



Marko Kuikko

# Pihakannen runkovaihtoehtojen vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriyö

15.11.2022

## Tiivistelmä

Tekijä: Marko Kuikko  
Otsikko: Pihakannen runkovaihtoehtojen vertailu  
Sivumäärä: 32 sivua + 1 liite  
Aika: 15.11.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka  
Ammatillinen pääaine: Rakentamisen projektinhallinta  
Ohjaajat: Lehtori Joonas Pusila  
Vastaava työnjohtaja Elias Tyrni

---

Opinnäytetyön aiheena oli asuinrakentamisen runkorakentamisessa pihakannen runkovaihtoehtojen vertailu. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää reunaehtoja runkovaihtoehtojen valintoihin työtekniseltä, sekä aikataulun ja kustannusten näkökulmasta. Työ on tehty EKE-Rakennus Oy:n toimeksiantona ja sen on määrä palvella yrityksen hankesuunnittelua.

Työn aikana kerättiin tietoa valmistuneesta kohteesta kustannusten ja työtekniisten yksityiskohtien osalta. Työssä kerättiin myös reaaliaikaista toteumatietoa jälkijännitetytyn kannen rakentamisesta, opinnäytetyön tekijän toimiessa työnjohtajana kyseisessä työvaiheessa. Työssä käytiin läpi pihakannen eri runkovaihtoehdot ja valintaan vaikuttavia tekijöitä.

Tutkimuksen aikana selvisi, että runkovaihtoehtojen valinta on etenkin rakenneteknisestä näkökulmasta monen tekijän summa, eikä yksi runkotyyppi ole aina paras vaihtoehto, vaan valinta tulee tehdä aina tapauskohtaisesti. Rungon valintaan vaikuttaa kannen koko, alapuolisen tilan käyttötarkoitus, sijainnin tarjoamat toteutuksen edellytykset ja kokonaiskustannukset ja erityisesti kannelle suunnitellut kuormat.

## Abstract

Author: Marko Kuikko  
Title: Comparison Of The Yard Deck Frames  
Number of Pages: 32 pages + 1 appendix  
Date: 15 November 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Civil Engineering  
Professional Major: Project Management  
Supervisors: Joonas Pusila, Senior Lecturer  
Elias Tyrni, Responsible Site Manager

---

The goal of this thesis was to compare different frame styles for a yard deck with a parking garage under it. The aim was to identify preconditions for selecting the frame type to use. The thesis was commissioned by EKE-Rakennus Oy, and it is designed to serve EKE-Rakennus in project development.

During the thesis information was gathered from previous projects and ongoing ones. The information that was gathered included costs and information on how the work was done and how it affected the project as a whole. The author of this thesis worked as a site manager in the ongoing project.

During the thesis, it was discovered that selecting the frame is a complex decision involving many variables, regarding the size, shape and frame types of the surrounding buildings, the purpose of the space underneath and the overall costs and especially the designed loads of the yard deck. One frame type is not always the best option, and the decision needs to be made individually for every project.

Keywords: yard deck, parking garage

# Sisällys

1	Johdanto	1
2	Pihakannen suunnittelu	2
2.1	Yleistä pihakannesta	2
2.1.1	Pihakannen päällysrakenteet	2
2.2	Suunnittelun lähtökohdat	4
2.3	Vesitiiveys	5
2.4	Kaivot ja läpiviennit	6
3	Pihakannen runkovaihtoehdot	7
3.1	Jälkijännitetty paikallavalulaatta	7
3.2	Ontelolaatta	7
3.3	Kuorilaatta	8
3.4	Toteutustavan valinta	8
3.4.1	Piispanportin rakennesuunnittelijoiden näkemyksiä	9
4	Esimerkkikohteet	10
4.1	Postipuisto, TA-Asumisoikeus Oy	11
4.2	Piispanportti, Vanamo ja Aura	12
4.2.1	Paikallavalulaatan toteutus	12
4.3	Valuverkot	18
5	Aikataulu	18
5.1	Jälkijännitetyn kannen aikataulu	18
5.1.1	Kehityskohteet ja haasteet	19
5.2	Elementtirunkoisen kannen aikataulu	20
5.3	Toteutusten vaikutukset työmaan toimintaan	21
6	Kustannukset	22
6.1	Talvilisätyöt	22
6.2	Kalusto	22
6.3	Mittaus	23
6.4	Kustannusseuranta	24
7	Laadunvalvonta	24

7.1	Paikallavalu	24
7.1.1	Muottityö	25
7.1.2	Raudat ja punokset	26
7.1.3	Valu ja dokumentointi	27
7.2	Elementit	28
7.2.1	Elementtien laatu	28
7.2.2	Elementtien varastointi	29
8	Johtopäätökset	29
9	Yhteenveto	30
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1: Kustannustiedot - Liite vain työn tilaajan käyttöön	



## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön kohteena on vertailla pihakannen runkovaihtoehtoja kustannusten, aikataulun ja toteutusvaihtoehtojen vaikutuksista työmaan toimintaan. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää reunaehtoja eri runkovaihtoehtojen valitsemiseen. Tutkimuksen on määrä palvella EKE-Rakennus Oy:tä projektien suunnitteluvaiheessa. Asiaa tutkitaan kustannusten, työtekniesten ja työmaahan aikataulullisesti vaikuttavien asioiden näkökulmasta.

Opinnäytetyön tekijä toimi työnjohtajan ominaisuudessa jälkijännitettyjen laattojen toteutuksessa molemmissa Piispanportin esimerkkikohteissa. Tutkimus sisältää tekijän omaa pohdintaa työn toteutuksesta ja tehtäväsuunnittelusta. Tämän lisäksi tutkimuksessa haastatellaan Postipuiston valmistuneen työmaan vastaavaa työnjohtajaa kyseisen työmaan toteutuksesta ja kuorilaattarakenteisen kannen toteutuksesta, sekä Piispanportin kohteissa toimineita rakennesuunnittelijoita jälkijännitetyn ja elementtirunkoisen kannen rakenteista ja niiden suunnittelusta.

## 2 Pihakannen suunnittelu

### 2.1 Yleistä pihakannesta

Pihakansi on asuinrakennuksen piha-alue, jonka alla on toiminnallista tilaa, usein autohalli. Pihakannen pyritään liittyvän muuhun rakennukseen sulavasti niin, että kannen alapuolinen tila pysyy piilossa ja rakennuskokonaisuuden esteettisyys säilyy. Pihakannelle voidaan asentaa leikki- ja ajanviettoalueita, sekä kasvillisuutta, kuten puutarhoja ja istutusalueita. [1.]

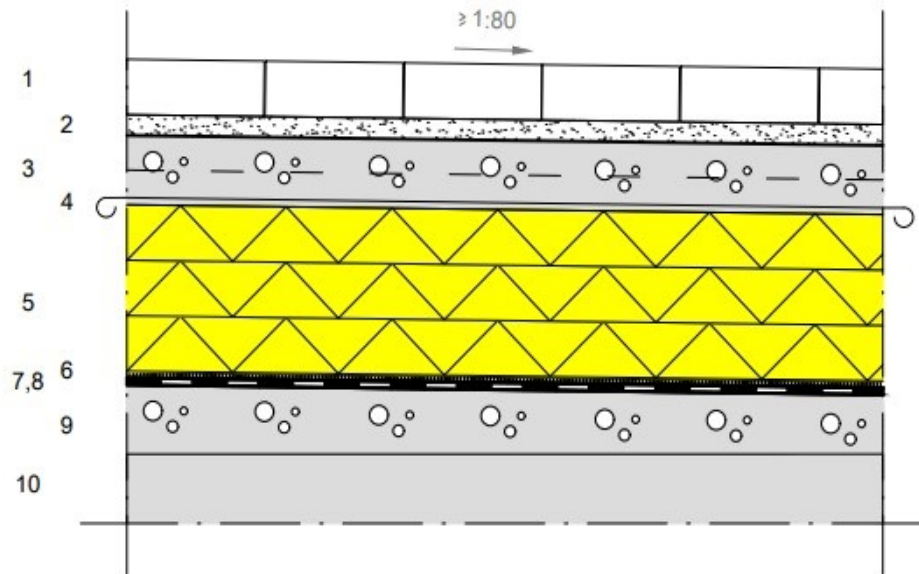
Pihakannet ovat alati yleistynyt osa kerrostalorakentamista, sillä niillä on suuri merkitys koko asuinalueen viihtyisyyteen. Tonttien ahtauden ja yleisten pysäköintilaitosten ja -paikkojen puutteen vuoksi rakennuttajalle on hyvä vaihtoehto rakentaa taloyhtiön oma autohalli, joka usein halutaan sijoittaa käytännöllisyyden ja esteettisyyden vuoksi piha-alueen alapuolelle. [2.]

