

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka, Lappeenranta  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Rakennesuunnittelu

Jani Paajanen

## **Teräsbetonipilarin teollinen raudoitus**

Opinnäytetyö 2012

## Tiivistelmä

Jani Paajanen

Teräsbetonipilarin teollinen raudoitus, 63 sivua, 9 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennesuunnittelu

Opinnäytetyö, 2011

Ohjaajat: Lehtori (DI) Petri Himmi, Saimaan ammattikorkeakoulu Oy, Suunnittelupäällikkö Tommi Heikkinen, Koskela Consulting Oy, Tehdaspäällikkö Markku Heikkilä, Parma Oy.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli ideoida vaihtoehtoisia raudoiteratkaisuja nykyisin käytössä oleville teräsbetonipilarin raudoitteille. Tarkoituksena oli ideoida sellaisia vaihtoehtoisia raudoiteratkaisuja, jotka helpottaisivat teräsbetonipilarien teollista tuotantoa ja suunnittelua. Työn tilaajana toimi Parma Oy.

Tutkittavia raudoitteita olivat pilarin päiden raudoitukset, pääraudoituksen haat, konsolin raudoitus sekä pääraudoitus. Työn eteneminen jaettiin karkeasti neljään työvaiheeseen, jotka olivat nykytilanteen kartoitus, ideointivaihe, luonnosteluvaihe sekä tulosten analysointi. Nykytilanteen kartoituksessa tutustuttiin yleisesti teräsbetonipilarin mitoitukseen liittyviin ohjeisiin, määräyksiin ja asetuksiin. Lisäksi ensimmäisessä vaiheessa tutustuttiin Parma Oy:n toimintaan teräsbetonipilareita valmistavilla tehtailla. Tässä vaiheessa selvitettiin myös sekä Suomessa että ulkomailla jo käytössä olevia raudoitemenetelmiä.

Ideointivaiheessa pohdittiin uusia vaihtoehtoisia raudoiteratkaisuja pilarin eri osien raudoitteille sekä raudoiteratkaisujen käytännön-toimivuutta. Lisäksi tässä vaiheessa mietittiin löydettyjen raudoiteratkaisujen toimivuutta käytännössä ja mahdollisia ongelmia.

Luonnosteluvaiheessa potentiaalisiksi raudoitevaihtoehdoiksi pohdituille ratkaisuille laskettiin materiaali- ja raudoitetyömenekki, materiaali- ja työkustannukset sekä niistä muodostuvat kokonaiskustannukset. Laskennan pohjalla käytettiin yhdessä tilaajan kanssa aikaisemmin toteutuneista rakennuskohteista valittuja mallipilareita ja niiden raudoitteita.

Viimeisessä työvaiheessa kommentoitiin ja vertailtiin laskelmista saatuja tuloksia. Tässä työvaiheessa pohdittiin myös kuitubetonin soveltuvuutta teräsbetonipilarimateriaaliksi. Loppuosassa on myös esitetty yksi tämän opinnäytetyön tueksi muodostettu Eurokoodien mukainen konsolinraudoitelaskelma.

Avainsanat: Teräs, betoni, pilari, konsoli, raudoite, elementti



## Abstract

Jani Paajanen

Industrial Reinforcement of Precast Concrete Column

63 pages, 9 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Civil and Construction Engineering

Thesis, 2012

Instructors: Lecturer (DI) Petri Himmi, Planning Manager Tommi Heikkinen, Koskela Consulting Oy, Factory Manager Markku Heikkilä, Parma Oy.

The purpose of this thesis was to generate ideas of alternative reinforcement methods for an industrial produced concrete column. The main idea was to think the methods that would be useful in designing and producing precast column reinforcement. The components which were researched are the bottom and the top reinforcement of the column, the corbel reinforcement, the main reinforcement and the ties of the column main reinforcement. The client of this thesis was Parma Oy.

The first stage got acquainted with the subject generally, because there was a lot of new information about reinforced concrete column that had to be internalized before making any calculations and analyses for the theses. That kind of information is, for example, design standards or rules and already used methods. Parma's methods used in factories which produce columns were studied.

The next stage tried to find out new alternative reinforcement methods for the reinforced components of the concrete column. This section also analyzed the suitability of the methods found for producing columns.

The third section listed material needs and producing costs for chosen reinforcement methods. The total costs for materials and producing were also calculated in this stage. The total costs will tell if the methods are economical and profitable. All these new and suitable reinforcement methods were modified for the model columns. The suitable and previously produced model columns were selected with the client; it would be much easier to consider the original reinforcement with the new one than make the full new one column reinforcement and analyzing results.

The last stage analyzed the final results and also considered the suitability of fiber-reinforced concrete for precast column material. The capacity calculation for concrete corbel is shown in the end of the thesis, which is made in accordance with Eurocode and by using Microsoft Excel program.

Keywords: Steel, concrete, column, corbel, reinforcement, element

## Sisältö

1	Johdanto.....	6
2	Teräsbetonipilari-elementti.....	8
2.1	Teräsbetonipilari-elementti runkorakenteena.....	8
2.2	Teräsbetonipilarin osat ja niiden raudoitus.....	9
2.3	Teräsbetonipilarin suunnittelu ja mitoitus.....	17
2.4	Teräsbetonipilarin teollinen valmistus.....	18
3	Nykytilanteen kartoitus.....	20
3.1	Ohjeet, määräykset, standardit.....	20
3.2	Raudoitusmenetelmiä.....	24
3.3	Työmenetelmät, Parma Oy.....	29
4	Ideointivaihe.....	32
5	Luonnostelu- ja laskentavaihe.....	37
5.1	Raudoitemäärien laskenta.....	38
5.2	Työaikamenekkien laskenta.....	39
6	Kuitubetonin käyttö elementtipilarissa.....	39
6.1	Kuitubetonin käyttö ja ominaisuudet.....	40
6.2	Kuitubetonin kustannukset.....	41
7	Tulokset.....	42
7.1	Teräsmäärät.....	43
7.2	Ajankäyttö.....	48
7.3	Kokonaiskustannukset.....	51
8	Konsolinraudoite - laskentaesimerkki.....	54
8.1	Laskelma (Liite 6).....	54
8.2	Taulukon käytöstä.....	57
9	Yhteenveto.....	58
10	Pohdinta.....	59
	Kuvat.....	60
	Lähteet.....	57

## Liitteet

Liite 1 Mallipilareiden alkuperäiset raudoitepiirustukset

Liite 2 Raudoiteluettelot, taulukkomuoto

Liite 3 Raudoitekustannukset, taulukkomuoto

Liite 4 Työaikamenekit ja -kustannukset, taulukkomuoto

Liite 5 Laskentaesimerkki, hakaraidoite

Liite 6 Laskentaesimerkki, konsolin raudoite

Liite 7 Tulokset, kaaviomuoto

Liite 8 Vaihtoehtoisista raudoitemalleista potentiaalisimman ratkaisun raudoitepiirustukset eri pilareille

Liite 9 Hintavertailu, betoni

# 1 Johdanto

Teollisesti tuotettu teräsbetonipilari-elementti on eri puolilla maailmaa asuin- ja toimitilarakennuksissa, teollisuus- ja tuotantohalleissa, tavara- ja pysäköintitaloissa, liikekeskuksissa sekä monissa muissa rakennuksissa käytetty runkorakenne. Teollisen elementtirakenteen etuja verrattaessa paikanpäällä valettuun rakenteeseen ovat muun muassa tehokkuus materiaalin käytössä ja rakentamisen nopeudessa. Rakennusmateriaalina teräsbetonille tyypillisiä hyviä ominaisuuksia ovat esimerkiksi palonkestävyys, ääneneristävyys sekä kokonaistaloudellisuus.

Teräsbetonipilari koostuu käytännössä kahdesta eri päämateriaalista, teräksistä raudoiteosista ja teräsosia ympäröivästä betonista. Betonin hyvän puristus- ja teräksen hyvän veto-ominaisuuden ansiosta nämä kaksi materiaalia muodostavat yhdessä korvaamattoman rakenteen rakennusosalalle. Toimiva rakenne vaatii kuitenkin huolellista suunnittelua ja laadukasta tuotantoa, joka edellyttää myös käytettävien menetelmien jatkuvaa kehittämistä ja tutkimista.

Nykyaikaiset rakennukset ovat rakenteeltaan erittäin monimuotoisia ja vaativat usein yksittäisiltä rakenneosilta suuria kapasiteetteja. Teräsbetonirakenteissa tämä tarkoittaa yksinkertaisesti enemmän terästä rakenteeseen, koska rakenteen poikkileikkausmittoja ei haluta useinkaan kasvattaa. Tämä aiheuttaa yksittäisiin rakenneosiin ahtaita raudoituksia käytettäessä vanhoja hyviksi koettuja raudoitusmenetelmiä. Voiko teräsbetonirakenne kuitenkin toimia suunnitellusti ja turvallisesti, jos rakenteen poikkileikkauskoko pysyy vakiona, mutta teräsmäärää kasvatetaan?

Opinnäytetyössä on tarkoitus ideoida uusia raudoiteratkaisuja sekä mahdollisesti kehittää jo käytössä olevia raudoitetapoja ja työmenetelmiä teräsbetonipilarin teolliseen tuotantoon. Tutkittavia raudoitteita ovat pilarin pääteräkset, pääterästen hakaraidoitteet, pilarin pään teräkset sekä konsolin tarvitsema raudoitus. Tavoitteena on löytää raudoitusratkaisuja helpottamaan ja yksinkertaistamaan teräsbetonipilareiden tuotantoa ja suunnittelua.

Teollisena elementtinä valmistetut pilarit ovat usein poikkileikkaukseltaan suorakaiteenmuotoisia ja rakenteeltaan jännittämättömiä teräsbetonipilareita. Jänni-

tettyjä pilareita valmistetaan jännittämättömiin elementteihin nähden erittäin vähän. Lisäksi jännitetyt pilarirakenteet vaativat suunnitelmissa laajempaa ja monimuotoisempaa tarkastelua jännittämättömiin pilarielementteihin nähden. Siksi opinnäytetyössä keskitytään teollisena elementtituotteena valmistettuihin teräsbetonipilareihin, jotka ovat rakenteeltaan yksinkertaisia ja poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisia jännittämättömiä pilarielementtejä.

Opinnäytetyö suoritetaan karkeasti neljässä eri työvaiheessa, jotka ovat nykytilanteen kartoitus, ideointi-, luonnostelu- ja laskentavaihe. Nykytilanteen kartoituksessa tutustutaan muun muassa teräsbetonipilarin mitoitukseen liittyviin ohjeisiin, määräyksiin ja standardeihin. Ohjeisiin, määräyksiin ja standardeihin tutustuminen on lähes välttämätöntä, jotta voidaan ymmärtää teräsbetonipilarin eri osien tarkoitus ja osien raudoitteiden toiminta.

Nyky menetelmien kartoituksessa perehdytään pääsääntöisesti Suomessa käytössä oleviin raudoiteratkaisuihin. Tähän vaiheeseen sisällytetään vierailuja Parma Oy:n teräsbetonipilareita valmistaville tehtaille. Tehdaskäytien tarkoituksena on tutustua yrityksen nykyisiin työ- ja raudoitemenetelmiin.

Ideointivaiheessa pohditaan jo käytössä olevien raudoiteratkaisujen pohjalta kehitettäviä tapoja. Ideointivaiheessa mietitään myös täysin uusia raudoitusratkaisuja ja tutkitaan joitakin ulkomailla jo käytössä olevien raudoiteratkaisujen toimivuutta Parma Oy:n tuotannossa. Toiseen työvaiheeseen kuuluu myös uusien raudoiteratkaisujen mukana tulevat uudet työmenetelmät ja niiden tarkastelu. Ideointivaiheessa valitaan myös potentiaalisimmat raudoiteratkaisut uusista vaihtoehdoista seuraavan työvaiheen tarkempaa tarkastelua varten.

Opinnäytetyössä käytetään apuna jo toteutuneissa rakennuskohteissa käytettyjä Parma Oy:n valmistamia pilareita. Sopivat mallipilarit valitaan yhdessä tilaajan kanssa. Viimeisissä luonnostelu- ja laskentavaiheissa lasketaan alkuperäisille ja uusilla raudoiteratkaisuilla päivitetuille mallipilareille materiaali- ja työaikakustannuksista aiheutuvat kokonaiskustannukset. Työaikamenekkien laskenta suoritetaan Consolis Oy:n ja Parma Oy:n työaikamenekkilaskentamenetelmin.

## 2 Teräsbetonipilariementti

Tässä luvussa kerrotaan yleisesti tehdasvalmisteisista teräsbetonipilareista ja niiden käytöstä runkorakenteena. Luvussa esitellään myös teräsbetonipilarin perusosat, pilarin eri osiin tarvittavat raudoitteet sekä raudoitteiden toiminnallisen tarkoituksen. Lopuksi kerrotaan yleisesti teräsbetonipilariementtien valmistuksesta ja valmistuksessa käytetyistä materiaaleista ja niiden laaduista. Lisäksi kerrotaan yleisesti teräsbetonipilariementin suunnittelusta ja mitoituksista tapauksissa, joissa lyhyemmän sivun mitta on enintään neljä kertaa pienempi kuin pidemmän sivun mitta. Mitoitusosiossa ei käsitellä palomitoitusta. Asiasisällön pääpaino kohdistuu jännittämättömiin suorakaidepoikkileikkauksiin teräsbetonipilareihin.

### 2.1 Teräsbetonipilariementti runkorakenteena

Teräsbetonia vertaillaan paljon muihin runkomateriaalivaihtoehtoihin kuten teräkseen ja puuhun. Vertailukohteina mainitaan usein materiaalikustannukset, mittatarkkuus sekä asennusaikaiset lisätyöt. Teräsbetonin kiistaton etu muihin materiaaleihin verrattuna on sen aikaisemmin mainitsemani paloturvallisuus ja tarkemmin teräsbetonin palonkestävyysominaisuudet. Tästä on hyvänä esimerkkinä esitetty kuvan 2.1 teräsbetonielementtirakenteisena toteutettu teollisuusrakennus palotilanteen jälkeen. Kuvasta voidaan havaita, että rajun palotilanteen jälkeen runkorakenteet ovat kuitenkin edelleen pystyssä.



Kuva 2.1. Tehdashalli palotilanteen jälkeen. (YLE Pohjois-Karjala 6/2009.)

Teräsbetonipilareita valmistetaan teollisena tuotteena pääsääntöisesti poikkileikkaukseltaan pyöreinä tai suorakaiteen muotoisina jännittämättöminä elementteinä. Myös jännitettyjä pilarirakenteita valmistetaan esimerkiksi kohteisiin, joissa tarvitaan pitkiä ja hoikkia teräsbetonipilareita. Lisäksi erikoistapauksissa on myös toteutettu normaaleista poikkileikkaustapauksista poikkeavia pilareita kuten poikkileikkaukseltaan T:n muotoisia pilareita.

Teräsbetonipilareita käytetään siis kaikenlaisissa rakennuksissa. Teräsbetonipilareilla saavutetaan suuriakin kapasiteettivaatimuksia rakennuksissa, joissa on suuria avoimia tiloja ja pilariväli saattaa olla kymmeniä metrejä. Sellaisia kohteita ovat esimerkiksi monikerroksiset parkkitalot, liikekeskukset sekä teollisuus- ja tuotantohallit. Suurten kapasiteettivaatimusten ja pitkien nurjahduspituuksien takia pilareiden sivumitat saattavat kuitenkin kasvaa yli metrin mittaisiksi.

## **2.2 Teräsbetonipilarin osat ja osien raudoitus**

Teräsbetonipilarin toiminnan ymmärtämiseksi on tärkeää tietää, mikä tarkoitus on pilarin eri osilla ja niihin liittyvillä raudoituksilla. Tässä luvussa pyritään selvittämään suorakaidepoikkileikkauksisen teräsbetonipilari-elementin osat ja niihin liittyvät raudoitukset sekä raudoitusten toiminnallisen tarkoituksen. Konsolit käsitellään lyhyinä ulokkeina.

Luku 2.2 käsittelee yhtä pilari-elementeissä yleisesti käytettyä raudoitetaapaa. Tässä raudoitettavassa teräksessä on katkottu ja taivutettu oikean mittaisiksi pitkistä harjaterästangoista, jotka sidotaan toisiinsa erillisillä teräksisillä sidoslangoilla tai hitsiliitoksilla.

### **Pilari ja pääraudoitus**

Yksinkertaisimmillaan pilarin ja sen eri osien kapasiteettia kasvatetaan suurentamalla mitoitettavan rakenneosan poikkileikkauksen kokoa ja lisäämällä teräksä. Teräs- ja betonilaatu vaikuttavat myös lopulliseen kapasiteettiin. Betoniteollisuus ry:n suosittamia teräsbetonipilari-elementeissä käytettyjä betonilatuja ovat C30/40, C40/50, C50/60 ja C60/80. Yleisimmin käytetty betoniteräs on A500HW ja poikkileikkauskoot vaihtelevat 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 ja 32 mm. (Elementtisuunnittelu.fi a.; Leskelä 2005.)

Suorakaidepoikkileikkauksisissa teräsbetonipilareissa tulisi suosia symmetrisyyden takia ensisijaisesti neliömuotoja. Suorakaide- ja neliöpoikkileikkauksisissa pilareissa yleisesti käytettyjä vakiosivumittoja ovat 280 mm, 380 mm, 480 mm, 580 mm ja 680 mm. Pilarin poikkileikkauksen koko määräytyy usein vaaditun kapasiteetin ja pilarin nurjahduspituuden avulla eurokoodistandardien mukaisesti. Suurimmat yhtenä osana valmistetun elementtirakenteisen pilarin pituudet ovat noin 20 metrin luokkaa.

Pääraudoituksella tarkoitetaan nimensä mukaisesti pilarin pituussuuntaisia eli pitkittäisiä pääteräksiä. Suunnittelija valitsee pääterästen lukumäärän ja terästen poikkileikkauuskoot mitoituksen kautta saatujen minimi- ja maksimiarvojen rajoissa.

Pääterästen tarkoituksena on ottaa vastaan pystysuuntaista puristus- ja veto- rasitusta ja ohjata rasitukset edelleen kohti perustuksia. Yleisesti käytettyjä pääterästen poikkileikkauuskokoja ovat 16, 20, 25, 32 mm. Pääteräkset sijoitetaan symmetrisesti pilarin poikkileikkaukseen nähden lähelle pilarin ulkoreunoja.

Pilarin yläpään vaikuttaa palkin tukireaktiosta syntyvä halkaisuvoima. Halkaisuvoiman suuruus riippuu muun muassa kuormittavasta voimasta ja kuormittavan pinnan koosta ja vaikutusalasta. Tämän lisäksi pilarin yläpään kohdistuu muista ulkoisista kuormista ja pakkovoimista syntyviä vaakavoimia. Pilarin yläpää raudoitetaan edellä mainittuja voimia vastaan pilarin päähän mitoitettavilla avohaoilla, jotka sidotaan edellisessä kappaleessa esitetyillä pilarin päähän lisättävillä tihennetyin jakovälin hakaraidoiteilla.

Pilarin alapään lasketaan eurokoodien mukaisesti riittävät avohaarat tihennetyin jakovälin hakojen lisäksi. Avohakojen tarkoituksena on ottaa vastaan pilarin pohjapaineen ja puristusjännitysten aiheuttamaa poikittaista vetojännitystä.

### **Hakaraidoitus**

Hakaraidoituksen tarkoituksena on sitoa pääteräkset koko pilarin matkalla ja estää näiden nurjahtaminen. Lisäksi hakojen tarkoituksena on estää pilarin betonipinnan lohkeilua. Hakaraidoitteen poikkileikkaus ja koko määräytyvät sidottavien pääterästen koon sekä eurokoodistandardien mukaisesti pilarin koko-



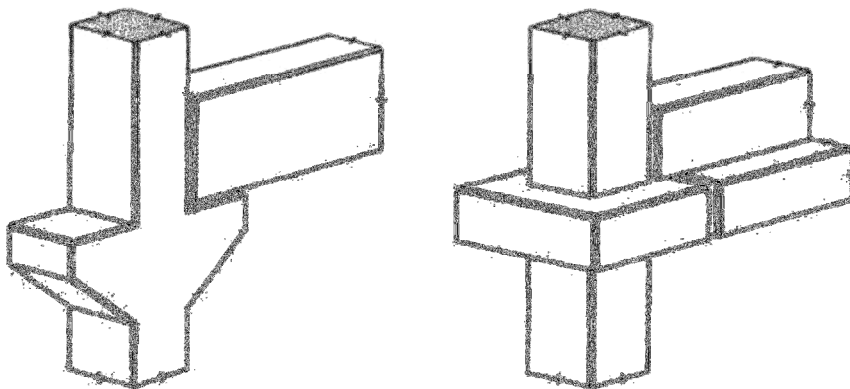
naissivumittojen perusteella. Hakojen minimi poikkileikkauskoko on 6 mm lukuun ottamatta hitsattuja verkkoja. Hitsatun verkon sidontalankojen halkaisijaksi valitaan vähintään 5 mm.

Haat sijoitetaan pilariin enintään 400 mm jaolla. Muun muassa pilarin päissä, pääterästen jatkos- ja taitoskohdissa sekä asennus- ja nostoreikien kohdissa tarvitaan usein lisähakoja. Lisähaka-alueilla valittuja hakoja sijoitetaan tiheämällä jaolla. Hakojen lopullinen jako määräytyy eurokoodistandardin ehtojen mukaisesti pois lukien pilarin erilliset lisätarvikkeet, joiden vaatimat lisäteräkset määräytyvät kyseisen tuotteen valmistajan ohjeiden mukaisesti.

### **Konsolit**

Konsoli toimii pilarissa ulokerakenteena, jonka tarkoituksena on antaa tukipinta erilliselle palkkirakenteelle. Konsolin kautta ohjataan palkilta tulevat kuormat edelleen kohti perustuksia. Konsoleita valmistetaan pääsääntöisesti joko betonirakenteisina tai kokonaan teräksisinä valmisosina.

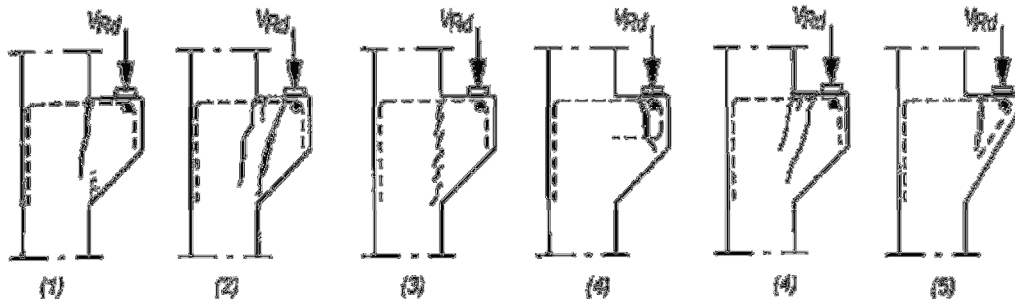
Betonikonsoli voidaan toteuttaa joko niin, että konsoli sisältyy kokonaan välipohjan kokonaiskorkeuteen (kuva 2.2. oik.) tai kapasiteetiltaan ja kooltaan suurempana rakenteena, jolloin konsoli sijoittuu kokonaan palkin alapuolelle (kuva 2.2. vas.) Jälkimmäisessä vaihtoehdossa rakenne jää myös kokonaan näkyville. Betoninen piilokonsoli joudutaan korvaamaan teräksisellä silloin, kun käytetään



**KUVA 2.2. Perinteinen (vas.) ja välipohjan korkeuteen sisältyvä betonikonsoli (oik.) (Van Acker 1998.)**

matalia jännebetonipalkkeja eivätkä ulokkeiden mitat mahdollista palkkien lo-  
veamista.

Kuvassa 2.3 on esitetty 5 erilaista murtomekanismia normaalille ulokkeelliselle  
betonikonsolille.

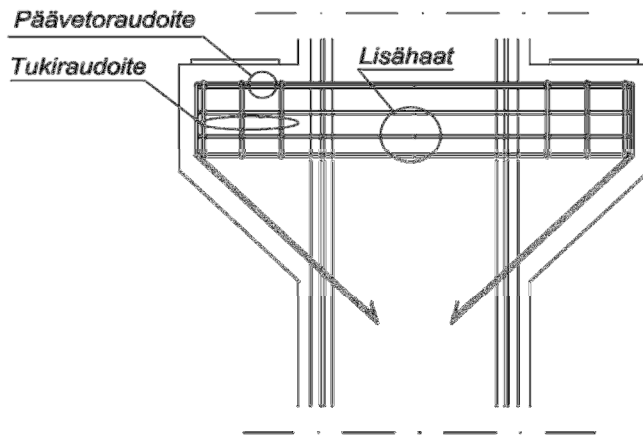


Kuva 2.3 Konsolin murtumismekanismit. (Leskelä 2005.)

- (1) *Taivutusmurtuminen samaan tapaan kuin normaaliraudoitettussa poikkileikkauksessa: Terästen myötäämisen jälkeen betoni murtuu.*
- (2) *Betonin vino puristusmurtuminen: Puristetussa vinossa betonikaistassa rasitus kasvaa niin suureksi, että tapahtuu puristusmurto kaistan alapäässä, missä tehollinen puristuspinna-ala on pienin.*
- (3) *Puhdas leikkausmurtuminen: Konsoli leikkautuu pystysuorasti pilarin liittymän juuresta ja muodostuu tiheästi lyhyitä vinohalkeamia, joiden välisen betonin murtoehto määrittelee kestävyuden. Tilanne muistuttaa liittymäpintojen leikkautumista.*
- (4) *Konsolin reunamurtuminen: Jos kuorma on liian lähellä ulokkeen ulkoreunaa, saattaa reuna revetä. Myös leimapaine voi aiheuttaa murtumisen, jos kuormitusala on liian pieni.*
- (5) *Reunan vetomurtuminen: Vaakasuora vetovoima voi aiheuttaa sen, että ulokkeeseen muodostuu halkeama lähelle reunaa, missä betoni ei kykene kantamaan puristusvoimia puutteellisen raudoituksen vuoksi.*  
(Leskelä 2005.)

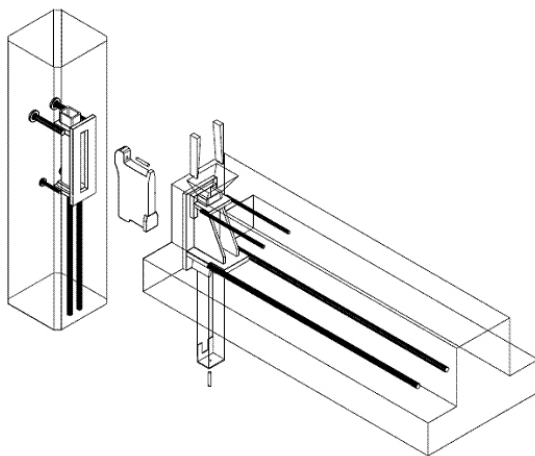
Konsolit mitoitetaan ja käsitellään korkeuteensa nähden yleensä lyhyinä ulokkeina. Lyhyeltä ulokkeelta aiheutuu pilarille momenttia ( $M_{Ed}$ ), normaalivoimaa ( $N_{Ed}$ ) sekä leikkausvoimaa ( $V_{Ed}$ ). Yleensä konsolille aiheutuva leikkausvoima on suuri verrattuna esimerkiksi momenttiin. Tästä syystä leikkausvoima aiheuttaa usein kuvan 2.3 kohdan (1) mukaista taivutusmurtumista. Taivutus taas aiheuttaa vetorasitusta kyseiseen kohtaan konsolia, jonka perusteella mitoitetaan riittävät päävetoteräkset konsoliin (kuva 2.4). Päävetoteräkset voivat olla esimerkiksi harjateräksistä muotoonsa taivutettuja tankoja, hakoja tai erillisiä päistään tyssätyjä terästankoja eli tyssätappeja. Konsolin raudoitukseen lisätään myös betonin halkeilua vähentäviä lisähakoja (kuva 2.4). Raudoitukseen saatetaan

lisätä myös erillisiä poikittaisia lisäterästankoja, joiden avulla raudoitus saadaan pysymään muodossaan raudoitusvaiheesta valuprosessiin saakka (kuva 2.4).



