

Tuomas Hartikainen

Paikoitushallin paikallavaletun ja kuori- laattarakenteisen kannen vertailu

Opinnäytetyö
Rakennustekniikka

2017



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät Tuomas Hartikainen	Tutkinto Insinööri (AMK)	Aika Toukokuu 2017
Opinnäytetyön nimi Paikoitushallin paikallavaletun ja kuoriliittorakenteisen kannen vertailu		35 sivua 2 liitesivua
Toimeksiantaja Tuomas Hartikainen		
Ohjaaja Lehtorit Sirpa Laakso ja Juha Karvonen		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla paikallavalettua jälkijännitettyä pihakantta ja kuorilaattarakenteista pihakantta. Tavoitteena oli löytää ja koota tekijöitä, jotka helpottavat tulevissa rakentamiskohteissa valintaa näiden kahden ratkaisun välillä. Opinnäytetyössä vertailtiin paikallavaletun jälkijännitetyn- ja kuorilaattarakenteisen holvin aikataulua, laatua ja rakenneratkaisuja keskenään.</p> <p>Opinnäytetyössä esitetty teorian tieto on hankittu mm. alan kirjallisuudesta, rakennusohjeista, määräyksistä sekä RT-julkaisuista. Lisäksi tietoa on hankittu keskustelemalla alalla toimivien rakentajien ja muiden asiantuntijoiden kanssa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena voitiin dokumentoida molemmista ratkaisuista sekä hyviä että huonoja puolia. Esille tulleista tuloksista ratkaisevia tekijöitä valinnan kannalta olivat rakennettavassa kohteessa tarvittavat jännevälit, lopputuloksen monimuotoisuus ja rakentamisen aikataulut. Molemmissa rakenneratkaisuissa esille tulivat tärkeinä seikkoina myös rakenteen vesitiiviys, joka vaikuttaa ennen kaikkea pihakannen käyttökään, sekä kannen rakennepaksuus ja laatuvaatimukset. On kuitenkin syytä vielä lopuksi korostaa että rakenneratkaisujen valinta tulisi tehdä aina rakennettava kohteen, ja jos etukäteen tiedossa on myös käytössä olevien resurssien perusteella.</p>		
Asiasanat kuorilaatta, pihakansi, paikallavalettu jälkijännitetty holvi		

Author (authors)	Degree	Time
Tuomas Hartikainen	Bachelor of Engineering	May 2017
Thesis Title		
Post tensioned cast-in-place vault and thin-shell slab vault solutions comparison		35 pages 2 pages of appendices
Commissioned by		
Tuomas Hartikainen		
Supervisor		
Sirpa Laakso and Juha Karvonen, Senior Lecturers		
Abstract		
<p>The purpose of this thesis was to present new viewpoints by comparing post-tensioned cast-in-place vault and thin-shell slab vault, as well as make the decision of choice between the two easier. The thesis compared the timetable, quality and the structural solution of the both options on a general level.</p> <p>As a result of these solutions both good and bad aspects were found out. Among the results that were revealed the most decisive factors were span length and timetable. In both solutions, also waterproofness, requirements of quality and work were visible. In the decision of structural solution the most crucial factor is to take into account characteristics of the target.</p> <p>Information to thesis was obtained from including thesis of the field, literature, regulations, RT-publications and conversations between persons of the field.</p>		
Keywords		
thin-shell slab vault, post-tensioned cast-in-place vault		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	PIHAKANSI	6
3	SUUNNITTELU.....	7
3.1	Lähtökohdat.....	7
3.2	Käyttöikäsuunnittelu ja rasitusluokat.....	8
3.3	Paloturvallisuus.....	9
4	KUORILAATTARAKENTEINEN PIHAKANSI	10
4.1	Yleistä.....	10
4.2	Materiaali	13
5	PAIKALLAVALETTU JÄLKIJÄNNITETTY BETONILAATTA PIHAKANSI.....	15
5.1	Yleistä.....	15
5.2	Materiaali	17
6	LAATUVERTAILU.....	20
6.1	Yleistä.....	20
6.2	Paikallavaaletun jälkijännitetyn holvin laatu	22
6.3	Kuorilaattarakenteisen holvin laatu	24
6.4	Laadun vertailu	27
7	AIKATAULUJEN VERTAILU	29
7.1	Aikataulun laadinta	29
8	RAKENNERATKAISUJEN VERTAILU	31
9	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	
	Liite 1. Kuorilaattarakenteisen aikataulu	
	Liite 2. Jälkijännitetyn ja paikallavaaletun aikataulu	

1 JOHDANTO

Pääkaupunkiseudulla tehokkaan kaavoittamisen ja tonttien huonon saatavuuden, sekä kalleuden vuoksi joudutaan tonttien pysäköintiratkaisut järjestämään pihakannen alaisella paikoitushallilla. Myös kaupunkikuvalliset näkökulmat vaikuttavat edellä mainittuihin järjestelyihin. Usein juuri asemakaavan määräyksissä vaaditaan pysäköintinormin tehokkuutta esim. yksi autopaikka per asunto. Nuoremmissa kaavoissa ja viranomaisneuvotteluilla on päästy järkevämpään pysäköintinormiin, mutta silti vieläkin tonttien suuren rakennusoikeuden vuoksi maantasopysäköintiratkaisuihin ei enää päästä. Näin ollen joudutaan pihakannen alaisiin pysäköintiratkaisuihin. Projektikohtaisesti joudutaan päättämään pihakannen alaisen pysäköintihallin rakenneratkaisusta. Autopaikkojen kokoa ja ajoväyliä koskevaa RT-ohjetta ollaan juuri uusimassa. Näihin RT-ohjeisiin usein viranomaisen perustaa kantansa. Tulevassa RT-ohjeessa päästään mitoituksellisesti hieman tehokkaampaan autohalliin. Tämä vaikuttaa autohallin kokonaisuutteen ja helpottaa autopaikkojen mahduttamista ahtaalle tontille. Jokaisessa projektissa joudutaan pohtimaan, mikä olisi juuri tässä projektissa taloudellisesti ja rakenteellisesti järkevin autohallin rakenteellinen ratkaisu. Monesti vaihtoehtona ovat a) jälkijännitetty pihakansi b) liittorakenteinen kuorilaattakansi tai c) ontelolaatta.

Tässä lopputyössä vertaillaan kuorilaattarakenteisen (b) ja paikallavaletun jälkijännitystekniikalla (a) toteutettua pihakantaa. Vertailu rajataan seuraaviin näkökulmiin: aikataulu, rakenneratkaisut ja laatu.

Opinnäytetyön teoria osaan koottu tieto on hankittu mm. alan opinnäytetöistä, kirjallisuudesta ja RT-julkaisuista. Lisäksi tietoa on hankittu keskustelemalla alalla toimivien asiantuntijoiden kanssa.

2 PIHAKANSI

Pihakansi on betonirakenteinen kokonaisuus, joka muodostuu kansirakenteesta (käännetty katto tai kylmä rakenne) ja sitä kantavasta rungosta. Kansirakenne voidaan toteuttaa ontelolaattaratkaisuna, kuorilaatta liittorakenneratkaisuna tai paikallavalu jälkijännitysratkaisuna. Pihakannen kantava runko voidaan toteuttaa elementtipilari, -palkki, jälkijännitetty palkki ja kantava seinä - tyyppisillä ratkaisulla tai paikalla valettuna.



Kuva 1. Pihakansi kerrostalo alueen sisäpihalla. (1)

Pihakannen sijainti on yleensä aina rakennuksen vieressä tai sen läheisyydessä, niin että rakennuksesta on joko suora kulkuyhteys tai muuten lyhyt kulkumatka kannen alapuolisiin tiloihin. Yleinen tapa suunnittelussa on ollut, että pihakansi ja rakennus muodostavat kerrostalokohteissa sisäpihan pihakannen päälle.

Pihakannen päällimmäisenä tarkoituksena on saada tontille sijoitettua järkevästi autopaikoitus siten, ettei turhaan tuhlatasi piha-aluetta autopaikoitukseen, vaan saataisiin piha-aluetta paremmin käyttöön muihinkin toimintoihin ja maisemallisesti paremman näköiseksi. Kokoa pihakansilla on tyyppillisesti noin 1000 – 2000 m². Tonttien pieni koko ja asemakaavamääräykset johtavat pihakansien yleistymiseen.

3 SUUNNITTELU

3.1 Lähtökohdat

Olosuhteiltaan pihakansi on jatkuvasti alttiina muuttuville kuormituksille, korroosiolle, sääolosuhteille ja lämpötilaeroille. Sääolosuhteiltaan pihakansi altistuu jatkuvasti, riippuen vuodenajasta, vesisateelle, lumelle sekä jäälle. Sääolosuhteilla on oleellinen vaikutus suunniteltavaan lämmöneristykseen, jos pihakansi suunnitellaan käännettynä kattona, jolloin sade- ja sulamisvedet aiheuttavat eristeiden kostumista ja lämpöhäviöitä. Vuodenajat taas aiheuttavat pihakannelle jatkuvia lämpötilaeroja, jotka on otettava myös huomioon lämmöneristyksessä sääolosuhteiden kanssa. Ns. kylmässä hallissa ei lämmöneristystä käytetä. Kuormituksen kannalta pihakanteen kohdistuu raskaita dynaamisia kuormia, kuten akselikuorma n.20 t, ihmisistä johtuvia kuormia ja myös muita esim. lumikinoksista syntyviä kuormia ja samalla pihakannen omapaino on suhteellisen suuri. Sääolosuhteiden ajoneuvo kuormitusten ja mahdollisen suolauksen seurauksena pihakanteen kohdistuu huomattavan aggressiivinen korroosiorasitus.

Pihakannet suunnitellaan usein osittain maanalaiseksi, sekä kantamaan ajoneuvo-, pelastusajoneuvo- ja muita hyötykuormia. Pihakannen suunnittelussa tulee ottaa huomioon sille asetetut määräykset ja normit rakenteiden suunnittelussa sekä tilankäyttösuunnittelussa.

