäätiö 2017.
- Ratu 0390. 2012. Kuorilaattaelementti- ja liittolevytyö. Copyright Rakennustietosäätiö 2017.
- Ratu 0398. 2012. Levymuottityö. Copyright Rakennustietosäätiö 2017.
- Ratu KI-6028. 2015. Aikataulukirja 2016. Copyright Rakennustietosäätiö 2017.
- Ratu KI-6031, 2017, 43. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Copyright Rakennustietosäätiö 2017.
- RIL 216-2013, 154. Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta.
- RT 10-11224 Talonrakennushankkeen kulku 2016. Viitattu 25.2.2024.

RT 13-10860 Suunnittelun johtaminen rakennushankkeessa. Viitattu 25.2.2024.

Satu Sahlstedt, 2013, s. 17-18 ja 56 Talvibetonointi: Suomen Rakennusmedia Oy

Schöck Isokorb®. Viitattu 26.2.2024. Saatavissa <https://www.schoeck.com/>

Suunnitteluohje EC2 - Schöck Isokorb® KXT-E ja IDock. Viitattu 26.2.2024. Saatavissa <https://www.haucon.fi>

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Annettu Helsingissä 26.3.2009. Viitattu 15.11.2023. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Pidm46494958908128>

Valtioneuvosto, rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Viitattu 12.12.2023. Saatavissa <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161761>

Vähähiilisistä ontelolaatoista rakentuva kerrostalo. Viitattu 3.3.2024. Saatavissa <https://projekti uutiset.fi/yitn-asuntotuotantoon-vahahiiliset-ontelolaat/>

YIT:n asuntotuotantoon vähähiiliset ontelolaatat. Viitattu 3.3.2024. Saatavissa <https://www.yit.fi/yitimessa/vahahiilisista-ontelolaatoista-rakennettu-kerrostalo>

YIT, työturvallisuusperiaatteet. Viitattu 15.12.2023. Saatavissa <https://www.yit-group.com/fi/kumppaneille/tyoturvallisuusperiaatteet>

YIT, yleiset työturvallisuusvaatimukset. Viitattu 15.12.2023. Saatavissa <https://www.yit-group.com/contentassets/51c0def6392f4de3bf60c4aaefc4cd06/yleiset-tyoturvallisuusvaatimukset-yitn-tyomailla.pdf>

Ympäristöministeriö/rakentamismääräykset. Viitattu 17.3.2024 Saatavissa <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>