#### 2.1.1 Pihakannen päällysrakenteet

Pihakannen rakenteet ovat normaalisti joko kylmiä, tai käännettyjä kansirakenteita. Käännetyssä rakenteessa vedeneristys asennetaan kantavan rakenteen päälle, jonka päälle tulee vahvan puristuslujuuden omaava lämmöneriste suojaamaan eristettä rasitukselta ja rikkoutumiselta. Lämmöneristeen päälle tulee täyterrokset riippuen pihasuunnitelmasta, usein teräsbetoni-laatta tai maa-ainestäyttö. [3.]



MK 1:10

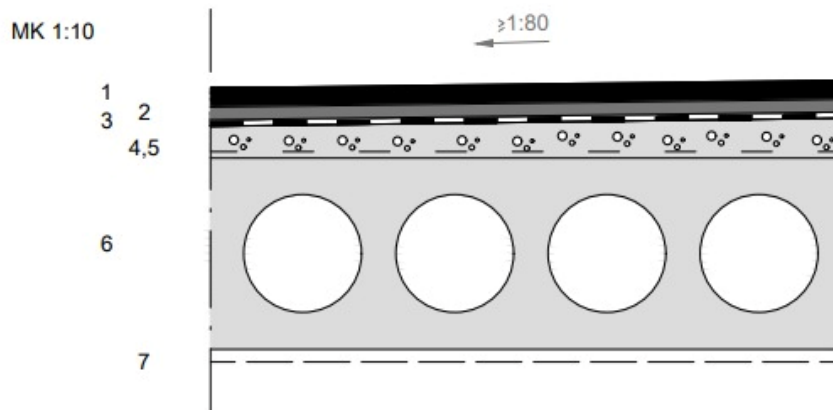


**Rakenne ylhäältä alaspäin:**

1. Pihakivet erillisen suunnitelman mukaan, paksuus 60-80 mm
2. Asennushiekka, raekoko 0...8 mm. Kerroksen suositeltu paksuus 50 mm, vähintään 30 mm
3. Teräsbetoni-laatta rakennesuunnitelman mukaan
4. Suodatinkangas, esim. käyttöluokka KL 2 tai N2, limitys  $\geq 200$  mm
5. Lämmöneriste, suulakepuristettu solupolystyreeni (XPS) rakennesuunnitelman mukaan
6. Salaojamatto rakennesuunnitelman mukaan, esim. Kerabit QDrain
7. Vedeneriste, luokka VE 80R kumibitumikermit esim. 3 x Kerabit 4100 UT / 4000 Base (TL 2, K-MS 170/4000)  
tai 1 x Kerabit 3000 U (TL 2, K-MS 170/3000) + 2 x Kerabit 4100 UT / 4000 Base (TL 2, K-MS 170/4000)
8. Kumibitumiliuosvively Kerabit KBL 20/100
9. Kallistusbetoni; pinta Toimivat katot -julkaisun vaatimusten mukaan, kaltevuus min. 1:80
10. Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan

Kuva 1. Tyypillisen käännetyin rakenteen detajji. Kerabit.fi

Kylmässä kansirakenteessa eristerakennus jätetään pois ja maataytöt ja pintalaatat asennetaan suoraan vedeneristyksen päälle. Kermien päälle on hyvä kuitenkin asentaa ohut laakerieriste, tai ohut valu suojaamaan huopakaistoja kiviainestäyttyjen rasitukselta.



Rakenne ylhäältä alaspäin:

1. Pinta-asfaltti AB 11/100 (40 mm) koneellisesti levitettyinä \*)
2. Suoja-asfaltti AB 6/50 (20 mm)
3. Vedeneristys VE80R, kumibitumikermi esim.  
2 x Kerabit 4100 UT / 4000 Base (TL 2, K-MS 170/4000) + 1 x Kerabit 5100 T / 5000 Top (TL 2, K-PS 170/5000)  
tai 1 x Kerabit 3000 U (TL 2, K-MS 170/3000) + 1 x Kerabit 4100 UT / 4000 Base (TL 2, K-MS 170/4000) + 1 x Kerabit 5100 T / 5000 Top (TL 2, K-PS 170/5000)
4. Kumibitumiliuosvively Kerabit KBL 20/100
5. Kallistusbetoni; pinta Toimivat katot -julkaisun vaatimusten mukaan, kaltevuus min. 1:80
6. Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan
7. Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

Kuva 2. Tyypillinen kylmä kansirakenne asfalttipinnoituksella. Kerabit.fi

## 2.2 Suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelun alkaessa tulisi pihasuunnittelijan olla aktiivisesti mukana kannen suunnittelussa. Kansilaatan kallistukset ja kaivojen sijoitukset ovat riippuvaisia pihan päällysrakenteiden valinnoista ja sijoituksista. Pihasuunnittelun ja runkoratkaisuiden rakennesuunnittelun toimiessa yhteistyössä saadaan varmistettua haluttu lopputulos esimerkiksi maastokorkojen ja pintavesien ohjauksessa. [2.]

Pihasuunnitteluun ja rakentamiseen vaikuttavat sekä rakennuspaikka, että maaperä. Ennen suunnittelun aloittamista tarkastellaan alueen tarjoamat mahdollisuudet lopullisen piha-alueen toteuttamiseen. Louhintaa vaativissa kalliomaakohteissa tulee suunnittelussa kiinnittää huomiota pintojen jälkikäsittelyyn, jotta ylimääräiseltä louhinnalta vältytään. [2.]

Normaalisti kansilaatan kantavina pystyrakenteina toimivat pilarilinjat. Pystyrakenteita on myös mahdollisuus tarpeen mukaan korvata kantavilla seinärakenteilla. Pihakannen runkorakenteita suunniteltaessa tulee huomioida rakenteiden kantavuus ja mitoitus, rakennusten liittyminen kanteen, sekä pilarilinjojen sijainti. Kansirakenteen kantavuus määrittää pihan maastomuotoilujen ja istutusaltaiden mitoituksen. [2, 4.]

Pihakannen runkoa suunnitellessa tavoitteena on normaalisti tilan tehokas käyttö. Autohalleissa pyritään maksimoimaan pysäköintiruutujen määrä, jolloin tilasta tulee käytännöllisyyden kannalta laadukkaampi, sekä pysäköintipaikkojen yksikköhintaa saadaan alemmas. Jälkijännitetyssä paikallavalukannessa vaaditaan vähemmän kantavia pystyrakenteita, joten tilankäytön mahdollisuudet paranevat verrattuna elementtiratkaisuihin, jolloin usein vaaditaan enemmän kantavia rakenteita. [4.]

### 2.3 Vesitiiveys

Pihakannen suunnittelussa vesitiiveys on keskeinen asia. Rakenteen vesitiiveyden varmistamisesta on huolehdittava, sillä vuotoja on vaikeaa korjata jälkikäteen. Jälkijännitetyn laatan etuna on rakenteen itsensä tuoma vesitiiveys, joka saavutetaan jännepunosten puristaessa laattaa kaikilta sivuilta. Vesitiiveyden varmistamiseksi kannet usein myös kermitetään. Jälkijännitetyssä laatassa vedeneristyskermit ovat käytännössä ainoastaan lisävarmuustekijä vesitiiveyden varmistamisessa. Kansissa, joissa eristyskermit jätetään pois, otetaan se normaalisti suunnittelussa huomioon lisäämällä laatan raudoitusta. [6.]

Elementtirunkoisessa laatassa vedeneristys toteutetaan aina kermeillä, sillä rakenne ei itsessään ole vesitiivis. Ontelolaattarakenteisessa kannessa ei välttä-

mättä ole muuta pintarakennetta kuin ohut kallistusvalu, joka ei juuri lisää kannen vedenpitävyyttä. Jokainen laattasauma on potentiaalinen vuotokohta, jonka vuoksi vedeneristys kermeillä on välttämätöntä.

## 2.4 Kaivot ja läpiviennit

Vedenpoiston vuoksi tulee kansivaluun asentaa kaivot, tai tehdä niille varaukset. Kaivojen asennus suoraan valuun helpottaa läpivientien vesitiiveyttä, mutta kaivojen valmiiksi asennus tuottaa riskin kaivojen rikkoutumiseen työmaan aikana. Lumen auraaminen ja muiden siirtokoneiden käyttö kannella ennen pihatöitä vaurioittaa usein kaivoja ennen pihatöiden aloittamista, jolloin ne joudutaan pahimmassa tapauksessa vaihtamaan kokonaan. Piispanportin kohteissa kaivojen sijaan kanteen tehtiin varaukset kaivoille, jotka vedeneristäjä asentaa kannen kermityksen yhteydessä. Varaukset tehtiin 160 mm viemäriputkella, jonka yläosaan asennettiin vanerilevyt, jotka loivat valuun syvennykset kaivoille, jotta ympärykset saadaan tiivistettyä huolellisesti (kuva 3).