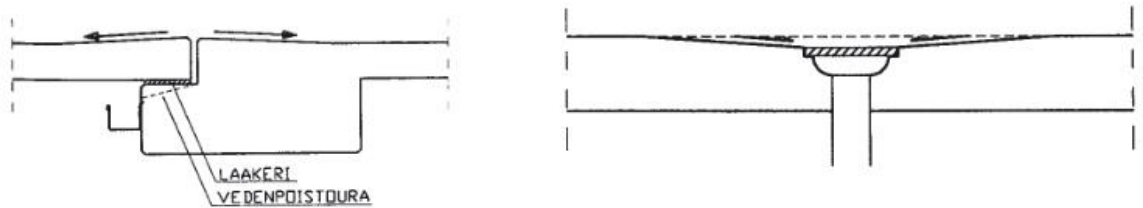
Pihakantta suunniteltaessa otetaan huomioon mm. seuraavia asioita:

- Kohteen monimuotoisuus
- Tavoiteltavat kerroskorkeudet ja jännemitat
- Hyötykuormat ja akselikuormat, pysyvät ja muuttuvat tasokuormat, lumi-kuorma ja kinoskuorma, erikoiskuormat, pelastusajoneuvon kuormat jne.
- Vesitiiveys
- Käyttöikä
- Paloturvallisuus
 - kantavien rakenteiden palonkestovaatimus
- Rasitusluokat
- Seuraamusluokka

- Luetettavuusluokka kantavalle rungolle
- Suunnittelukäyttöikä rakennus ja runkorakenteet
- Kohteen vaativuusluokka
- Laatuvaatimukset
- Kustannustekijät
- Rakentamisen aikataulu
- Visuaalinen ilme

Laattarakenteen suunnittelussa tulisi pyrkiä siihen, että rakenteessa on vähän eri kerroksia ja laattarakenteessa on suuret yhtenäiset pinta-alat, jolloin saumojen lukumäärä on mahdollisimman pieni. (2.)

Sade- ja hulevesien kannalta pihakansi pitää suunnitella kuivaksi ja vedenpitäväksi, lisäksi tulee suunnitella mahdollisen rakenteeseen päässeen veden poistuminen. Vedenpoisto tulee suunnitella pihakansirakenteessa riittävin kallistuksin esim. kantavissa rakenteissa 1:50 ja pintarakenteissa vastakallistukset 1:100. Lisäksi sade- ja hulevesien poisto tulee suunnitella hyvin suunniteltujen kaivojen, viemärien ja tiiviiden rakenteiden avulla.

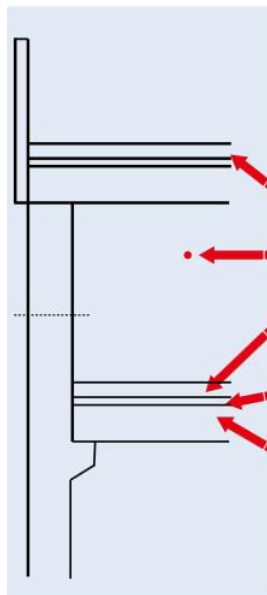


Kuva 2. Yksinkertaistettu periaatekuva kallistuksista ja kaivon upotuksesta. (3)

3.2 Käyttöikäsuunnittelu ja rasitusluokat

Suunnittelukäyttöikä ja rasitusluokat määritellään betonirakenteiden säilyvyys-suunnittelussa. kylmät pysäköintihallit suunnitellaan yleensä 50 vuoden käyttöiälle. Perustelluista syistä voidaan tapauskohtaisesti pysäköintihallit suunnitella 100 vuoden käyttöiälle. Ympäristöolosuhteet määrittävät rasitusluokat. (2.)

Kuvat 3 ja 4 havainnollistavat rasitusluokkia ja käyttöikää.



	Kylmä, Vähän liikennettä	Kylmä, Paljon liikennettä	Lämmin, Vähän liikennettä	Lämmin, Paljon liikennettä
Ylin taso, pintabetoni ¹⁾	XC4 XD1 XF3	XC4 XD1 XF3		
Seinät ²⁾	XC2 XF1	XC2 XF1	XC2	XC2
Pintabetoni	XC3,4 XD1 XF1	XC3,4 XD1 XF2	XC3 XD1	XC3 XD1
Kuorilaatta	XC3 XF1	XC3 XF1	XC3	XC3
Palkit	XC3 XF1	XC3 XF1	XC3	XC3
Ajorampit ja suojaamaton taso lähellä sisääntuloa	XC3,4 XD2 XF2	XC3,4 XD2 XF4	XC3 XD2	XC3 XD2

1) Tasoa ei suolata.
Jos suolataan, kts by51

2) Ei koske suojaamatonta pystypintaa
lähellä sisääntuloa, kts by51

Kuva 3. Pysäköintitalon rasitusolosuhteet. (4)

Käyttöikä 50 vuotta (lihavoitu muutokset SFS7022; By50 2004 → By50 2011)

KOOSTUMUS JA OMINAISUUDET	RASITUSLUOKAT																						
	Eirastusta	HIILIDIOKSIDI												KORROSIONVAIKUTUS				JÄÄTYMINEN JA SULAMINEN			KEMIALLISESTI AGGRESSIIVISET AINEET		
		Kloridi				Merivesi				Muu kuin merivesi				Jäätyminen			Kemiallisesti aggressiiviset aineet						
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3				
SUURIN V/S SUHDE		0,90	0,80	0,60	0,60	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,60	0,50	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40					
VÄHIMMÄIS- LUJUSLUOKKA	K15 C12/ 15	K25 C20/ 25	K30 C20/ 25	K30 C30/ 37	K35 C30/ 37	K40 C30/ 37	K45 C35/ 45	K45 C35/ 45	K35 C30/ 37	K35 C35/ 45	K45 C35/ 45				K40 C30/ 37	K45 C35/ 45	K50 C40/ 50						
VÄHIMMÄIS- SEMENTTIMÄÄRÄ (KG/M ³)		200 160	230 160	250 250	270 250	300 300	320 320	320 320	300 300	300 300	320 320	270 270	330 330	300 300	360 360	300 300	320 320	330 330					
F-LUKU (VÄHIMMÄISARVO)												1,0		1,5									
P-LUKU (VÄHIMMÄISARVO)													25		40								
ILMAMÄÄRÄ												4,0	5,0	4,0	5,5								

Taulukossa ovat vuoden 2004 RakMK/By50 arvot ja korostetulla mustalla SFS EN206:den uuden kansallisen soveltamisstandardin SFS7022 ja By50 2012 mukaiset arvot.

Kuva 4. Käyttöikätaulukko 50 vuotta. (5)

3.3 Paloturvallisuus

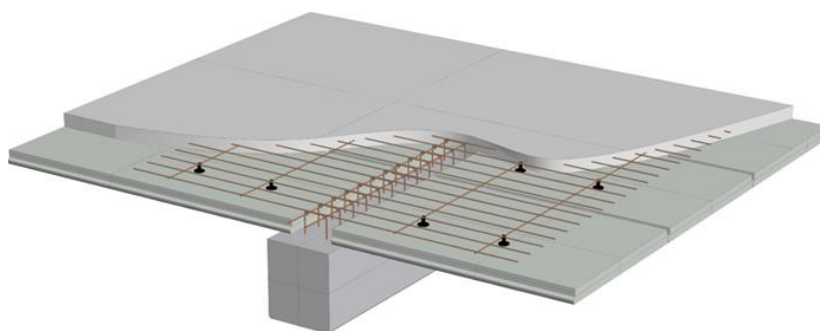
Paloturvallisuuden kannalta pihakannet suunnitellaan voimassa olevien asetusten, määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Näitä ovat muun muassa *E1 Rakennusten paloturvallisuus (asetus)*, *E4 Autosuojien paloturvallisuus (ohje)* ja *RIL 195-4-2005 Rakenteellinen paloturvallisuus IV (suunnittelu ohje)*. Lisäksi otetaan huomioon kuntakohtaiset määräykset ja ohjeet, sekä muut mahdolliset ohjeet ja määräykset. Kaikkien rakenteiden tulee täyttää Suomessa asetetut palovaatimukset. (6.)

4 KUORILAATTARAKENTEINEN PIHAKANSI

4.1 Yleistä

Kuorilaattarakenteinen pihakansi on liittorakenteinen laattarakenne (betoni-betoni liittolaatta), joka on toteutettu esijännitetyllä kuorilaattaelementeillä, pinta raudoituksella (jakorauditus), paikalla valettavalla betonilaatalla (liittolaatta) ja mahdollisella tuennalla ja esikorotuksella. Kuorilaattarakenteinen pihakansi rakennetaan kantavien seinien ja kantavan pilari-palkkirungon varaan. Pilari-palkkirungossa tukevalla palkistolla on oleellinen osa laataston liittovai-
kutusta. (7.)