**Kuva 2.4 Konsolinraudoitteet**

Teräksiset valmisosakonsolit (kuva 2.5) ovat pääsääntöisesti piilokonsoleita. Piilokonsoleiden etuja ovat esimerkiksi konsoliosan piiloutuminen pilari- ja palkkirakenteen sisälle, mikä saattaa olla korvaamaton seikka arkkitehtonisesti vaativissa kohteissa. Teräksisen piilokonsolin tuotantovaiheen etuna mainittakoon myös, että se ei vaadi valumuottiin lisälevennyksiä betonikonsolin tapaan. Lisäksi teräksinen piilokonsoli ei vaadi erillistä palonsuojausta, koska se nimensä mukaisesti jää piiloon betonirakenteen sisään. Teräksisiä konsoleita käytetään muun muassa Delta-palkkien ja WQ-palkkien yhteydessä. Piilokonsolit vaativat yleensä lisäraudoitusta pilariosaan jännityshuippujen ja halkeiluvaikutuksien vuoksi. Piilokonsoleiden vaatima lisäraudoitus ja sopivan konsolin valinta on esitetty tuotteen valmistajan ohjeissa.

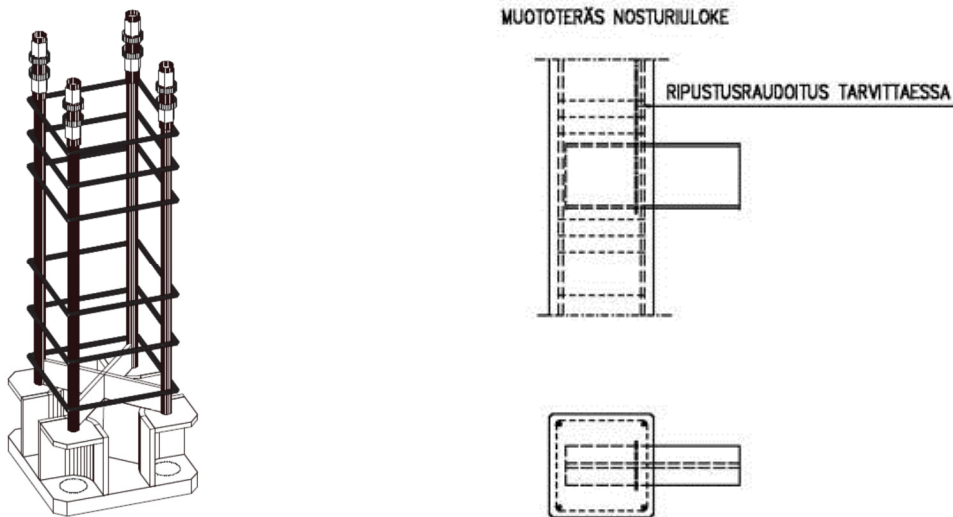


**Kuva 2.5 Esimerkinä teräksinen AEP-konsoli. (Anstar 1.)**

Teräksisiä konsoleita valmistetaan myös niin sanottuina *nosturiulokkeina* (kuva 2.6b.) Nosturiulokkeita käytetään teollisuusrakennuksissa siltanostureiden kantamiseen. Nosturiulokkeissa käytetään yleensä teräksistä I-profiiliosaa, joka teräksisen piilokonsolin tapaan vaatii lisäraudoituksen, niin sanotun ripustusraudoituksen.

### Muita pilarin komponentteja ja tarvikkeita

Pilarikengät (kuva 2.6a.) asennetaan pilarin muun raudoitteen asennuksen yhteydessä ennen valuvaihetta. Pilarikengien tarkoituksena on siirtää pilarilta tulevat kuormat teräksisten liitososien avulla perustuksille. Kapasiteetiltaan sopivat pilarikengät valitaan valmistajan taulukkoarvojen perusteella ja ne vaativat poikkeuksetta valmistajan ohjeiden mukaisen lisäraudoituksen.



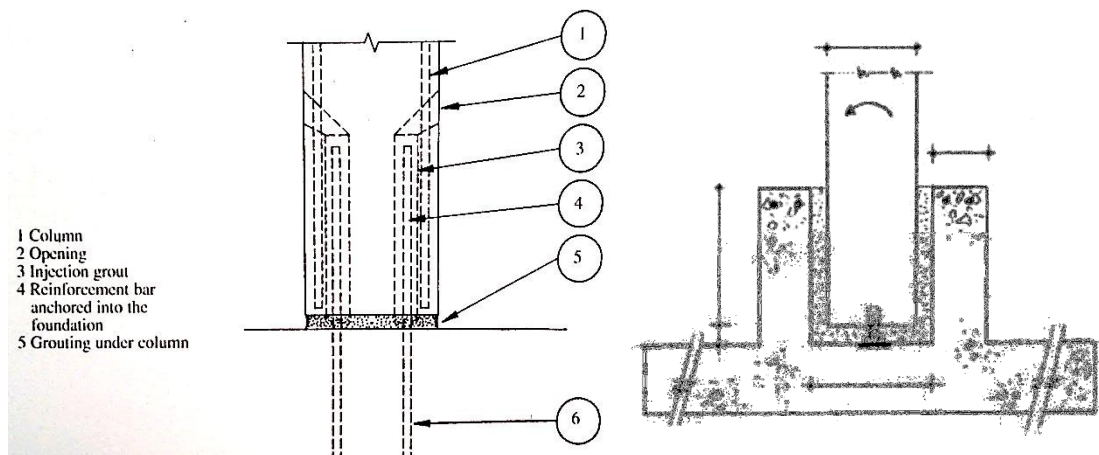
**Kuva 2.6a. APK-pilarikengät (vas.) (Anstar 2.) Kuva 2.6b. Teräksinen nosturiuloke. (oik.) (Elementtisuunnittelu.fi b.)**

Pilarikengille on alettu viimeaikoina kehittää vaihtoehtoisia ja yksinkertaisempia tapoja, koska pilarikengien käyttö on huomattu suhteellisen kalliiksi betonielementtipilarien kiinnitystavaksi. Yksi vaihtoehtoinen tapa on Parma Oy:n pidemmälle kehittänyt niin sanottu putkikenkäliitos (kuva 2.7a.) Putkikenkäliitos ei ole ideana uusi keksintö vaan sen käyttöä on kokeiltu jo jonkin verran eri rakennuskohteissa. Tähän mennessä ongelmaksi on muodostunut pilarin työaikainen tuenta ja talvikäyttö, joita yritys on pyrkinyt ratkomaan uudentyyppisessä putkikenkäliitosratkaisussaan.

Työaikainen tuenta suoritettiin ennen erillisillä työntötangoilla eli tönäreillä. Tönäreiden ongelmaksi muodostui pilarin ympärillä oleva periksi antava pehmeä maakerros tai täyttömaa. Sitten tuennan alle asetettiin erillisiä kuormaa taasaavia alustoja, jotka kuitenkin katsottiin liian työlääksi ja aikaa vieväksi menetelmäksi. Talvikäytössä ongelmaksi aiheutui esimerkiksi putkien täyttövalujen jäätyminen. Edellä esitetyistä syistä johtuen putkikenkäliitoksen käyttö loppui lähes kokonaan.

Parma Oy:n kehittelemässä tavassa pilareihin asennetaan isojen valuputkien lisäksi pienet pilarikengät, jotka ovat tarkoitettu ainoastaan ongelmallista työnaikasta tuentaa varten. Putket myös tarvitsevat teräksisten pilarikenkien tapaan lisäraudoituksen. Pilarikengät kiristetään pulteilla perustuksilta tuleviin tartuntoihin. Pulttien avulla säädetään myös pilarin suoruus. Talvikäytön ongelmaan ei vielä ole kehitelty järkevää ratkaisua, joten talviaikana asennettaviin pilareihin käytetään vielä järeämpiä teräksisiä pilarikenkiä.

Kolmantena vaihtoehtoisena tuentatapana pilarille voidaan pitää niin sanottua holkkiliitosta (kuva 2.7b.) Holkkiliitoksen ideana on kuvan mukainen ”betonilaatikko”, jonka sisäpintaan ja pilarin ulkopintaan on tehty uria tartunnan parantamiseksi. Laatikon pohjalle asetettu holkki ohjaa pilarin oikealle kohdalle laatikon keskelle. Pilari kiilataan asennusvaiheessa suoraksi, jonka jälkeen laatikko valetaan täyteen betonilla. Menetelmä on melko työläs ja sen käytöstä on Suomessa luovuttu lähes kokonaan. Esimerkiksi Unkarissa sitä käytetään edelleen teollisuus- ja varastohallien pilariliitoksissa.



Kuva 2.7a. Yksi tapa putkikenkäliitokselle. Kuva 2.7b. Pilarin holkkiliitos. (Van Acker 1998.)

Nostolenkeillä (kuva 2.8a.) hoidetaan tarvittavat pilarin siirrot esimerkiksi kuor-  
maus- ja asennusvaiheessa. Viimeaikoina nostolenkkejä on alettu korvaamaan  
Halfen Groupin valmistamalla DEHA-ankkurijärjestelmällä (kuva 2.8b.) Ankkuri-  
järjestelmän tarkoituksena on helpottaa nostokomponenttien asennusta ja no-  
peuttaa itse nostotyötä. Pilarin paikalleen asentamista ja saattamista pystyasen-  
toon helpotetaan pilareihin asennettavilla nostorei'illä. Nostoreikien kohdalla  
päähakojen jakoa tiennetään suunnitteluohjeiden mukaisesti.



Kuva 2.8a. Perinteinen nostolenkki (vas.) Kuva 2.8b. Halfenin DEHA-ankkurijärjestelmä (oik.)

Pilariin asennetaan valun yhteydessä usein myös kiinnityslevyjä, joihin voidaan  
tehdä työmaalla hitsiliitoksia esimerkiksi kannakepalkkeja tai ulokekannakkeita.  
Kiinnityslevy voidaan korvata esimerkiksi Halfen Groupin Vemo-valuankkurilla  
kun kyseessä ei ole välttämätön hitsiliitos. Vemo-valuankkuri asennetaan pila-  
riin valun yhteydessä kiinnityslevyn tapaan ja sen toiminta perustuu putken si-  
sällä oleviin kierteisiin, joihin voidaan liittää kierteiden avulla esimerkiksi ele-  
mentin nostoelimet tai käytön aikana tarvittavia ripustuselimiä.

Neopren-kumilevylaakeri asennetaan pilarin konsolin yläpintaan usein jo teh-  
taalla. Kumilevylaakerin tarkoituksena on tasata ja ohjata rakenteelta toiselle,  
esimerkiksi palkilta pilarille, siirtyviä kuormia ja ennaltaehkäistä rakenteiden lii-  
kehdinnästä muodostuvan kitkan aiheuttamia rakenteellisia vaurioita. Laakeri  
mitoitetaan erillisen Neopren-kumilevylaakerin mitoitusohjeen mukaisesti.

Pilariin asennetaan lähes poikkeuksetta asennuspultit palkin tuentakohtiin pila-  
rin päätyihin ja konsolin kohdille (kuva 3.2b.) Asennuspulttien tarkoituksena on  
estää palkkien suuret sivuttaiset liikkeet tuella ja auttaa palkin turvallisessa  
asennuksessa.

### 2.3 Teräsbetonipilarin suunnittelu ja mitoitus

Pilarin suunnittelun kannalta on tärkeää ymmärtää, että pilarille aiheutuva kuorma ei ole koskaan täysin keskeinen. Lisäksi teräsbetonipilari-elementti on poikkeuksetta enemmän tai vähemmän käyrä eikä pilarin rakenne ole koskaan täysin homogeeninen. Puristettuun rakenteeseen vaikuttaa aina normaalivoiman lisäksi perusepäkeskisyttä.

Toisaalta pilarin taipumasta aiheutuu pilarille lisämomenteja, jotka ovat verrannollisia pilarin normaalivoiman suuruuteen. Toisen asteen vaikutukset lisäävät taivutusmomenteja. Tästä syystä pilari mitoitetaan ottaen huomioon normaalivoiman lisäksi taivutusmomentit, joihin sisältyvät toisen asteen vaikutukset. (SFS-EN 1992-1-1.)

Yksittäisen pilarin suunnitteluprosessi aloitetaan määrittämällä pilariin vaikuttavat laskentavoimat ja -kuormat. Lisäksi tässä vaiheessa tarkastetaan myös mahdolliset esimerkiksi arkkitehtuurista, palonkestävyydestä tai olosuhteista aiheutuvat lisävaatimukset. Saman rakennuskohteen pilarit pyritään suunnittelemaan mahdollisimman yhdenmukaisina. Yhdenmukaistaminen nopeuttaa pilareiden suunnittelua ja tuotantoa.

Järkevällä ajattelulla voitaisiin kuvitella, että yhdenmukaistamisen seurauksena materiaalmäärät kasvavat ja lisäävät näin pilareiden valmistuksen kustannuksia. Todellisuudessa pilareiden valmistuksen kokonaiskustannusten määräävimmäksi tekijäksi usein esiin nousee valmistukseen käytetystä ajasta aiheutuvat kustannukset.

Mitoituksessa on myös otettava huomioon, että pilarin jokaisessa poikkileikkauksessa on oltava riittävä kestävyys paikallisille rasituksille. Lisäksi pilarin tulee olla riittävän jäykkä, jotta se ei heikennä rungon kokonaisstabiilisuutta.

*"Pilarin mitoituksessa vain murtorajatilatarkastelulla on merkitystä, koska pilarin tärkein tehtävä on välittää muilta rakenteilta tulevat kuormat perustuksille toimien stabiilina rakenteena." (Leskelä 2005, s. 417.)*

Sivusiirtymättömän eli jäykistetyin pilarin eurokoodin mukaisen mitoituksen kulku on esitetty yksityiskohtaisemmin osoitteessa [www.eurocodes.fi/](http://www.eurocodes.fi/) kohdassa Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan: Pilarit.



## 2.4 Teräsbetonipilarin teollinen valmistus

Kotimaisia teräsbetonipilareita teollisena tuotteena valmistavia yrityksiä ovat Parma Oy:n lisäksi esimerkiksi Lujabetoni Oy, Betonimestarit Oy, Betset Oy ja Lakan Betoni Oy.

Yksittäisen pilarin valmistusprosessi käynnistyy tehtaalla rakennesuunnittelijan tekemän pilarin mitta- ja raudoitepiirustuksen tarkistuksella. Raudoittaja tarkastaa mittalapusta muun muassa pilarin päämitat, siihen liittyvät raudoitukset ja raudoiteluettelon sekä tarvittavat lisäkomponentit. Tämän jälkeen tarvittavat raudoitteet katkaistaan ja taivutetaan oikeaan muotoonsa.

Lisäksi joitakin komponentteja ja raudoitteita kuten pilarikengän ja pilarin alapään raudoitteita saatetaan yhdistää mahdollisimman pitkälle yhdeksi raudoitekomponentiksi ennen kyseisten raudoitteiden lisäämistä muuhun pilarin raudoitukseen. Esivalmistetut raudoitekomponentit helpottavat ja nopeuttavat yleensä muuta raudoitetyötä. Ongelmaksi aiheutuu kuitenkin usein asennettavuus muuhun raudoitukseen johtuen juuri hankalista ja ahtaista raudoitteista.



Kuva 2.9a. Pääterästen asennusvaihe (vas.) Kuva 2.9b. Työläs pilarin pään raudoite (oik.)



Yleensä pilarin raudoite rakentuu raudoitepukeilla roikkuvien pääterästen ympärille, johon liitetään esimerkiksi sidoslangoin ensimmäisenä pääterästen hakalankit raudoitesuunnitelman mukaisesti. Tässä vaiheessa lisätään myös hankalat konsolin hakaraidotteet. Seuraavaksi asennetaan raudoitepiirustuksen mukaiset konsolin muut raudoitteet ja pilarin päihin asennettavat raudoitteet (kuvat 2.9a. ja 2.9b.) Yleensä raskaat pilarikenkäraudoitteet asennetaan pilarin alapäähän viimeistä edellisenä ennen muiden pilarikomponenttien, kuten palkkien asennuspulttien asentamista muuhun raudoitteeseen (kuva 2.10a.)

Samanaikaisesti raudoitetyön kanssa aloitetaan yleensä muottien valmistus, jonka mittatarkat yksityiskohdat ja muottipinta antavat pilarille lopullisen ulkonäön. Muottien tekeminen on toisaalta myös aikaa vievää toimintaa, koska jokainen erilainen pilari vaatii omat millintarkat muottinsa. Jokainen konsoli sekä muusta pilarista ulkoneva tai kapeneva osa on huomioitava muottityössä millintarkasti (kuva 2.10b.)



**Kuva 2.10a. Raskas pilarin alapään raudoite (vas.) Kuva 2.10b. Muotin sisälle asetettu valmis pilarin raudoite (oik.)**

Muottien valmistuttua kokonainen pilarinraudoite nostetaan muotin sisälle ja muotti valetaan täyttökorkoonsa. Kun betoni saavuttaa riittävän lujuuden, muotit puretaan ja pilari varastoidaan tunnistetarralla varustettuna odottamaan toimintusta.

### 3 Nykytilanteen kartoitus

Uusien ja toimivien raudoiteratkaisujen ideoiminen ei edellytä välttämättä täysin uusien tapojen keksimistä tai kehittämistä. Uusien raudoiteratkaisujen kehittäminen ja ideoiminen vaatii kuitenkin nykyisten raudoitetapojen toiminnan tuntemista ja niihin liittyvien ongelmien tietämistä. Lisäksi uusien raudoiteratkaisujen ideoiminen ja vanhojen tapojen kehittäminen vaatii perehtymistä sekä suunnittelua tuotantovaiheeseen. Hyvien ja käyttökelpoisten raudoiteratkaisujen ideoimiseksi on erittäin tärkeää kuunnella ja haastatella nimenomaan pilarin raudoitustyössä ja niiden suunnittelussa pitkään toimineita alansa ammattilaisia. Parhaassa tapauksessa uusi toimiva raudoiteratkaisu löytyy juuri heidän puheenvuorostaan ja yksinkertaisimmillaan vanhaa raudoitetapaa kehittämällä.

Edellisessä luvussa 2 tutustuttiin teollisesti valmistetun teräsbetonipilari-elementin käyttöön, suunnitteluun ja tuotantoon. Tässä luvussa esitetään opinnäytetyön ensimmäisen varsinaisen työvaiheen kulku ja sisältö. Nykytilanteen kartoituksessa perehdytään Suomessa käytettyihin teräsbetonipilari-elementin mitoitukseen liittyviin ohjeisiin, määräyksiin ja standardeihin. Tässä luvussa esitetään myös käytössä olevia raudoiteratkaisuja ja niihin liittyviä käytännön ongelmia. Lisäksi tutustutaan Parma Oy:n Uuraisten ja Ruskon tehtaiden toimintaan teräsbetonipilarin tuotannossa.

#### 3.1 Ohjeet, määräykset, standardit

*Kaikkien rakenteiden, myös betonirakenteiden suunnittelua säätelevät erilaiset säännökset voidaan hierarkkisesti jakaa seitsemään erilliseen luokkaan:*

1. Määräykset
  2. Viranomaisohjeet
  3. Standardit
  4. Yhdistysten suositukset
  5. Oppikirjat
  6. Tutkimusjulkaisut
  7. Tuotevalmistajien omat esitteet, käyttöselosteet jne.
- (Leskelä 2005, s. 20.)

## **Määräykset**

Määräyksillä tarkoitetaan yleisiä vaatimuksia, jotka sisällöltään velvoittavat suunnittelemaan ja rakentamaan rakenteita, jotka noudattavat hyvää rakentamista ja ovat käyttäjälleen turvallisia. Määräykset ovat vähimmäisvaatimuksia, joita on ehdottomasti noudatettava. Rakentamiseen ja suunnitteluun liittyviä määräyksiä on esitetty runsaasti esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelmassa (RakMK).

## **Viranomaisohjeet**

Suomen rakentamismääräyskokoelman eri osien voidaan katsoa käsittävän pääpiireittäin kotimaiset viranomaisohjeet. Rakentamismääräyskokoelma koostuu osista A, B, C, D, E, F ja G. Rakenteiden lujuutta käsittelevä osa B on teräsbetonipilarin mitoituksen kannalta kaikkein keskeisimmässä asemassa.

B-osa tarjoaa muun muassa yhden viranomaisen hyväksymistä tavoista teräsbetonipilarin suunnittelulle, jonka katsotaan täyttävän myös riittävät turvallisuusvaatimukset. Viranomaisohjeisiin voidaan kuitenkin saada täydentävää tai rinnakkaista tietoa standardeista. Suomessa hyväksytyjen standardien avulla päästään yhtä hyväksyttävään ja toimivaan lopputulokseen kuin B-osan esittämällä tavalla.

## **Standardit ja CE-merkintä**

*Maapallolla ihmisen käyttämistä raaka-aineista yleisin on vesi ja toiseksi yleisin on betoni. Betonin käyttö on kautta aikojen ollut ihmisen luovuuden kehittäjä. Betonirakenteiden suunnittelu on kehittynyt myös voimakkaasti ja viimeinen kehitysvaihe on Eurocode-standardien tulo suunnitteluun. (Leskelä 2005, s. 3.)*

Standardit voidaan jakaa karkeasti joko tuote-, testaus-, suunnittelu- tai työnsuoritusstandardeihin. Standardit ovat yleisesti sitovia siltä osin kuin rakentamismääräykset tai suunnitteluasiakirjat niitä edellyttävät.

Tämän päivän yhtenä kuumimpana puheenaiheena rakennusalalla pidetään rakenteiden suunnittelua ohjaavia eurokoodistandardeja:

*Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja. Eurokoodisarja koostuu tällä hetkellä 58 osasta. Eurokoodit katta-*

*vat varmuuden määrittämisperiaatteet, erilaiset kuormat kuten hyöty-, lumi- ja tuuli-, lämpö-, onnettomuus- ja nosturikuormat. Myös rakennusmateriaaleille on omat yksityiskohtaiset ohjeensa. Standardien soveltaminen eri maissa vaatii kansallisten liitteiden (NA) laatimista. Suomessa näiden kansallisten liitteiden laatimisesta vastaa Ympäristöministeriö talonrakentamisen ja Tiehallinto siltojen osalta. (Eurokoodi Help Desk, eurocodes.fi.)*

Teräsbetonipilarin suunnitteluun liittyviä eurokoodistandardeja ovat muun muassa:

EN 1990 Rakenteiden suunnitteluperusteet  
EN 1991 Rakenteiden kuormat  
EN 1992 Betonirakenteiden suunnittelu  
EN 1994 Betoni-teräs-liittorakenteiden suunnittelu  
(EN 1998 Rakenteiden suunnittelu maanjäristys huomioon ottaen)

Betonivalmisosien, johon myös teräsbetonipilari kuuluu, yleisiä sääntöjä ohjaa standardi EN 13369. Tähän standardiin on koottu ne säännöt, joiden voidaan katsoa olevan yhteisiä kaikille tavanomaisille betonivalmisosille. EN 13225 - Pilari- ja palkkielementit standardissa on esitetty lisäksi täydentäviä mittatoleransseja sekä opastava liite kiepahduksen varotoimenpiteistä käsittelyn aikana.

Teräsbetonipilarissa käytetyt tuotteet ja materiaalit on valmistettu erikseen eri tuotestandardien mukaisesti. Yhdenmukaistetut tuotestandardit lisäksi viittaavat erikseen standardiin EN 13369 ja sisältävät näin tuotekohtaisia täydentäviä sääntöjä. Vaikkakaan kaikille materiaaleille ei ole erikseen soveltuvaa eurooppalaista standardia, tällöin hyväksytään kansalliset säännöt.

Esimerkiksi teräsbetonipilari-elementin raudoituksessa yleisimmin käytetty A500HW harjateräs on standardin SFS 1215 mukainen. Toisaalta betoni tulisi olla standardin SFS 206-1 mukainen.

Myös valmistukselle on olemassa oma standardi. Standardia EN 13670 - Betonirakenteiden toteuttaminen ei voida kuitenkaan käyttää kokonaisuudessaan tehdasluonteisessa elementtivalmistuksessa. Standardissa on kuitenkin yksi luku elementtirakentamisesta. Luvun rakentamistoleranssit koskevat myös elementtirakenteita vaikkakin kyseiset toleranssivaatimukset ovat suhteellisen väljiä. Niitä voidaan kuitenkin tiukentaa kansallisesti tai kohdekohtaisesti.

Tuotestandardeja täydennetään tuotteita koskevalla CE-merkinnällä. Tuotestandardien liitteessä ZA on määritelty tarkemmin, mitkä ominaisuudet kuuluvat itse CE-merkintään. Liitteessä on myös esitetty esimerkein, mitkä tiedot esitetään CE-merkinnässä.

*CE-merkintä tarkoittaa, että ilmoitettujen ominaisuuksien standardin mukaisuus on osoitettu valmistuksen yhteydessä, eikä niihin voi enää kohdistaa uusia tarkastustoimenpiteitä. (Elementtisuunnittelu.fi c.)*

CE-merkinnällä osoitetaan vaatimustenmukaisuuden noudattaminen ja sen tarkoituksena on osoittaa tuotteen turvallisuus, ei niinkään tuotteen laatu. Tulevaisuudessa CE-merkintä tulee olemaan pakollinen eri rakennustuotteille ja tätä opinnäytetyötä tehdessä sen toteutuminen arvioidaan tapahtuvan kesällä 2013 (VTT, 2011).

### **Yhdistysten suositukset**

Yhdistysten suositukset voivat sisältää sekä rakennusmääräyskokoelmaan kuuluvia ohjeita että Suomessa yleisesti noudatettavia käytäntöjä ja mitoitus tietoja. Näistä suosituksista voi saada myös paljon sellaista hyödyllistä tietoa, jota runsaasta määrästä johtuen ei voida sisällyttää rakentamismääräyskokoelmaan. Toisin sanoen yhdistysten suosituksilla tai yhdistystason ohjeilla voidaan antaa viranomaisohjeille rinnakkaisia ja täydentäviä ohjeita, mutta niillä ei ole viranomaisohjeiden mukaista painoarvoa.

Yhdistysten suosituksia ja ohjeita on laadittu myös sellaisille rakenteille, joille ei yksinkertaisesti löydy viranomaisohjeita. Teräsbetonipilarin suunnitteluun liittyviä yhdistysten suosituksia ovat muun muassa BY 210 - Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2008, BY 47 - Betonirakenteiden laatuohjeet, BY 51 – Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu 2007, BY 50 - Betoninormit, BY 60 – Suunnitteluohje EC 2, Rakentajain kalenteri 2011 sekä RIL 131-2004 – Betoninormit ja mitoitusaulukot, RIL 144-2002 Rakenteiden kuormitus ohjeet, RIL 195-2-2005 Rakenteellinen paloturvallisuus 2 sekä RIL 201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat, Eurokoodi. Ennen yhdistysten suositus- ja ohjejulkaisujen käyttöä on kuitenkin hyvä tarkistaa niiden voimassaolo ja tarkastaa niistä tehdyt mahdolliset uudemmat painokset.

## **Oppikirjat**

Oppikirjat tarjoavat kattavasti ohjeita, selityksiä ja teoretietoja viranomaisohjeille. Oppikirjojen avulla viranomaisohjeiden käyttäminen on helpompaa ja lisäksi ne tarjoavat runsaasti soveltavia käytännön esimerkkejä. Kansainvälisistä oppikirjoista löytyy lisäksi runsaasti ohjeita, selityksiä sekä esimerkkejä kansainväliseen rakentamiseen ja suunnitteluun. Kotimaisia oppi- ja käsikirjoja opinnäytetyön aiheeseen liittyen ovat esimerkiksi RIL 115-1977 – Betonielementtirakenteet, BY 202 – Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja osat 1-3, BY 201 - Betonitekniikan oppikirja 2004 sekä Lujuusoppi OTA 543. Ennen oppi- ja käsikirjojen käyttöä on kuitenkin hyvä tarkistaa niiden voimassaolo ja tarkastaa niistä tehdyt mahdolliset uudemmat painokset.