Kuva 3. Raudoituksen alapinta ja kaivojen varaukset muoviputkella ja vanerilla.

Ontelolaattarakenteisessa kannessa läpiviennit tehdään laatan onteloiden kohdalle. Reikien tekoon onteloiden kohdalla ei ole juuri rajoitteita, mutta O32-O50 laattatyypeissä saa olla enintään 2 kappaletta samassa poikkileikkauksessa. Läpiviennit on suositeltavaa tehdä työmaalla. Näin kaivojen kohtia voidaan tarvittaessa vielä työmaalla hienosäätää. [5.]

### **3 Pihakannen runkovaihtoehdot**

#### **3.1 Jälkijännitetty paikallavalulaatta**

Jälkijännitetty teräsbetoni-laatta on jännitetty rakenne, jonka jännitys toteutetaan paikallavalun jälkeen, kun betoni on saavuttanut riittävän lujuuden. Jälkijännitettyjä rakenteita käytetään normaalisti tiloissa, joissa vaaditaan avointa tilaa suurilla jänneväleillä ja raskailla kuormilla. Jälkijännitetyn kannen etuina ovat mahdollisuudet suurempiin jänneväleihin ja ohuempiin rakenteisiin. Jälkijännitetty laatat vaativat myös vähemmän kantavia rakenteita. Jälkijännitetty laatta vaatii vain vähän huoltoa, joten sen hiilijalanjälki ja elinkaarikustannukset jäävät pienemmiksi. Laatan vaatiessa vähemmän kantavia rakenteita ja jännevälillä ollessa pitkiä, jää kannen alapuolelle enemmän avointa tilaa, joten autohallin käytettävyys paranee. [6.]

#### **3.2 Ontelolaatta**

Esijännitetty ontelolaatat ovat betonirunkorakennuksissa yleisin käytetty laattaelementti. Ontelolaatat valmistetaan C40-C70 lujuuden betonimassalla. Onteloiden määrä ja muoto ovat riippuvaisia laatan paksuudesta. Pihakansien rakentamisessa käytetään normaalisti 500 mm paksuisia O50-laattoja, joiden maksimi-jänneväli on 20 metriä. Ontelolaattojen päälle tehdään pintavalu, jonka paksuus ja rauditus määrittyy kannen kantavuusvaatimusten mukaan, joihin vaikuttavat kannen käyttötarkoitus ja sen tuomat kuormat. O50 laatan kantavuus ja oma paino ovat jo niin suuret, että 500 mm paksuisia laattoja käytettäessä pelkkä kallistusvalu on usein riittävä. [5.]

### 3.3 Kuorilaatta

Kuorilaatat ovat ohuita esijännitetyjä laattaelementtejä, joita käytetään sekä teollisuus-, asuin- ja pysäköintirakennuksissa. Kuorilaattarakenteisessa holvissa kannen rakenteelliset osat tehdään paikallavaluna. Kuorilaatat eivät tuo rakenteelle kantavuutta, vaan toimivat käytännössä ainoastaan muottipintana. Kuorilaattaholvin ero normaaliin paikallavaluun tulee muottitöiden työmäärässä ja raudoituksessa. Laattojen asennus on nopeampaa kuin muottityöt ja vaativat huomattavasti vähemmän työnaikaisia tukirakenteita. Kansityön aikana alapuolinen tila pysyy siis avoimempänä ja sitä on helpompi käyttää esimerkiksi työmaan logistiikassa. Vastaavasti jännittämätön kantava laattarakenne vaatii suuremman määrän raudoitusta kuin jälkijännitetty paikallavalulaatta. [5.]

### 3.4 Toteutustavan valinta

Muodolla on merkitystä pihakannen runkovaihtoehtoja tarkastellessa. Yksinkertaiset suorakulmaisen muotoiset pihakannet sopivat hyvin jälkijännitetyn laatan toteutukseen helpon kantavien rakenteiden ja jännitystyön suunnittelun, sekä työn toteutuksen helppouden vuoksi, mutta suorakulmaiset kannet ovat helpoja toteutettavia myös elementtirungolla. Jälkijännitetyllä kannella pystytään helposti tekemään myös pyöreäkulmaisia kansia, kun taas elementeillä ne tuotavat lisätöitä, kuten reuna-alueiden muotittamista, tai laattojen muotoilusta johdettava lisähintaa. Valinnassa tulee huomioida vaadittu kantokyky ja rakentamisolosuhteet, kuten tontin varastointitilat ja nostokalustot.

Elementtirunkoisen kannen harkinnassa tulee myös kiinnittää huomiota elementtien saatavuuteen ja että valittu elementtitoimittaja on laadultaan luotettava. Ongelmat elementtien saatavuudessa ja laadussa voivat hidastaa töiden

etenemistä merkittävästi. Elementit tulee asentaa ennalta määritetyssä järjestyksessä, joten yhden elementin puuttumisella voi olla suuri vaikutus kokonurakan etenemiseen.

### 3.4.1 Piispanportin rakennesuunnittelijoiden näkemyksiä

Pihakannen runkovaihtoehtoja tarkastellessa, tulee kanteen liitettävän rakennuksen rungon suunnittelun olla riittävän valmis. Pihakannen kantavien rakenteiden suunnittelussa on tärkeää, että asuinrakennuksen kantavat rakenteet ja talotekniikkahormit ovat suunnittelun osalta valmiita, jotta kannen kantavien rakenteiden sijoittelu ja mitoitus pystytään suunnittelemaan järkevästi.

Pihakannen koko määräytyy asuinkerrostalon koon mukaan. Paikallavalettu jälkijännitetty laatta sopii yksinkertaisen suorakaiteen muotoiseen kanteen, sekä myös äärimmäisen monimutkaiseen muotoon. Elementtiratkaisu sopii parhaiten yksinkertaisena suorakaiteen muotoisena, mutta elementtirunko voidaan toteuttaa myös monimuotoisena, joskin tämä vaatii enemmän suunnittelua kantavien rakenteiden osalta.

Normaali suositeltava pilarijako ja laattojen jänneväli noin kolme autopaikkaa, eli noin 7,5 metriä. Jännebetonileukapalkkien maksimipituus noin 8 metriä, koska tämän pidemmät palkit eivät toimi enää rakenteellisesti tarpeeksi hyvin. Jälkijännitetyn laatan kanssa pystytään rakennetta paksuntamalla kasvattamaan jännevälejä entisestään.

Kuorilaattarakenteinen kansi ei varsinaisesti ole elementtirunkoinen, sillä kuorilaatta toimii ainoastaan muottina, eikä tuo rakenteelle lisää kantavuutta. Kuorilaatoilla saadaan kuitenkin umpinainen betoni ja jatkuva rakenne, jolloin rakenteen vesitiiveys on helpommin hallittavissa. Jälkijännitetty kansi vuotaa vettä lähinnä liikuntasaumoista, kun taas elementtikannessa on jokaisen laatan ympärillä saumat. Tästä johtuen elementtirakenteisen kannen vedeneristys tulee aina tehdä kermittämällä.

Runkovaihtoehtoja tarkastellessa kokonaistaloudellisuus tulee siitä, että kannen geometria seuraa pihasuunnitelmaa mahdollisimman lähellä. Näin ollen runkorakenteiden suunnittelun tulee tapahtua yhteistyössä pihasuunnittelun kanssa. Rungon rakenteisiin ja sitä kautta kokonaiskustannuksiin vaikuttaa myös pelastuspaikan sijoitus. Mikäli pelastuspaikka pystytään suunnittelemaan muualle kuin pihakannelle, vähenee kannen kuormat huomattavasti.

Elementtiratkaisuissa kantavina palkkeina kannattaa käyttää teräsbetonileukapalkkeja. Deltapalkit ovat kalliimpia, joten niitä on kannattavaa käyttää ainoastaan silloin, kun alapuolisen tilan korkomaailma ei salli paksumpien leukapalkkien käyttöä. Pääasiassa deltapalkkeja joudutaan kuitenkin käyttämään erittäin harjoin, jos palkkisuunnat suunnitellaan järkevästi. Palkkien sijoitusten ja suunnitelmien suunnittelussa tulee olla aktiivisesti yhteydessä LVI-suunnittelijaan, jossa kannen alla tulee talotekniikka saadaan yhteensovitettua kantavien rakenteiden kanssa.