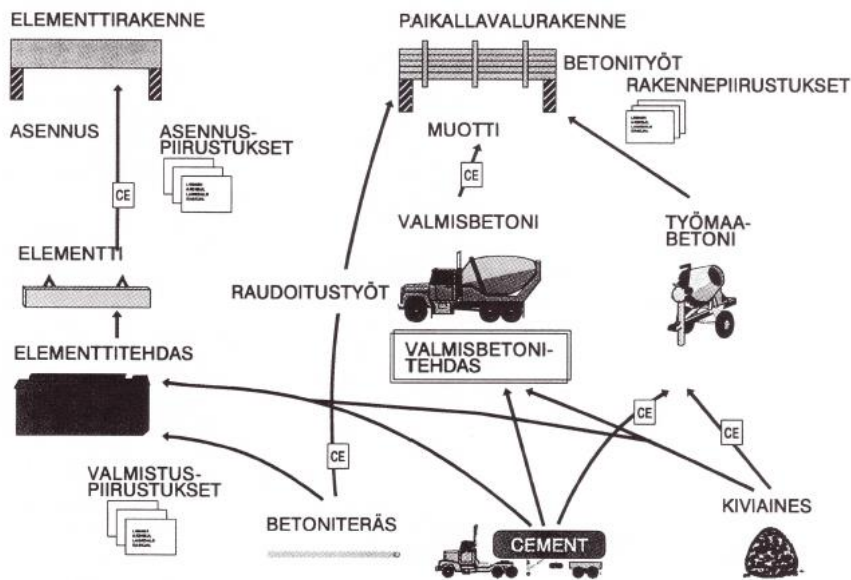
Kuorilaattarakenteisen liittorakenteen toimintaperiaate tulee sen liittotoiminnasta esijännitetyn kuorilaatan, ansaiden, sekä kuorilaatan päälle valettavan jakoraudituksen sisältävän betonin kanssa. Kuorilaatta toimii rakenteessa esijännitettynä vetovoimia vastaan ottavana rakenteena ja betonilaatan raudoituksen kanssa toimii suurimmalta osalta puristuksia vastaan. Kuorilaatta on yhteen suuntaan kantava, mutta pintabetonin yhdistävän liittovai-
kutuksen ohella muiden kuorilaattojen kanssa se kantaa kuormia myös vaakasuunnassa. Kuorilaatta toimii samalla valumuottina päälle valettavalle betonille (kuva 5). Kuorilaatta rakenteisella ratkaisulla päästään vain pieniin jänneväleihin kuorilaatan maksimi mitan (n.10 m) takia, jolloin pilareiden tarve on suuri.



Kuva 5. Kuorilaatan havainnekuva. (8)

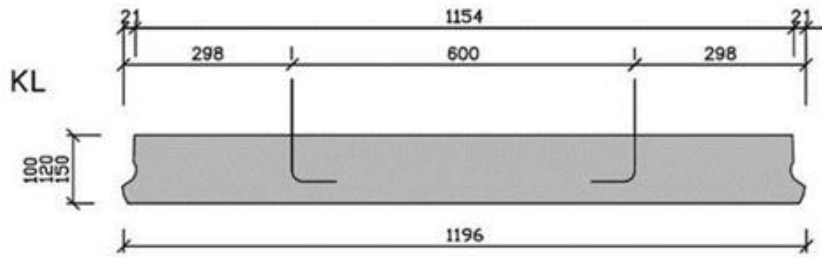
Kuorilaatalle ominaista on sen esivalmius verrattuna paikallavaluun. Kuorilaatat valmistetaan elementtitehtaassa, josta ne kuljetetaan työmaalle. Koska kuorilaatta on osa rakennetta ja se sisältää valmiiksi jännitetyn työvaiheen ja

suurimman osan muottivaiheesta, voidaan tällä runkovaiheessa saavuttaa aikakataulullista etumatkaa paikallavaluun nähden. Koska kuorilaatat ovat esivalmiita rakennustuotteita, joudutaan projektissa varaamaan aika myös tuotesuunnittelulle, selvittämään kuorilaattojen saatavuus ja varmistamaan tehtaan kapasiteetti elementtitoimittajalta. Kuorilaattarakenteisessa laatussa projektin alkuvaihe saattaa olla pidempi ja se joudutaan aloittamaan aikaisemmin. Kuorilaatat ovat rakennusosatuotteita, eli niiden laatu on varmistettu standardien kautta. Tämän johdosta työmaalla riittää kuorilaattojen tarkistaminen, eikä tarvitse esimerkiksi huolehtia jännitystyön onnistumisesta. Kuorilaatan päälle tuleva betonilaatta valetaan työmaalla.



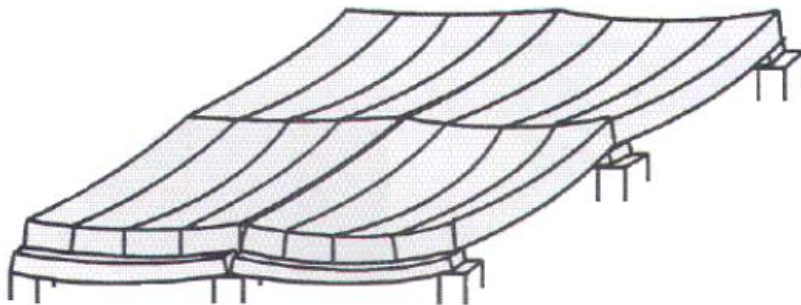
Kuva 6. Elementtirakenteisen ja paikallavalurakenteisen prosessikaavio. (9)

Kuorilaattoja esiintyy normaalisti tyyppimerkinnöillä KL100, KL120, KL150 ja KL160, joissa KL-merkin jälkeinen osa kertoo laatan paksuuden. Kuorilaatan leveys vaihtelee 1200 – 400 mm:n välillä. Kuorilaatan pituus vaihtelee n.4-10 m välillä. Kuorilaatan päälle valettavan pintabetonin (liittovalu) paksuus vaihtelee 100 - 250 mm:n, jopa 300 mm:n välillä. Kaivojen sijainnista, kaadoista ja kuormituksesta johtuen, voi pintalaatan paksuus olla suurempikin. Kuorilaattoja voidaan tarvittaessa leikata jossain määrin vaihteleviin muotoihin.



Kuva 7. Kuorilaatan poikkileikkaus. (10)

Kuorilaatta voidaan suunnitella, joko väliaikaisesti tuettuna tai tukemattomana. Tukemattoman kuorilaatan perusajatukseksi on se, että sillä saadaan nopeutettua aikataulua, kustannussäästöä, yksinkertaistettua asentamista ja vapautettua alapuolinen tila muulle rakentamiselle. Tukemattomalla kuorilaatalla ei kuitenkaan päästä yhtä pitkiin jänneväleihin ja ohuempiin rakennepaksuuksiin kuin tuetulla. Koska tukematon kuorilaatta kannattelee omanpainon lisäksi kuorilaatan päälle tulevan pintabetonin painon, joudutaan käyttämään lyhyempää jänneväliä. Väliaikaistuennalla toteutetulla kuorilaatalla toisaalta päästään pidempiin jänneväleihin ja mahdollisesti kapeampiin rakennepaksuuksiin. Tuennan avulla estetään taipumia, hammastuksia ja kiertymiä sekä varmistetaan työnaikainen kantokyky. Tuennan lisäksi voidaan käyttää kuorilaatan esikoro-tusta tasaamaan lopullisia taipumia. Tuenta poistetaan, kun pintabetoni on saavuttanut vähintään 70 % suunnittelulujuudesta. Väliaikaistuennan tarkoituksena on saada hyödynnettyä paremmin rakenteen liittovaikutus. Epäonnistunut tuennan suunnittelu, puutteellinen tuenta tai liian aikaisin tukien poisto voi johtaa hallitsemattoman suuriin taipumiin. (11.)



Kuva 8. Laataston muodonmuutokset palkin taipuessa (12)

Kuorilaatan asennustyössä tarvitaan seuraavia suunnitelmia

- Tuentasuunnitelma
- TTS/PTS
- Betonointisuunnitelma

Betonityössä käydään läpi kaikki ne asiat, jotka ovat tärkeitä onnistuneen valutyön kannalta. Betonointiin kuuluu betonin vastaanotto, siirrot, valu, tiivistys ja avustavat työt.

Suunnitelmassa esitetään seuraavia:

 - Työmaan vastuuhenkilöt
 - Muottipintojen laatu, öljyäminen
 - Raudoitukset, varaukset, valualueet
 - Betonilaatu
 - Betonointi menetelmät
 - Betonointi nopeus
 - Aikataulu
 - Betonimäärät
 - Työnjohto, henkilövahvuus
 - Varautuminen häiriöihin
 - Jälkihoito, lujuudenseuranta
 - Talvityöhön, lämmitykseen liittyvät asiat
 - Dokumentointi, betonointipöytäkirjat
- Elementtiasennussuunnitelma
- Laadunvarmistussuunnitelma
- Menetelmäsuunnitelma/Tehtäväsuunnitelma

4.2 Materiaali

Betoni

Kuorilaatan betoni valmistetaan elementtitehtaalla. Betonin suunnittelulujuus on luokkien K35-1 ja K60-1 väliltä. Työmaalla kuorilaatan päälle valettava pintabetoni tulee betonitehtaalta, joka on valmistettu rakennesuunnittelijan antamien suunnittelulujuuden ja rasisluokkien mukaisesti. Pintabetonin suunnittelulujuus on vähintään K35. Käytettävän betonin tulee täyttää niille asetettujen standardien ja By normien mukaiset vaatimukset ja niillä tulee olla CE-merkintä.

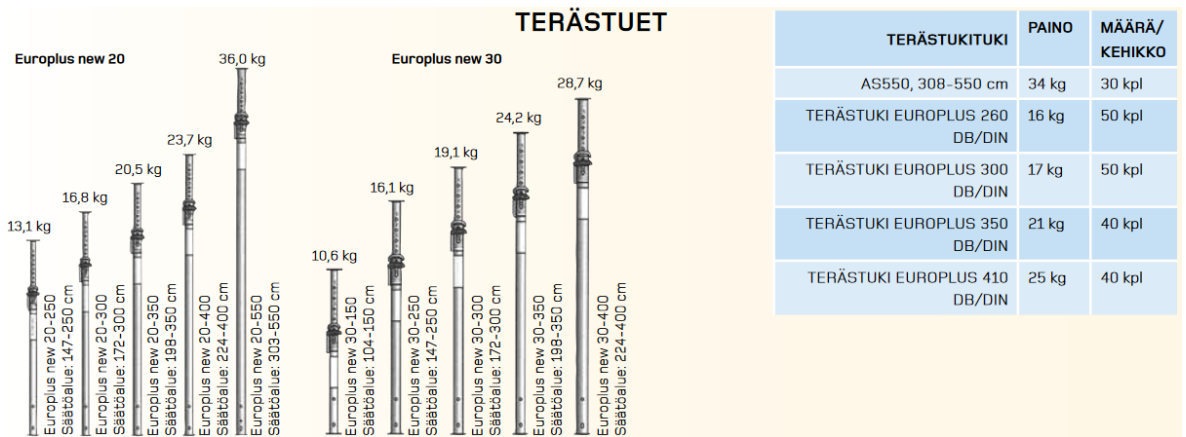
Raudoitus

Kuorilaatan jänneteräksenä toimii tartuntajänne (kuviopintainen punos). Jokaiselle kuorilaatalle elementtitehtaan suunnittelija suunnittelee käytettävät punokset. Punoksen lujuusluokka on luokkaa St 1630/1860 N/mm² ja halkaisija

(d) on 9,3 mm tai 12,5 mm. Paikallavalettavan betonilaatan raudoituksena toimivat rakennesuunnittelijan suunnittelemat raudoitteet. Pintabetonin raudoituksen lujuusluokka on tavallisesti B500K, B500S tai joku muu vastaavatyypinen. Raudoitteiden tulee täyttää niille annetut SFS tuote standardit, sekä niiden tulee olla CE merkittyjä.