## **Tutkimusjulkaisut**

Tutkimusjulkaisuissa käsitellään yleensä tiettyjä ongelmia tai kokonaisuuksia. Tutkimusjulkaisujen ongelmana on kuitenkin, että julkaisussa esitetty tieto ei ole välttämättä riittävän laadukasta tai luotettavaa. Lisäksi ongelmia saattaa aiheuttaa luotettavien julkaisujen toteaminen. Esimerkiksi tätä opinnäytetyötä tehdessä tutustuttiin muun muassa BFT:n 03/2011 julkaisemaan englanninkieliseen lehtiartikkeliin, joka käsittelee betonikonsolin raudoituksen tutkimista ja kehittämistä.

## **Tuotevalmistajien omat esitteet ja käyttöselosteet**

Tuotevalmistajien omilla esitteillä ja käyttöselosteilla tarkoitetaan nimensä mukaisesti eri valmistajien tarjoamia esimerkiksi suunnittelu- ja tuotetietoasiakirjoja, jotka käsittelevät valmistajien omia tuotteita. Tuotevalmistajien esitteet ja käyttöselosteet voivat perustua esimerkiksi kansainvälisten tai kansallisten yhdistysten laatimiin ohjeisiin. Tätä opinnäytetyötä tehdessä tutustuttiin muun muassa Peikko Finland Oy:n, Anstar Oy:n, Pintos Oy:n sekä Halfen Groupin tarjoamiin tuote-esitteisiin ja suunnitteluohjeisiin.

### **3.2 Raudoitusmenetelmiä**

Tässä luvussa perehdytään sekä Parma Oy:llä että muualla Suomessa ja myös kansainvälisesti käytettyihin teräsbetonipilarelementin raudoiteratkaisuihin.

Raudoiteratkaisuiksi on kerätty suorakaidepoikkileikkauksisiin pilareihin soveltuvia ratkaisuja. Tässä luvussa pohditaan myös kunkin raudoitteen sekä hyviä, että huonoja ominaisuuksia. Raudoitemenetelmät on jaettu teräsbetonipilarin osien mukaisesti neljään eri ryhmään; pääraudoitus, hakaraudoitus, pilarin pään raudoitus ja konsolin raudoitus.

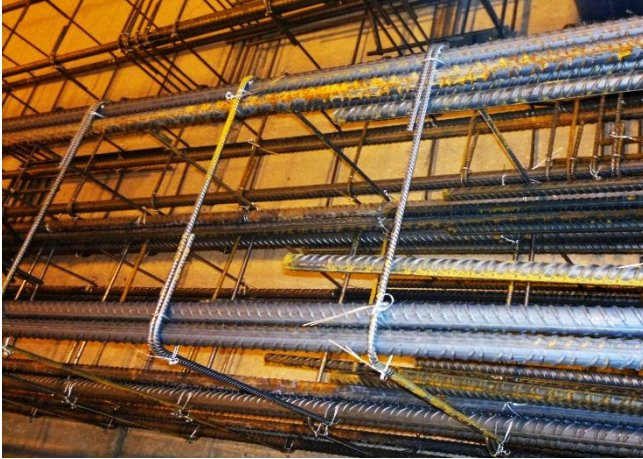
### **Pääraudoitus**

Pääraudoitukseen ei suoranaisesti ole tarvetta ideoida ja kehittää uusia raudoiteratkaisuja, koska nykyinen pitkistä harjateräksistä muodostuva pääraudoiteratkaisu on jo sellaisenaan toimiva ja oikeastaan ainoa käytössä oleva raudoitustapa. Käytettyä teräsmäärää ja terästen sijoittelua poikkileikkaukseen nähdessä voitaisiin kuitenkin entistä enemmän vakinaistaa vähintäänkin yksittäisen rakennuskohteen pilareissa. Tällä saavutettaisiin varmasti entistä tehokkaampaa elementtipilarin suunnittelua ja tuotantoa.

### **Hakaraudoite**

Normaali irtohakaraudoite (kuva 3.1a.) on yleisimmin käytetty pääraudoitteen sidontatapa. Tässä hakaraudoiteratkaisussa haat ovat erillisiä suorakaiteen muotoon taivutettuja terästankoja. Irtohakaraudoitteen etuja ovat pienet materiaalihävikit, asennettavuus sekä haan poikkileikkauksen monipuolinen kokoskaala. Huonoina puolina mainittakoon hakojen suhteellisen hidas asennettavuus ja usein pääraudoihin käsin sidoslangoilla toteutettava sidonta.

Kierrehaalla (kuva 3.1b.) tarkoitetaan tässä yhteydessä suoraan pilarin pääraudoituksen ympärille koneellisesti kieritettävää hakaraudoitetta. Kierrehakaa käytetään nykyisin muun muassa teräsbetonipaalujen raudoituksessa pääterästen hakoina. Kierrehaan etuna on sen nopea koneellinen asennus sekä se, että erillistä käsin tehtävää raudoitteen mittaus-, katkaisu- tai taivutustoimenpidettä ei tarvita. Raudoite syötetään suoraan raudoitekelalta ja sidotaan kiinni pääraudoitteeseen esimerkiksi vastuspistehitsaamalla. Kierrehaan huonoina puoleina mainittakoon sen poikkileikkauksen rajalliset halkaisijakoot, jotka vaihtelevat 5 – 7 mm välillä.



Kuva 3.1 a. Irtohakaraudoite (vas.) Kuva 3.1b. Kierrehaka (oik.) (Pintos.fi)

Verkkohaka on nimensä mukaisesti verkosta kahtena osana pilarin ympärille taivutettu raudoitekappale. Verkkohaan etuna voidaan pitää vakiomittaisia teräsverkkoja, jotka sopivat useammalle kuin yhdelle pilarin poikkileikkauskoolle. Lisäksi sen asennettavuus voisi olla käytännössä yksinkertaisuudellaan ja vaivattomuudellaan asennusta nopeuttava raudoiteratkaisu. Verkkohaka voisi sopia erityisesti niihin pilarin poikkileikkauskohtiin, joihin tarvitaan tiheämpää hakaraudoitetta, kuten pilarin päihin ja pääterästen jatkoskohtiin. Verkkohaan huonoja puolia ovat muun muassa vakiomittaisten verkkokappaleiden varastointi ja muista raudoiteratkaisuista poikkeavat suuret materiaalimenekit.

### **Pilarin päätyjen raudoitus**

Pilarin päätyjen raudoituksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä pilarin päihin asettavia U-muotoon taivutettuja teräksiä eli avohakoja. Pilarin päädyn avohaot leikataan oikean mittaisiksi valitun teräksen poikkileikkauskoon mukaisista pitkistä terästangoista. Leikatut terästangot taivutetaan oikeaan kokoonsa ja muotoonsa niin, että ne asettuvat pilarin päädyissä olevien hakojen sisäpuolelle (kuva 3.2b.) Teräkset sidotaan hakoihin esimerkiksi sidoslangalla.

### **Konsolit**

Betonikonsoli (kuva 3.2a.) on eniten elementtipilareissa käytetty palkin tuentatapa. Tässä yhteydessä betonikonsolilla tarkoitetaan erillisistä muotoonsa taivutetuista harjateräksistä raudoitettua konsolirakennetta.



Betonikonsolin hyviä puolia ovat esimerkiksi suuret kapasiteetit, kokonaiskustannukset sekä raudoitteiden yksinkertaisuus. Lisäksi betonikonsolin hyviin puoliin voidaan lisätä pitkän historian ansiosta runsaat käyttökokemukset ja konsolittavan hyvä tuntemus.



**Kuva 3.2a. Pilarin konsoli ja palkin asennuspultti (vas.) Kuva 3.2b. Pilarin pään raudoite (oik.)**

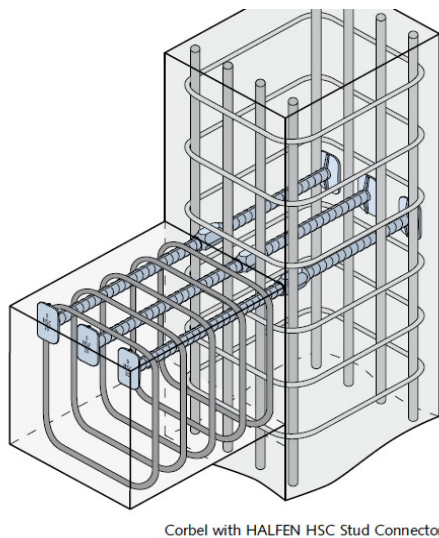
Viime vuosikymmeninä muuttuneet ja monimutkaistuneet rakenteet ovat alkaneet vaatia yhä suurempia kapasiteetteja myös konsolilta. Tämä näkyy muun muassa betonikonsolin lisääntyneissä raudoitemäärissä vaikka pilarin poikkileikkaus pysyisikin muuttumattomana. Lisäksi samaan poikkileikkaukseen halutaan yhä useammin useammalle kuin kahdelle pilarin sivulle suuren kapasiteetin vaativia konsoleita (kuva 3.3b). Tämä tekee raudoitustyöstä erittäin haastavaa ja toisinaan lähes mahdotonta. Siksi vanhaa erillisistä harjateräksistä muodostuvaa raudoitemenetelmää voidaankin pitää osittain betonikonsolin huonona ominaisuutena, jota tulisi kehittää.

Piilobetonikonsoli on varhaisin versio käytetyistä piiloon jäävistä pilariulokkeista. Betonisessa piilokonsolissa palkin ja konsolin yhteiskorkeus määräytyy käytännössä palkin korkeudesta, mutta konsolille joudutaan loveamaan kolo palkkirakenteeseen. Tämä taas joudutaan huomioimaan palkin raudoituksessa. Betonisessa piilokonsolissa korostuvat betonikonsolin raudoituksen yksinkertaisuus ja kokonaiskustannukset. Sitä ei voida kuitenkaan käyttää läheskään jokaisessa piilokonsolitapauksessa, koska matalien betonipalkkien loveaminen on mahdotonta. Siksi joudutaan usein käyttämään teräksistä piilokonsolia.

Teräksinen piilokonsoli on rakenteen sisälle piiloon jäävä konsolin tuentatapa. Opinnäytetyön yhteydessä teräksisillä piilokonsoleilla tarkoitetaan yleisesti käy-

tettyjä Anstarin ja Peikon piilokonsolituotteita. Teräksisen piilokonsolin etuja ovat tuennan näkymättömyys, vakiokomponenttien suunnittelun ja mitoittamisen sekä tuotannossa käytön helppous. Lisäksi piilokonsolin vaatimat lisäraudoitteet ja hakalenkit ovat yksinkertaisia ja helposti toteutettavia. Teräksinen piilokonsoli on kuitenkin suhteellisen kallis vaihtoehto, sillä se vaatii aina vastakappaleen palkkirakenteeseen. Huonona puolena mainittakoon myös teräskonsolin leikkauskapasiteetin aiheuttamat kapasiteettirajoitukset, jotka jäävät selvästi normaalin betonikonsolin kapasiteettimahdollisuuksista. Teräksinen piilokonsoli mitoitetaan aina valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Halfen Groupilla on jo olemassa järkevä ratkaisu, joka pienellä kehitystyöllä voisi olla varsin potentiaalinen ratkaisu vanhanmallisen betonikonsolin kasvavien raudoitemäärien aiheuttamaan tilaongelmaan (kuva 3.3a.)



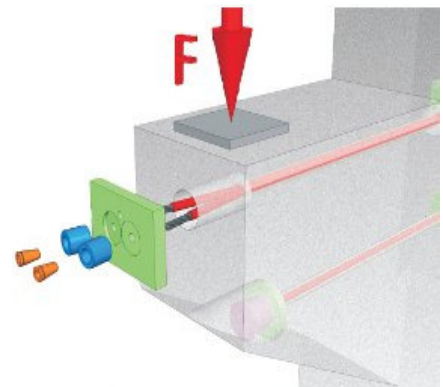
**Kuva 3.3a. HALFEN HSC-konsolinraudoite (vas.) (Halfen.fi a.) Kuva 3.3b. Useita konsoleita samassa pilarin poikkileikkauksessa (oik.)**

*HALFEN Konsolirauditus HSC on rakennusvalvonnan hyväksymä rauditus, joka on kehitetty erityisesti vetorauskoitusten taloudelliseen valmistukseen erilaissa konsoleissa ja runkorakenteiden liitoskohdissa. HALFEN Konsolirauditus HSC konsolirauditukset merkitsevät huomattavaa ajansäästöä ja erittäin suurta joustavuutta betonipilarien konsolien valmistuksessa. (Halfen.fi b.)*

Ratkaisu on yksinkertainen ja selittyy teräsmäärän kasvattamiseen suurentamalla yksittäisten tankojen poikkileikkauksen kokoa. Lisäksi tyssäosa toimii yksittäisen tangon ankkurina, joka korvaa aikaisempien terästen vaatiman ankkurointipituuden. Huonoina puolina verrattaessa aikaisempaan raudoitetaan voidaan pitää materiaalikustannuksien kasvua ja vähäisiä käytännönkokemuksia.

Halfenin ratkaisu on kehitetty pääsääntöisesti jälkikäteen valettaville konsoleille helpottamaan muun muassa samaan poikkileikkaukseen sijoittuvien konsolien toteuttamista. Jälkikäteen valettavan konsolin kapasiteetit eivät kuitenkaan yllä normaalin betonikonsolin kapasiteetteihin ja aiheuttavat aina lisätyötä tehtailla tai työmailla. Kehittämällä tapaa hieman enemmän sitä voitaisiin soveltaa myös perinteisissä betonikonsolivaihtoehtoissa.

Kuvan 3.4b jännitetty betonikonsoli on esimerkiksi Tšekin tasavallassa lähinnä korjausrakentamisessa käytetty raudoitemenetelmä, joka paikallisen yrityksen Peem Ltd:n mukaan saattaa jopa moninkertaistaa konsolin leikkauskapasiteetin pitkissä konsoleissa. Tapaa ei ole juurikaan käytetty Suomessa, mutta sen käyttöä voitaisiin ajatella toimivana ratkaisuna juuri korjausrakentamisessa teollisen tuotannon sijaan.



Kuva 3.4a. Ahdas konsolinraudoite (vas.) Kuva 3.4b. Jännitetty betonikonsoli (oik.) (Peem Ltd.)

### 3.3 Työmenetelmät, Parma Oy

Opinnäytetyöhön sisällytettiin vierailut Parma Oy:n pilarielementtejä valmistavilla Ruskon ja Uuraisten tehtailla. Tarkoituksena oli tutustua tehtaiden toimintaan, nykyisiin raudoitustapoihin ja -kalustoon. Vierailujen aikana perehdyttiin nykyisten työ- ja raudoitemenetelmien ongelmiin ja mahdollisiin päivitystarpeisiin muun muassa haastattelemalla tehtaiden työntekijöitä.

## Rusko

Ruskon tehdasvierailun yhteydessä pohdittiin pilariraudoitteen käyttöä saman poikkileikkauskoon pilareissa. Keskustelussa ilmeni, että samoja raudoittekokonaisuuksia tulisi yhä enemmän käyttää vähintäänkin yksittäisen rakennuskohteen samanlaisissa pilareissa. Yksi perustelu tähän on se, että toisistaan poikkeavat raudoitte kuvat joudutaan käsittelemään, raudoitteet keräämään ja katkaisemaan erillisinä kokoonpanoina. Samanlaisissa pilariraudoitteissa tapahtuu työn toistoa, jonka ansiosta raudoitetyö nopeutuu pilari pilarilta. Tämä myös todistaa sen, että monimutkaistuvien rakennuksien ja rakenteiden vuoksi tulisi yhä enemmän pyrkiä pilarielementtien suunnittelussa ja tuotannossa yksinkertaisempiin vakioraudoiteratkaisuihin.

Ruskon tehtaalla otetusta kuvasta 3.4a voidaan havaita, että yksinkertaisessa konsolinraudoitteessakin raudoitteet joudutaan asentamaan erittäin ahtaasti. Pohdintaa aiheuttaa myös se, miten ahtaissa raudoitetapauksissa rakenne toimii vielä suunnitellusti ja ennen kaikkea suunnitelluille kuormille. Lisäksi nykytekniikalla helposti toteutettavia valmiin raudoitteen 3D-kuvia (kuva 3.5b.) toivottiin raudoituskuviin raudoitetyön tueksi.

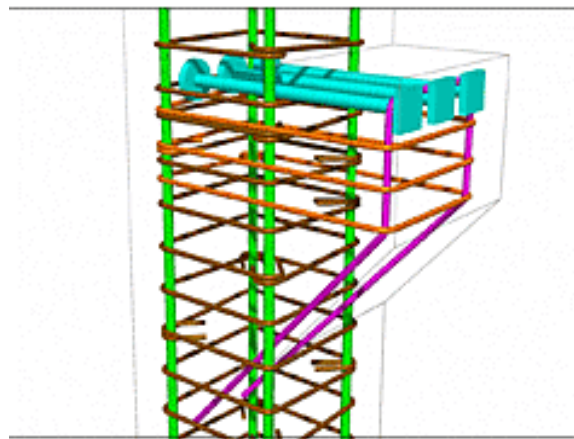
Tehdaskäynnin aikana selvisi myös, että käsikäyttöinen raudoitteen taivutuskone on yksi tämän hetken suurimmista raudoitetyötä hidastavista tekijöistä Ruskon tehtaalla. Lisäksi raudoittekonetta miellettiin yhdeksi epämiellyttävimmistä työpisteistä tehtaalla. Toivottavaa olikin, että tulevaisuudessa taivutuskone korvattaisiin nykyaikaisemmalla tietokoneohjatulla taivutuslaitteella.

Raudoitteiden tuentaa varten käytettävät kuvan 3.5a raudoittepuukit ovat aiheuttaneet puheenaihetta työntekoa sivusta katsovien keskuudessa. Raudoittepuukkeja on pidetty koko raudoitetyöprosessia hieman hidastavana ja kömpelönä menetelmänä. Tästä oltiin kuitenkin erimieltä tehtaalla. Nykyisille raudoittemenetelmille pukkiratkaisut toimivat erinomaisesti. Raudoittamista helpottaville ideoille ja laiteinvestoinneille olisi kuitenkin varmasti päivittämisen tarvetta elementtituotteiden valmistuksen tehostamista ajatellen. Raudoittemenetelmiä pohdittaessa olisi varmasti järkevää miettiä myös uusia työtapoja ja laitteita, jotta investoinneista saataisiin mahdollisimman suuri hyöty koko valmistusprosessiin.

Pilarikenkien kokoaminen toteutettiin vasta tehtaalla. Tällä saatiin helpotusta muun muassa kokonaisten valmiiden pilarikenkien välivarastoinnin aiheuttamiin tilaongelmiin. Tällä hetkellä pilarikengät asennetaan pilariraidoituksiin yksitellen yhdessä muun pilarin päätyraudoituksen kanssa ennen varsinaista valutyötä.

## Urainen

Uuraisten tehdaskäynnin yhteydessä mielenkiinto kohdistui tehtaan sisäisiin pieniin työtä helpottaviin innovaatioihin ja oivalluksiin. Yksinkertaisilla ja pienillä työtä helpottavilla keksinnöillä työn tekoa oli saatu mielekkäämmäksi ja jopa hieman tehokkaammaksi.



Kuva 3.5a. Raudoitepukit (vas.) Kuva 3.5b. 3D-raudoitekuva (oik.) (HRC)

Raudoitetyössä käytettävät kuvan 3.5a kaltaiset raudoitepukit oli aikaa sitten korvattu aikaisemmin esitetyn kuvan 2.9a mukaisilla toispuolisilla raudoitepukeilla. Näillä pukeilla raudoitetyötä pystyttiin tehostamaan ja tekemään raudoitetyöstä mielekkäämpää. Lisäksi pukkien viereen oli levitetty pehmeitä mattoja vähentämään muun muassa kovalla teräksisellä alustalla kävelystä aiheutuvia jalkavaivoja.

Uuraisten tehtaalla pilarikengät raudoitetaan erikseen muusta pilarinraudoitteesta yhdeksi komponentiksi ja asennetaan erillisenä kappaleena pilarin muuhun raudoitteeseen. Tällä tavalla raudoite voidaan tehdä aivan erillisenä komponentina, joka voisi toimia hyvin mietittäessä pilarin alapään raudoitteen vakioistamista eri pilarin poikkileikkaustapauksille.



Raudoitteiden taivutuksen ja sitomisen kannalta tehdas toimii samoilla menetelmillä kuin Ruskon tehdas. Raudoitteet sidotaan pääsääntöisesti sidoslangalla ja taivutetaan niin ikään käsikäyttöisellä koneella. Tästä huolimatta tehtaantoiminta on Ruskon tehtaantoimintatapaan tehokasta. Myös Uuraisten tehtaalla korostettiin pilariraudoitekuvien kuvan 3.5b kaltaisilla 3D-havainnekuvilla täydentämistä sekä raudoiteluetteloiden puutteellisuutta.

## **4 Ideointivaihe**

Tässä luvussa esitetään ideointivaiheessa potentiaalisina ratkaisuinä pidetyt raudoitusmenetelmät. Lisäksi pohditaan kunkin raudoitemenetelmän vaatimia mahdollisia lisäinvestointeja kuten raudoitus- ja taivutuskoneita sekä uusia työtapoja. Pohdinnoissa ei oteta kantaa investointien ja uusien työtapojen aiheuttamiin lisäkustannuksiin tai tarkemmin erilaisiin laitetyppeihin.

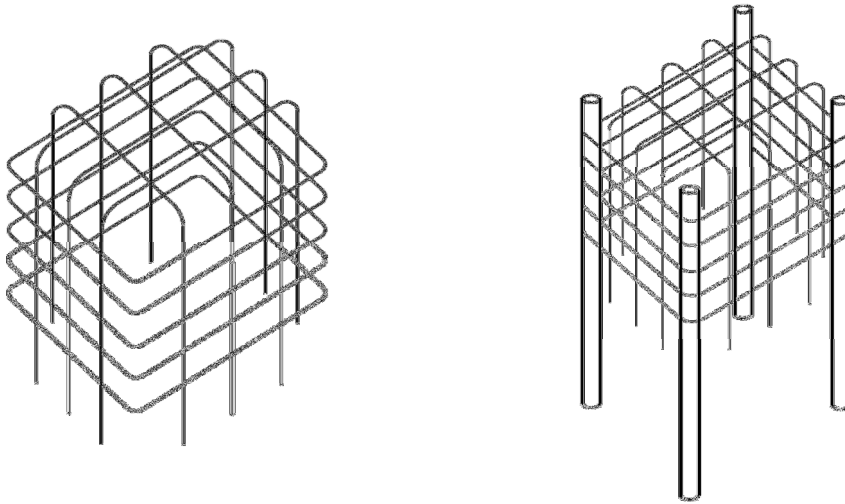
### **4.1 Raudoitemenetelmät**

Raudoituksen käyttöön voitaisiin jatkossa panostaa esimerkiksi yhtenäistämällä entistä enemmän vähintäänkin saman rakennuskohteen pilariraudoitteita. Esimerkiksi yksittäisen rakennuskohteen pilareiden vaihtelevat raudoitteiden määrät, muodot, poikkileikkauskoot ja taivutuspuutuet lisäävät aina raudoitustyöhön käytettävää aikaa, koska uuden erilaisen pilarin raudoitteet vaativat raudoittajalta perehtymistä piirustuksiin ja toisinaan lisätarkennusta suunnittelijalta. Toisaalta tämä aiheuttaa turhaa lisäsuunnittelutyötä myös elementtien suunnittelupuolella, jossa asia tulisi ottaa huomioon käyttämällä entistä enemmän yhtenäisiä pilarinraudoitteita.

#### **Hattukomponentti**

Pilarin päätyihin asennettaville avohaoille mietittiin vaihtoehtoiseksi raudoitteeksi esimerkiksi yhdestä tai kahdesta teräsverkosta taivuteltua yhtenäistä niin sanottua hattukomponenttia. Teräsverkko-osat olisi tarkoitus yhdistää umpihaoilla yhtenäiseksi komponentiksi kuvan 4.1 mukaisesti. Hattukomponentti-idean perustana olisi ollut kyseisen raudoitusosan vakioistaminen mahdollisimman mo-

neen pilariin sopivaksi ja riittäväksi raudoitteeksi. Tehdaskäyntien yhteydessä kävi kuitenkin ilmi, että normaalissa tilanteessa pilarin päätyyn asennettavat avohaavat ovat melko nopea ja yksinkertainen tapa toteuttaa perinteisellä menetelmällä. Tästä syystä hattukomponentti-idean tarkemmasta tutkimisesta luovuttiin.



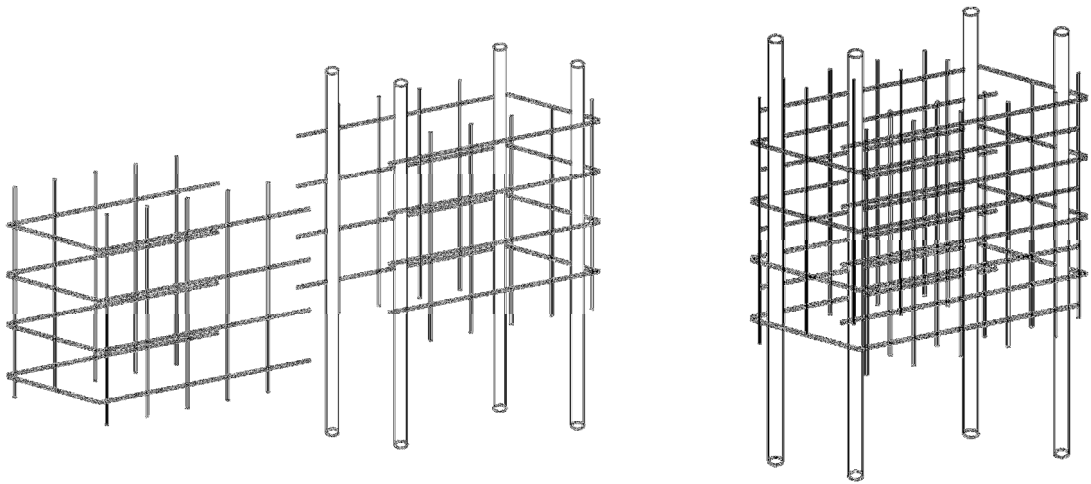
Kuva 4.1. Hattukomponentti erikseen (vas.) sekä yhdistettynä pitkittäisiin pääteräksiin (oik.)

### **Verkkohakaraudoite**

Verkkohakaraudoitetta pidettiin tehdaskäyntien yhteydessä varsin mielenkiintoisena ja varteenotettavana mahdollisuutena ainakin pilarin tihennytyllä haka-alueilla. Tosin tässä opinnäytetyössä verkkohakaa tutkitaan tarkemmin koko pilarin hakaraudoitteen korvaavana vaihtoehtona.

Verkkohaaksi taivutettavan teräsverkon mittoja pystytään kuitenkin vakioistamaan melko hyvin. Esimerkiksi poikkileikkaukseltaan 480x480 ja 580x580 pila-reille pystytään käyttämään samankokoisia verkkoja huomioimalla poikkileikkauksen taivutuspituuksissa. Verkkohakaraudoitteessa kaksi erillistä verkkokappaletta taivutetaan kuvan 4.2 mukaisesti pitkittäisien päävetoterästen ympärille ja sidotaan sidoslangoilla toisiinsa kiinni.

Verkkohakoihin käytettävä materiaali ei aiheuta suuria varastointitiloja, koska levyinä olevat verkkokappalet asetuvat päällekkäin melko tiiviiksi pakettiiksi. Lisäksi verkkohaka vaatisi käytössään muutamia tankojaoltaan sekä -paksuudeltaan erityyppisiä verkkoja.



**Kuva 4.2. Verkkohakaraudoite yhdistettynä pitkittäisiin pääteräksiin**

Verkkohaka vaatii laitehankintana lähes välttämättömän verkon taivutuskoneen, koska verkon tilaaminen valmiiksi taivutettuna ulkoiselta toimittajalta veisi ensinnäkin enemmän tilaa kuormassa ja toiseksi aiheuttaisi lisätöitä toimittajalle. Toisaalta verkontekokoneella pystyttäisiin tekemään vakiomittaisista verkoista poikkeavia verkkomalleja, jolloin vakioverkkomitoista voitaisiin luopua kokonaan. Verkkohaasta aiheutuvia materiaali- ja työaikakustannuksia arvioidaan viimeisissä kappaleissa.