Elementtirakenteilla on mahdollista päästä pidempiin jänneväleihin myös niin, että palkit ja laatat suunnitellaan hieman kaareviksi, jolloin niiden päälle kertyvä kuorma puristaa rakennetta kasaan, jolloin rakenteen jännitys saadaan toteutettua tällä tavoin. On kuitenkin huomioitava, että tällä tavalla toteutettu rakenteen jännitys ei tuo rakenteelle lisää vedenpitävyyttä, toisin kuin jälkijännitetyssä rakenteessa, vaan se tuo rakenteelle ainoastaan lisää vakautta ja kantokykyä ja mahdollistaa toteuttamisen pienemmällä määrällä kantavia rakenteita, jolloin tilankäytön mahdollisuudet paranevat.

## **4 Esimerkkikohteet**

Tutkimuksen esimerkkikohteina olivat kolme EKE-Rakennuksen kohdetta. Vuonna 2021 valmistunut Pasilan Postipuiston kohde, sekä käynnissä olevat kohteet Espoon Piispanportin Aura ja Vanamo. Kaikissa esimerkkikohteissa pihakannen alapuolelle tuli kylmä autohalli.



#### 4.1 Postipuisto, TA-Asumisoikeus Oy

Pasilan Postipuiston työmaalle tehtiin noin 3300m<sup>2</sup> jälkijännitetty paikallavalukansi. Kansi valettiin kahdessa osassa, ensimmäisessä valussa noin 2200 m<sup>2</sup> ja toisessa noin 1100 m<sup>2</sup>. Kohteeseen rakennettu kansi palveli kolmen EKE-Rakennuksen rakentaman kerrostalon lisäksi kahta toisen rakennusliikkeen rakentamaa kerrostaloa. Kannen päälle tehtiin oleskelu- ja leikkialueita, istutusalueita, sekä asuinrakennusten ensimmäisten kerrosten asuntoihin pihaterassit ja ajoneuvokulkutiet asfaltilla.

Hankkeen ennakkosuunnittelussa oli puutteita. Pihakansi jouduttiin valamaan talvella, johtuen suurelta osin elementtiasennuksista ja torninostureiden sijoituksesta. Hulevesien viivytysputkistot kulkivat toisen rakennusliikkeen torninosturin alapuolella, jotka jouduttiin asentamaan ennen kannen töiden alkamista. Torninosturi lopulta siirrettiin ja putkistot päästiin asentamaan nosturin purkamisen jälkeen. Kannen töiden aloittaminen täytyi yhteensovittaa naapurityömaan aikataulun kanssa, eikä yhteensovitus ollut mahdollista muuten kuin talvella. Muottityöt saatiin käynnistettyä lopulta loka-marraskuun vaihteessa.

Ensimmäisen lohkon valu suoritettiin kahdella betonipumpulla. Valuun oli varattuna myös varapumppu, joka tuli tarpeeseen toisen pumpun rikkouduttua. Sääolosuhteiden vuoksi pinta oli pakko peitellä muovilla välittömästi, kun valupinta oli hierretty. Valuun oli myös varattu liikenteenohjaaja, joka ohjasi betoniautot oikeaan paikkaan. Liikenteenohjaaja oli valun sujuvuuden vuoksi tärkeässä roolissa, jotta betoniautojen kuljettajat tiesivät kummalle pumpulle pitää mennä. Tontille oli myös varattu pesupaikka betoniautoille.

Sää tiedotus muuttui lähellä valupäivää huomattavasti kylmemmäksi, jonka vuoksi valua jouduttiin aikaistamaan lyhyellä varoitusajalla. Itse valu kesti noin 14 tuntia, minkä lisäksi jälkitöissä meni noin 10 tuntia.

Suurien paikallavalurakenteiden toteutus tulisi suorittaa aina niin, että ei jouduta turvautumaan talvibetonointiin. Talvilisätyöt tuovat lisää kustannuksia ja haittaavat aikataulun toimivuutta. Aikataulumuutoksilla voi olla merkittäviä vaikutuksia muiden työvaiheiden toteuttamiseen.

## 4.2 Piispanportti, Vanamo ja Aura

Espoon Piispanportissa sijaitti samassa kohteessa kaksi työmaata. Molempiin kohteisiin tehtiin jälkijännitetyt paikallavalukannet. Auran työmaalla pihakansi oli jaettu kahteen osaan, toisin kuin Vanamossa, jossa pihakansi oli yhtenäinen. Kaikki pihakannet liitettiin toisiinsa ja rakennusten välissä oli ajoneuvokulku tie molempien rakennusten piha-alueiden läpi. Kulkutie ja pihakannet liitettiin myös aiemmin valmistuneiden kohteiden pihakanteen. Autohallit olivat Vanamossa ja Aurassa noin 1500 m<sup>2</sup> molemmissa ja sisälsivät yhteensä noin 100 autopaikkaa. Pihakansien osuus autohallista oli noin 1000 m<sup>2</sup> ja 800 m<sup>2</sup>. Loput autohallista sijoittui asuinrakennusten alapuolelle.

### 4.2.1 Paikallavalulaatan toteutus

Vanamon ja Auran kansilaatat oli jaettu kolmeen valulohkoon. Ensimmäisenä tehtiin Vanamon kansi, jonka laajuus oli 1020 m<sup>2</sup>. Tämän jälkeen siirryttiin Auran suurempaan lohkoon, jonka koko oli 798 m<sup>2</sup> ja viimeiseksi Auran ja Vanamon väliin jäävä kapea osuus, jonka ala oli 198 m<sup>2</sup>.

Sääolosuhteet olivat Vanamon valun aikana hyvät. Valun alkaessa ilman lämpötila oli noin 9 °C ja valun päättyessä noin 12 °C. Valu kesti yhteensä 13 tuntia.

Pihakannen muoto oli muottityön kannalta helppo. Suorakaiteen muotoinen 1020 m<sup>2</sup> laatta, jonka keskellä pilarilinja, kallion puoleisella sivulla kantava siipiseinälinja, sekä talon puolella betonoitu delta-palkkilinja, joka kannattelee myös talon A-rapun rakenteita. Pilareiden kohdissa vahvikesyvennykset (kuva 4).



Kuva 4. Vanamon pihakansi talon A-rapun ja kallion välissä. Taustalla Auran B-rappu.

Punosankkureiden asennuksessa on kannattavaa hyödyntää reunamuottia (kuva 5), mikäli olosuhteet sen sallivat. Ankkureiden asennus reunamuotteihin nopeuttaa ja helpottaa sekä muotti- että raudoitustyötä, kun voidaan jättää jännityslaatikot pois.



Kuva 5. Punosankkurit kiinnitettynä reunamuottiin.

Vanamon kannella reunamuottia pystyttiin hyödyntämään kallionpuoleisella ja Auran B-rapun puoleisilla sivuilla. Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen kaikkien aktiiviankkureiden sijoitus vaihdettiin reunamuotti-sivuille, jolloin kannen jälkijännitys pystyttiin tekemään kokonaisuudessaan ilman jännityslaatikoita (kuva 6).



Kuva 6. Vanamon punostyöt valmiit. Reunamuotilla välttyttiin jännityslaatikoilta.

On syytä huomioida, että ilman jännityslaatikoita punosten metrimäärä suurenee hieman, joka tulee ottaa huomioon jännitystyön aikana. Rakennesuunnittelijan tulee näissä tapauksissa päivittää punosluetteloon punosten oikea metrimäärä. Toteutustapojen muutokset tulee poikkeuksetta hyväksyttävä suunnittelijalla ennen suoritusta.

Laatan sivuille asennettavat seinäelementit jätettiin asentamatta ennen laatan valua (kuva 7). Tällä tavoin aktiiviankkurit saatiin asennettua reunamuottiin ja jälkijännitys saatiin suoritettua ilman jännityslaatikoita. Seinäelementtien ja laatan väliin tuli jättää noin 50 mm varaus, jotta elementtien tartuntakolot saatiin valettua. Seinäelementtien asennuksen jälkeen rako täytettiin eristeellä ja valettiin umpeen.



Kuva 7. Seinäelementit asennettiin valun jälkeen, jotta jännityslaatikoilta vältyttiin.

Toisin kuin Vanamon työmaalla, Aurassa ei jännityslaatikoita voitu jättää pois, johtuen jo asennetuista pystyrakenteista. Tämä hidasti sekä muotti- että raudoitustyötä Vanamoon verrattuna. Auran jännityslaatikot olivat sekä suoria, että alaspäin kallistettuja.

Auran työmaalla torninosturi oli sijoitettu kannelle, jonka vuoksi kanteen jätettiin aukko nosturille. Elementtirunkoasennuksen jälkeen nosturi puretaan ja aukko valetaan umpeen. Kannen raudoitusten yhteydessä aukon reunamuottiin asennettiin modix-raudoitusjatkokset, sekä arbox-työsaumarauδοitteet (Kuva 8).