Tuenta

Kuorilaattojen tuennassa käytetään terästukia, eli ns. tönäreitä (kuva 9). Kuorilaattojen tuennan suunnittelee rakennesuunnittelija, joka myös tekee tuennasta tuentasuunnitelman. Käytettävien tukien tulee olla CE-merkittyjä.



Kuva 9. Terästukia. (13)

5 PAIKALLA VALETTU JÄLKIJÄNNITETTY BETONILAATTA PIHAKANSI

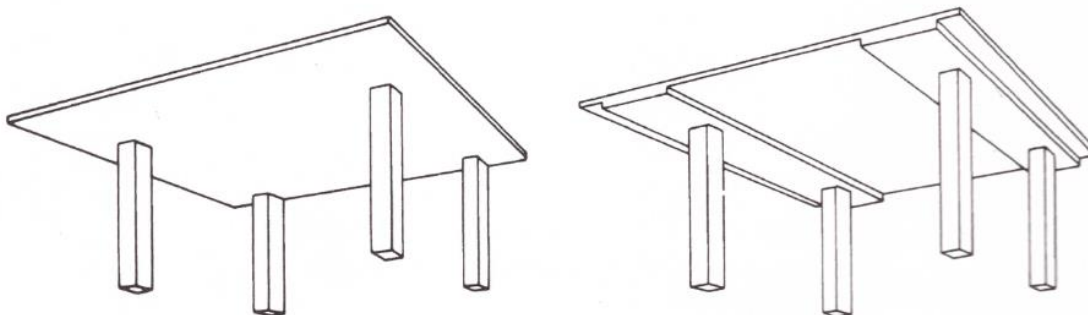
5.1 Yleistä

Paikallavalettu jälkijännitetty betonilaatta on yhtenäinen laattarakenne, joka on toteutettu muottityöllä, raudoituksella, betonoinnilla ja jälkijännityksellä. Jälkijännitetty betonilaatta valetaan kantavien seinien ja pilarien varaan. Näin saadaan vaakasuuntaiset kuormat tuettua ja runko hallitusti jäykistettyä.

Jälkijännitetyn pihakannen toimintaperiaatteena on tartunnattomien jänneterästen nostovoima joka saavutetaan kaarevilla jänteillä. Jänneterästen tartunnattomuus perustuu siihen, että ne voidaan jännittää betonin kovettumisen jälkeen, näin vältetään suurimmilta kitkan vaikutuksilta.

Jälkijännitystekniikalla saadaan toteutettua pitkiä jännevälejä ja hoikkia rakenteita, tällöin myös autopaikkojen määrä kasvaa ja niiden käytettävyys paranee. Jälkijännitystekniikalle ominaista on myös se, että sillä päästään pieniin lyhyt- ja pitkäaikaistaipumiin. Lisäksi halkeilu on pientä tai halkeamia ei synny ollenkaan ja tämä edesauttaa betoniraudoituksen korroosiosuojaa ja parantaa siten rakenteen käyttöikä, vähentää huollon, sekä korjauksen tarvetta ja vähentää käyttökustannuksia. Jälkijännitystekniikalla toteutettaessa rakenteeseen kohdistuu vain puristavia voimia ja tämän ansiosta jälkijännittämällä saadaan rakenne vesitiiviiksi ja vältetään betonin läpi suotautuvalta emäksiseltä vedeltä, joka on haitallista autojen maalipinnoille ja laselle. Hyviä puolia tässä tekniikassa on myös se, että rakenteella on erityisen hyvä kestävyys väsytytkuormituksia vastaan. (2.)

Jälkijännitetyle laatalle voidaan käyttää rakenneratkaisuna tasavahvaa laattaa tai palkkikaistoilla vahvistettua laattaa (kuva 10). Palkkikaistoja käytetään laataistossa suurten kuormitusten ja suurten jänneväliden yhteydessä. Käytettäessä palkkikaistoja on taloudellisinta valita kaistojen suunnaksi pidemmän jännevälän suunta. Mitoitettaessa avaria ja esteettömiä ratkaisuja muodostuu rakenne normaalisti paikalliseksi laattarakenteeksi. (2 ; 14.)



Kuva 10. Yleisimpiä paikallavalettuja runkojärjestelmiä. (15)

Jälkijännitystekniikalla valmistettujen laattojen paksuus vaihtelee 200 – 500 mm välillä. Ei palkkikaistoilla vahvistetulla laatalta ja palkkikaistoilla vahvistetuilla laatoilla paksuudet vaihtelevat myös 200 – 500 mm välillä, mutta lisäksi siihen lasketaan palkkikaistojen koko (hxb), jotka ovat korkeuden osalta 100 – 300 mm välillä ja leveyden osalta 500 – 1100 mm välillä. Jännevälit laatalta vaihtelevat pidemmän välin suunnassa 10 metristä ylöspäin, joka on myös palkkikaistoille suositeltu suunta. Lyhemmän jännevälin pituus on normaalisti pilariväleillä tilanmitoitushjeiden suositusten mukaisesti 5 – 7 m. Koska laatta rakennetaan paikallavalettavana, on tällöin myös mahdollista ja helppoa suunnitella normaalista poikkeavia jännevälejä. (2.)

Jälkijännitetty pihakansi luetaan 1-luokan betoni rakenteeksi jolloin siihen kohdistuu tarkemmat määräykset ja tarkempi valvonta.

Asennustyössä tarvitaan tyypillisesti seuraavat suunnitelmat

- Muottityösuunnitelma
 - Suunnitellaan muottityö, muottikalusto, muottikierto, työsaumat, purku ja puhdistus. Tarkistetaan suunnitelmien varaukset, putkitukset, tartunnat, raudoitukset, sekä talvella mahdollinen lämmitys. Vartaan muottien ja muottimateriaalien nostoille ja siirroille tarvittava tila.
- TTS/PTS
- Betonointisuunnitelma

- Jälkijännityssuunnitelma
 - Jälkijännitettävät rakenteet ovat ykkösluokan rakenteita. Jännitystyötä johtaa ykkösluokanbetonityöjohtaja. Jännittäminen voidaan aloittaa kun betoni on saavuttanut suunnitelmien mukaisen jännityslujuuden, yleensä 70 % loppu lujuudesta. Jännitystyön aikana pidetään pöytäkirjaa, joka toimitetaan suunnittelijalle.
 - Jälkijännitys sisältää seuraavaa:
 - Jännitysmenetelmä
 - Jännitysvoimat
 - Venymät
 - Betonilujuus
 - Jännitystyö järjestys
 - Muottien purkaminen
- Laadunvarmistussuunnitelma
- Menetelmäsuunnitelma/Tehtäväsuunnitelma

5.2 Materiaali

Betoni

Paikallavalussa käytettävän betonin tiedot antaa suunnittelija, tiedoissa ilmenee betonin suunnittelu lujuusluokka ja rasitusluokka. Käytettävän betonin on oltava kuitenkin jännitettävissä rakenteissa 1-luokan betonia ja lujuusluokan on oltava vähintään K35. Käytettävän betonin tulee täyttää sille asetetut tuotestandardit, By-normit, sekä betonin tulee olla CE merkitty.

Raudoitus ja jänneteräket

Raudoitteena käytetään rakennesuunnittelijan antamia raudoitesuunnitelmissa esiintyviä raudoitteita. Raudoitusurakoitsija suorittaa raudoitteiden asentamisen. Jänneteräket esitetään myös rakennesuunnittelijan laatimissa kuvissa. Jänneterästen asennus materiaaleineen tapahtuu jännitysurakoitsijan toimesta. Rakentamisessa jänneterästen jännitysmenetelmänä käytetään yleisesti tartunnatonta jännettä, tunnetaan monesti ns. rasva jänteenä ja rasvapunoksena. Jänneterästen ja raudoitteiden tulee täyttää niille annetut tuotestandardit ja niiden tulee olla CE-merkittyjä.



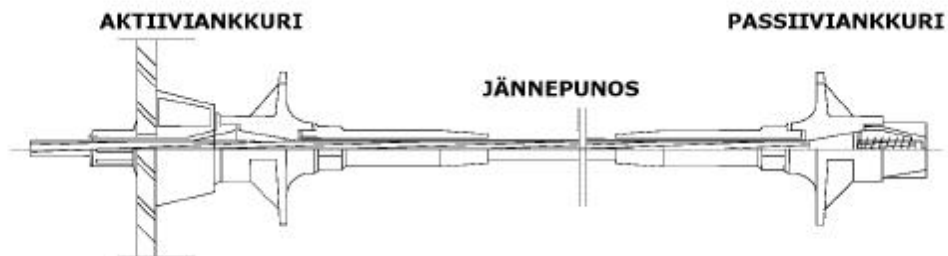
Kuva 11. Pihäkannen raudoitustyö (16)

Raudoitteen lujuusluokka on normaalisti A500HW, B500B, B500K tai muu vastaavanlainen. Jänneteräkset ovat tavallisesti luokkaa 1570/1770 N/mm² ja 1630/1860 N/mm². Alla on kuvassa esitetty rasvapunos Y1860S7-15,7-R1.