### **Kierrehakaraudoitus**

Kierrehakaraudoitteella pyritään lyhentämään ja vaikuttamaan koko hakaraudoitusprosessissa käytettävään aikaan. Raudoitteen käyttö perustuu koneelliseen raudoitukseen, jossa yhtenäinen hakaraudoite kierretään suoraan pitkittäisien pääterästen ympärille kuvan 4.3 mukaisesti. Lähes kokonaan tietokoneella toteutettava raudoitetyö tekee kierrehakaraudoitteesta erittäin mittatarkkaa ja nopeaa.



**Kuva 4.3. Koneellisesti tuotettu kierrehakaraudoite (CPI 4/2010.)**



Sidonta tapahtuu pääsääntöisesti hitsaamalla. Kierrehaka vaatii kuitenkin suuria laiteinvestointeja eikä sen käytöstä pilarirauδοitteena ole paljoa kokemusta muuten kuin teräsbetonipaalujen hakarauδοitteena. Kierrehakarauδοite sisällytettiin laskentavaiheeseen olettaen sen olevan erittäin kustannustehokas ratkaisu käytännössä.

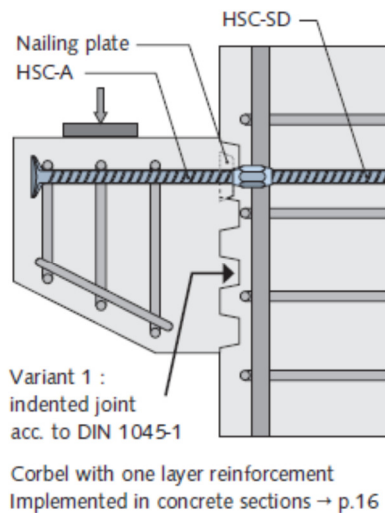
### **Halfen ja tyssätappiratkaisu**

Halfenin kehittelemää tyssätappiratkaisua voidaan pitää varteenotettavimpana vaihtoehtona uusista rauδοiteideoista, koska se vähentää merkittävästi rauδοitteiden kappalemäärää. Kappalemäärän muutos selittyy tyssätappien poikkileikkauksella, jolla saavutetaan entistä harvempi ja helpommin asennettava konsolin rauδοite. Tyssätappiratkaisulla odotetaan saavutettavan sekä materiaali- että työaikamenekkisäästöjä. Lisäksi se ei vaadi erillisiä uusia laiteinvestointeja ja sitä on mahdollista vakioistaa käyttämällä samoja tyssätappin varastokokoja useammalle eri pilarin poikkileikkaukselle. Muuttuvat pilarin poikkileikkaukset huomioidaan esimerkiksi vakiomittaisen tyssätappin tyssättöman pään taivutuksessa, joka muodostaa toisesta päästään tyssättömien tyssätappien ankkuroinnin betoniin. Tyssätappeja voidaan käyttää myös molemmista päistään tyssättyinä kappaleina. Toisaalta vakioikomponenttien käytöllä voitaisiin nopeuttaa pilarirauδοitteen suunnittelua. Tyssätappiratkaisua on käsitelty myös viimeisissä laskentavaiheen kappaleissa sekä molemmista päistään että yhdestä päästä tyssättyinä versiona.

### **Jälkikäteen valettava konsoli**

Jälkikäteen valettavalla konsolilla pyritään hakemaan muun muassa valuvaihetta helpottavia ratkaisuja tilanteisiin, joissa konsoli sattuu myös pilarin neljännelle sivulle. Jälkikäteen valettavan konsolin edut tulevat ilmi valumuottien teko- ja valuvaiheessa, jolloin valussa ylöspäin olevalle sivulle asettava konsoli valetaan jälkikäteen pilariin jätettyjen tartuntojen avulla esimerkiksi kuvan 4.4 Halfenin HSC-konsolinrauδοiteratkaisulla. Konsolin yksinkertaisen rauδοituksen takia sillä ei kuitenkaan saavuteta kovin suuria kapasiteetteja.

Lisäksi jälkikäteen asennettava konsoli vaatii aina vähintäänkin valun aiheuttamaa lisätyötä. Jälkikäteen valettavan konsolin vaihtoehto jätettiin pois lopputarkastelusta, koska jälkikäteen valettavan konsolin ei katsottu olevan kilpailukykyinen vaihtoehto muihin konsolinraudoiteratkaisuihin verrattuna sen alhaisemman maksimikapasiteetin takia.



Kuva 4.4 Halfenin jälkikäteen asennettava HSC-konsolijärjestelmä (Halfen.fi a.)

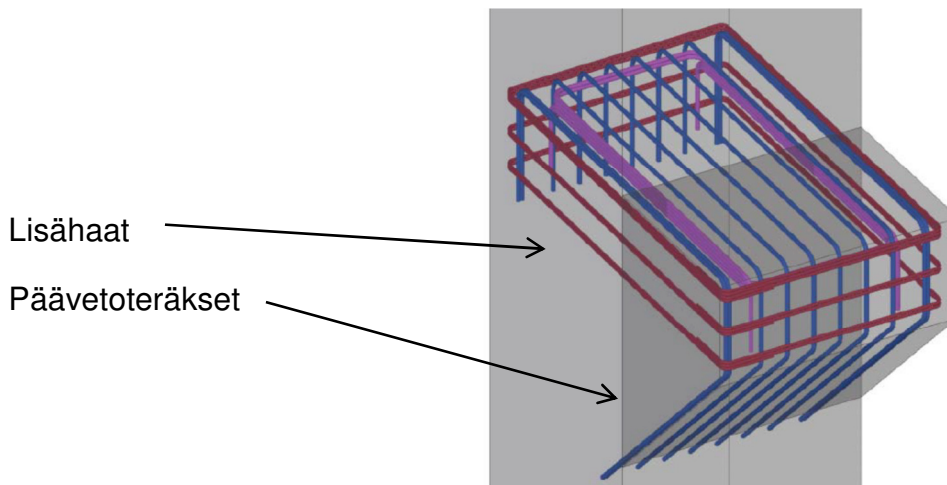
### Käytössä olevan konsoliraudoitemallin kehittäminen

Opinnäytetyössä haluttiin kokeilla vanhan konsolin raudoitustavan kehittämistä. Vanhassa raudoitustavassa konsolin teräkset katkotaan ja taivutetaan pitkistä harjateräksistä. Yhtenä menetelmänä voitaisiin ajatella raudoitteiden vakioistamista ja asentamista konsolin raudoitteet erikseen niin sanottuina raudoitekomponentteina muuhun pilarin raudoitteeseen.

Kuvassa 4.5 esitetään esimerkkitapaus yhdestä vaihtoehtoisesta konsolin raudoitekomponenttimallista. Kuvassa osoitetut lisähaat ja päävetoteräkset valmistetaan yhtenäisenä raudoitekomponenttina ennen konsolinraudoitekomponentin liittämistä muuhun pilarin raudoitteeseen. Raudoitteen vakioistamisella pyritään helpottamaan sekä suunnitteluvaihetta että tehtaalla tapahtuvaa raudoitetyötä.

Raudoitteiden muuttamisella komponenteiksi olisi tarkoitus nopeuttaa koko raudoiteprosessia. Suurista kapasiteettivaatimuksista aiheutuva raudoitteen ahtausongelma ei kuitenkaan poistu vanhaa raudoitetapaa vakioistamalla. Lisäksi ongelmia saattaa aiheutua raskaiden konsoliraudoitekomponenttien asennuk-

sessä ilman erillisiä laiteinvestointeja. Raudoitekomponenteilla toteutetut konsolit on myös sisällytetty tarkasteltavaksi raportin viimeisiin lukuihin.



Kuva 4.5 Raudoitekomponentti (Betoniteollisuus r.y.)

## 5 Luonnostelu- ja laskentavaihe

Luonnosteluvaiheen alussa valitaan yhdessä tilaajan kanssa sopivat mallipilarit. Mallipilareiksi valitaan muutamia erityyppisiä pilareita, joiden raudoitteet pystytään helposti muuttamaan ideoiduille raudoiteratkaisuille ja jotka ovat kuitenkin raudoitteeltaan hyvinkin tyypillisiä malleja elementtitehtaan tuotannossa. Kunkin mallipilariksi valitun elementin alkuperäiset raudoitepiirustukset on esitetty liitteessä 1.

Luonnosteluvaiheessa mallipilareiden alkuperäisraudoitukset korvataan vaihtoehtoisilla raudoitemenetelmillä. Lisäksi uusista vaihtoehtoisista raudoitetavoista potentiaalisimmasta ratkaisusta muodostetaan opinnäytetyön liitteeksi raudoitepiirustusmallit (Liite 8).

Laskentavaiheessa jokaiselle vaihtoehtoiselle menetelmälle määritetään eurokoodien mukaiset raudoitteet. Jokaiselle vaihtoehtoiselle raudoitemenetelmälle lasketaan tehtaalla tehtävästä raudoitetyöstä aiheutuva työaikamenekki. Lisäksi työaikamenekistä ja materiaaleista aiheutuvia kokonaiskustannuksia vertaillaan ja pohditaan tämän opinnäytetyön loppuosassa.

## 5.1 Raudoitemäärien laskenta

Raudoitemäärien laskenta aloitetaan selvittämällä mallipilareiden alkuperäisten raudoitteiden kapasiteetti- ja poikkileikkausvaatimukset. Selvitystyö toteutetaan hyödyntämällä raudoitemäärien laskentaa varten rakennettuja Excel-taulukkoja, jotka on muodostettu eurokoodien mukaisten suunnittelu- ja mitoitusohjeiden pohjalta.

Excel-taulukot muodostetaan teräsbetonikonsolin mitoituksen, sekä riittävän hakaraudoituksen määrittämisen tueksi. Teräsbetonikonsolin (Liite 6) mitoitus-taulukon avulla pystytään arvioimaan alkuperäisten konsoliraidoitteiden maksimikapasiteetit pysty- ( $F_d$ ) ja vaakakuorman ( $H_d$ ) aiheuttaville veto-, taivutus- ja leikkausrasituksille. Laskettuja kapasiteettiarvoja käytetään mitoitusarvoina määritettäessä riittävät konsoliraidoitteet uusille vaihtoehtoisille raudoiteratkaisuille. Arvioidut kuormitusarvot määritetään laskennallisesti siksi, että kaikkien alkuperäisten kuormatietojen selvittäminen olisi aiheuttanut kohtuuttoman suurta lisätyötä.

Konsolimitoituksen lähtöarvoina toimivat alkuperäisen konsolin päämitat, konsoliin kohdistuvan pystykuorman sijaintikoordinaatit, vaadittu raudoitteen betonipeitteen paksuus sekä käytettyjen teräs- ja betonilaatujen materiaalitiedot. Tulokseksi saadaan vaaditun päävetoraidoitteen poikkipinta-ala ja mahdollisten pysty- ja vaakasuuntaisten lisähakojen tarve sekä niiden minimimäärä niin ikään poikkipinta-alatietona. Esimerkkilaskelma on esitetty tarkemmin luvussa 8.

Hakaraudoitteen mitoitus-taulukon (Liite 5) avulla pystytään selvittämään riittävä hakaraudoite pilarin ala-, keski- ja yläosalle. Hakaraudoitelaskennan lähtöarvoina toimivat pilarin päämitat, pääterästen koko, tihennetyt hakajaon osuudet sekä pilarin ylä- että alapäässä, päähakojen alue pilarin keskiosalla sekä alkuperäishakojen poikkileikkauskoot, hakamäärät ja niiden jako. Tuloksena saadaan vähintäänkin alkuperäishakaraudoitusta vastaava raudoite uusille vaihtoehtoisille ratkaisuille.

Laskennan jälkeen raudoitemäärät kootaan pilareittain ja tarkemmin pilariosittain materiaalmäärätaulukoksi (Liite 2).

## 5.2 Työaikamenekkien laskenta

Työaikamenekkien laskenta suoritetaan käyttäen hyväksi Parma Oy:n omia laskentamenetelmiä. Itse laskentatoimenpiteestä ja ohjelman käytöstä vastaa yrityksen oma toimihenkilö, jolla on riittävä työkokemuksen kautta kerätty tietotaito ja asiantuntemus mahdollisimman tarkkojen työaikamenekkiarvojen laskemiseksi ja arvioimiseksi. Tällä varmistetaan myös mahdollisimman todenmukaisen työaikamenekkitulosten saaminen.

Laskennan lähtötietoina käytetään raudoitemäärälaskennan kautta eri raudoitevaihtoehdoille saatuja teräsmääriä. Lopputulokseksi saadaan kullekin pilariosalle ja pilarille kokonaistyöaikamenekki (kg/h). Työaikamenekit on koottu erilliseen työaikamenekkitaulukkoon liitteessä 4.

## 6 Kuitubetonin käyttö elementtipilarissa

Kuitubetoni eroaa tavallisesta betonimassasta suuremmalla sementtipitoisuudella sekä alhaisemmalla kiviainesten määrällä. Lisäksi kuitubetonin massaan on lisätty lyhyitä ja ohuita kuituja, joiden tarkoituksena on parantaa betonin vetolujuutta ja sitkeyttä. Tavallisesti kuitubetonia käytetään maanvaraisissa lattioissa, joissa sen käytöllä pyritään parantamaan laatan kantavuutta (teräskuiduilla) normaalin raudoitteen tapaan sekä laatan halkeilua (muovikuiduilla). Toisaalta kuitubetonia voidaan käyttää myös kantavissa välipohjissa, jolloin kuitujen määrää kasvatetaan betonikuutiometrissä.

Tavallisimmat kuitubetonissa käytettävät kuidut ovat lasi, teräs, hiili, polypropeeni ja nylon. Kuitujen pituus vaihtelee 10 – 100 mm välillä ja läpimitta noin 1/100 kuidun pituudesta. Kuitumäärät vaihtelevat maanvaraisen betonilattian 25...40 kg kuitua betonikuutiossa kantavan välipohjan 60 kg betonikuutiometriin (by 201, 2004).

Tässä luvussa pohditaan kuitubetonin käyttöä pilarissa konsolin kohdalla ja konsoliosassa. Kuitumateriaalina ajatellaan käytettävän teräksisiä kuituja. Lisäksi kuitubetonin materiaalihinnan vaihtelua vertaillaan alkuperäiseen betoni-

massaan pilarin eri osissa. Hintavertailuun on sisällytetty vertailun vuoksi myös koko pilarin betonimassan korvaaminen kuitubetonilla.

Kuitubetonilla oletetaan olevan konsolin kapasiteettia parantava vaikutus. Tässä opinnäytetyössä pohditaan yleisellä tasolla kuitubetonin käytön etuja ja haittoja sekä taloudellisuutta. Tässä opinnäytetyössä ei tehdä kokeita tai laskelmia kuitubetonin käyttöön liittyen. Tässä opinnäytetyössä ei myöskään käsitellä kuitubetonin todellisia vaikutuksia esimerkiksi konsolin kapasiteettiin.

## **6.1 Kuitubetonin käyttö ja ominaisuudet**

Kuitubetonin käytöllä on havaittu kokemuksen myötä olevan vaikutusta muun muassa betonin vetolujuuden paranemiseen, betonin halkeilun vähenemiseen ja palonkestoon. Etenkin muovikuidut toimivat palonkestoa parantavana tekijänä, sillä syntyvä vesihöyry pääsee purkautumaan hallitummin sulaneiden kuitujen kanaviin kuin teräskuituja käytettäessä (by 201, 2004).

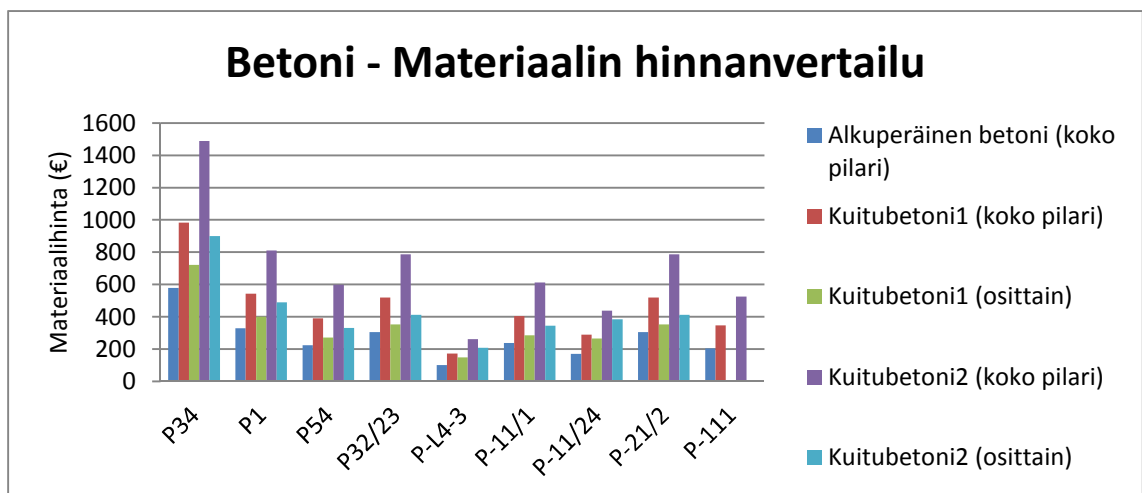
Pilari-elementeissä voitaisiinkin jollain tasolla saavuttaa palonkestoa parantavia ominaisuuksia rakennuskohteisiin, joissa on esitetty esimerkiksi erityisvaatimuksia juuri elementtien palonkestolle. Toisaalta sopivalla kuitu-betonisuhteella voitaisiin saavuttaa myös konsolin kapasiteetin paranemiseen vaikuttavia ominaisuuksia, jonka kautta pystyttäisiin mahdollisesti vähentämään jollain tasolla normaalissa betonikonsoleissa tarvittavia raudoitteita.

Ongelmia saattaa kuitenkin aiheutua valutilanteissa, joissa tarkoituksena on valaa kuitubetonilla ainoastaan pilariosassa konsolin kohta ja konsolit. Loppu pilari valettaisiin perinteisellä betonimassalla, koska valun pitäisi kuitenkin muodostaa saumaton ja yhtenäinen pilari-elementti. Tätä seikkaa tulisikin miettiä tarkemmin, mikäli kuitubetonia hyödynnettäisiin osittain yksittäisen pilari-elementin valmistuksessa.

Kuitubetonin käyttöönottoaminen ei aiheuttaisi yritykselle uusia laiteinvestointeja, koska nykyisin käytössä olevilla valukoneilla pystyttäisiin ainakin osassa Parma Oy:n tehtaista valamaan pilareita myös kuitubetonilla.

## 6.2 Kuitubetonin kustannukset

Kuitubetonin käyttöä ei ole kuitenkaan testattu pilarielementeissä. Tästä syystä sen joitakin mahdollisia hyötyjä tai haittoja voidaan vain olettaa ja arvailla. Materiaalin hinta on joka tapauksessa kalliimpaa kuin normaalin betonilaadun. Tässä luvussa kuitubetonin materiaalihintaa on vertailtu opinnäytetyön mallipilareissa käytettyihin betonilaatuihin. Kuva 6.1 on muodostettu liitteen 9 laskentataulukon pohjalta helpottamaan betonimateriaalin kustannuksien vertailua. Taulukossa on esitetty kunkin pilarin käytetty alkuperäinen betonilaatu, kuutiomäärä ja materiaalihinta. Vertailuksi taulukkoon on esitetty alkuperäisen betonilaadun teräskuituja sisältävän laadun mukaiset materiaalihinnat sekä koko pilarin osalta, että konsolin kohdalla ja konsolissa käytettynä.



Kuva 6.1 Betoni – Materiaalin hintavertailu

Laskennassa on käytetty Semtu Oy:n WireFib 65/35-teräskuituja, joille on laskettu materiaalikustannusarviot. Kuitujen kanssa käytetään tässä laskelmassa alkuperäistä betonilaatua.

Kuitubetoni1 tarkoittaa, että kuitumäärä on noin  $40 \text{ kg/m}^3$  (kilogrammaa betoni-kuutiota kohti) ja kuitubetoni2, että kuitumäärä on noin  $90 \text{ kg/m}^3$ . ”Koko pilari” käsittää pilariosan mukaan lukien konsolit. ”Osittain” käsittää ainoastaan konsoliosan mukaan lukien konsolin kohdalla olevan pilariosan.

Kuvaajasta voidaan havaita, että kuitubetonin käyttäminen ei välttämättä aiheuttaisi vielä merkittäviä lisäkustannuksia osittaisessa valukäytössä materiaalin osalta. Mikäli voitaisiin todistaa, että kuitubetonista olisi todellista hyötyä konso-

lin kapasiteetille ja saavutettaisiin materiaalisäästöjä teräksen käytössä, eikä osittainen käyttö aiheuttaisi valutyöongelmia tehtaalle, voitaisiin osittaista kuitubetonikäyttöä mieltää järkevänä vaihtoehtona yksinkertaistettaessa konsolin raudoituksia.

Koko pilarin valumateriaalina kuitubetoni aiheuttaisi ainakin suurilla kuitumäärillä kohtuuttoman suuria lisäkustannuksia. Tästä syystä kuitubetonin hyödyt esimerkiksi palonkestävyydelle tulisikin olla varsin merkittäviä, jotta kuitubetonia voitaisiin vakavissaan mieltää yhtenä materiaalivaihtoehtona erityisvaatimuksia omaaville pilareille.

## **7 Tulokset**

Tässä luvussa analysoidaan opinnäytetyössä laskettuja tuloksia. Tuloksista saadaan selville vaihtoehtoisista raudoitustavoista aiheutuvat materiaali- ja työaikamenekit sekä näistä aiheutuvat kokonaiskustannukset. Mallipilareiden alkuperäisistä raudoiteratkaisuista ja näiden pohjalle tehdyistä uusista raudoitemenetelmistä saatuja kokonaiskustannuksia vertaillaan toisiinsa. Tuloksien avulla pyritään havaitsemaan sellaisia potentiaalisia raudoitemenetelmiä, joista saataisi yrityksen käytössä olla niin taloudellista hyötyä kuin tuotantoa ja suunnitellua helpottavia ratkaisuja. Vertailun avulla pyritään myös löytämään sellaiset pilarityypit, joihin jokin vaihtoehtoisista raudoiteratkaisuista ei sovellu esimerkiksi tuotanto- ja kustannussyistä.

Tässä opinnäytetyössä lasketut työaikamenekin kustannukset käsittävät ainoastaan kunkin vaihtoehtoisen tavan raudoitetyöhön kuluvaan työajan kustannukset. Materiaalikustannuksissa on huomioitu nimenomaan pilarin ja konsolin vaatima raudoitus. Materiaalikustannuksissa ei ole huomioitu erillisistä teräsosista kuten palkin asennuspultista tai lisävarusteista kuten Neoprenistä aiheutuvia lisäkustannuksia. Kokonaiskustannuksissa ei ole huomioitu myöskään mahdollisista laiteinvestoinneista tai muista lisähankinnoista aiheutuvia kuluja.



## 7.1 Teräsmäärät

Teräsmäärät laskettiin kullekin pilarin vaihtoehtoisista raudoiteratkaisuista pilariosan raudoitteelle ja konsolinraudoitteelle. Terästen materiaalmäärät on koottu pilareittain ja pilariosittain taulukkomuotoon liitteessä 2.

Kuvassa 7.1 on esitetty liitteessä 2 olevan materiaalmääriä ja –kustannuksia esittävän taulukon lukua helpottava havainnekuva. Taulukossa on esitetty vasemmalla reunalla työssä tutkitut vaihtoehtoiset raudoitetavat pilareittain. Taulukon yläosaan on lueteltu kaikki vaihtoehtoisissa raudoitettavissa käytetyt raudoitteet poikkileikkauskoko- ja raudoitetyyppi sekä yksikköhintatietoineen. Taulukon keskelle on laskettu kunkin pilarissa käytettävän raudoitetavan materiaalmäärät käytetyn raudoitetyypin kohdalle. Taulukon oikeaan laitaan on laskettu kokonaiskustannukset kullekin vaihtoehtoiselle raudoitteelle vertailemalla Parma Oy:n ilmoittamia yksikköhintatietoja materiaalimenekkeihin.

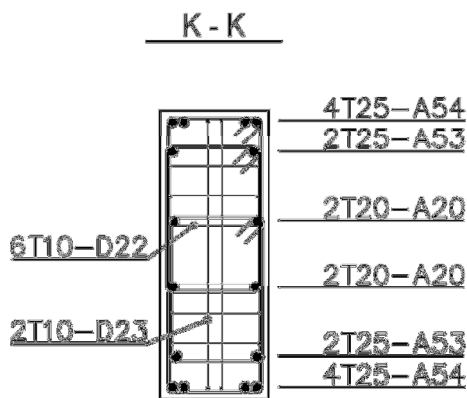
The diagram illustrates the layout of a table with the following components:

- RAUDOITETYYPIT**: A header row at the top of the table.
- VAIHTOEHTOISET RAUDOITERATKAISUT PILAREITTAIN**: A vertical label on the left side of the table, indicating the columns represent alternative reinforcement solutions per column.
- MATERIAALIMÄÄRÄT**: A central label within the table grid, indicating that the main cells contain material quantities.
- MATERIAALIEN KOKONAIKUSTANNUKSET**: A vertical label on the right side of the table, indicating that the rightmost column contains total costs.

Kuva 7.1 Havainnekuva liitteen 2 materiaalmäärä ja -kustannukset –taulukosta.

Kokonaiskustannuksia on analysoitu tarkemmin kappaleessa 7.3. Lisäksi materiaalmääristä muodostettiin myös paremmin kokonaismateriaalimenekkejä havainnollistavat kaaviokuvaajat, jotka on esitetty liitteessä 7.

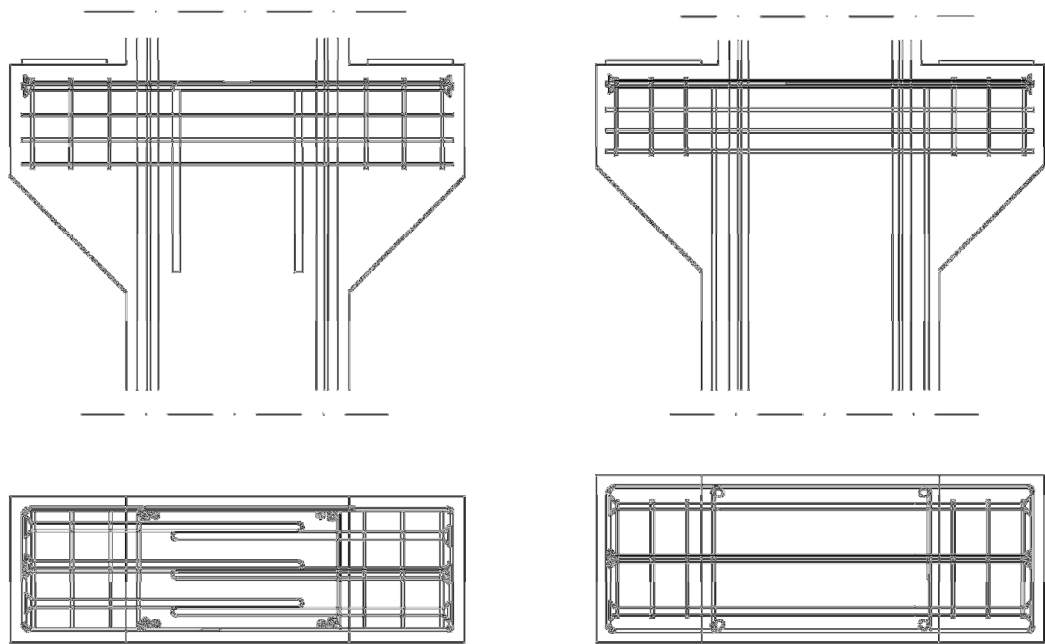
Osassa mallipilareista ei voitu kuitenkaan toteuttaa järkevällä tavalla kaikkia vaihtoehtoisia raudoiteratkaisuja. Pilareissa, joissa pituussuuntaisia pääraudoitetankoja joudutaan sijoittamaan myös kuvan 7.2 tapaan pilarin poikkileikkauksen keskiosaan, ei verkkohakaraudoitetta ja kierrehakaraudoitetta ole käytetty laskennoissa ollenkaan. Tämä johtuu siitä, että keskellä olevat päätangot vaativat myös omat hakaraudoitteensa. Verkkohaalla ei voida järkevällä tavalla sitoa kaikkia pääterästankoja ja keskitangot vaatisivatkin omat perinteiset hakaraudoitteet verkkohaahan lisäksi. Tästä syystä raudoitetyöstä aiheutuvat työ- ja materiaalmäärät kasvaisivat kohtuuttoman suuriksi, jolloin ratkaisu on tuotanto-käytössä kannattamaton.