Kuva 8. Nosturiaukon varaus. Aukko valetaan umpeen nosturin purun jälkeen.

Asennusten helpottamiseksi, Piispanportin molemmissa holveissa lävistysraudoitteet asennettiin käänteisessä järjestyksessä viimeisenä pintaraidoiteiden päälle. Lävistysmurtuman estävien raudoitteiden asennus muuttia vasten helpottaa pintaraidoiteiden tuentakorkeuden hallintaa, kun taas raudoitteiden asentaminen pintaraidojen päälle helpottaa lävistysraudojen asennusta. Rakenteellisesti ei ole merkitystä, asennetaanko lävistysraudat ensimmäisenä vai viimeisenä, mutta on varmistettava, että raudoitteet tulevat joko pohjaraidojen alle, tai pintaraidojen päälle. Asennustavan muutokset tulee poikkeuksetta hyväksyttää rakennesuunnittelijalla.

Jälkihoidossa käytettiin muovin sijasta suodatinkangasta. Suodatinkangas toimii jälkihoitona jopa paremmin kuin muovi. Suodatinkangas pitää betonipinnan kosteana estäen kosteuden liiallisen haihtumisen, mutta päästää veden läpi. Suodatinkankaat voidaan levittää heti pinnan huomisen jälkeen, jonka jälkeen pinta

voidaan kastella tarvittaessa useaan kertaan. Vesisateen osuessa kohdalle pintaa ei erikseen tarvitse kastella lainkaan. Suodatinkangas on myös työturvallisuuden kannalta hyvä vaihtoehto, sillä muovi voi ajoittain olosuhteista riippuen olla äärimmäisen liukas.

### 4.3 Valuverkot

Rakenteen paksuuden ollessa paikoittain jopa noin puoli metriä, on valutyön turvallisuuden ja vaativuuden vuoksi kannattavaa harkita valmisverkkojen asentamista raudoituksen yläpintaan. Raudoituksella ei ole rakenteellista merkitystä, mutta vähentää huomattavasti kompastumisen vaaraa valutyön aikana, sekä keventää työn kuormitusta. Työverkkojen asennuksessa tulee kiinnittää huomiota pinnan kaltevuuksiin. Verkkojen tuomat lisäkustannukset ovat noin 1% urakan kokonaissummasta.

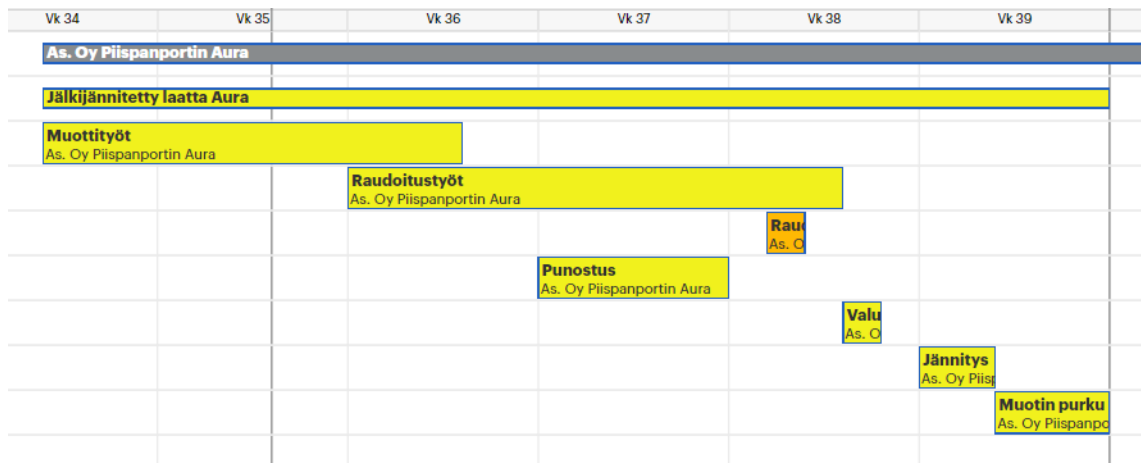
Työverkkojen asennusta voi ajatella sekä työturvallisuus-, että laadunvarmennustoimenpiteenä. Jälkijännitetyt laatat sisältävät vain harvoissa kohdissa yläpinnan teräkset, joten valun yhteydessä kompastumisen riski on paikoin suuri. Valun ollessa korkea on massa seassa työskentely myös raskasta ja haastavaa, millä voi olla vaikutusta tasalaatuiseen lopputulokseen.

## 5 Aikataulu

### 5.1 Jälkijännitetyn kannen aikataulu

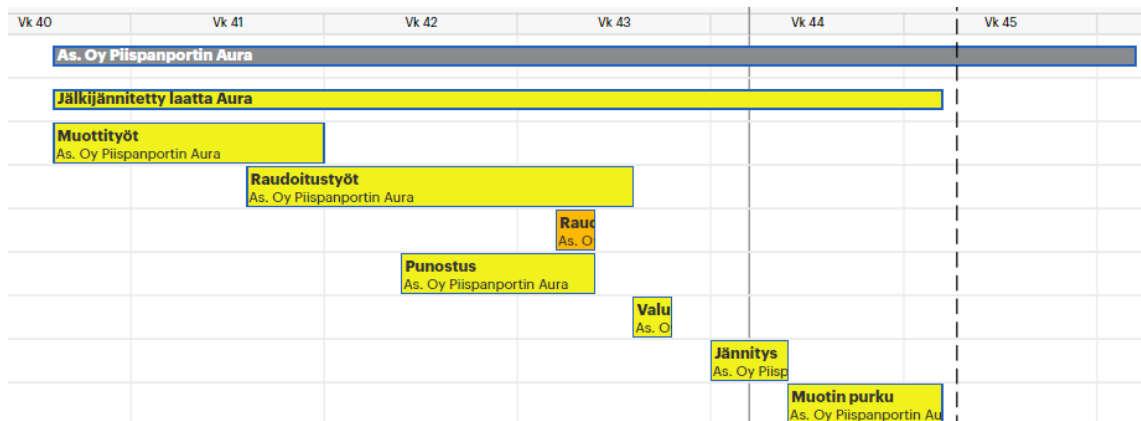
Jälkijännitetyn kannen rakentamiseen menee noin 5 viikkoa alueen ollessa noin 1000 m<sup>2</sup> suuruinen. Muottityösaavutus on noin 500 m<sup>2</sup> viikossa. Muottitöiden alkamisesta valupäivään kului 4 viikkoa. Tämän jälkeen jännityksessä ja muottien purussa kului noin viikko.





Kuva 9. Piispanportin Vanamon jälkijännitetyn kannen aikataulu (1043 m<sup>2</sup>).

Auran jälkijännitetty kansi oli noin 200 m<sup>2</sup> pienempi kuin Vanamossa. Kansi valmistui viikon nopeammin kuin Vanamossa, mutta loppuvaiheessa tuli suurempi kiire raudoitustöiden hitaan etenemisen vuoksi.



Kuva 10. Piispanportin Auran jälkijännitetyn kannen aikataulu (798 m<sup>2</sup>).

### 5.1.1 Kehityskohteet ja haasteet

Molempien suurien kansien rakentamiseen kului aikaa muottitöiden aloituksesta muottien purkuun noin 5 viikkoa, jonka lisäksi muottikaluston siirtelyyn ja pois viemiseen kului noin viikko kanta kohden. Kansien alapuolinen tila oli siis poissa käytöstä noin 5-6 viikkoa.

Kannessa aikataulullisia haasteita tuottivat raudoituksen ja punostuksen yhteensovitus. Molemmille laatan pitkille sivuille asennetut lävistysmurtuman estävät raudoitteet veivät eniten aikaa. Lävistysraudoitteet ja raudoituksen yläpinta päästiin kuitenkin asentamaan vasta, kun punostyöt olivat reunoilla saatettu täysin valmiiksi. Mahdollinen kehityskohde työvaiheiden yhteensovituksessa olisi, että punostus saatettaisiin lävistysraudoitealueilla loppuun, jolloin raudoittajat pääsevät palaamaan töihin aiemmin.

Tontin ahtaus toimi hidastavana tekijänä koko jälkijännitetyn kannen aikataulussa. Töiden aloitusvaiheessa muottikalustoa oli jouduttu sijoittamaan paikkoihin, joissa ne olivat vähiten tiellä koko muun työmaan toimintaa ajatellen. Tämä johti kuitenkin siihen, että kalustoa jouduttiin aktiivisesti siirtelemään, jotta se ei olisi muottitöiden esteenä ja tämä hidasti koko prosessia. Sama ongelma toistui myös purkuvaiheessa ja kaluston siirtämisessä seuraavalle mestalle. Varastointitilan puute toimi myös hidastavana tekijänä maanrakennustöille ja autohallin maanvaraisen laatan pohjan valmistelulle ja sitä kautta myös lattiatöiden alkamiselle.