Tartunnaton jännepunos Y1860S7-15,7-R1.



Kuva 12. Ns. rasvapunos. (17)



Kuva 13. Rasvapunoksen periaate kuva. (18)

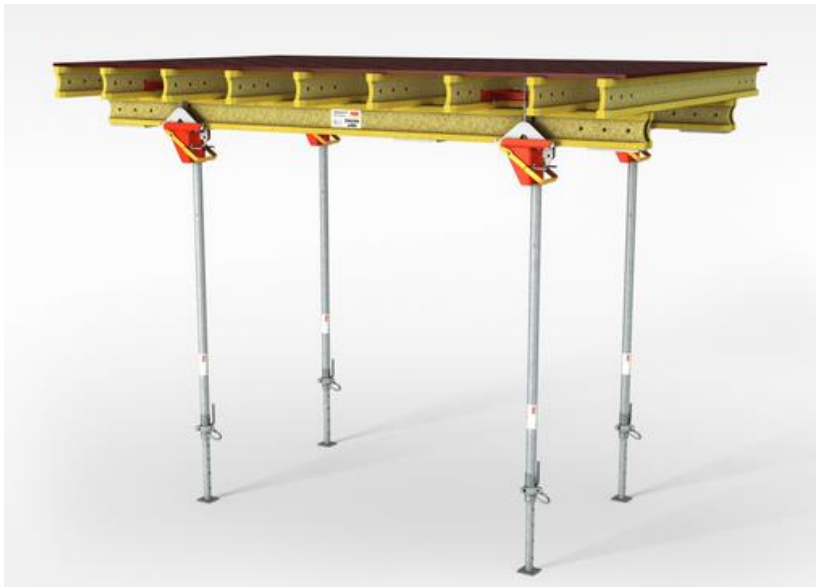
Muotti

Muottina voidaan käyttää erityyppisiä holvimuottijärjestelmiä, kuten pöytämuottia tai koolauspalkkimuottia. Muottijärjestelmän valintaan vaikuttaa pihäkannen koko, paksuus, muoto ja muottikaluston käyttökertojen määrä. Pinta-alaltaan 1500 - 2000 m² suuruisilla kansilla käytetään usein koolauspalkkimuottijärjestelmää. Kun laatasto on 10 000 m² ja käyttökertojen määrä on kolme tai useampi, voidaan käyttää pöytämuottia. Pöytämuotti on nopeampi ja

yksinkertaisempi rakentaa, kun taas koolauspalkkimuotti on kustannustehokkaampi ja paremmin tuettavissa, sekä muunneltavissa. Pöytämuotti soveltuu paremmin suorille pohjille, joka ei useimmiten toteudu kokonaisuudessaan holvia rakennettaessa, jossa lattia normaalisti valetaan jälkikäteen. Tällöin tuenta joudutaan tekemään maarakennusurakoitsijan tasaamalle sorapohjalle.



Kuva 14. Koolausmuottijärjestelmä (19)



Kuva 15. Pöytämuottijärjestelmä (20)

6 LAATUVERTAILU

6.1 Yleistä

Pihakannen laadulliseen lopputulokseen pääseminen on monen tekijän summa. Laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat mm. Suomessa asetetut määräykset ja normit. Näitä ovat: rakentamismääräyskokoelma, rakennusmateriaaleille ja rakennusosille asetetut tuotestandardit ja erilaiset julkaisut, kuten esim. By:n laatimat julkaisut, suunnittelulle asetetut eurokoodit; kansalliset liitteet ja RIL julkaisut. Muita laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi yritysten sisäisesti hyväksi katsotut toimintatavat (yrityksen laatujärjestelmät). Laadulliset vaatimukset määrittelevät ammattitaitoiset suunnittelijat tilaajan vaatimukset huomioon ottaen.

Yleinen tapa laadunvarmistamiseksi rakennustuotannon aikana on esimerkiksi varmistaa betonirakennustöiden laatu ja ympäristövaatimuksien täytyminen laadunvarmistustoimenpiteillä. Laadunvarmistustoimenpiteet esitetään laatusuunnitelmissa ja laatumatriisissa. Ennen työn aloittamista työmaalla selvitetään laatuvaatimukset suunnitelmista ja ne käydään tarkasti läpi. Betonityön tulee täyttää sille sopimusasiakirjoissa asetetut vaatimukset. Työt tehdään suunnitelmien ja normien mukaan. Betonitöistä tehdään laadunvarmistussuunnitelma, jossa ilmenee vastuuhenkilöt, suunnittelijat, aloituspalaveri, tarkastukset, dokumentit ja ajalliset tavoitteet. Toinen tärkeä suunnitelma on menetelmäsuunnitelma, jossa selviää ajallinen toteutus, työn eri vaiheet, työkunnat ja työmenetelmät.

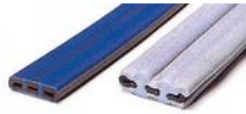
Pihakannen laatuun liittyy oleellisesti rakenteiden detaljit, miten rakenteen liitokset on suunniteltu liittyvän toisiinsa. Liikuntasauvojen ja työsaumojen ratkaisuissa on otettava huomioon tiiveys ja kestävyys, sekä lujuus.

Betonin saumojen tiivistys

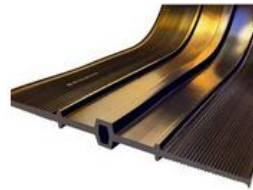
Etusivu / Tuotteet / Betonin saumojen tiivistys



Injektointiletkut



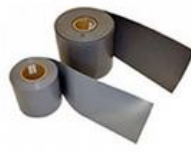
Paisuvat työsaumanauhhat



Työ- ja liikuntasamaanauhhat



wolfseal työsaumalevyt



Liimattavat saumanauhhat

Kuva 16. Esimerkkejä työsaumaratkaisuista. (21)

<p>TECHNICAL DATA VA.8.120/0</p> <p>Movement horizontal: 35 mm (+ 20 mm/-15mm) Movement vertical: 20 mm (± 10 mm) Visible width: 120 mm Max. joint width: 50 mm Load-bearing capacity: Wheel load 6500 kg with Ø 150 mm, W = 100 mm Supply length: System-produced only Colour of insert: Black</p>	
<p>TECHNICAL DATA VA.8.95/0</p> <p>Movement horizontal: 40 mm (± 20 mm) Movement vertical: 10 mm (± 5 mm) Visible width: 95 mm Max. joint width: 60 mm Load-bearing capacity: Wheel load 4500 kg with Ø 150 mm, W = 100 mm Supply length: System-produced only Colour of insert: Black</p>	
<p>TECHNICAL DATA VA.8.140/0</p> <p>Movement horizontal: 65 mm (+ 35 mm/-30mm) Movement vertical: 24 mm (± 12 mm) Visible width: 140 mm Max. joint width: 65 mm Load-bearing capacity: Wheel load 6500 kg with Ø 150 mm, W = 100 mm Supply length: System-produced only Colour of insert: Black</p>	<p>Technical changes reserved.</p>

Kuva 17. Esimerkkejä laadukkaista valuiin upotettavista liikuntasamaratkaisuista. (22)

Tarkastuksia/katselmuksia joita on otettava huomioon työnaikana ja jälkeen kuorilaattarakenteisessa ja paikallavalettavassa pihakannessa laadunvarmistamiseksi on esitetty alla olevassa taulukossa 1.

Taulukko 1.

Paikallavalettu	Kuorilaatta
Mittaukset ja toleranssit	Mittaukset ja toleranssit
<i>Muottien/telineiden tarkastus</i>	Tuenta katselmus
Betonointisuunnitelma (Hyväksytään rak.s.)	Elementtiasennussuunnitelma
<i>Jälkijännityssuunnitelma (Hyväksytävä rak.s.)</i>	Betonointisuunnitelma (Hyväksytään rak.s.)
Raudoitustarkastus	Kuorilaattojen valupinnantarkastus
<i>Punostarkastus</i>	Raudoitustarkastus
Talotekniset tarkastukset	Talotekniset tarkastukset
<i>Muottienpurkulujuuden tarkastus</i>	Runkokatselmus
<i>Lujuudenkehityksen seuranta</i>	
Runkokatselmus	

Paikallavalettavaan ratkaisuun tarvitaan useampia suunnitelmia ja tarkastuksia, jotka tahdistavat työtä. Paikallavalu holviin pitää tällöin ”panostaa” enemmän, jolloin se voi olla yksi vaikuttava tekijä valinnassa.

6.2 Paikallavaletun jälkijännitetyn holvin laatu

Paikallavalettavaa holvia tarkastettaessa tulee noudattaa sille asetettuja asiakirjoja laadun varmistamiseksi. Asiakirjoissa esitetään oleellimmat asiat, toleranssit ym. joiden avulla päästään haluttuun lopputulokseen. Paikallavalettavan jälkijännitettävän holvin työprosessi sisältää muottityön, raudoitustyön, jännitystyön, betonoinnin, jälkihoidon ja muottien purun. Tähän prosessiin vaikuttamalla laatuasiakirjoissa esitetyillä asioilla, sekä työhön valittavilla materiaali ja työvoima valinnoilla voidaan päästä hyviin lopputuloksiin. Paikallavalettavalle ja jälkijännitettävälle holville ominaisia teknisiä eroavaisuuksia on kuorilaattaliittorakenteiseen verrattuna mm. jälkijännitystekniikka ja muottien käyttö.

Paikallavalettavaa holvia rakennettaessa noudatetaan seuraavia laatu-asiakirjoja

- By 40 Betonirakenteiden pinnat
- By 39 Paikallavalettujen betonirakenteiden toleranssit
- By 45 / BLY 7 Betonilattiat 2014
- By 65 Betoninormit 2016
- Rakennustöiden laatu 2017
- RunkoRYL 2010

Muottityön laatu

Muottityöllä on olennainen vaikutus saavutettavaan betonipintaan, koska muottipinta on se pinta joka tulee betonia vasten. Kaikki muotissa olevat virheet ja epäpuhtaudet tulevat esille betonissa. Siksi muottityö on suunniteltava huolellisesti: työsaumat, muottikierto, muottimateriaalien purku ja puhdistus, sekä varmistettava muottien ja muottimateriaalien rakenteellinen mitoitus, kestävyys ja muottipintojen laatu ja puhtaus. Lisäksi suunnitellaan työjärjestys ja yhteensovittaminen muiden töiden kanssa (muottityö, raudoitus, mahd. LVIS, betonointi). Käytettävä muottimateriaali valitaan rakennustyöselityksessä mainittujen toleranssien ja pinnanlaadun mukaan.