Kuva 7.2 Mallipilarin P-34 poikkileikkaus K-K.

Myös kierrehakaraudoitteella aiheutuu verkkohaahan kaltainen ongelma, koska raudoitetapaa on ajateltu koneelliseksi raudoitteeksi. Verkk- ja kierrehakaraudoiteratkaisuista on luovuttu edellä esitetyistä syistä pilarissa P-34, jonka alkuperäinen raudoitekuva on esitetty liitteessä 1.

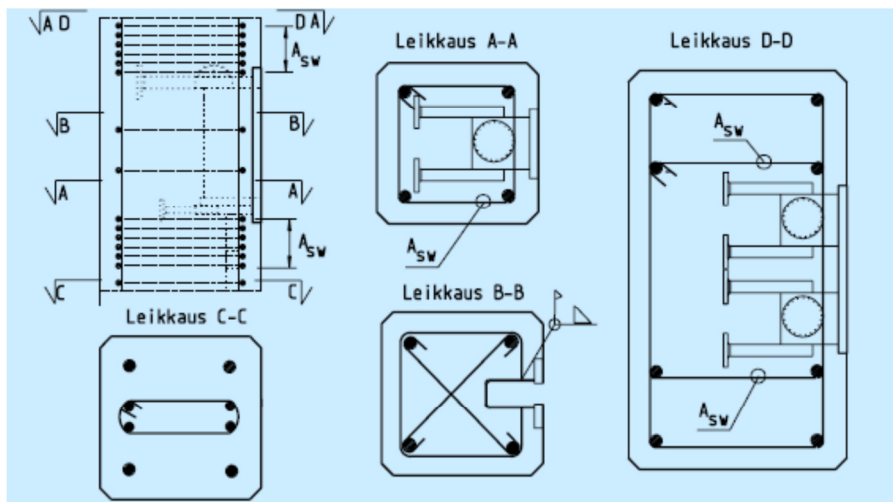
Konsolinraudoitteissa tyssätappiraudoitteelle ja valmiille konsolikomponenttiratkaisulle on kaavailtu tässä opinnäytetyössä kahdenlaista ratkaisua. Ensimmäisessä ratkaisussa ideana on, että jokainen konsoli toimii omilla esimerkkikuvan 7.3a mukaisilla raudoitekappaleillaan. Toisessa ratkaisussa (kuva 7.3b) on pyritty yhdistämään pilarin vastakkaisilla sivuilla olevien konsolien vetoraudoitteita, jolla teoriassa saavutettaisiin materiaalisäästöä raudoitteissa. Tästä syystä jälkimmäistä vaihtoehtoa on käytetty ainoastaan pilareissa, joissa on olemassa jossain kohtaa pilaria vastakkaisilla sivuilla samassa korossa olevat konsolit.



**Kuva 7.3a Halfen -tyssätappiratkaisu 1 (vas.) Kuva 7.3b Halfen -tyssätappiratkaisu 2 (oik.)**

Eri raudoiteratkaisujen terästen materiaalimäärät vaihtelivat pilareittain erittäin paljon ja näin materiaalimäärien analysoinnista aiheutuikin varsin haastava tehtävä. Lähes poikkeuksetta kuitenkin suurin ja materiaalimenekkien kannalta epäedullisin raudoiteyhdistelmä saavutettiin verkkohakaraudoitteen ja konsolikomponenttiraudoitteen yhdistelmässä. Näissä pilariraudoiteyhdistelmissä materiaalimenekkien osuus kasvoi keskimäärin noin 10 %. Tämä selittyy yksinkertaisesti sillä, että konsolikomponenttiratkaisuissa joudutaan käyttämään ylimääräisiä tukiraudoitteita, jotka lisäävät raudoitemäärää. Myös verkkoraudoitteesta aiheutui lähes väistämättä ylimääräistä pilarin pituussuuntaista raudoitetta.

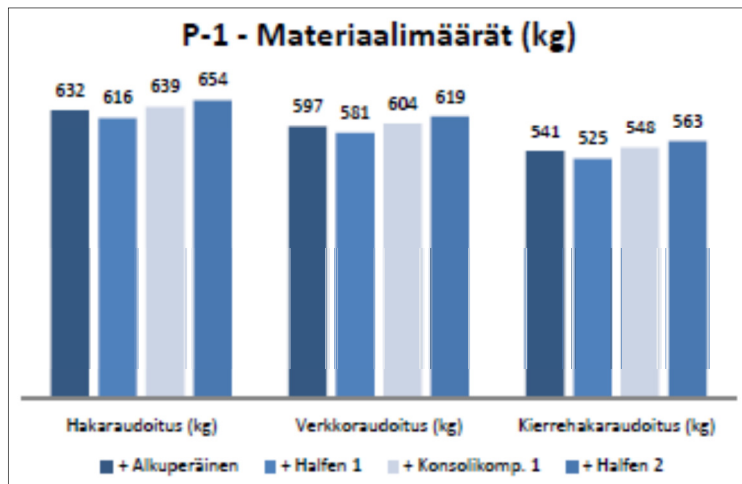
Vaikkakin verkkohakaraudoite menestyi materiaalimenekkivertailuissa yleisesti kehnosti koko pilarin hakaraudoitteena, sen edut tulevat varmasti esille tiheissä hakaraudoitteissa esimerkiksi pilarin päissä ja kohdissa, joissa tarvitaan nimenomaan tihennettyjä lisähakoja. Tästä syystä verkkohakaraudoitteen käyttöä ja kannattavuutta osittaisena hakaraudoitteena tulisikin tutkia vielä tarkemmin. Ohessa on esitetty esimerkki (kuva 7.4) Anstarin teräksisen piilokonsoliratkaisun vaatimasta tihennetystä hakaraudoitteesta, jossa voisi toisaalta miettiä myös käytettäväksi riittävän tiheäreikäistä teräsverkkoa hakalenkkien sijaan.



Kuva 7.4 Anstarin teräksisen piilokonsolin raudoitus ja lisähaat pilarissa. (Anstar 3.)

Yleisesti parhaan hakaraudoitteen materiaalimäärien tulokset saavutettiin ehkä hieman jopa yllätyksellisesti kierrehakaraudoitteella, jossa materiaalimäärät putosivat alkuperäiseen nähden hieman tai pysyivät vähintäänkin alkuperäisten raudoitteiden tasolla. Etukäteen olisikin voinut kuvitella, että koneellisesti toteutussa kierrehakaraudoitteessa materiaalin kokonaismäärä kohoaisi normaali-raudoitteen materiaalimäärästä ja edut tulisivat esille vasta työaikakustannusvertailussa. Tästä syystä voidaan helposti olettaa, että kierrehaalla on varsin hyvät mahdollisuudet tulevaisuuden hakaraudoiteratkaisuna vaikkakin se vaatisi suuria ja tarkkaan harkittuja laiteinvestointeja. Kuviossa 7.5 on esitetty esimerkkinä mallipilarin P-1 materiaalimäärät, josta voidaan havaita, että kierrehakaratkaisuilla raudoittemäärät putosivat alkuperäisestä selvästi.

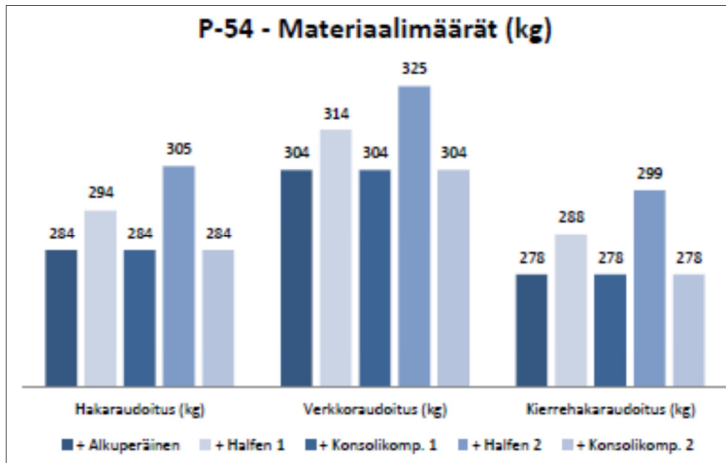
Ehkä mielenkiintoisimmat materiaalimenekkitulokset saavutettiin kuitenkin kahdelle erilaiselle Halfen-konsolinraudoiteratkaisulle. Lähes poikkeuksetta Halfenin tyssätappiratkaisulla saavutettiin materiaalisäästöjä konsolinraudoitteessa alkuperäisraudoitteeseen verrattuna. Tämä olikin toivottavaa, koska tyssätappivaihtoehdolla uskotaan olevan ratkaisu ensihätään pohdittaessa vaihtoehtoisia



Kuva 7.5 Pilarin P-1 materiaalimäärät eri raudoiteyhdistelmille.

konsolinraudoiteratkaisuja muun muassa ahtaille konsolinraudoitteille. Myös pilarin P-1 materiaalimäärästä voidaan havaita yksinkertaisemman tyssätappiratkaisun menestyminen materiaalimäärien laskennassa (kuva 7.5).

Aikaisemmin tässä luvussa esitettyihin Halfenin raudoiteratkaisujen materiaalisäästöihin voidaan pitää poikkeuksena pilarin P-54 materiaalimenekkejä. Tämän pilarin kohdalla materiaalimenekit kohosivatkin nimenomaan Halfenin ratkaisuilla hieman muita ratkaisuja korkeammiksi, joka näkyy hyvin kuvassa 7.6. Tämä kuitenkin selittyy osittain sillä, että kyseisen pilarin konsolit ovat alkuperäiseltä raudoitukseltaan varsin pienille kuormille mitoitettuja ja kevyesti raudoitettuja. Juuri kevyissä, tehtaille yksinkertaisissa ja vaivattomissa konsolirauδοitteissa tyssätappiratkaisu saattaa kasvattaa kokonaismateriaalimenekkimäärää ja olla myös kokonaiskustannuksien kannalta epäedullinen ratkaisu.



Kuva 7.6 Pilarin P-54 materiaalmäärät eri radoiteyhdistelmille.

Tässä opinnäytetyössä teräsmäärät on laskettu alkuperäisien radoitteiden pohjalta, joten uudet vaihtoehtoiset radoiteratkaisut saattavatkin sisältää pienissä määrin ylimääräistä terästä todelliseen tarpeeseen nähden. Tällä perusteella jokaista vaihtoehtoista radoiteratkaisua voidaan pitää materiaalimenekien suhteen potentiaalisena ja hyvänä radoiteratkaisuna, joiden teräsmäärät ovat lähellä alkuperäistä teräsmäärämenekkiä ja varsinkin niitä ratkaisuja, joiden materiaalmäärät putosivat alkuperäisistä radoitemääristä.

## 7.2 Ajankäyttö

Työaikamenekit (kg/h) laskettiin kunkin pilarin haka- sekä konsolinradoitevaihdohdolle erikseen. Kunkin pilarin haka- ja konsolinradoitteiden työaikamenekkejä yhdistelemällä selvitettiin tehtaan radoitetyön kannalta epäedullisimmat ja toisaalta taloudellisimmat radoiteratkaisut.

Kuvassa 7.7 on esimerkki pilarin P-1 työaikamenekkien laskelmasta. Kunkin pilarin ja konsoliosan radoitetyöstä aiheutuvat työaikamenekit (kg/h) on laskettu vertailemalla radoitemäärien kokonaispainoja laskennallisesti määritettyihin

Pilaritiedot	Radoitetiedot		Tunnusluvut				Yht.		
	Radoiteosa	Paino, kg	Työmen., h	kg/h	h/kg	€/kg		Tuotantotapa	
<b>Pääradoitevaihtoehdot</b>									
<b>P-1</b> Pilarikoko: 480 x 580 Pituus: 13,96 m Tilavuus: 4,1 m <sup>3</sup> Paino: 10,77 t	Hakar.	543,10					Osto	→	167,6
	Hakar.	543,10					Oma valmistainen	→	187,3
	Verkkor.	508,10					Osto	→	154,5
	Verkkor.	508,10					Oma valmistainen	→	185,8
	Kierrehakar.	452,81					Osto	→	150,9
	Kierrehakar.	452,81					Oma valmistainen	→	154,1
<b>Konsolinradoitevaihtoehdot</b>									
	Alkuperäinen	87,02					Oma valmistainen	→	29,6
	Halfen 1	71,90					Oma valmistainen	→	26,9
	Halfen 2	109,46					Oma valmistainen	→	41,9
	Valmis konsolikompi.	95,10					Oma valmistainen	→	41,7

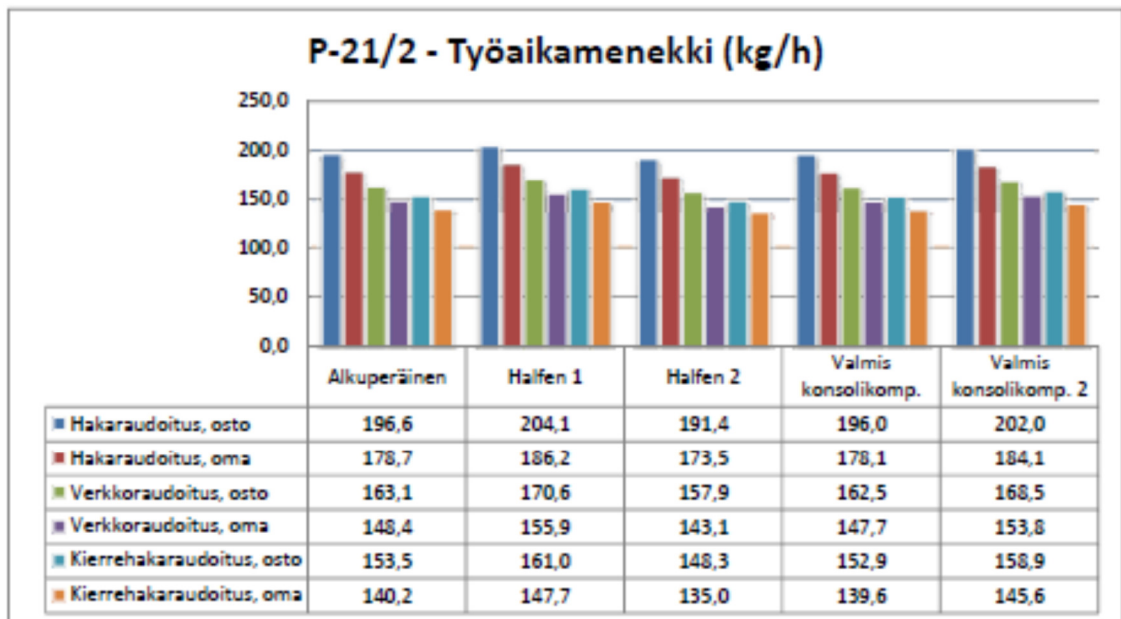
Kuva 7.7 Työaikamenekistä aiheutuvien kustannuksien laskelma taulukkomuodossa.

työaikamenekkeihin (h). Kunkin raudoiteosan kokonaiskustannus on laskettu vertailemalla laskennallisesti määritettyjä työaikamenekkejä, materiaalien yksikköhinta-arvoja sekä kokonaisraudoitemääriä, jota analysoidaan tarkemmin kapaleessa 7.3. Tulokset on esitetty taulukkomuodossa täydellisinä liitteessä 4 ja havainnollistavammassa kuvaajamuodossa liitteessä 7.

Etukäteen voi helposti olettaa, että työaikamenekkivertailuissa pärjäisivät pisimmälle vakioistetut raudoitteet yhdessä koneellisesti toteutettavien raudoitemallien kanssa. Esimerkiksi vakioraudoitteisien konsolikomponenttien olisi tarkoituksena muuttaa hieman nykyistä raudoitetyön järjestystä. Uudessa järjestyksessä koko pilarin raudoite rakennettaisiin nimenomaan konsoliosan raudoitteen ympärille kun taas tämän hetkisessä tavassa pilariraudoitetta rakennetaan hakojen sekä pitkittäisten pääterästen ympärille. Yhdessä raudoitetyönjärjestyksen muuntamisella ja uudella raudoitepenkki-investoinnilla saavutettaisiin nykyistä työystävällisemmät työskentelymenetelmät ja vakiokomponenteilla jopa jonkin verran taloudellisemmat työmenekit. Etukäteen on myös helppo olettaa, että kierrehakaraudoitteella olisi ylivoimainen etu työaikamenekkivertailussa johtuen pitkälle automatisoidusta hakaraudoitetyön tekevän laitteiston ansiosta.

Tuloksista voidaan kuitenkin huomata, että useassa mallipilarilaskelmassa paras työaikamenekki saavutettiin alkuperäisellä hakaraudoitteella ja uutena konsolinraudoiteratkaisuna ideoiduilla yksinkertaisemmalla Halfenin tyssätappiratkaisulla. Tämä vahvistaa edelleen käsitystä Halfenin potentiaalisuudesta yhdeksi uudeksi tehdasvalmisteisen teräsbetonipilarin konsolinraudoitevaihtoehdoksi. Toisaalta tämä myös todistaa sen, että nykyiset raudoiteratkaisumallit ovat niin pitkälle kehitettyjä ja työaikamenekin kannalta tehokkaita, että niille on lähes mahdotonta tai jopa kannattamatonta kehittää vaihtoehtoisia kokonaan nykyiset raudoitemallit korvaavia vaihtoehtoisia ratkaisuja.

Oheisessa kuvassa (kuva 7.8) on esitetty pilarin P-21/2 työaikamenekit eri raudoiteyhdistelmille. Kuvaajista voidaan havaita, että alkuperäisellä hakaraudoitteella on tämän pilarin kohdalla selvä yhteys hyvään työmenekkitulokseen. Parhaasta yhdistelmästä vastaa myös tämän laskelman kohdalla alkuperäinen hakaraudoite yhdessä Halfenin tyssätappiratkaisun kanssa.



Kuva 7.8 Mallipilarin P-21/2 työaikamenekit eri raudoiteyhdistelmille.

Yleisesti huonoiten hakaraudoiteratkaisuista pärjäsi jo materiaalimenekeissäkin heikosti pärjännyt verkkohakaraudoite. Yksi syy uusien raudoiteratkaisujen huonoon työaikamenekkimenestymiseen saattaa johtua vähäisistä käytännön kokemuksista. Työaikamenekkien yksikköarvot on jouduttu arvioimaan uusille raudoiteratkaisuille, koska kyseisiä raudoitemalleja on käytetty vähän tai tuskin koskaan todellisissa pilariraidoiteissa. Siksi työaikamenekkien kohdalla saat- taakin olla hieman varmalle puolelle eli menekkien kannalta huonommaksi arvi- oidut yksikköarvot, joiden perusteella lopulliset työmenekit on laskettu.

Esimerkiksi alkuperäisien hakaraudoitteiden työaikamenekit on mitattu ja tutkittu varsin tarkasti puhumattakaan vanhojen työtapojen omaksumista parantavana tekijänä työmenekkilaskennassa.

Laskennallisista työaikamenekkituloksista on kuitenkin erittäin vaikeaa havaita, minkä tyyppisissä pilareissa mikäkin raudoitemalli toimii parhaiten tai huonoiten. On kuitenkin selvää, että yksinkertaisissa sekä symmetrisissä pilariraidoiteissa

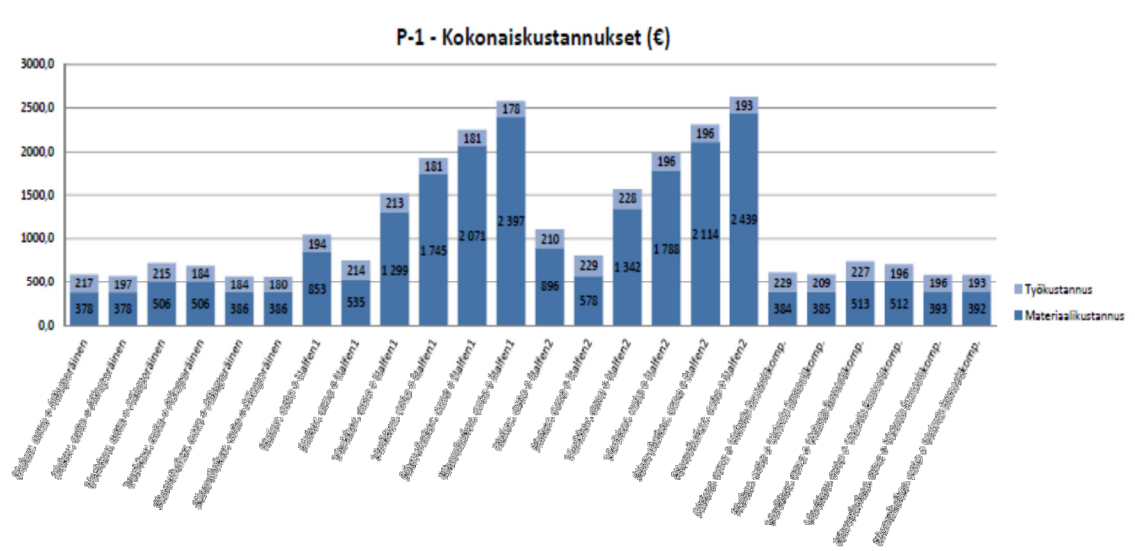


kannattaa työaikamenekkien perusteella käyttää edelleen normaalia haka-raudoitetta, mikä tulee ilmi esimerkkipilarien P-32/23, P-34, P-21/2 (kuva 7.8) ja P-1 työaikamenekkilaskelmien perusteella.

### 7.3 Kokonaiskustannukset

Pilariraudoitteiden kokonaiskustannukset on laskettu raudoitetyöstä ja materiaaleista aiheutuville kustannuksille. Työaikakustannuksien yksikköarvot (€/h) ovat tilaajan esittämiä karkeasti arvioituja kustannusarvoja. Materiaalikustannuksien yksikköhinnat ovat niin ikään tilaajan opinnäytetyön tueksi arvioimia yksikköhinta-arvoja. Halfenin tyssätapeille on käytetty niin sanottuja normaaleja taulukko-hintoja, joka näkyy selvästi kohonneina materiaalikustannuksina tyssätapillisissa raudoiteratkaisuissa esimerkiksi pilarin P-1 kokonaiskustannuksia esittävässä kuvassa 7.9. Kuvasta on havaittavissa, että nimenomaan materiaalikustannukset nostavat kokonaiskustannuksia merkittävästi.

Todellisuudessa tyssätappien kustannukset olisivat kuitenkin tässä opinnäytetyössä laskettuja kustannuksia pienemmät, koska yleisestikin yritysten väliset vuosisopimukset sekä suuret materiaalin tai tuotteen tilausmäärät pudottavat materiaalien yksikkökustannuksia normaaleista taulukkoarvoista reilusti.

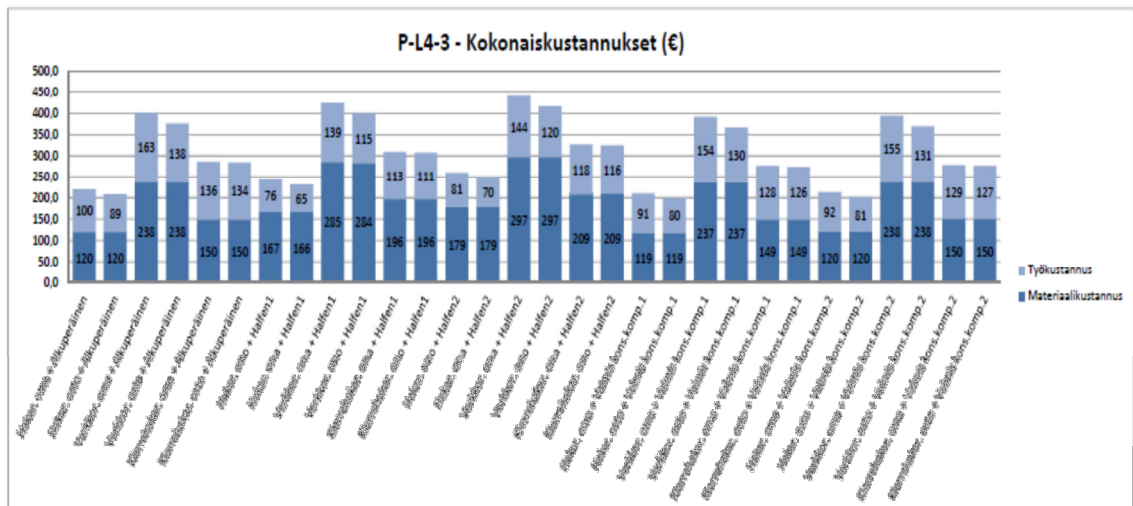


Kuva 7.9 Pilarin P-1 raudoiteyhdistelmien kokonaiskustannukset.

Muita raudoitteiden materiaalikustannuksiin vaikuttavia yhteistyökumppaneita ovat Pintos Oy, Anstar Oy sekä Semtu Oy. Materiaalikustannukset on esitetty tarkemmin taulukoituina liitteessä 3 ja työkustannukset liitteessä 4. Materiaalikustannukset on myös koottu havainnollistavampaan muotoon kuvaajiksi liitteessä 3.

Tarkasteltaessa kokonaiskustannuksia tarkemmin laskelmista erottuu selvästi halvin ja kallein raudoiteratkaisu. Sekä työ- että materiaalikustannuksien kohdalla edullisimmat ratkaisut löytyvät tämän opinnäytetyön perusteella yksinkertaisista harjateräsraudoitteista. Näitä yksinkertaisia harjateräsraudoitteita ovat pilareiden alkuperäisraudoitteet sekä valmiit konsolikomponenttiratkaisut. Nämä ratkaisut erottuvat edukseen varsinkin edullisimmissa ja yksinkertaisimmissa pilarimalleissa, joiden raudoitetyö- ja materiaalikustannukset jäävät lasketuissa kokonaiskustannuksissa selvästi alle 500 €.

Esimerkiksi yksinkertaisen pilarin P-L4/3 kokonaiskustannuslaskelmista voidaan havaita kuvassa 7.10, että harjaterästangoilla toteutetut konsolikomponenttiratkaisut ja alkuperäinen hakaraudoiteratkaisu muodostaa varsin kustannustehokkaan vaihtoehdon juuri materiaalikustannuksien ansiosta.



Kuva 7.10 Pilarin P-L4-3 raudoiteyhdistelmien kokonaiskustannukset.

Kaikkein suurimmat laskennalliset kustannukset aiheutuivat jokaisessa pilarin hintaluokassa verkkohakaraudoitteen ja tyssätapillisen konsolinraudoiteratkaisun yhteiskäytössä. Tämä näkyy myös pilarin P-L4/3 kustannuslaskelmissa kuvassa 7.10. Verkkohakaraudoitetta olisikin varmasti järkevintä miettiä ainoas-

taan osittaisena hakaraidoiteena eikä koko pilarin raidoiteena jolloin raidoiteratkaisun kustannukset kasvavat kannattamattomiksi niin työkustannuksien kuin materiaalikustannuksien perusteella.

Vaikkakin tyssätappiratkaisu näyttäisi olevan lähes jokaisessa mallipilariraidoiteen kustannuslaskelmassa perinteisiä menetelmiä hieman kalliimpi konsoliraidoiteratkaisu, se ei kuitenkaan ole missään nimessä poissuljettava vaihtoehtoinen raidoitemalliratkaisu.