## 5.2 Elementtirunkoisen kannen aikataulu

Kuorilaattarunkoisen noin 1000 m<sup>2</sup> kannen rakentamiseen kuluu aikaa noin 2 viikkoa pilareiden ja palkkien asennus huomioituna. Valun aikainen välituenta voidaan poistaa noin 2 viikon kuluttua valun jälkeen, jolloin kantta voi myös alkaa kuormittamaan.

Vk 34					Vk 35				
ma 22.8.	ti 23.8.	ke 24.8.	to 25.8.	pe 26.8.	ma 29.8.	ti 30.8.	ke 31.8.	to 1.9.	pe 2.9.
<b>As. Oy Piispanportin Aura</b>									
<b>Elementtirunko</b>									
<b>Pilarit</b> As. Oy P									
	<b>Palkit</b> As. Oy P								
		<b>Kuorilaatat</b> As. Oy Piispanportin Aura							
					<b>Raudoitus</b> As. Oy Piispanportin Aura				
									<b>Valu</b> As. Oy P

Kuva 11. Kuorilaattarakenteisen kannen aikataulu (1050 m<sup>2</sup>).

### 5.3 Toteutusten vaikutukset työmaan toimintaan

Varastointitilan puute on yleinen ongelma rakennustyömailla. Elementtiasennus tuottaa tilankäytöllisesti vähemmän negatiivisia vaikutuksia työmaan toimintaan, kuin paikallavalu, koska elementit saadaan asennettua suoraan kuormasta.

Muottikalusto vaatii suuren määrän varastointitilaa niin, että ne olisivat mahdollisimman lähellä työpistettä. Varastointialueen lisäksi muottikaluston siirtely vaatii ylimääräistä siirtokalustoa, sillä työmaan nosturien käyttö on priorisoitu elementtiasennukseen ja jatkuvat muottikaluston välinostot vaikuttavat suuresti elementtiasennuksen sujuvuuteen.

Työteknisesti kuorilaattarakenne on hyvä ja helppo ratkaisu. Elementtirakentaminen on nopeampaa ja on vähemmän altis sääolosuhteiden muutoksille. Hankkeissa, joissa on tilankäytön puolesta olisi tärkeää saada kannen alapuolinen tila nopeasti käyttöön, on kuorilaattarakoinen kansi hyvä valinta.

Paksuilla ontelolaatoilla rakennettaessa tulee huomioida elementtien kuljetukseen liittyvät ongelmat. O50 laattojen painon ollessa noin 560 kg/m<sup>2</sup> ja paksuuden 500mm, vaaditaan niiden kuljetukseen painon ja kuormakorkeuden vuoksi enemmän kuljetuskalustoa. Yhdessä kuljetuksessa on mahdollista kuljettaa pelkästään painon puolesta korkeintaan neljää laattaa kerralla, olettaen laattojen jännevälin olevan noin 7,5 metriä, tai kolme autopaikkaa.

## 6 Kustannukset

Tässä luvussa käydään läpi pihakannen runkorakentamisen kustannuksia yleisellä tasolla. Pihakannen rungon kustannukset koostuvat kannen kantavista rakenteista, itse kannen rakenteista, kanteen liittyvistä lisätöistä, sekä toteutuksessa tarvittavista kalustokustannuksista. Tarkat kustannusarviot ja -toteumat ovat esitetty tämän tutkimuksen liitteissä ja ne ovat EKE-Rakennuksen omaisuutta.

### 6.1 Talvilisätyöt

Talvilisätöiden, työn ja materiaalien lisäkustannukset Postipuiston työmaalla olivat noin 4% urakan kokonaissummasta. Talvilisäkustannuksiin kuuluivat raudoitusvaiheessa lumen ja jään poistaminen höyrytämällä, lumityöt sekä alapohjan lämmitys, jonka osuus oli noin kaksi kolmasosaa talviolosuhteiden tuomista lisäkustannuksista. Alapohjaa lämmitettiin öljykäyttöisellä lämmittimellä yhteensä kahden viikon ajan. Urakkaan varatut talvilisätöiden varat ylittyivät noin 8000%.

### 6.2 Kalusto

Piispanportin kohteissa kantavien rakenteiden toteutuksena toimi sekä paikallavalu, että elementtiasennus. Elementtiasennukseen ei vaadittu erillistä kalustoa, sillä työmailla oli omat elementtiasennukseen tarkoitetut nosturit, joilla saatiin tarvittavat nostotyöt tehtyä. Paikallavalussa vaadittiin ainoastaan pumppauskalusto ja muottikaluston siirtelyyn varattu pieni kurottaja.

Kannen toteutuksen aikana oli muotti-, rauditus- ja punostöiden vuoksi vuokrattava pieni kurottaja. Muottikalustoa on paljon ja tilat ovat rajalliset, joten työmaan tehokkaan toimimisen kannalta on tärkeää hankkia ajettavaa siirtokalustoa. Nosturit ovat normaalisti täysin työllistettyjä talon elementtirunkoasennusten vuoksi, joten tarvittavat siirrot ja nostot on kannattavaa tehdä toisella laitteella. Piispanportin Vanamossa kansi toteutettiin ilman ylimääräistä siirtokalustoa, mutta logistiikkaongelmien vuoksi Auran kannen toteutusta varten siirtokalustoksi varattiin pieni kurottaja muottikaluston siirtelyyn ja alueen järjestelyyn.

Postipuiston työmaalla jouduttiin turvautumaan lisäkalustoihin kantavien pilari-linjojen asennuksessa ja materiaalien siirrossa. Kantavien rakenteiden asennuksessa jouduttiin turvautumaan ajoneuvonosturiin ja muottikaluston sekä rautojen siirtoon työvaiheiden aikana. Pilarit asennettiin kolmessa erässä, joten nostokalusto oli hankittava kolmelle päivälle. Nostokaluston tuomien kustannusten osuus oli noin 2% urakan kokonaissummasta.

### 6.3 Mittaus

Sekä jälkijännitetyn paikallavalulaatan, että esijännitettyjen elementtien toteutuksessa tarvitaan mittamiestä. Mittamies huolehtii molemmissa toteutuksissa asennuskorkojen ja sijaintien täsmällisyydestä. Toteutuksen aikana mittamiehen työmäärä ja kustannukset eivät juurikaan eroa toisistaan, mutta jälkijännitettyyn laattaan liittyy mittamieheltä enemmän jälkitöitä. Paikallavalulaatan punoksista tulee ottaa tarketiedot ja tehdä niistä kartta. Tarketiedoissa on esitetty punosten sijoittelu laatan sisällä, sekä punosten korkovaihtelut. Tarketietoja tarvitaan, kun kanteen tehdään jälkikiinnityksiä, esimerkiksi elementtitukia, tai muita kanteen porattavia asioita. Ilman tarketietoja kanteen ei tule porata mitään, jotta ei vahingossa rikota punosvaijereita valun sisässä.

## 6.4 Kustannusseuranta

Kustannuksista tehtiin tavoitearvio ennen työvaiheiden alkua. Tavoitearvion ja urakoitsijan mittauspöytäkirjojen avulla pystyttiin seuraamaan toteutuneita kustannuksia. Piispanportin Vanamossa jälkijännitetyn laatan kustannukset ylittivät noin kahdella prosentilla. Ylittävät kustannukset koostuivat pienistä lisätoista, sekä betonin toimitukseen liittyvistä lisäkustannuksista, kuten normaalin työajan ulkopuolisista vuorolisistä ja laadunvalvonnan kustannuksista.

Postipuistossa kannen kustannukset ylittivät noin 10 prosenttia siihen varatuista varoista. Syyt kustannusten ylitykseen liittyivät pääasiassa hankkeen puutteelliseen ennakkosuunnitteluun, kuten talvilisätöihin varatuista liian vähäisistä varoista ja nosturien siirtelyistä liittyvistä kustannuksista.

## 7 Laadunvalvonta

### 7.1 Paikallavalu

Paikalla valettaessa betonin laadunvalvonta siirtyy osittain työmaan vastuulle. Betonin toimittaja voi suorittaa betonimassan laboratoriokeet lisähinnasta. Jälkijännitetyt kansirakenteet kuuluvat seuraamusluokkaan CC2, toteutusluokkaan 3 ja ne luokitellaan poikkeuksellisen vaativiin betonirakenteisiin, jonka vuoksi betonimassan laadunvalvonta on kriittistä. Tämän vuoksi on kannattavaa ostaa laborantin palvelut suoraan betonitoimittajalta. Koekappaleiden määrän suhteen suositeltu määrä on vähintään yksi koekappale sataa betonikuutiota kohden. [7.]