Laatutekijät		Vaatimukset			
		Luokka AA	Luokka A	Luokka B	Luokka C ¹⁾
Nystermä					
suurin korkeus	mm	2	3	6	6
suurin leveys	mm	3	9	20	20
suurin määrä	kpl/m ²	10	20	40	40
Syvennys					
suurin korkeus	mm	2	4	7	7
suurin leveys	mm	4	9	15	15
suurin määrä	kpl/m ²	10	20	40	40
Hammastus	mm	1	2	5	5
Valupurse tai valuhaava muottisauman kohdalla					
suurin korkeus tai syvyys	mm	1	2	4	4
suurin leveys	mm	3	3	6	6
suurin määrä (koskee myös korjattua saumaa)	% muottisaumojen pituudesta	10	20	30	30
Pintojen huokokset (Ø≥5mm)					
suurin läpimitta ja syvyys	mm	7	8	10	10
suurin kokonaismäärä	kpl/m ²	20	40	80	160
Valuvika (aina korjattava)					
suurin koko	m ²	ei sallita	0,1	0,3	0,6
suurin määrä	kpl/100m ²	ei sallita	1	2	4
Pinnan käyryys ja aaltoilu					
suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	3	5	8	8
Väri vaihtelu					
harmaat pinnat	luokat		B	-	-
valkobetonipinnat	(kohta 10)		A	-	-
muut väribetonipinnat			B	-	-

- 1) Heikointa C luokan vaatimusta käytetään yleensä vain näkymättömiin jääville pinnoille (esim. perustukset ja alaslaskettujen kattojen betonipinnat).
- 2) Vaativinta AA-luokkaa suositellaan käytettäväksi vain, kun katseluetäisyys on enintään 5 m.

Kuva 18. Esimerkkejä betonipinnoille annetuista laatuvaatimuksista. (23)

Raudoitus- ja jännitystyön laatu

Raudoitustyössä ja jännitystyössä on otettava huomioon käytettävien materiaalien kelpoisuus. Laadun kannalta on tärkeää, että materiaalit täyttävät kansallisten tai kansalliseksi vahvistettujen standardien vaatimukset ja sen johdosta niille on annettu CE-merkintä. Raudoitustyöhön käytettävissä teräksissä ei saa olla haitallisissa määrin ruostetta, jotta niiden tartunta tai muut ominaisuudet eivät heikentyisi. Laadullisen lopputuloksen kannalta on tärkeää, että jatkokset, sidonnat, taivutukset, suojaetäisyydet ja tuennat on tehty asianmukaisesti oikeilla mittatoleransseilla ja materiaaleilla. Raudoitusten ja jännepunosten tarkastus on tärkeä suorittaa jotta varmistutaan, että työt ovat suunnitelmien mukaisesti tehty. Kaikki kirjallinen materiaali töistä kootaan ylläpidettäviin laadunvalvonta-asiakirjoihin.

Betonoinnin laatu

Betonoinnille asetettuja vaatimuksia esitetään betonointisuunnitelmassa, joka tehdään ennen betonointia. Betonoinnin jälkeen tehdään betonointipöytäkirja, joka betonointisuunnitelman kanssa kootaan ylläpidettäviin laadunvalvonta-asiakirjoihin. Valmiin rakenteen ja betonoinnin laatuun vaikuttaa kuinka betonin tiivistys toteutetaan, betonointi nopeus (huomioitava sitoutuminen), betonointi kaistoittain/yhtenäisenä rintamana, betonointi järjestys (palkkikaistat valettava ennen laatanvalua 0,5 – 1 h), talvibetonointi (lämmitys ja suojaus) ja jälkihoito.

6.3 Kuorilaattarakenteisen holvin laatu

Kuorilaattaliittorakenteisen holvin lopputuloksen laatuun vaikuttaa, samoin kuin paikallavaletun, käytettävien rakennesuunnitelmien ja tuotantosuunnitelmien laatu, sekä rakennustuotannon aikana suoritettavat tarkastukset, katselumatkat ja työntekijöiden kokemus. Kuorilaattaliittorakenteisen holvin rakentamisen vaiheistus sisältää aloittavat työt, kuorilaattojen asennus, tukkeiden ja toppareiden asennus, holvitukien asennus, raudoitus, betonointi ja jälkihoito.

Tähän prosessiin vaikuttamalla alussa mainituilla keinoilla voidaan päästä hyviin lopputuloksiin. Kuorilaatta ratkaisulle ominaisia laadullisia eroavaisuuksia paikallavalettavaan ratkaisuun verrattuna tulee mm. käytettävistä kuorilaattoista, jotka tulevat suoraan elementtitehtaalta työmaalle. Sen takia kuorilaattaratkaisulle ominaista on se, että muottityö jää kokonaan pois ja tämän johdosta alapinnan laatu on jo varmistettu valmiiksi. Ominaisia seikkoja kuorilaattaratkaisulle on myös kuorilaattojen esijännitys tehtaalla. Tällöin jännitystyöstä syntyvät laadulliset riskit, kuten jännityshuippuista syntyvät halkeamisen riskit on poistettu työmaalta.

Kuorilaatta holvin rakentamisessa noudatettavia laatuasiakirjoja

- Betonielementtien toleranssit 2011
- By 40 Betonirakenteiden pinnat
- By 45 / BLY 7 Betonilattiat 2014
- By 65 Betoninormit 2016
- Rakennustöiden laatu 2017
- RunkoRYL 2010
- RT 82-10821 Betonielementtirunkorakenteet 2004

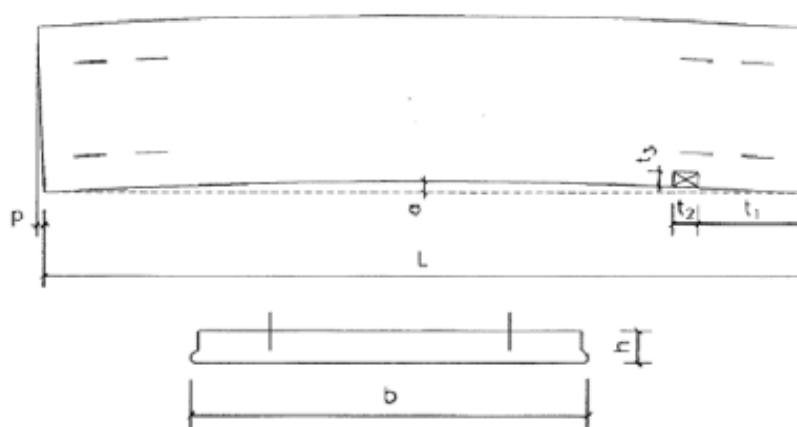
Kuorilaattojen laatu

Kuorilaatoille asetetut laatuvaatimukset määrää elementtisuunnittelija, jonka suunnitelmien mukaan kuorilaatat valmistetaan elementtitehtaalla tehtaan laatujärjestelmän määräysten mukaisesti. Kuorilaatat tulee täyttää kansallisten tai kansalliseksi vahvistettujen standardien vaatimukset. Kuorilaattojen alapinnan laatu on varmuudella hyvä, koska valmistuksessa alapinta on valettu metallimuottia vasten tehtaalla, tällöin alapinta on sileä ja mittatarkka.

Mittauksen kohde	Valmistustoleranssit [mm]
Pituus (L)	± 20
Paksuus (h) ¹⁾	+10; -5
Leveys (b)	
– kokonainen laatta	-5; +0
– kavennettu laatta	± 20
Sivukäyryys (a)	$\pm L/1000$, enintään ± 10
Pään kulmapoikkeama (p)	± 10
Teräsosat (t) (tehtaalla asennetut)	± 20
Reiät ja varaukset (t)	
– pituussuunta	± 30
– poikkisuunta	± 20

¹⁾ Ei koske ansaita.

²⁾ Mitataan pinnan päätasoon.



Kuva 19. Kuorilaattojen valmistustoleranssit (24)

Kuorilaatan asennuksen laatu

Kuorilaatan asennukselle asetettuja vaatimuksia esitetään elementtisuunnitelmissa, sekä rakentamistoleransseissa. Kuorilaattaelementit asennetaan elementtisuunnitelmien mukaisesti, jossa niiden sijainti on esitetty. Kuorilaattoja asennettaessa asennuksen tulee täyttää asetetut rakentamistoleranssit. Asennuksessa tulee myös kuorilaattojen sijainti tarkistaa, tuennan mitat ja saumojen kunto.

Mittauksen kohde	Rakentamistoleranssit [mm]
Sivusijainti	±20
Sauman leveys	+15; -5
Sauman hammastus alapinnassa	
– tuella	5
– keskellä	8
Korkeusasema tuella	±15

Kuva 20. Kuorilaattojen rakentamistoleranssit (25)

Raudoituksen laatu

Kuorilaattaliittorakenteisen holvin raudoituksessa tulee huomioida samat asiat kuin paikallavalettavalla holvilla. Raudoituksessa raudoitteet asennetaan suunnitelmien ja asennustoleranssien mukaisesti, sekä raudoitteiden kunto tulee olla hyvä. Lisäksi raudoitteiden tulee täyttää kansalliset tai kansalliseksi vahvistettujen tuotestandardien vaatimukset. Kuorilaattaliittorakenteisen holvin raudoituksessa laadun kannalta hyvää myös on se, että raudoituksessa ei tarvitse asentaa jännepunoksia, jonka johdosta raudoituksen aikana tehtäviä tarkastuksia on vähemmän ja asennuksessa syntyviä virheitä ei synny.