On hyvä muistaa, että tyssätappiratkaisulle ei ole olemassa mitattuja aika-arvoja. Tyssätappiratkaisua ei myöskään ole käytetty vuosikymmeniä perinteisten menetelmien tapaan, jonka aikana on pystytty kehittämään ja omaksumaan uusia, nopeampia ja mielekkäämpiä raidoitetyötapoja. Lisäksi tässä opinnäytetyössä käytettiin tyssätappien materiaalikustannuksiin valmistajan taulukkohintarajoja, jotka nostavat tämän opinnäytetyön laskennallisia materiaalikustannuksia. Edellä esitetyt seikat tekevät siitä erittäin kilpailukykyisen raidoiteratkaisun myös laskennallisesti olettaen, että tyssätappiratkaisua voidaan ylipäättään käyttää hyväksytysti tehdasvalmisteisen teräsbetonipilarielementin konsoliraidoitemateriaalina.

Edellistä perustelua tukee myös se, että laskettujen kokonaiskustannusarvioiden perusteella yli 500 € kustannuksissa alkuperäisellä konsoliraidoitemenetelmällä ei saavuteta vielä merkittävää suuria kustannussäästöjä verrattuna tyssätappiratkaisuun.

Valmiilla konsolikomponenttiratkaisulla ei ainakaan tämän opinnäytetyön perusteella saavutettu toivottuja tuloksia. Tästä vaihtoehdosta uskottiin opinnäytetyön alkuvaiheessa olevan yksi todellinen raidoitemallivaihtoehto yksinkertaisiin ja vakiomallisiin raidoiteratkaisuihin. Vaikkakin vakioraidoitekomponenttiratkaisun käyttökustannukset pysyttelivät lähellä alkuperäisten raidoiteratkaisujen kustannuksia, konsolikomponenttiratkaisu vaatisi käyttöönotettuna huomattavan suuria laiteinvestointeja ja uusia raidoitetyömalleja sekä konsoliraidoiteiden varastointitilaa. Suuret ja radikaalit muutokset raidoitetyölle eivät välttämättä ole kannattavia, ellei työtapoja pystytä kehittämään alkuperäistä raidoitetyömallia tehokkaammaksi. Toisaalta tämä tulos tukee myös sitä tosiseikkaa, että ny-

kyiset raudoitemallit ovat ratkaisuiltaan niin kustannustehokkaita, ettei jo käytössä oleville ratkaisuille ole edes tarvetta kehittää radikaalisti erilaisia ja vaihtoehtoisia raudoiteratkaisuja.

## **8 Konsolinraudoite - laskelmaesimerkki**

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli, että yhdelle ideoidulle ja potentiaaliselle konsolinraudoiteratkaisulle muodostettaisiin mahdollisesti alustava vakiokonsoliraudoitelaskelma. Raudoitelaskelman etuna vakioraudoitteiden lisäksi on, että konsoliraudoitteen suunnittelija pystyy hyödyntämään valmiita taulukkoarvoja ja valitsemaan helposti ja nopeasti riittävän konsolinraudoitteen.

Huonona puolena mainittakoon kuitenkin, että laskelmat koskevat ainoastaan tavanomaisia kuormitustapauksia, joille vakioraudoitelaskelmat on yleensäkin laadittu. Lisäksi taulukkoarvojen perusteella raudoitteita saatetaan mitoittaa liiankin varmalle puolelle, joka ei välttämättä ole ainakaan lisääntyvien materiaalinenekkien ja raudoitetyömäärän kannalta taloudellista.

Tästä syystä tässä luvussa esitetään vaihtoehtoisesti Excel-taulukkolaskelma, joka on muodostettu tämän opinnäytetyön tueksi. Taulukkolaskelmaa on käytetty määrittäessä alkuperäisien raudoitteiden perusteella riittäviä raudoitemääriä vaihtoehtoisille konsolinraudoitteille. Taulukkolaskelma mahdollistaa tarkemman ja taloudellisemman konsolinraudoitetarkastelun, kuin vakioraudoitemallilaskelma. Lisäksi se on määritetty nykyisten eurokoodistandardien mukaisesti. Laskelmassa oletetaan, että konsolille aiheutuu ainoastaan pystysuuntainen voima  $F_d$  eikä ollenkaan ulkoisia vaakavoimia  $H_d$ . Tässä luvussa ei esitetä yksityiskohtaista eurokoodien mukaista konsolinmitoitusta.

### **8.1 Laskelma (Liite 6)**

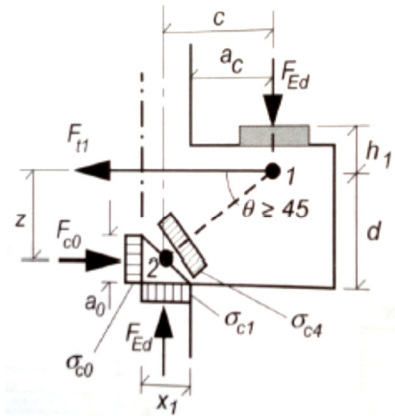
Esimerkkilaskelmassa on tutkittu mallipilarin P-21/2 poikkileikkauksen I - I alkuperäisen konsolinraudoitteen kapasiteettia sekä vaihtoehtoiselle Halfenin tyssä-tappiratkaisulle riittävää konsolinraudoitetta.

Laskelman lähtötietoja ovat kuvassa 8.1 esitetyt ulokkeen pituus ( $L=300$  mm), pilarin poikkileikkauksen mitat ( $b \times h=380 \times 580$  mm), kuormittavan kappaleen esimerkiksi palkin korotus esimerkiksi Neoprenilla ( $t=15$  mm), konsolin terästen betonipeite ( $c_{b,peite}=30$  mm), pystykuorman sijainti ulokkeella pilariosan laitaan nähden ( $a_c=150$  mm), materiaalitiedot (teräs/betoni) sekä alkuperäisien raudoitteikkappaleiden tiedot. Näiden lisäksi laskelma vaatii lähtötietoihin muutamia laskennan kannalta oleellisia parametreja kuten kansallisen parametrin ( $\alpha_{cc}=0,85$ ) sekä betonin ja teräksen materiaalin osavarmuuskerrointa ( $\gamma_c=1,35$ ,  $\gamma_s=1,1$ ).

KONSOLIN MITAT:		MATERIAALITIEDOT:	
* L =	300 mm	Betoni	C40/50
* b =	380 mm	Teräs	A500HW
* h =	580 mm		
* t =	15 mm (esim. neopren)	* $\gamma_c =$	1,35
* $c_{b,peite} =$	30 mm	* $\gamma_s =$	1,1
d =	534 mm	* $\alpha_{cc} =$	0,85
$h_1 =$	61 mm		* $a_c =$ 150 mm

Kuva 8.1 Laskelman lähtötiedot.

Tämän jälkeen laskelmaan voidaan kirjata kokeilemalla kuormatietoarvoja omien ja hyötykuormille (G ja Q) ilman osavarmuuskertoimia kohtaan *konsolin kuormat*. Kohdassa *konsolin nykyinen pääraudoite* oleva kapasiteettiarvo on oltava vähintään 100 % ja mielellään hieman enemmän. Tällöin tiedetään arvio alkuperäisen raudoitteen kapasiteetille. Edellä esitettyjen parametrien avulla laskelma laskee ristikkomallin avulla puristuslujuuden  $f_{cd1}$  solmussa 2, mitoituslujuuden  $f_{cd3}$  solmussa 1, solmun 2 vaakamitan  $x_1$ , solmuun 2 kohdistuvan momentin  $M_d$ , solmun 2 korkeusaseman  $a_0$  sekä solmuun 2 aiheutuvan puristusvoiman  $F_{c0}$  (kuva 8.2 ja 8.3). Kuormatietoja täydentäessä tulisi myös tarkistaa, että sivulla 2 esitetty lisähakojen määrä täyttyy (kuva 8.4).



Kuva 8.2 Ristikkomallikuva. (Leskelä 2005)

RISTIKKOMALLI:			
$f_{cd1} =$	18,0	N/mm <sup>2</sup>	Pur.lujuus solmussa 2
$f_{cd3} =$	14,8	N/mm <sup>2</sup>	Mit.lujuus solmussa 1
$x_1 =$	77,6	mm	Solmun 2 vaakamitta
$a_0 =$	30,0367	mm	Solmun 2 korkeus
$F_{c0} =$	205,2	kN	

→	$M_d =$	106,5	kNm
---	---------	-------	-----

Kuva 8.3 Ristikkomallin avulla saavutetut parametrit.

TARKISTETAAN LISÄHAKOJEN TARVE:			
$a_c < 0,5 * h$	→	KATSO KOHTA 1	
NYKYISET LISÄHAAT:			
$A_{s,ink} =$	201,0619	mm <sup>2</sup>	→ NYKYINEN RAUDOITE OK!
KOHTA 1			
<i>Konsoli varustetaan päävetoraudoituksen lisäksi vaakasuuntaisilla tai kaltevilla umpihaoilla, jotka täyttävät seuraavan ehdon:</i>			
$* k_1 =$	0,25	$A_{s,ink} \geq k_1 * A_{s,main} =$	167,35 mm <sup>2</sup>

Kuva 8.4 Lisähakojen laskenta.

Kun edellä esitetyt seikat on tarkistettu, voidaan sivuilla 4 – 5 syöttää vaihtoehdoisen konsoliraudoituksen teräkset. Ensin on syötettävä päävetoraudoituksen teräkset, jossa valitaan taulukon vieressä olevista kuvista halutut raudoitekappalet, raudoitteiden kappalemäärät ja poikkileikkaustiedot. Taulukko laskee automaattisesti valituille teräsmäärille kokonaisteräsmäärän. Samalla laskelma ilmoittaa, mikäli raudoitetta tulee lisätä tai vaadittu minimiraudoitus täyttyy (kuva 8.5).

**Lisähakojen laskenta:**

*Raudoite	*Lkm.	*Ø	A <sub>s,main</sub>
U	3	10	471,2389
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0

Σ A<sub>s,ink</sub> = 471,2389 mm<sup>2</sup>

→

Lisähaat ok!

**Päävetoraudoitteen laskenta:**

*Raudoite	*Lkm.	*Ø	A <sub>s,main</sub>
U	4	10	628,3185
HSC-HD	3	20	942,4778
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0

Σ A<sub>s,main</sub> = 1570,796 mm<sup>2</sup>

→

Raudoite ok!

**Kuva 8.5 Päävetoraudoitteen ja lisähakojen laskenta-alusta.**

Kun päävetoraudoite on riittävä, valitaan lisähaoille niin ikään halutut raudoitteet. Myös tässä kohtaa taulukko laskee vaaditun teräsmäärän ja ilmoittaa kun teräsmäärä ylittää minimivaatimuksen. Sivu 5 on tarkoitettu lähinnä alustavaa raudoiteluettelo varten, joka edellyttää yksittäisten terästen pituuksien käsityötön taulukkoon. Taulukko laskee sivun loppuun kokonaisteräsmäärän painon m (kg) ja tilavuuden V (m<sup>3</sup>).

## 8.2 Taulukon käytöstä

Taulukon avulla pystytään helposti määrittämään vaihtoehtoiset raudoittemäärät erikokoisille konsoleille. Sen avulla on myös helppo tarkistaa kertaalleen raudoitettujen yksinkertaisien konsolien kapasiteettiarvoja.

Konsolin raudoitelaskelmaa ei ole tätä tekstiä kirjoitettaessa todettu virallisesti käyttökelpoiseksi konsolinraudoitelaskentaan. Näin ollen laskelman käyttöä ei tulisi käyttää todellisissa rakennelaskelmissa. Opinnäytetyön ja esimerkkilaskelman laatija ei ota vastuuta esimerkissä esitettyjen raudoitteiden toimivuudesta ja taulukoissa esitettyjen kapasiteettien riittävydestä.

## 9 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää uusia vaihtoehtoisia raudoiteratkaisuja yksinkertaistamaan ja helpottamaan tehdasvalmisteisten teräsbetonipilarielementtien tuotantoa ja valmistusta. Tarkoituksena oli myös ideoida uusia toteutuskelpoisia ja myöhemmin pidemmälle kehitettäviä raudoiteratkaisuja.

Opinnäytetyössä keskityttiin neliö- ja suorakaidepilareihin sekä niihin tuotantovaiheessa liitettäviin betoni- ja piilokonsoleihin. Opinnäytetyössä kartoitettiin nykytilannetta perehtyen käytössä oleviin ohjeisiin, määräyksiin ja standardeihin sekä perinteisiin jo käytössä oleviin raudoitemenetelmiin. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin myös teräsbetonipilarin toiminnallinen tarkoitus, pilarin osat ja niihin liittyviä komponentteja.

Opinnäytetyön varsinainen tutkintaosuus suoritettiin aikaisemmin todellisissa rakennuskohteissa toteutuneiden pilarisuunnitelmien pohjalle. Nämä niin sanotut mallipilarit valittiin yhdessä tilaajan kanssa. Etukäteen ideoiduista raudoiteratkaisuista valitut potentiaaliset raudoitteet muutettiin mallipilarien raudoitteiksi eurokoodien mukaisesti. Potentiaalisia ja alkuperäisiä raudoiteratkaisuja tutkittiin ja vertailtiin keskenään niin materiaalimäärien, -kustannuksien, työaika-menekkien, -työaikakustannuksien kuin kokonaiskustannuksien avulla.

Opinnäytetyön avulla saatiin selvitettyä vaihtoehtoisista raudoiteratkaisuista taloudellisimmat ja potentiaaliset raudoitemenetelmät. Työn avulla saatiin selvitettyä toisaalta myös kustannuksien ja materiaalimenekkien perusteella kannattamattomimmat raudoiteratkaisut. Opinnäytetyön perusteella pystyttiin toisaalta myös toteamaan vaihtoehtoisien raudoiteratkaisujen tämänhetkinen todellinen tarve.



## 10 Pohdinta

Opinnäytetyössä ei kehitetty tai ideoitu mullistavia ja täysin uusia raudoiteratkaisuja. Työn avulla pystyttiin kuitenkin antamaan joillekin pitkään haudutetuille vaihtoehtoisille raudoiteratkaisuille mahdollisuus menestyä ja tulla valituksi edelleen kehitettäviin raudoitemallivaihtoehtoihin. Vaikkakaan materiaalien yksikköhinta-arvot eivät välttämättä kaikkien vaihtoehtoisien raudoiteratkaisujen työaikamenekkien arviot olleet aivan totuudenmukaisia, laskelmilla pystyttiin osoittamaan varsin hyviä tuloksia ja perusteluja nykyisten vaihtoehtoisien raudoiteratkaisujen tarpeelle.

Laskelmilla pystyttiin osoittamaan, että nykyiset raudoitemenetelmät ovat niin kustannustehokkaita ja työmenetelmiltään pitkälle kehitettyjä yksinkertaisia tapoja, ettei vaihtoehtoisille ja täysin uusille raudoitemenetelmille ole välttämättä edes tarvetta. Jos muutoksilla ja päivityksillä kuitenkin halutaan saada nykyisiä tuotannon kokonaiskustannuksia selvästi pienennettyä, toimenpiteet vaatisivat vähintäänkin radikaaleja muutoksia työtapoihin sekä suuria investointeja uusiin työkoneisiin.

On kuitenkin selvää, että opinnäytetyö perustelee laskelmin hyvin sen, että etukäteen konkreettiseen ja olemassa olevaan ongelmaan mietitty raudoiteratkaisu pärjäsi vertailussa muita vaihtoehtoisia raudoiteratkaisuja keskimääräistä paremmin.

Vaikkakin alkuperäinen raudoiteratkaisu pärjäsi vertailussa jokaisella osalla alueella kiitettävästi, uusia ja myös tässä opinnäytetyössä esitettyjä raudoiteratkaisuja tarvitaan tulevaisuudessa ja niitä tulisi edelleen pohtia ja tutkia. Tämän opinnäytetyön perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että parhaaseen lopputulokseen päädytään, kun uusia vaihtoehtoisia raudoiteratkaisuja mietitään nimenomaan jonkin olemassa olevan ongelman ratkaisemiseksi.

Edellä esitetyllä perusteella voidaankin sanoa, että tietyntyyppisissä pilareissa ja ongelmatilanteissa kaikki tässä opinnäytetyössä tarkemman tutkinnan alle valitut raudoitevaihtoehdot olisivat omilla vahvuuksillaan tietyissä tilanteissa se potentiaalisin raudoitevaihtoehto.

## Kuvat

- Kuva 2.1 Tehdashalli palotilanteen jälkeen. YLE Pohjois-karjala 2009, s. 8
- Kuva 2.2 Perinteinen (vas.) ja välipohjan korkeuteen sisältyvä betonikonsoli (oik.) (Van Acker, A. 1998), s. 11
- Kuva 2.3 Konsolin murtumismekanismit. (Leskelä, M. 2005), s.12
- Kuva 2.4 Konsolinraudoitteet, s. 13
- Kuva 2.5 Esimerkki teräksinen AEP-konsoli. (Anstar 1), s. 13
- Kuva 2.6a. APK-pilarikengät (vas.) (Anstar 2.), s. 14
- Kuva 2.6b. Teräksinen nosturiuloke. (oik.) (Elementtisuunnittelu.fi b.), s.14
- Kuva 2.7a. Yksi tapa putkikenkäliitokselle. (Van Acker, A. 1998), s. 15
- Kuva 2.7b. Pilarin holkkiliitos. (Van Acker, A. 1998), s. 15
- Kuva 2.8a. Perinteinen nostolenkki (vas.), s. 16
- Kuva 2.8b. Halfenin DEHA-ankkurijärjestelmä (oik.), s. 16
- Kuva 2.9a. Pääterästen asennusvaihe (vas.), s.18
- Kuva 2.9b. Työläs pilarin pään raudoite (oik.), s.18
- Kuva 2.10a. Raskas pilarin alapään raudoite (vas.), s. 19
- Kuva 2.10b. Muotin sisälle asetettu valmis pilarin raudoite (oik.), s. 19
- Kuva 3.1a. Irtohakaraudoite (vas.), s. 26.
- Kuva 3.1b. Kierrehaka (oik.) (Pintos.fi 2011), s. 26.
- Kuva 3.2a. Pilarin konsoli ja palkin asennuspultti (vas.), s. 27
- Kuva 3.2b. Pilarin pään raudoite (oik.), s. 27
- Kuva 3.3a. HALFEN HSC –konsolinraudoite (vas.) (Halfen.fi 2011), s. 28
- Kuva 3.3b. Useita konsoleita samassa pilarin poikkileikkauksessa (oik.), s. 28
- Kuva 3.4a. Ahdas konsolinraudoite (vas.), s. 29
- Kuva 3.4b. Jännitetty betonikonsoli (oik.) (Peem Ltd.), s. 29
- Kuva 3.5a. Raudoitepukit (vas.), s. 31
- Kuva 3.5b. 3D-raudoitekuva (oik.) (HRC), s. 31
- Kuva 4.1. Hattukomponentti erikseen (vas.) sekä yhdistettynä pitkittäisiin pääteräksiin (oik.), s. 33
- Kuva 4.2. Verkkohakaraudoite yhdistettynä pitkittäisiin pääteräksiin, s. 34
- Kuva 4.3. Koneellisesti tuotettu kierrehakaraudoite (CPI 4/2010.), s. 34
- Kuva 4.4. Halfenin jälkikäteen asennettava HSC-konsolijärjestelmä (Halfen.fi a.), s. 36
- Kuva 4.5. Raudoitekomponentti (Elementtisuunnittelu.fi c.), s.37
- Kuva 6.1. Betoni – Materiaalin hintavertailu, s. 41
- Kuva 7.1. Havainnekuva liitteen 2 materiaalmäärä ja -kustannukset –taulukosta, s.40
- Kuva 7.2. Mallipilarin P-34 poikkileikkaus K-K, s. 41
- Kuva 7.3a. Halfen-tyssätappiratkaisu 1 (vas.), s. 45
- Kuva 7.3b. Halfen-tyssätappiratkaisu 2 (oik.), s. 45
- Kuva 7.4. Anstarin teräksisen piilokonsolin raudoitus ja lisähaat pilarissa. (Anstar 3.), s. 46
- Kuva 7.5. Pilarin P-1 materiaalmäärät eri raudoiteyhdistelmille, s. 47
- Kuva 7.6. Pilarin P-54 materiaalmäärät eri raudoiteyhdistelmille, s. 48
- Kuva 7.7. Työaikamenekistä aiheutuvien kustannuksien laskelma taulukko-muodossa, s. 48
- Kuva 7.8. Mallipilarin P-21/2 työaikamenekit eri raudoiteyhdistelmille, s.50
- Kuva 7.9. Pilarin P-1 raudoiteyhdistelmien kokonaiskustannukset, s. 51

- Kuva 7.10 Pilarin P-L4-3 raudoiteyhdistelmien kokonaiskustannukset, s.52  
Kuva 8.1 Laskelman lähtötiedot, s. 55  
Kuva 8.2 Ristikkomallikuva. (Leskelä, M. 2005), s. 56  
Kuva 8.3 Ristikkomallin avulla saavutetut parametrit, s. 56  
Kuva 8.4 Lisähakojen laskenta, s. 56  
Kuva 8.5 Päävetoraudoitteen ja lisähakojen laskenta-alusta, s. 57

## Lähteet

Anstar 1.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/picture/22555/image054.jpg?Width=700&Height=700>. Luettu 5.6.2011

Anstar 2. <http://www.anstar.fi/pdf/kenkaesite.pdf>. Luettu 10.8.2011

Anstar 3. <http://www.anstar.fi/pdf/AEP2010.pdf>. Luettu 12.8.2011

B1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1998. Rakenteiden varmuus ja kuormitukset, määräykset.

B2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1990. Kantavat rakenteet, määräykset.

B4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2005. Betonirakenteet, muutos.

B4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2005. Betonirakenteet, ohjeet.

Betoninormit 2004, by 50. Jyväskylä: Suomen Betonitieto Oy.

Betonitekniikan oppikirja 2004, by 201. Jyväskylä: Suomen Betoniyhdistys r.y.

CPI – Concrete Plant International 4/2010

Elementtisuunnittelu.fi a.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/betonilujuudet>. Luettu 18.7.2011.

Elementtisuunnittelu.fi b.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/picture/22557/image058.jpg?Width=225&Height=400>. Luettu 18.7.2011.

Elementtisuunnittelu.fi c.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22756/Ter%c3%a4sbetonikonsolit.pdf>

Elementtisuunnittelu.fi d.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/normit-ja-standardit/entuotestandardit-ja-cemerkinta>. Luettu 18.8.2011.

*Eurokoodi Help Desk. www.eurocodes.fi. Luettu 20.6.2011.*

Halfen.fi a.

[http://www.halfen.fi/d/31\\_8884/de/media/catalogues/reinforcementsystems/hsc-e.pdf](http://www.halfen.fi/d/31_8884/de/media/catalogues/reinforcementsystems/hsc-e.pdf). Luettu 5.4.2011.

Halfen.fi b.[http://www.halfen.fi/t/31\\_8880.html](http://www.halfen.fi/t/31_8880.html). Luettu 6.4.2011.

HRC, Headed Reinforcement Corp. <http://www.hrc-usa.com/images/appsHRC/corbels-cantilevers.gif> . Luettu 8.8.2011.

Leskelä, M. 2005. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus, by 210. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Peem Ltd. <http://www.peem.cz/kompletni-system-zesileni-zelezobetonovych-konstrukci-stavajicich-hal-s-vestavenymi-jerabovymi-drahami>. Luettu 6.4.2011.

Pintos.fi 2011. <http://www.pintos.fi/tuotteet/kierrehaat>. Luettu 8.8.2011.

SFS-EN 1992-1-1. Suomenkielinen käännös 2007. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu.

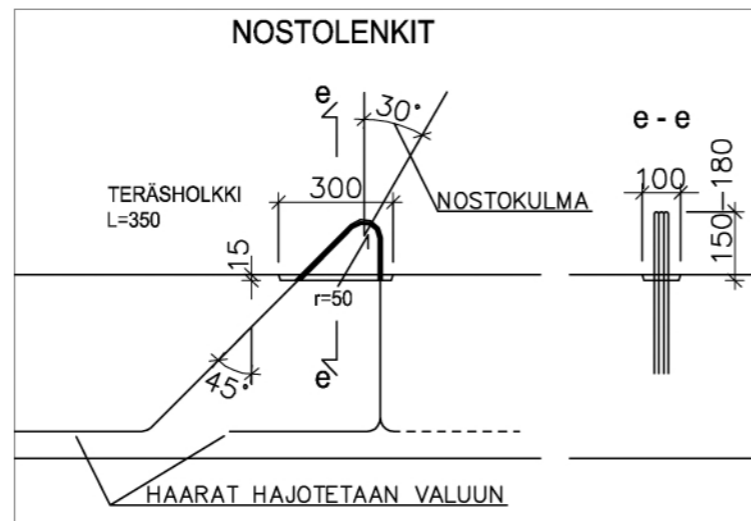
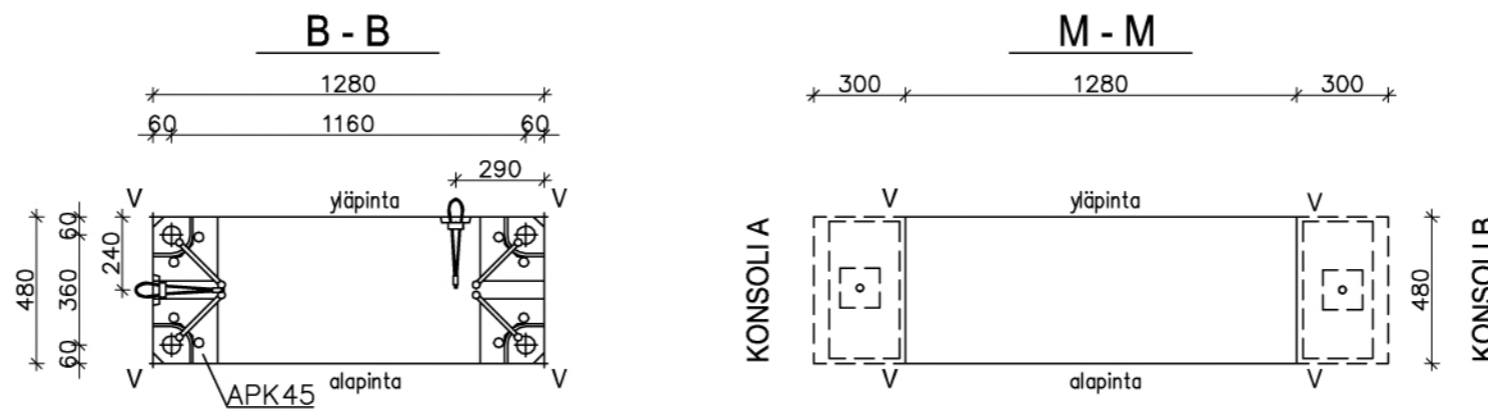
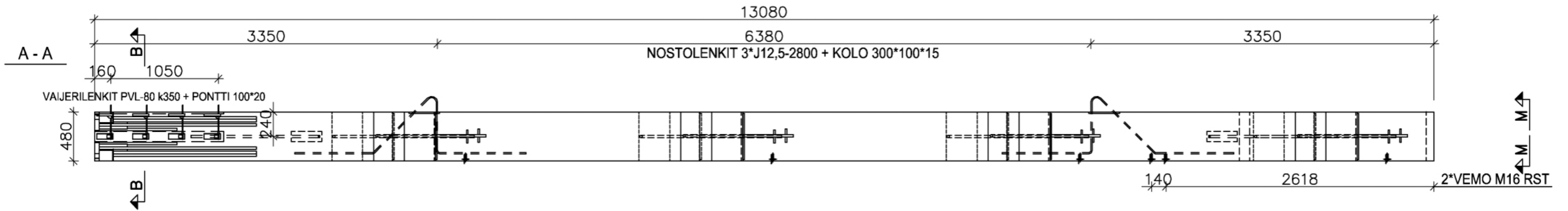
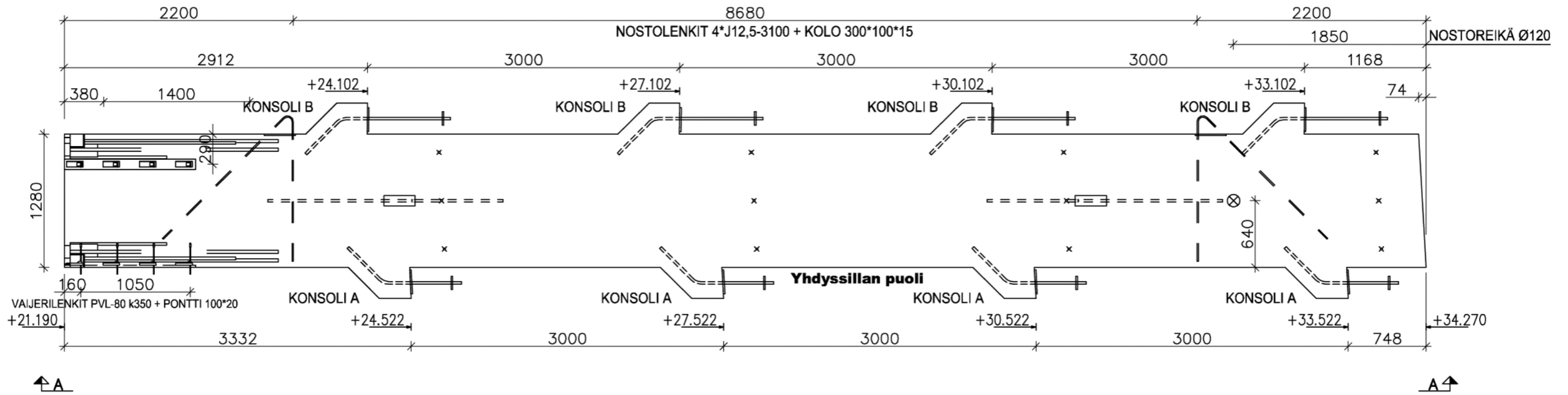
Suunnitteluohje EC 2 osat 1-1 ja 1-2, by 60. Alustava 2. korjattu painos, syyskuu 2008. Suomen Betoniyhdistys r.y.