Kantavien rakenteiden toteutuksesta tehdään laatusuunnitelma, johon nimetään työvaiheiden tarkastaja, joka suorittaa yleisvalvontaa työvaiheessa käytettävien materiaalien ja toteutustapojen osalta. Tarkastuksista laaditaan muistiot valokuvineen. Työvaiheiden tarkastajana toimii toteutuksen asiantuntijana toimiva henkilö, yleensä rakennesuunnittelija. [7.]

### 7.1.1 Muottityö

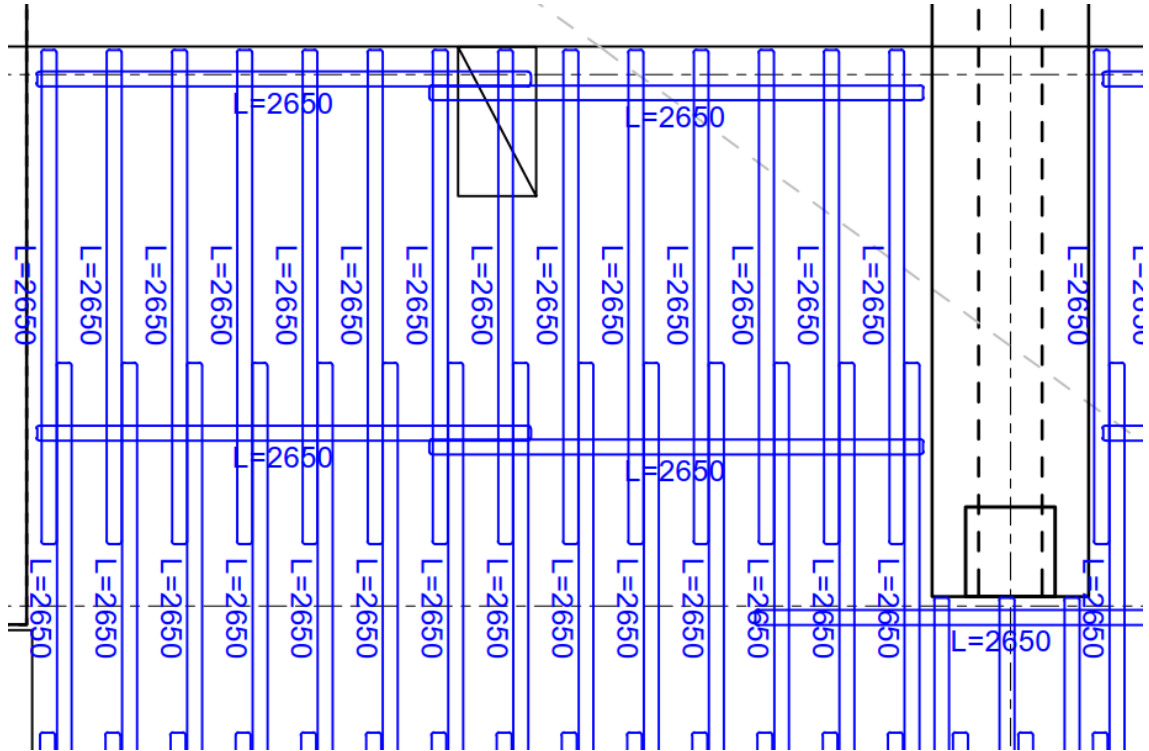
Laatan alapinnan laatuun vaikuttavat sekä muottien asianmukainen tuenta (kuva 12) että muottilevyjen kunto. Rikkinäiset ja erityisen likaiset levyt jättävät jäljet betonipintaan, joten estetiikan vuoksi on syytä huolehtia muottikaluston asianmukaisesta kunnosta. Levyjen saumakohtat on myös syytä asettaa kohdakkain, sillä levyjen saumakohtat jäävät myös betonipintaan näkyviin. Saumakohtiin jäävät ylimääräiset betonit poistetaan petkeleellä muottien purkamisen jälkeen. Muottien purun jälkeen koko laatan betonipinnan laatu katselmoidaan ja arvioidaan jälkihoidon lopullinen laajuus. Mikäli pinta ei ole vaatimusten mukainen, on pintaa mahdollista korjata timanttihionnalla.



Kuva 12. Muottien tuenta kannen alapuolella.

Muottien tuenta tehdään urakoitsijan toimittamalla muottisuunnitelman (kuva 13) mukaisesti. Suunnitelmassa on esitetty pystytukien asennusjako ja hahmotelma sijoituksista, sekä tolppien päälle asennettavat niska- ja koolauspalkit. Ennen

valua tulee varmistaa tuennan olevan toimitetun suunnitelman mukainen, pystytukien kiristys ja vinotukien tarpeellinen määrä. Muotin tuennassa tulee olla huolellinen, sillä muottilevyt voivat taipua betonimassan painosta, jättäen laatan alapintaan levyjen saumakohtiin pykäliä, jotka vaikuttavat pinnan ulkonäköön, vaikka niillä ei rakenteellisesti ole merkitystä.



Kuva 13. Esimerkki muottisuunnitelmasta. Kuvassa osoitettu niska- ja koolauspalkkien sijoittelua.

### 7.1.2 Raudat ja punokset

Ennen raudoitustöiden alkamista muottipinta katselmoidaan ja puhdistetaan. Ylimääräiset jätteet siivotaan ja pinta puhalletaan puhtaaksi. Raudoitustöiden päätteeksi tehdään raudoitustarkastus, jossa raudoitusten ja punosten oikein asennus varmistetaan ja mahdolliset puutteet korjataan ennen valua. Ennen valun alkua on hyvä vielä käydä muottipinta kertaalleen läpi lehtipuhaltimella, jotta valun sekaan ei jää ylimääräistä roskaa.



Tarkastuksessa tulee huomioida rautojen ja punosten riittävä sitominen, jotta raudat eivät pääse liikkumaan valutyön voimasta. Tarkastuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota lävistysrautojen tuentakorkeuksiin. Lävistysmurtumista estävät raudoitteet tulee asettaa valuun oikeaan korkoon, jotta raudoitteet toimivat asianmukaisesti.

Punokset eivät mene raudoitteiden seassa tasaisesti, vaan punosten asennuskorkeus vaihtelee punoksen matkalla ajoittain paljonkin. Punoksien osalta on tarkkailtava, että korkovaihtelut on toteutettu huolellisesti, jotta punokset toimivat jännitettynä suunnitellulla tavalla. Punosten korkovaihtelut noudattavat käännteistä momenttikäyrää.

Jännitystyö tulee tehdä, kun betonin lämpötila on vähintään +5 °C ja ympäristön lämpötila alimmillaan -10 °C. Jännityslaatikoiden paikkausvalut tulee tehdä mahdollisimman pian, kun jännitystyö on hyväksytysti tehty ja suunnittelija on antanut muottien purkuluvan.

### 7.1.3 Valu ja dokumentointi

Valutöistä tulee laatia betonointisuunnitelma. Kannen betonoinnin aikana tulee kiinnittää erityistä huomiota ankkurialueiden tiivistämiseen etenkin niissä paikoissa, joissa käytetään jännityslaatikoita. Betonimassa tulee saada laatikon alapuolelle, johon on haasteellista saada pumpattua massaa riittävästi, joten näissä paikoissa tulee osoittaa erityistä huolellisuutta. Jännityslaatikoiden kohdalla voidaan tarpeen mukaan pienentää massan raekokoa, joka helpottaa massan saamista tiiviisti laatikoiden alle.

Valun alkaessa muottiin asennetaan logger-anturit, jotka keräävät tietoa betonimassan lämmön- ja lujuuden kehityksestä. Antureiden antamien tietojen avulla saadaan selville, milloin betoni on saavuttanut riittävän lujuuden, jotta kannen jälkijännitys voidaan aloittaa. Anturit asennetaan sekä valupinnan lähelle, että valun ytimeen. Näin saadaan tarkat tiedot sekä pinnan, että ytimen lujuuden kehityksestä.

Urakoitsija toimittaa tilaajalle laatudokumentit käytetyistä tuotteista. Näitä ovat esimerkiksi punosten tuotetiedot, betonointipöytäkirja ja massan kuormakirjat, punosten venymät jännityksessä, sekä logger-antureiden tarjoamat tiedot lujouden- ja lämmön kehityksestä. Lisäksi mittamies tekee ennen valua ottamistaan punosten tarkemmittauksista kartan, jossa on tarkkaan esitetty punosten sijainnit. Näin kanteen pystytään tarpeen mukaan tekemään porauksia turvallisesti vahingoittamatta punosvaijereita.