Pintabetonoinnin laatu

Kuorilaattaliittorakenteisen holvin pintabetonoinnin laadulle asetetut vaatimukset on dokumentoitava samalla tavalla kuin paikallavalettavalla holvilla betonointisuunnitelmassa ja betonoinnin jälkeen betonointipöytäkirjassa. Suunnitelmat ja pöytäkirjat viedään laatukansioon.

6.4 Laadun vertailu

Opinnäytetyössä tehdyissä tarkastelmissa laadun kannalta ei syntynyt suuria eroja ratkaisuiden lopputulosten välillä. Tähän on syynä suurimmilta osin se, että molemmissa vaihtoehdoissa käytetään paljolti samoja laatuasiakirjoja ja molemmilta ratkaisuilta odotetaan samaa laadullista lopputulosta mm. ala- ja yläpinnan laadulta, vesitiiveydeltä ja käytettävyydeltä. Paikallavaluholvin alapinnan laatuun vaikuttavana riskitekijänä ilmenivät mitä muottia vasten holvi

oli valettu ja kuinka hyvin saumat ja varaukset oli tehty, sekä miten muottipinnan puhtaudesta oli huolehdittu. Kuorilaattaliittorakenteisella holvin alapinnan laatuun vaikuttavaksi riskitekijäksi todettiin se, että kuinka hyvin kuorilaattojen hammastuksista oli huolehdittu (esikorotus ja tuenta). Erona myös kuorilaattaliittorakenteisessa ja paikallavaletussa rakenteessa oli se että paikallavaluholvin alapintaan ei synny samanlaisia saumoja kuin kuorilaattaliittorakenteiseen holvissa kuorilaattojen saumojen kohdalla vaan alapinnasta tulee täysin saumaton ja sileä kun muottityö ja betonointi on oikein tehty.

Yläpinnan laatuun liittyen todettiin kuorilaattaliittorakenteisessa holvissa laadullisia riskejä pintabetonin kohdalla, jossa pintabetonin ohuesta paksuudesta johtuen lämpötilajännityksistä johtuvat halkeamat syntyvät herkästi. Myös rasi- tusluokista aiheutuva lujuusluokan kasvattaminen johtaa korkeaan vesise- mentti suhteen käyttämiseen betonimassassa, jonka seurauksena kuivumis- kutistumisen riski lisääntyy. Tämän seurauksena jälkihoidon merkitys kasvaa pintabetonissa. Tätä miettiessä yhtenä vaihtoehtona pintabetonissa voisi olla työssä tehdyn pohdinnan perusteella kuitubetonin käyttö jälkihoidon lisäksi kuivumiskutistumien minimoimiseksi, näin voitaisiin mahdollisesti madaltaa ris- kiä kuorilaatan pintabetonin halkeamiseen.

Kuorilaattaliittorakenteisen holvin yläpinnan pintabetonin laadulliseksi riskiteki- jäksi todettiin myös jännepalkeista ja kuorilaatoista syntyvä kaarevuus, sekä kaivoille tehtävistä kallistuksista aiheutuva pintabetonin paksuuden ohenemi- nen, jonka seurauksena liittolaatan toimivuuden heikkenemiseen on huomatta- tava riski.

7 AIKATAULUJEN VERTAILU

7.1 Aikataulun laadinta

Yleistä

Rakennustyömaalla tehdään yleisaikataulu, joka luo raamit rakennusvaiheikataululle. Tarkentuvalla aikataulusuunnittelulla varmistetaan hankkeen tavoitteiden saavuttaminen. Laadittujen aikataulujen avulla havaitaan tuotannon aikataulupoikkeamat ja ohjataan tuotantoa siten, että ajalliset tavoitteet saavutetaan. Rakennusvaiheikataulua tarkentavaa suunnittelua tehdään tehtäväsuunnittelun ja viikkosuunnittelun keinoin. Tehtäväsuunnittelun tarkoituksena on suunnitella ja ohjata rakennustyömaan tuotantoa tehtävittäin niin, että tuotanto saavuttaa sille asetetut ajalliset taloudelliset ja laadulliset tavoitteet. Tehtäväsuunnittelussa kiinnitetään erityistä huomiota ajallisesti kriittisten kustannuksiltaan merkittäviin, erityisen vaativiin sekä paljon korjaustoimenpiteitä aiheuttaneiden tehtävien suunnitteluun. Viikkosuunnittelun ja työnjärjestelyn tarkoituksena on suunnitelmien täydentäminen ja tarkentaminen rakentamisen hetkisen tilanteen ja olosuhteiden mukaisiksi. Työnjärjestelyllä luodaan edellytykset työn käynnistämiseksi ennen työn aloitusta.

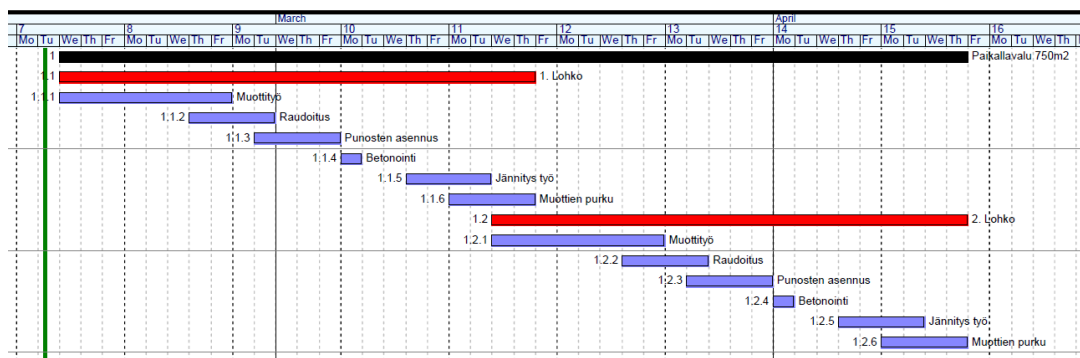
Aikataulujen laadinta

Tämä aikatauluvertailu rajataan pihakannen holvin rakentamiseen. Aikatauluvertailun perustana käytetään esimerkkitapauksena 1500 m² suuruista holviraakennetta. Kummastakin ratkaisusta selvitetään työvaiheet, työryhmien koko eri työvaiheille, tuotantonopeus ja määrälaskelmat. Tämän jälkeen edellä mainittujen lähtötietojen perusteella tehdään aikataulu.

Aikataulujen vertailu

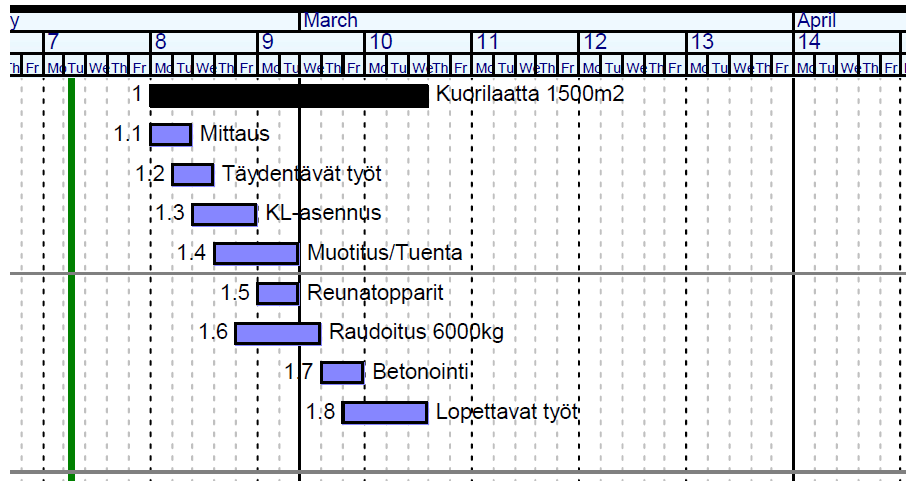
Paikallavalu- ja kuorilaattaholvin aikataulun laadinnassa suurin eroavaisuus tuli kokonaisajassa. Paikallavalulle kokonaisaika oli 42 päivää kun kuorilaatalle laskettu kokonaisaika oli 13 päivää, noin kolmasosa paikallavalun aikataulusta. Syitä näin suuriin eroavaisuuksiin voivat selittää jännitetyt kuorilaatat, jotka toimivat muottina päälle valettavalle betonille, tällöin saadaan mm. punosustyö, muottityö ja muottien purku kokonaan poistettua, joka tarkoittaa että kokonaisaikataulu lyhenee noin kolme viikkoa. Myös kuorilaatan päälle

valettava pintavalun pieni koko vähentää raudoitustyön ja betonointiin määrää ja siksi lyhentää siihen tarvittavaa aikaa. Kuorilaattojen asennusta nopeuttaa myös nosturin käyttö, sen ansiosta ainoat suurimmat aikaa vievät työt ovat reunatoppareitten, muottien ja tuennan asennukset, sekä raudoitus, betonointi ja hierto. Kuorilaatoilla saadaan myös aikataullisia hyötyjä tehokkaammalla työvaiheiden limityksellä. Lyhemmän aikataulun etuna ovat kustannussäästöt epäsuorissa kustannuksissa kuten esimerkiksi palkoissa.



Kuva 21. Paikallavalu holvin aikataulu. (26)

Muita perusteluja suureen kokonaiskeston eroon ovat tässä aikatauluvertailussa muottikaluston määrä ja käytettävän miehityksen määrä. Paikallavalun aikataulu oli suunniteltu yhdellä muottikalustolla ja yhdellä työryhmällä ja hyvissä olosuhteissa. Jos muottikalustoa ja käytettävää työvoimaa olisi hetkellisesti käytettävissä kaksinkertainen määrä, voitaisiin molemmat lohkot tehdä samanaikaisesti ja puolittaa kokonaiskesto. Tällöin tietenkin kustannukset vuokrakalustolle ja palkoille kaksinkertaistuisivat, sekä syntyisi logistinen haaste varastoinnille, työmaan liikenteelle ja henkilöstötiloille. Myös teoreettisina vaihtoehtoina voitaisiin käyttää muottikaluston kaksinkertaista määrää ja lohkojen muottitöiden tahdistusta siten, että ensimmäisen lohkon muottityön päätyttyä toisen lohkon muottityö pystyttäisiin aloittamaan. Tällöin ainoastaan muottikaluston kustannukset kasvaisivat ja sen logistinen haastavuus lisääntyisi. Muita vaihtoehtoja voisivat olla kokonaisprosessin nopeuttaminen esimerkiksi vuorotyöllä tai tekemällä pidempiä työpäiviä.