Van Acker, A. 1998. FIP Planning and design handbook on precast building structures. London: SETO Ltd.

VTT 2011. [http://www.vttexpertservices.fi/news/062011\\_rakennustuote\\_cemerkki\\_rakennustuoteasetus.jsp](http://www.vttexpertservices.fi/news/062011_rakennustuote_cemerkki_rakennustuoteasetus.jsp). Luettu 8.8.2011.

YLE Pohjois-Karjala 2009.

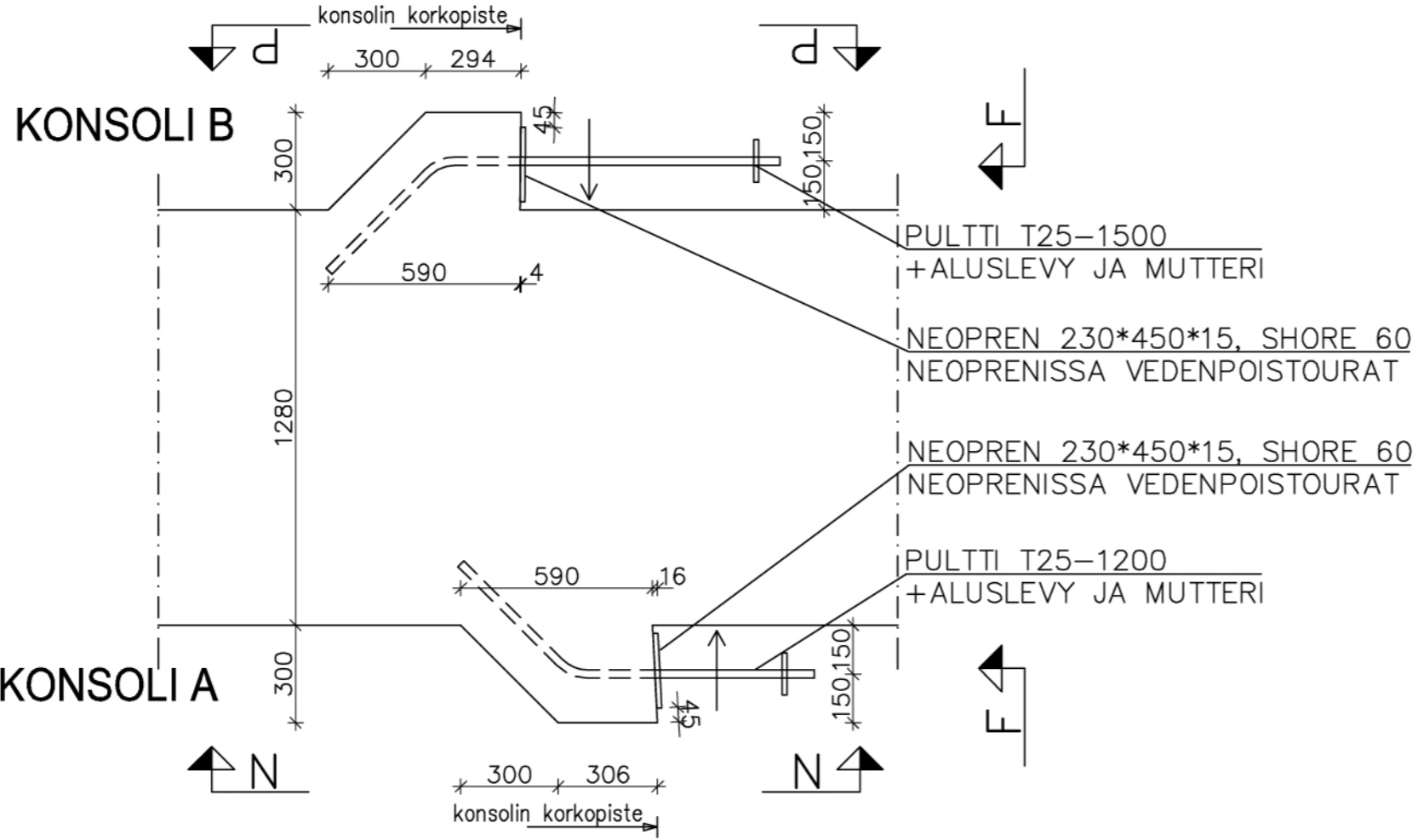
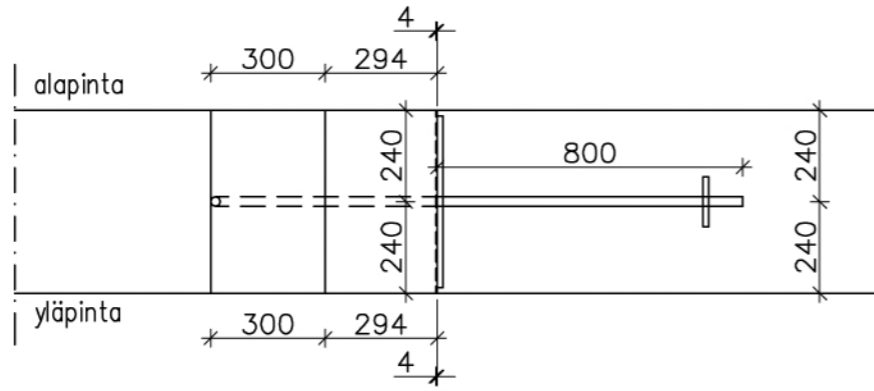
[http://yle.fi/alueet/pohjoiskarjala/2009/06/nurmisen\\_suuri\\_varastohalli\\_palanut\\_niiralassa\\_825641.html](http://yle.fi/alueet/pohjoiskarjala/2009/06/nurmisen_suuri_varastohalli_palanut_niiralassa_825641.html). Luettu 23.9.2011.



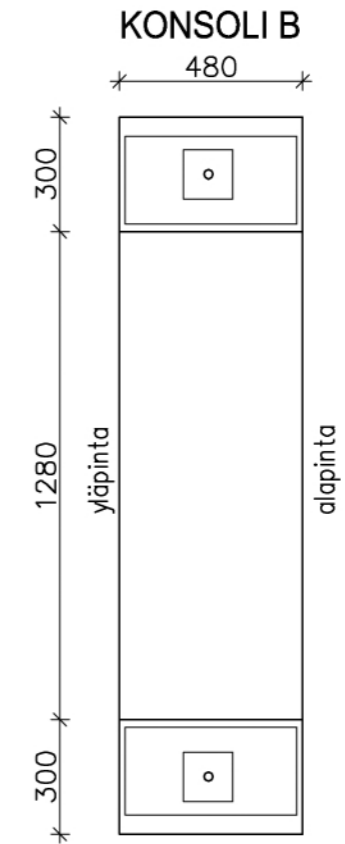
BETONI K50-1, TERÄS: T=A500HW, KÄYTTÖKATAVOITE 50VUOTTA  
 RASITUSLUOKKA XC3,4-XF2-XD1, BETONIPEITTEEN NIMELLISARVO 35mm  
 KONSOLIT XC3,4-XF1, BETONIPEITTEEN NIMELLISARVO 25 mm  
 VALMISTUSTOLERANSSIT: BETONIELEMENTTIEN TOLERANSSIT 2003, LUOKKA N  
 VIISTEET 15x15mm JOKAISEEN KULMAAN  
 BETONIPINNAN LAATULUOKKA A (by 40), VALUN YLÄPINTA TERÄSHIERTO  
 ELEMENTTIEN KÄSITTELY:  
 BETONIN LUJUUDEN OLTAVA VÄHINTÄÄN:  
 -MUOTTEJA PURETTAESSA 20MPa  
 -ELEMENTTIÄ SIIRRETTÄESSÄ TEHTAALLA 35MPa  
 -ELEMENTTIÄ KULJETETTAESSA 40MPa  
 ELEMENTTIÄ SAA NOSTAA VAIN NOSTOLENKKIEN KOHDALTA, NOSTOKULMA <30°  
 MUOTISTA NOSTO TAPAHTUU SUORANA NOSTONA  
 KULJETUS JA VARASTOINTI VAAKASUORASSA  
 ELEMENTIN SIJAINTI KATSO TASOPIIRUSTUS RAK

Muutos	Tekijä	Muutoksen sisältö	Päiväys
<b>RAKENNEPIIRUSTUS</b>			
Työn nimi			
Elementtitunnus	<b>P34</b>	MK	
Valmistetaan: kpl	1	EI MK:SSA	
Pinta-ala:	17,8 m <sup>2</sup>	Tilavuus:	8,5 m <sup>3</sup>
Paino:	221,6 kN		
			Suun.
Pvm.			
Suunn	Työn No	Piir. No.	Sivu
<b>RAK</b>		<b>P34</b>	1

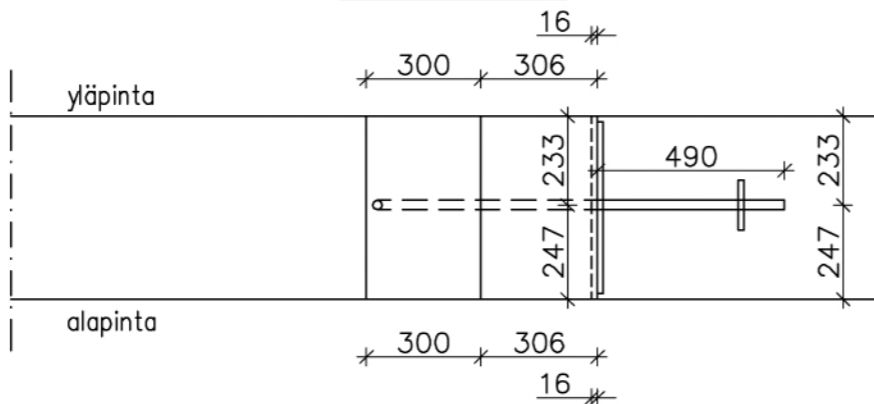
### P - P



### F - F

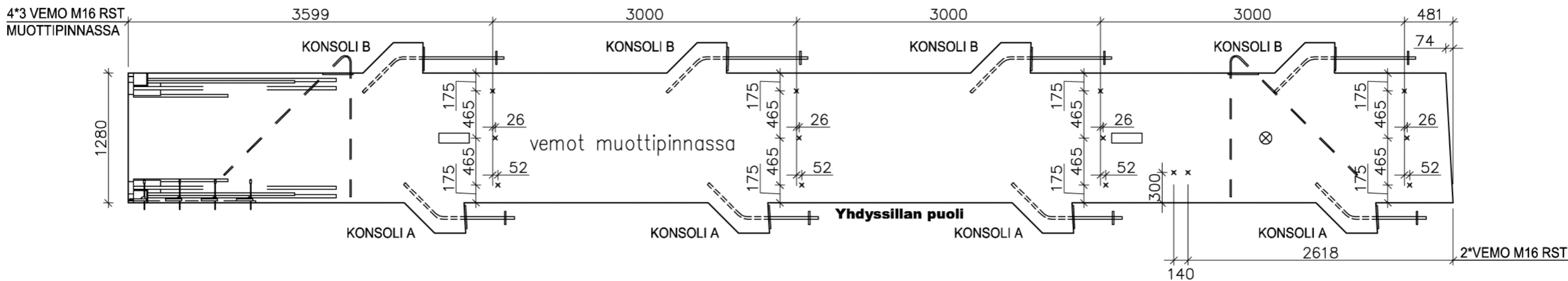


### N - N



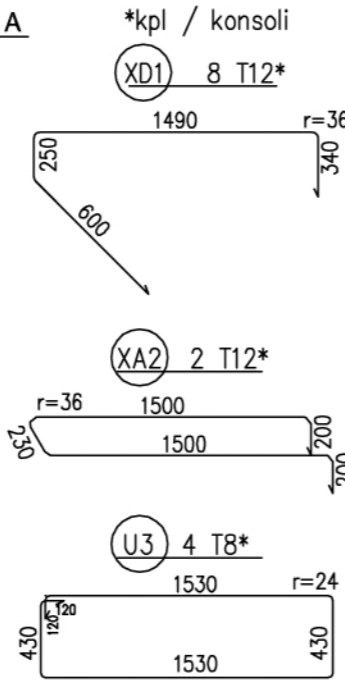
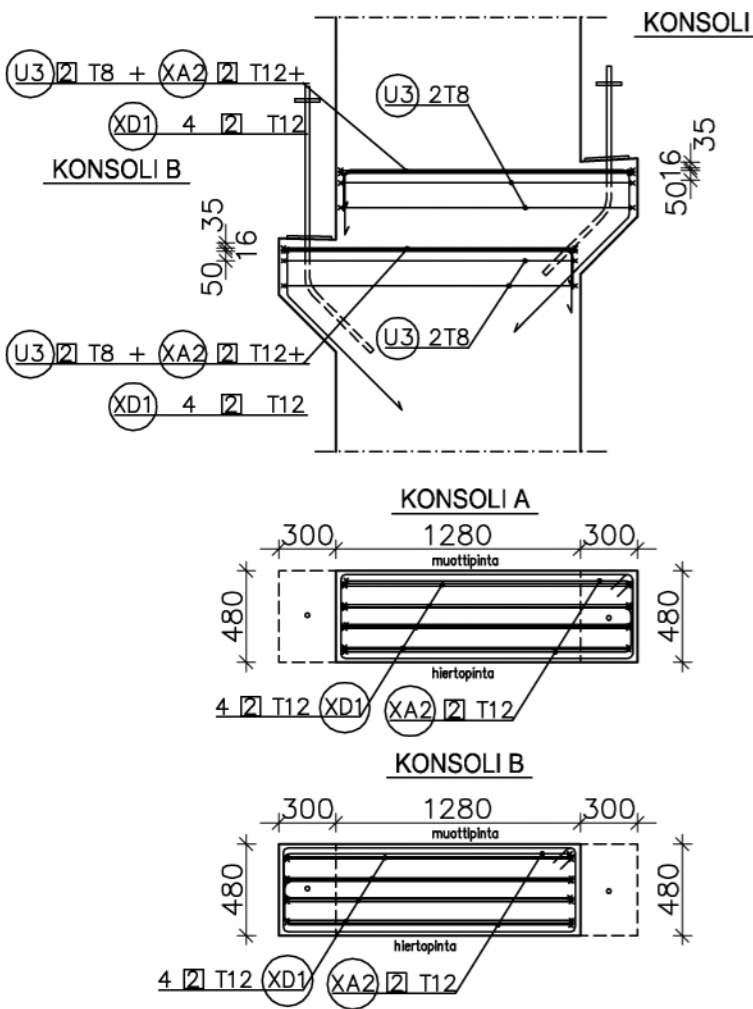
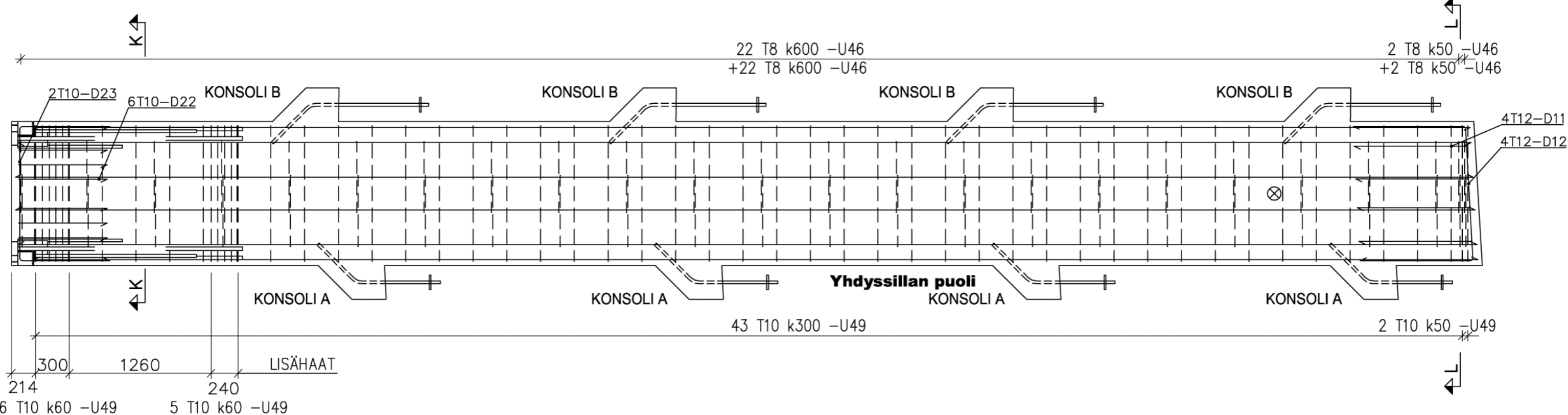
### KONSOLI A

Muutos	Tekijä	Muutoksen sisältö	Päiväys
<b>RAKENNEPIIRUSTUS</b>			
Työn nimi			
Elementtitunnus	<b>P34</b>		MK
Valmistetaan: kpl	1		EI MK:SSA
			Suun.
Pvm.			
Suunn	Työn No	Piir. No.	Sivu
<b>RAK</b>		<b>P34</b>	<b>2</b>



Muutos	Tekijä	Muutoksen sisältö	Päiväys
<b>RAKENNEPIIRUSTUS</b>			
Työn nimi			
SIVONNIN KAUPPAKESKUS, LUKKO 31			
Elementtitunnus	P34		MK
Valmistetaan: kpl	1		EI MK:SSA
Suunn.			Suun.
Pvm.			
Suunn	Työn No	Piir. No.	Sivu
RAK	00000	P34	3



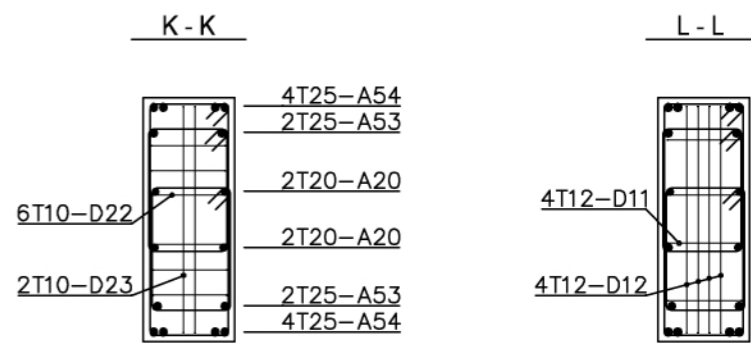


**TARVIKELUETTELO**

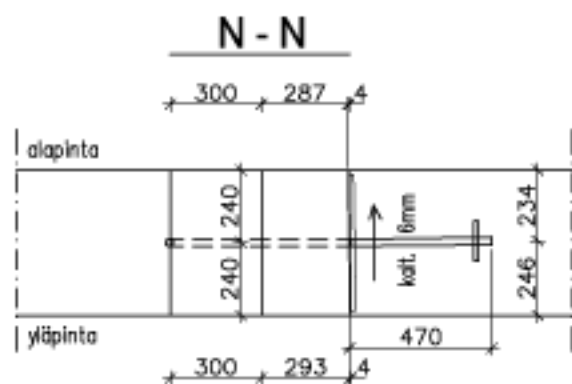
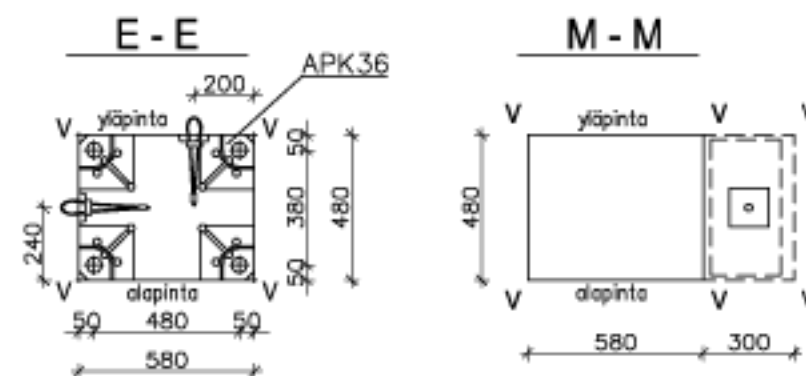
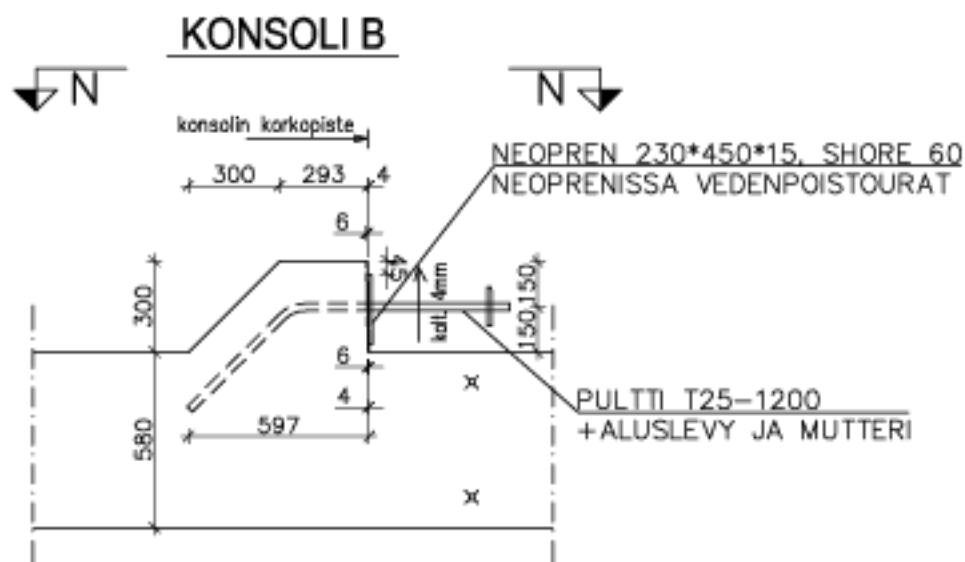
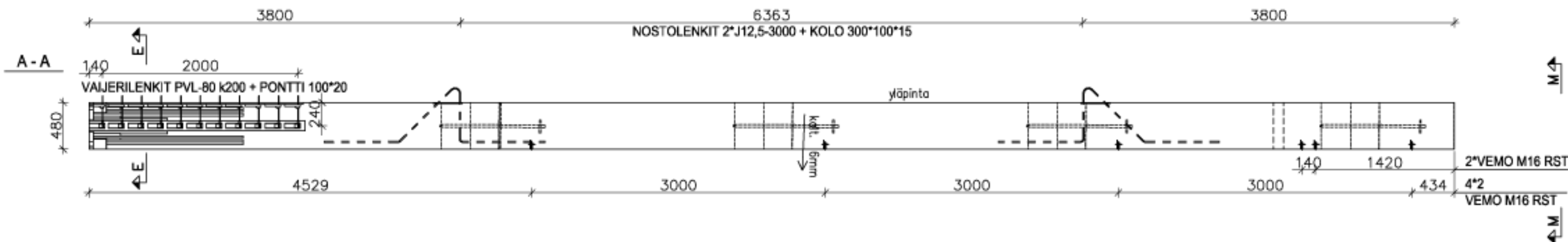
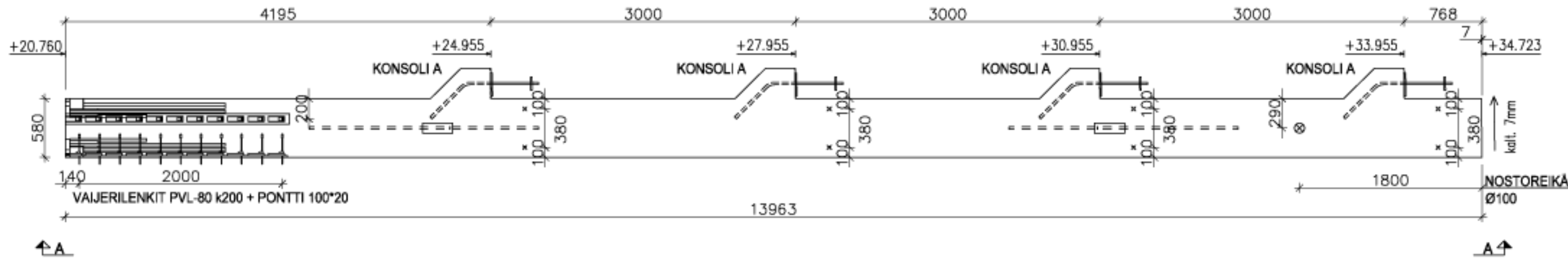
Valuysikkö	Lkm	Pääosan materiaali	HUOM.
P34	1	K50-1	
Tarvikkeet:			
APK45	4	S355J2G3	
NEOPREN 230*450*15	8	Neoprene	VESIURA, SHORE 60
NL 3*J12,5-2800	2	1630/1860	
NL 4*J12,5-3100	2	1630/1860	
PULTTI T25-1200	4	A500HW	KUUMASINKITTY
PULTTI T25-1500	4	A500HW	KUUMASINKITTY
VEMO M16	14	AISI304	
VAIJERILENKKI PVL-80	8	S235JR	

**Raudoitteet:**

Tyy	Pos	Lkm	Laatu	Koko	L	a	b	c	d	D
A	20	4	A500HW	20	12980					
A	53	4	A500HW	25	12980					
A	54	8	A500HW	25	12845					
D	11	4	A500HW	12		1000	394	1000		60
D	12	4	A500HW	12		1000	1194	1000		60
D	22	6	A500HW	10		800	394	800		40
D	23	2	A500HW	10		800	1194	800		40
U	3	32	A500HW	8		120	1530	430		24
U	46	48	A500HW	8		120	640	410		32
U	49	56	A500HW	10		120	1210	410		40
XA	2	16	A500HW	12		200	1500	230		36
XD	1	64	A500HW	12		340	1490	250	600	32