## 7.2 Elementit

Betonelementtien laadunvalvonta tapahtuu elementtitehtaan omalla laadunvarmennusjärjestelmällä. Elementtien tilaajalla on mahdollisuus tarkastaa toimittajan laatujärjestelmä tarvittaessa. Laadua valvotaan tehtaan elementtikohtaisella laaduntarkastuskortilla. Elementteihin merkitään valmistusajankohdat ja elementtien painot. Osa tuotteista on myös CE-merkittyjä. Ulkopuolisia laaduntarkastuksia tekee ympäristöministeriön valtuuttama toimielin Inspecta Sertifiointi Oy. [8.]

Elementtiasennusten laadunvalvonnassa työmaan vastuulla ovat raudoitusten ja betonoinnin laadunvalvonta, sekä itse elementtien asennuksessa asennusko-roista ja liukulaakeroinneista huolehtiminen. Raudoituksista tehdään raudoitus-tarkastus samalla tavalla kuin paikallavalussa. Betonoinnista tehdään betonoin-tipöytäkirja, jonka liitteiksi laitetaan massan kuormakirjat ja betonointikaluston pystytyspöytäkirjat.

### 7.2.1 Elementtien laatu

Elementtitehdas liittää jokaiseen tuottamaansa elementtiin oman elementtitun-nuksen, josta löytyy tarvittavat tiedot elementistä. Tunnuksissa on esitetty ele-mentin tunnus elementtikaaviossa, elementin paino, valmistaja ja valmistusajan-kohta.

Puutteet elementtien laadussa vaikuttavat koko työmaan toimintaan. Suuret laatuvirheet johtavat elementtien palauttamiseen tehtaalle. Näissä tapauksissa vaikutukset runkoaikatauluun voivat olla suuria, johtuen elementtien asennusjärjestyksestä. Asentamattomat elementit joudutaan varastoimaan työmaalle, joka tuo sekä tilan puutteesta ja tehtävien aikataulutuksesta johtuvia ongelmia. Elementtitoimittajaksi on syytä valita luotettava toimittaja, jotta suurilta laatuvirheiltä välttäisiin.

### 7.2.2 Elementtien varastointi

Elementit asennetaan normaalisti suoraan kuormasta paikalleen. Aina elementtien suora asennus ei kuitenkaan ole mahdollista, jolloin elementit joudutaan väli-varastoimaan työmaalle. Elementtialaattojen varastoinnissa tulee huolehtia toimittajan varastointiohjeiden noudattamisesta, jotta elementit eivät varastoinnin aikana vahingoitu. [9.]

## 8 Johtopäätökset

Pihakannen rakenteiden suunnittelu on monen tekijän summa. Ontelolaattarakenteisen kannen rakenteita on hankala määrittää ilman, että suunnittelijat laskevat elementtirungon kantokyvyn ja suhteuttavat sen kannelle suunniteltuihin kuormiin.

Kohteissa, joissa rakennetaan ahtaalla tontilla ja tilanteissa, joissa kannen alapuolinen tila tarvitaan käyttöön mahdollisimman nopeasti työmaan toiminnan kannalta, on projektin suunnitteluvaiheessa syytä tarkastella elementtirunkoisen rakenteen käyttöä, mikäli autohallista ja pihakannesta on työmaan toiminnalle suuri hyöty logistiikan kannalta. Kuorilaattaratkaisu suuremmissa kansissa on työteknisesti hyvä ratkaisu ja kannen alapuoli saadaan nopeasti käyttöön. Hankkeen suunnitteluvaiheessa tulisikin kiinnittää huomiota siihen, mikä arvo tilan käytöllä on työmaan toimimisen kannalta.

Työmaan tilanpuutteen tuomilla logistiikkaongelmilla on vaikutusta koko työmaan toimimiseen, jonka vuoksi niillä voi olla negatiivisia aikataulu- ja kustannusvaikutuksia. Helposti hoidettavissa oleva työmaalogistiikka vaatii vähemmän resursseja ja aiheuttaa vähemmän häiriötekijöitä ja hidasteita eri työvaiheille.

Ontelolaattakansi sopii pieniin, noin 20 autopaikan kokoisten autohallien kansirakenteeksi. Pienemmissä kansissa on kokonaiskustannusten kannalta järkevää valita kannen rakenteet samalla periaatteella, kun kannen palveleman asuinrakennuksen ala -ja välipohjat. Elementtikannessa on myös vähemmän työvaiheita ja se vaatii vähemmän varastointitilaa ja helpottaa logistiikkaa pienillä ahtailla tonteilla.

Jälkijännitetty laatta sopii lähes kaikenlaisiin kansiin, mutta erityisen pienissä kansissa se ei ole kokonaistalouden kannalta paras vaihtoehto. Jälkijännitetyn kannen etuna on rakenteen tuoma vesitiiveys, vaikkakin kannet normaalisti vesieristetään vielä kermeillä, koska mahdollisia vuotokohtia on jälkeinpäin äärimmäisen hankala korjata.

Jälkijännitetyn kannen etuna on myös pitkät jännevälit. Elementtiratkaisuilla on myös mahdollista päästä pitkiin jänneväleihin, mutta se vaatii erityistä suunnittelua rakenteille.

Kokonaiskustannuksissa jälkijännitetyllä laattalla ja kuorilaattarakaisulla ei ole suurta eroa, jonka vuoksi suunnitteluvaiheessa olisi syytä tarkastella toteutusvaihtoehtojen toimivuutta yksilöllisesti jokaisessa hankkeessa.

## **9 Yhteenveto**

Työ tehtiin EKE-Rakennus Oy:n toimeksiantona ja työn tarkoituksena oli selvittää reunaehtoja pihakannen runkovaihtoehtojen valinnassa. Tutkimuksessa käytiin aluksi läpi yleisimmät runkovaihtoehdot ja niiden perusominaisuudet. Tämän jälkeen tarkasteltiin rakenteiden suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ja perusperiaatteita.

Runkotyypin valinta ei ole yksinkertainen kysymys. Valinnassa tulee ottaa huomioon pihasuunnitelmat, liittyvän rakennuksen rakennevalinnat, kannen koko ja muoto, tulevat kuormat, vaikutukset työmaan toimintaan ja kokonaiskustannukset.

Jälkijännitetyssä paikallavaluolosuhteissa suurin ongelma on työn hitaus ja varastointitilan tarve muottikalustolle. Muottikalustolle tulisi varata suuri määrä varastointitilaa, josta ne olisivat helposti saatavilla, mutta tämä ei aina ole mahdollista. Varastointitilan puute ja tavaroiden jatkuva siirtely hidastavat sekä kannen rakentamista, että työmaan muita työvaiheita.

Elementtirunkoinen kansi työteknisesti hyvä, mutta etenkin paksuilla ontelolaa-toilla rakennettaessa elementtien kuljetus voi tuottaa ongelmia, laatan painon ja korkeuden vaatiessa suuremman määrän kuljetuskalustoa. Kuormien aikataulu tulee osua kohdalleen, jotta työt eivät hidastu merkittävästi.

Paikallavalurakenteet tulisi suorittaa mieluiten keväällä tai syksyllä, jolloin riski betonoinnin aikana tehtäviin laadunvarmennustoimenpiteisiin pienenee. Toimenpiteitä ovat esimerkiksi massan lämmitys talvella, tai viilennys kesällä.

Paikallavalu tuottaa työmaalle enemmän töitä, kun elementtiasennus. Rakenteiden laadunvalvonnassa työmaan vastuut ovat selvästi suuremmat kuin elementtiratkaisuissa, joissa elementtitoimittaja ja -kuljettaja vastaavat tuotteiden laadusta.

## Lähteet

1. Helsingin kaupunki. <https://kaupunkitilaohje.hel.fi/kortti/asfaltoitu-kansi-rakenteen-tyyppiratkaisu/> Luettu 9.11
2. Asuntosuunnittelu yhteiset ulkotilat. RT 93 – 10961 Luettu 1.10
3. Katepal. <https://katepal.fi/kaannetyt-rakenteet/> Luettu 9.11
4. Betonielementtiulkorakenteet. RT 98 – 10821 Luettu 1.10
5. Elementtisuunnittelu. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat> Elementtisuunnittelu Luettu 1.11
6. Vahanen-yhtiöt. <https://vahanen.com/fi/palvelut/suunnittelu-ja-arkkitehtuuri/rakennesuunnittelu/jalkijannitetyt-ja-paikallavaletut-rakenteet/> Luettu 10.11
7. By 47 - Betonirakentamisen laatuohjeet 2019 Luettu 27.10
8. Elementtisuunnittelu. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/toimitus/laadunvarmistus> Luettu 1.10
9. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus> Luettu 1.10