Kuva 22. Kuorilaatta holvin aikataulu. (27)

8 RAKENNERATKAISUJEN VERTAILU

Jälkijännitetyn betoniholvin oleellisiin hyötyihin kuuluu sen hoikka rakenne ja pitkät jännevälit. Tällainen rakenne soveltuu hyvin pysäköintihalleihin. Selkeä hyötynäkökohta on myös halkeamaton rakenne, jolloin betoniteräkset ovat suojassa korroosiota vastaan. Tällöin voidaan olettaa, että rakenteen käyttöikä pitenee.

Esijännitetyn kuorilaattaholvin etuuksiin kuuluu sen nopea ja helppo kasaaminen. Hyötyihin kuuluu myös se, että työssä ei tarvita muottikalustoa kuten paikallavalettavaa betoniholvia rakennettaessa. Jälkijännitetty paikallavalettu betoniholvi on vaativa ja erikoisosaamista ja -kalustoa vaativaa työtä, jolloin työ- kustannukset ovat suuret. Kuorilaatan huonoksi puoleksi voidaan lukea se, että kuorilaatoilla päästään maksimissaan 10m jänneväleihin mikä johtaa siihen, kantavaan runkoon tarvitaan lisää ja pilareita ja autopaikkojen määrä pienenee.

Kuorilaattarakenteisen pihakannen

Edut ja hyödyt

- Nopea runkoaikataulu
- Pieni työntekijämäärä
- Ei vaadi erikoisammattitaitoa ja -pätevyyttä
- Ei muottikalustoa
- Ei jälkijännitystä
- Raudoitusteräsmäärä pienempi
- Pienemmät vaatimukset betonityöltä

Haitat ja heikkoudet

- Lyhyet jännevälit
- Enemmän palkistoja ja pilareita (pystyrakenteita)

Paikallavalettavan pihakannen**Edut ja hyödyt**

- Pienemmät kerroskorkeudet
- Pitkät jännevälit
- Paremmat hyötykuormat/akselikuormat
- Jäykempi
- Pienemmät taipumat
- Hyvä vesitiiveys

Haitat ja heikkoudet

- Pidempi rakentamisen aikataulu
- Vaatii useampia urakoitsijoita ja erikoisosaamista
- Työnjohtotarve suurempi
- Työntekijämäärä suurempi

Molemmissa ratkaisuissa vedeneristävyiden näkökulmasta kriittisiä kohtia niin suunnittelussa kuin toteutuksessa ovat liittymät viereisiin rakenteisiin kuten talojen ulkoseiniin, sekä kannen läpimenot ja liikuntasaumot sekä mahdolliset tarvittavat työsaumat.

Autohallin käyttäjän ja omistajan näkökulmasta juuri vesitiiveys autohallin käytettävyyden ja sen ohella käyttö- ja ylläpitokustannuksia unohtamatta on oletettavasti yksi tärkeimmistä valintaan vaikuttavista tekijöistä.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla paikallavaletun ja kuorilaattarakenteisen holvin rakenneratkaisuja, laatua ja niiden aikataulua keskenään, sekä todeta molemmista hyötynäkökohdat. Jälkijännitetty betoniholvi tulee valita silloin, kun tarvitaan pitkiä jännevälejä ja matalia rakenteita. Kuorilaatasta tehtävä rakenne on aina toteutukseltaan helppo ja hyvä vaihtoehto. Se on kustannustehokas ja nopea rakentaa. Runkoratkaisuja ei voida myöskään täysin verrata keskenään, sillä määrääviä tekijöitä on useita, esim. jännevälit, holvikorkeudet yms. Kuorilaattarakenteisissa holvirakenteissa tuli esille useita asioita, jotka täytyy ottaa huomioon, jotta päästään laadullisesti hyvään lopputulokseen. Näitä asioita ovat esimerkiksi betonin laatu (kutistumista ja halkeilua vastaan), liikunta- ja työsaumojen oikea sijoittelu, tuentasuunnitelma ja työn toteutus. Jälkihoidon suorittaminen oikea-aikaisesti vaikuttaa suuresti betonin kutistumiseen ja halkeiluun ja siten loppulaatuun.

Lopuksi voidaan vielä todeta, että rakenneratkaisujen valinta tehdään aina tapauskohtaisesti. Valintaan vaikuttaa oleellisesti myös tilaajan tai hänen käyttämiensä asiantuntijoiden ennako asenteet. Urakoitsijan näkökulmasta vaikuttaa edellä todetun lisäksi omat resurssit ja käytössä oleva kalusto.

LÄHTEET

1. Satakunnan kansa, Uniikki sisäpiha on porilaiskorttelin erikoisuus. Satakunnan kansa, 2016. Saatavissa: <http://sponsoroitu.satakunnankansa.fi/yit/yit> [viitattu 7.3.2017].
2. Mannonen, V. 2008. Paikallavaletut pysäköintilaitokset, Betonilehti 1, Betonitieto Oy, Saatavissa: <http://betoni.com/wp-content/uploads/2015/10/BET0801-s084-92.pdf> [viitattu 7.3.2017]
3. Betoni julkaisu, Paikallavaletut pysäköintilaitokset. Betoni, 2008. Saatavissa: <http://betoni.com/wp-content/uploads/2015/10/BET0801-s084-92.pdf> [viitattu 7.3.2017].
4. Parman kuorilaatat suunnitteluohje. Parma, 2012. Saatavissa: <http://www.parma.fi/tuotteet/laatat/ontelo-ja-kuorilaatat> [viitattu 7.3.2017].
5. Käyttökäntaulukko 50 vuotta. by 65 Betoninormit 2016. Suomen betoniyhdistys, 2016.
6. Tavia, V. 2016. Maanalaisen pysäköintilaitoksen välipohjan teknistaloudellinen vaihtoehtoverailu, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/24123> [viitattu 7.3.2017]
7. Parma Oy, 2012. Parman kuorilaatat suunnitteluohje
8. Kuorilaattarakaisun periaatekuva. Saatavissa: <http://www.elementisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/liittorakenteet> [viitattu 7.3.2017].
9. Prosessikaavio. Teollinen betonirakentaminen. Rakennustieto Oy, Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1996.
10. Kuorilaatan poikkileikkaus kuva. Saatavissa: <http://www.elementisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/kuorilaatat> [viitattu 7.3.2017].
11. Sikanen, V. 2014. Liittorakenteisen autohallin halkeilun estäminen, Opinäytetyö, Metropolia AMK. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/248/browse?value=Sikanen%2C+Ville&type=author> [viitattu 7.3.2017]

12. Palkkien ja kuorilaattojen taipumisen periaatekuva. Lujabetoni Oy ontelo- ja kuorilaattojen suunnitteluohje. Lujabetoni Oy, 2007. Saatavissa: <http://docplayer.fi/7051107-3-ontelolaattojen-rei-itysohje.html> [viitattu 7.3.2017].
13. Terästuet. Ramirent Turvallisuus ja tuentakalusto esite osa 10. Ramirent Oy, 2014. Saatavissa: http://www.ramirent.fi/files/attachments/ramirent_fi/tuote-esitteet/turva- ja_muottitekniikka/osa_10_turvallisuus_ja_tuenta- kalusto_sivut_218-241.pdf [viitattu 7.3.2017].
14. Kestävä kivitalo projekti. Suomen Betonitieto Oy. 2.painos
15. Yleisimpiä paikallavalettuja runkojärjestelmiä. Teollinen betonirakentaminen. Rakennustieto Oy, Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1996.
16. Holvin raudoittaminen kuva. Saatavissa: <http://deltakorttelin- blogi.skanska.fi/wp-content/uploads/2015/10/Kuva-2.jpg> [viitattu 7.3.2017].
17. Jännepunos käyttöseloste. Saatavissa: <http://docplayer.fi/5562227-Janne- punos-kayttoseloste.html> [viitattu 7.3.2017].
18. Lassila, V. 2011. Jännitettyjen rakenteiden suunnittelu- ja asennusohjeen päivitys, Opinnäytetyö, Metropolia AMK. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/26941> [viitattu 7.3.2017]
19. Holvimuottijärjestelmä. Saatavissa: <https://www.perisuomi.fi/tuoteet/muotit/holvimuotit/multiflex-girder-slab-formwork.html> [viitattu 7.3.2017].
20. Holvimuottijärjestelmä. Saatavissa: <https://www.perisuomi.fi/tuoteet/muotit/holvimuotit/poytamuotit.html> [viitattu 7.3.2017].
21. Esimerkkejä työsaumaratkaisuista. Saatavissa: www.muottikolmio.fi [viitattu 7.3.2017].
22. Liikuntasauratratkaisuja. Insinööritoimisto Matti Janhunen Oy. Saatavissa: www.majanhunen.com [viitattu 7.3.2017].
23. Pintojen laatuvaatimukset. by 40 Betonirakenteiden pinnat. Suomen betoniyhdistys, 2003.

24. Kuorilaattojen valmistustoleranssit. Betonielementtien toleranssit 2011.
Saatavissa: http://asv.fi/sites/default/files/asv_betonielementtien_toleranssit_2011.pdf [viitattu 7.3.2017].

25. Kuorilaattojen rakentamistoleranssit. Betonielementtien toleranssit 2011.
Saatavissa: http://asv.fi/sites/default/files/asv_betonielementtien_toleranssit_2011.pdf [viitattu 7.3.2017].

26. liite 1

27. liite 2