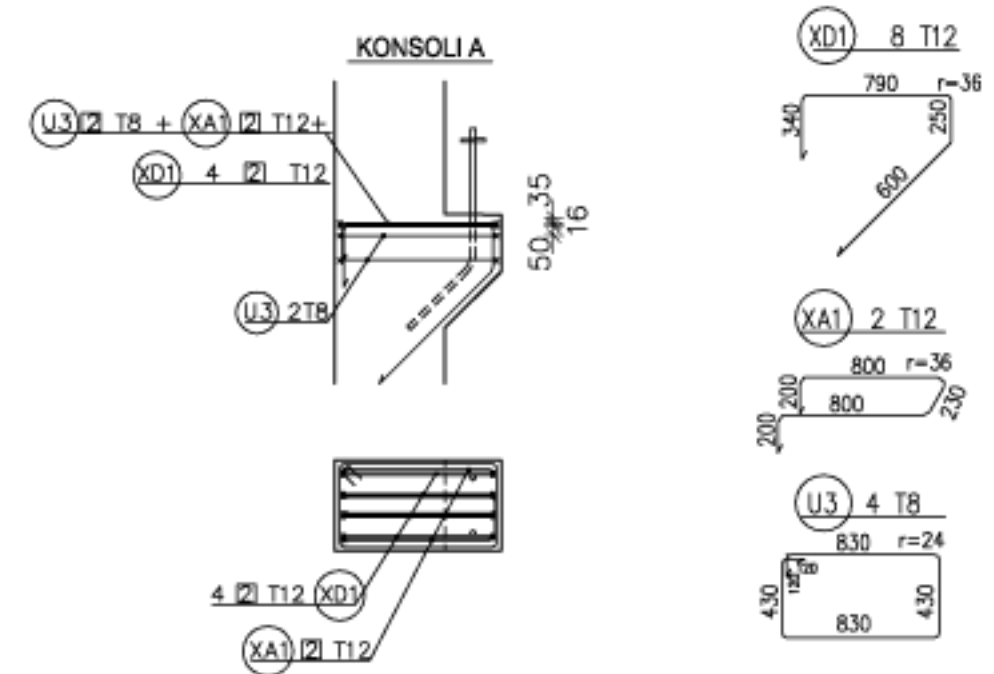
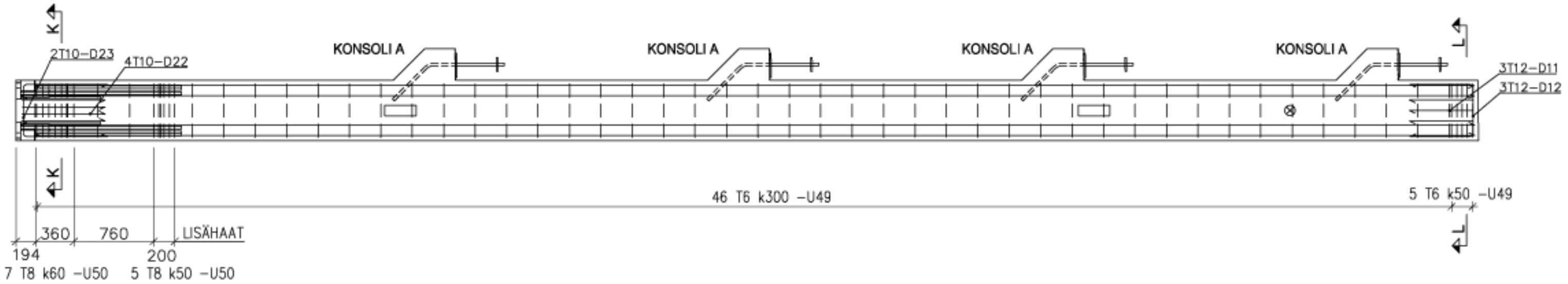


Muutos	Tekijä	Muutoksen sisältö	Päiväys
<b>RAKENNEPIIRUSTUS</b>			
Työn nimi			
Elementtitunnus	<b>P34</b>		MK
Valmistetaan: kpl	1		EI MK:SSA
Suun.			
Pvm.			
Suunn	Työn No	Piir. No.	Sivu
<b>RAK</b>		<b>P34</b>	4



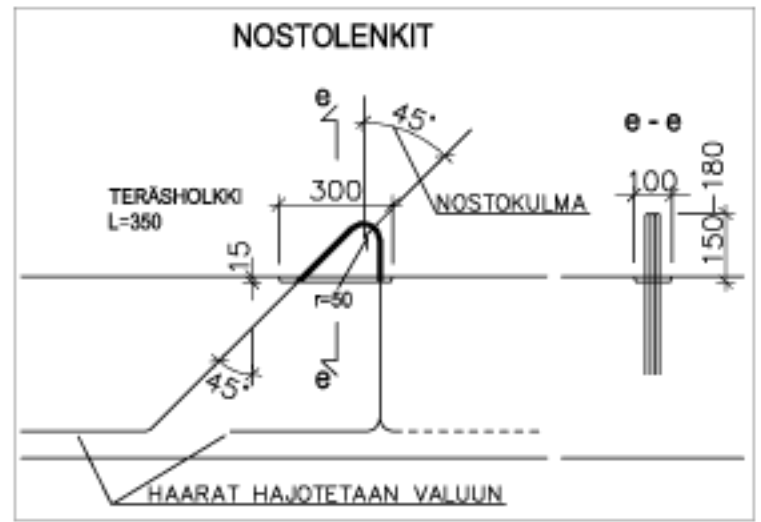
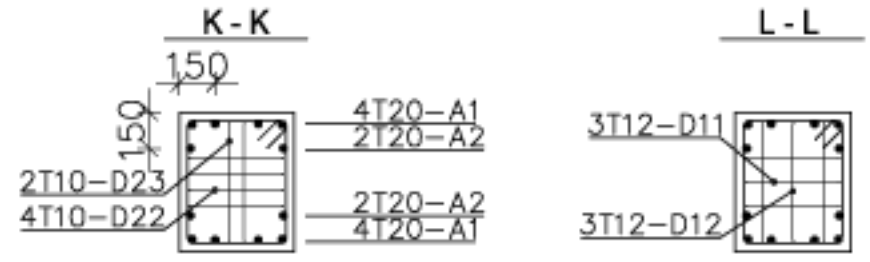
PALOLUOKKA R60  
 BETONI K60-1, TERÄS: T=A500HW, KÄYTTÖIKATAVOITE 50VUOTTA  
 RASITUSLUOKKA XC3,4-XF2-XD1, BETONIPEITTEEN NIMELLISARVO 35mm  
 KONSOLIT XC3,4-XF1, BETONIPEITTEEN NIMELLISARVO 25mm  
 VALMISTUSTOLERANSSIT: BETONIELEMENTTIEN TOLERANSSIT 2003, LUOKKA N  
 VIISTEET 15x15mm JOKAISEEN KULMAAN  
 BETONIPINNAN LAATULUOKKA A (by 40), VALUN YLÄPINTA TERÄSHIERTO  
 ELEMENTTIEN KÄSITTELY:  
 BETONIN LUJUUDEN OLTAVA VÄHINTÄÄN:  
 -MUOTTEJA PURETTAESSA 20MPa  
 -ELEMENTTIÄ SIIRRETTÄESSÄ TEHTAALLA 35MPa  
 -ELEMENTTIÄ KULJETETTAESSA 40MPa  
 ELEMENTTIÄ SAA NOSTAA VAIN NOSTOLENKKIEN KOHDALTA, NOSTOKULMA <30°  
 MUOTISTA NOSTO TAPAHTUU SUORANA NOSTONA  
 KULJETUS JA VARASTOINTI VAAKASUORASSA  
 ELEMENTIN SIJAINTI KATSO TASOPIIRUSTUS RAK

Muutos	Tekijä	Muutoksen sisältö	Päiväys
<b>RAKENNEPIIRUSTUS</b>			
Työn nimi			
Elementtitunnus	<b>P1</b>	MK	
Valmistetaan: kpl	1	EI MK:SSA	
Pinta-ala:	8,6 m <sup>2</sup>	Tilavuus:	4,1 m <sup>3</sup>
Paino:	107,7 kN		
Suun.			
Pvm.			
Suunn	Työn No	Piir. No.	Sivu
<b>RAK</b>		<b>P1</b>	1



**TARVIKELUETTELO**

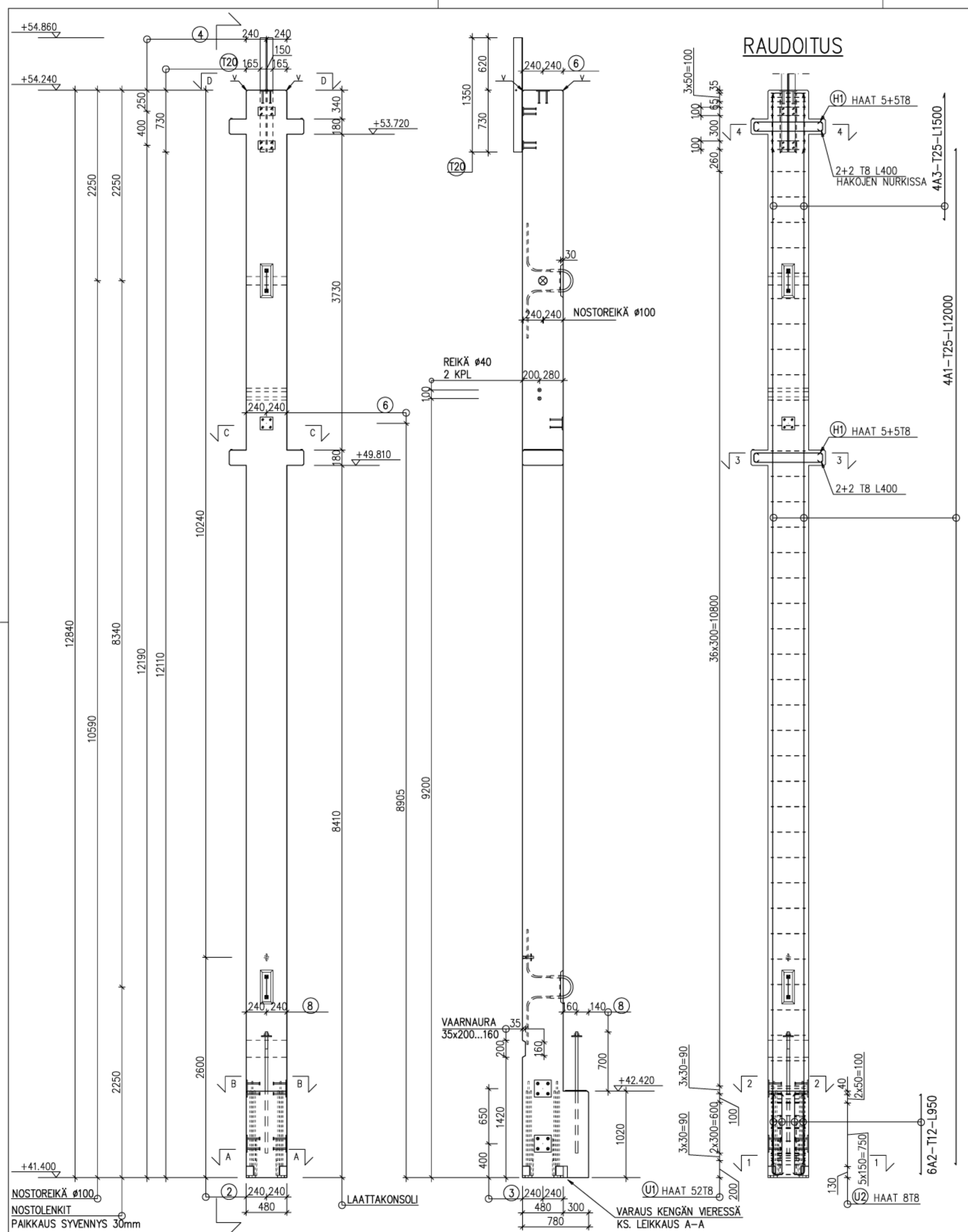
Valuysikkö	Lkm	Pääosan materiaali	HUOM.
P1	1	K60-1	
Tarvikkeet:			
APK36	4	S355J2G3	
NEOPREN 230*450*15	4	Neoprene	VESIURA, SHORE 60
NL 2*J12,5-3000	2	1630/1860	
PULTTI T25-1200	4	A500HW	KUUMASINKITTY
VEMO M16	10	AISI304	
VAJERILENKKI PVL-80	22	S235JR	



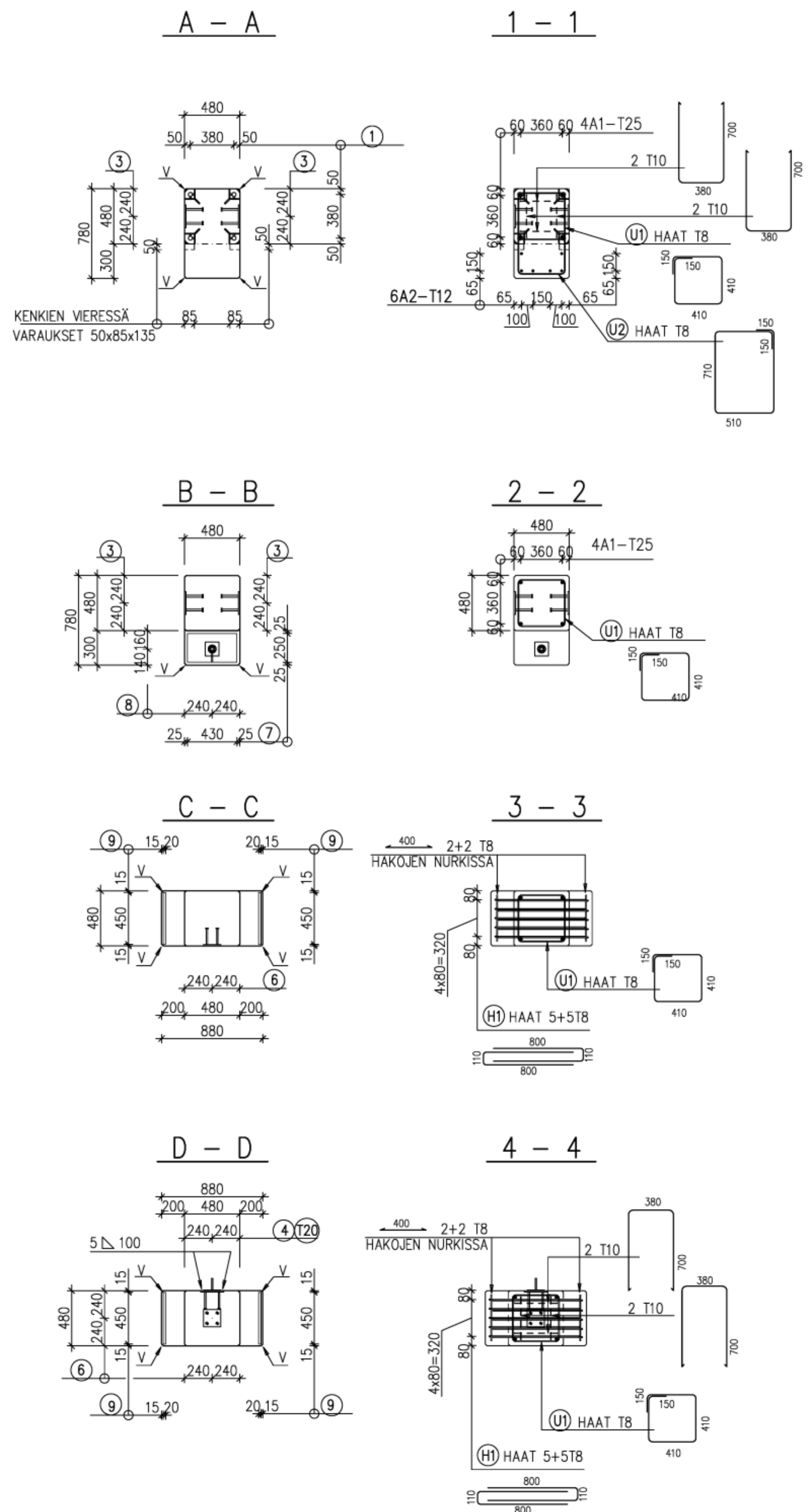
**Raudoitteet:**

Tyy	Pos	Lkm	Laatu	Koko	L	a	b	c	d	D
A	1	8	A500HW	20	13740	13745				
A	2	4	A500HW	20	13875	13880				
D	11	3	A500HW	12		600	394	600		60
D	12	3	A500HW	12		600	494	600		60
D	22	4	A500HW	10		800	394	800		40
D	23	2	A500HW	10		800	494	800		40
U	3	16	A500HW	8		120	830	430		24
U	49	51	A500HW	6		120	510	410		24
U	50	12	A500HW	8		120	510	410		32
XA	1	8	A500HW	12		200	800	230		36
XD	1	32	A500HW	12		340	790	250	600	32

Muutos	Tekijä	Muutoksen sisältö	Päiväys
<b>RAKENNEPIIRUSTUS</b>			
Työn nimi			
P1			
Elementtitunnus	P1	MK	
Valmistetaan: kpl	1	EI MK:SSA	
Suun.			
Pvm.			
Suunn	Työn No	Piir. No.	Sivu
RAK		P1	2



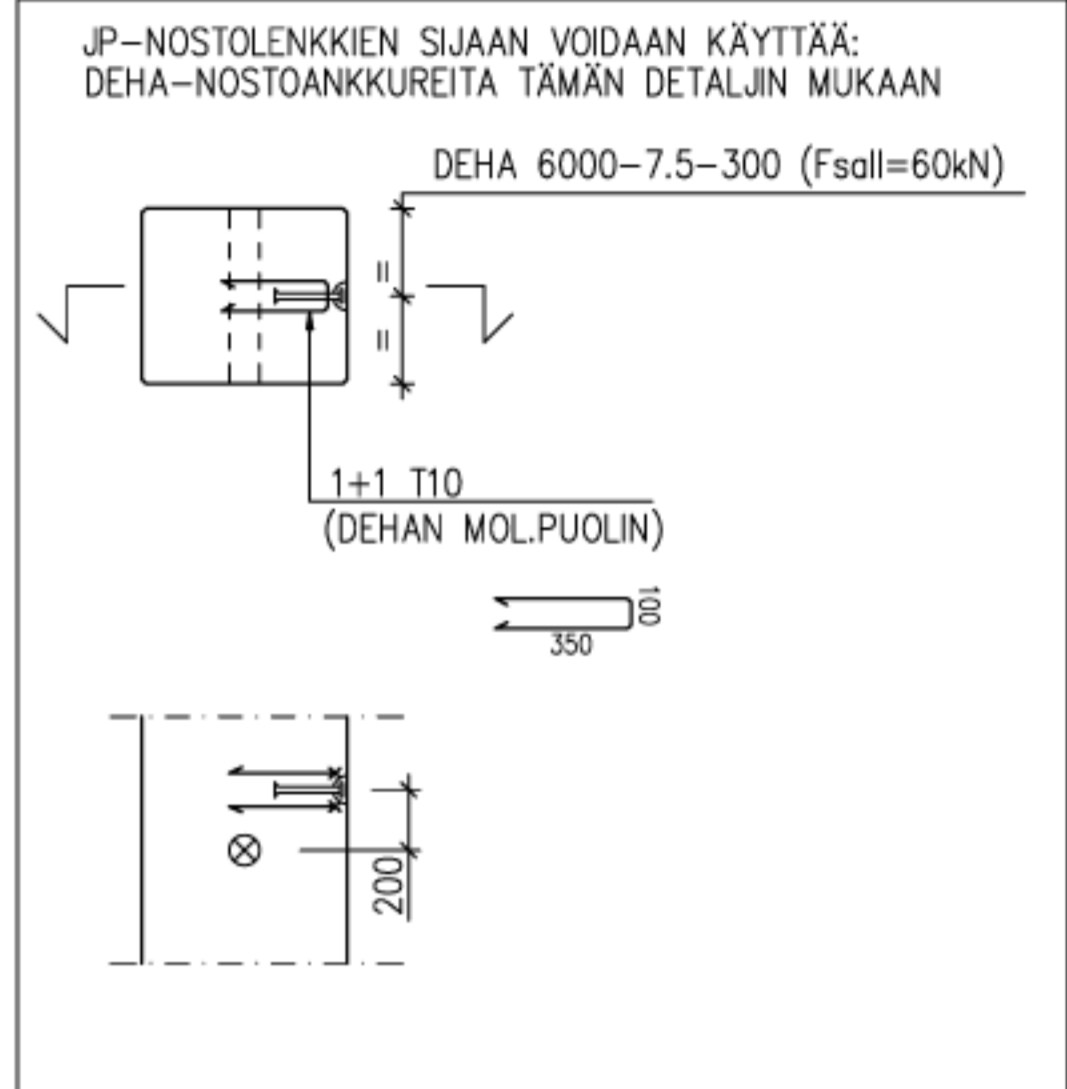
RAUDOITUS



**PILARIELEMENTTI: P-54**

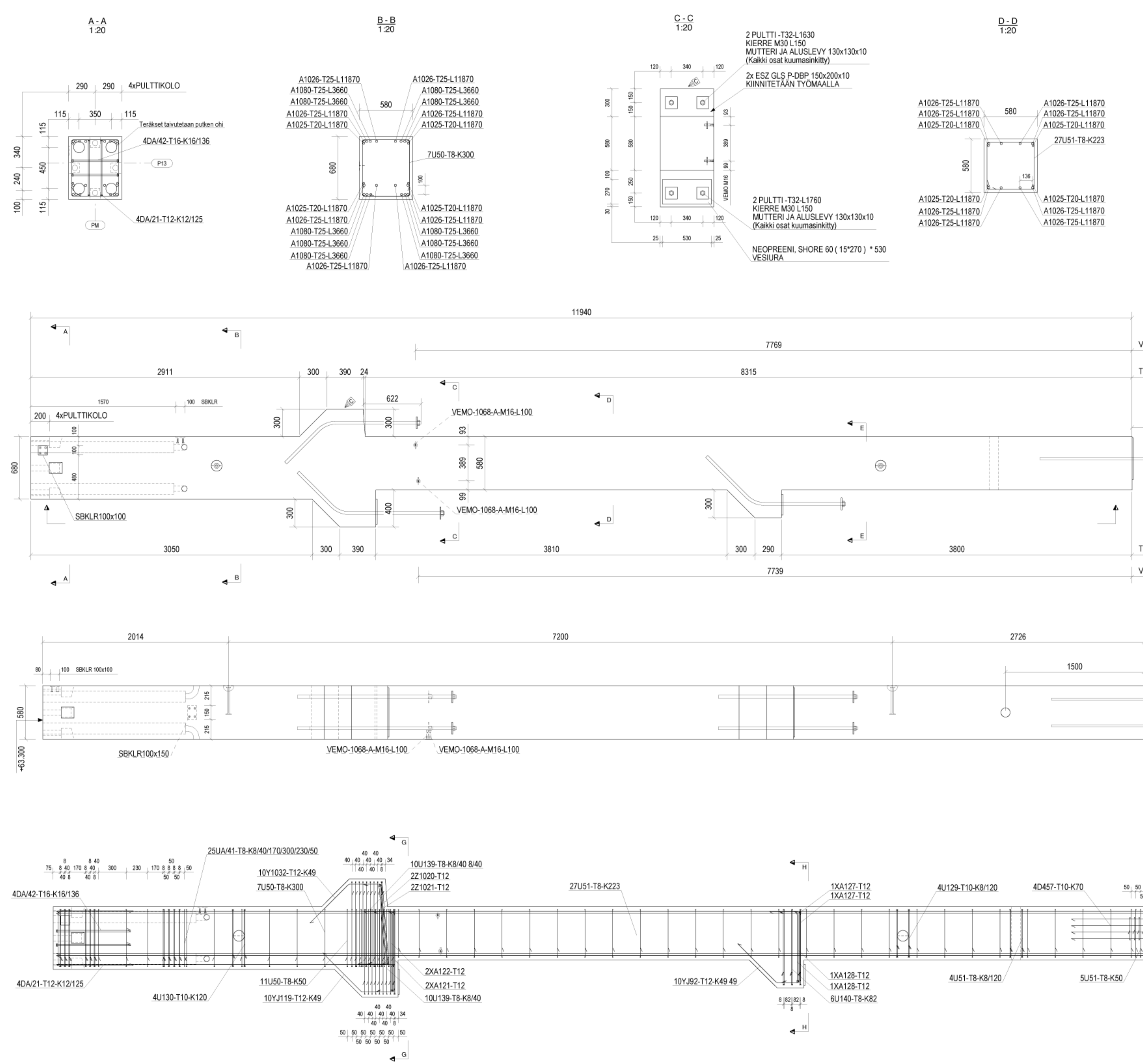
ELEMENTIN PAINO	7,95 t	ILMAVUUS	3,18 m³	4 KPL
MITTATARKKAILUJOKKA	SBK:n JULKAISU 1.20, LUOKKA N	VALUJOKKA	R 120	
BETONI	K 40-1	KÄYTTÖIKÄ	50 v, BETONIPITE 35 mm ± 10mm	
TERÄS	T = A 500 HW	RASTUSLUOKKA	XC1	
NURKKAMISTEET	V=15x15	NOSTOLENKIT	JP 1 A-2 (TAI VAST.)	
ELEMENTINPINTA	MUOTTIPINTA / TERÄSHERTO	NOSTOLATTEET	PYSTYYN NOSTO NOSTOAKSELILLA Ø ≥ 70	
	(MUO-A, THI-A)	BETONIN LUJUUS	NOSTIETTAESSA MIN. K 15 MN/m²	

NO	VARUSTE	MÄÄRÄ	L (mm)
1	PILARIKENKÄ APK24 (ANSTAR)	4	
2	MEMO M20x130 (TYYPPI 1168-A)	1	
3	SBKLR 200/200	4	
4	SBKL 200/100	2	
T20	TERÄSOSA T20 KS. PIIR. 1455-2000	1	
6	SBKL 150/150	2	
7	NEOPREN KUMILAAKERI, 430x250x10, SHORE 60, YESIURALLA	1	
8	HARJATERÄSPULTTI AHP30-L1500 + ALLUSLEYY 120x120x10 (S235)	1	
9	NEOPREN KUMILAAKERINAUHA, 20x450x10	4	



MÄÄRÄ	PÄIV.	SANALL.	ENTYTYL.	
K.O.S.A.	KORTTELI/ALUE	TOIKTI/RINNO	VIHKOJENMÄÄN MERKINTÖJÄ	RATU
RAKENUSLOMIONP.:	RAKENUSLOMIONP.:			JOKS.No
RAKENUSKOHTEEN NIM. JA OSOITE	ELEMENTTIPIIRUSTUS			MITTAKAAVA
	PILARIELEMENTTI P-54 (480x480)			1:25
	MITTA- JA RAUDOITUSPIIRUSTUS			
	PIIR.	SUURLA.	TYÖ No	PRI.No
			MAUTOS	
	RAK		PAIVÄS	YHTEISHENKILÖ





RAUDOITTEET														
TYYPIN NRO	LKM	LAATU	D [mm]	L [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	TAIVUTUSMITAT [mm]							KOMMENTTI
a	b	c	d	e	u	v	x	TD						
U 50	18	A500HW	8	2400	17.1	104	620	520	620	520				32
U 51	36	A500HW	8	2200	31.4	104	520	520	520	520				32
YJ 92	10	A500HW	12	1920	17.1	600	267	780	340	45				60
YJ 119	10	A500HW	12	2100	18.9	600	367	880	340	45				60
XA 121	2	A500HW	12	2370	4.2	200	880	320	880	200				60
XA 122	2	A500HW	12	2330	4.1	200	882	320	882	200				60
XA 127	2	A500HW	12	2170	3.9	200	780	320	780	200				60
XA 128	2	A500HW	12	2130	3.8	200	782	320	782	200				60
U 129	4	A500HW	10	2230	5.5	130	520	520	520	520				40
U 130	4	A500HW	10	2430	6.0	130	620	520	620	520				40
U 139	20	A500HW	8	3080	24.4	144	920	520	920	520				32
U 140	6	A500HW	8	2880	6.8	144	820	520	820	520				32
D 457	4	A500HW	10	2130	5.3	855	480	855						60
U 460	5	A500HW	8	1650	3.3	108	520	248	520	248				40
Z 1020	2	A500HW	12	2330	4.1	196	861	320	861	196	95	95		60
Z 1021	2	A500HW	12	2380	4.2	199	882	320	882	199	85	85		60
A 1025	4	A500HW	20	11870	117.3	11870								
A 1026	8	A500HW	25	11870	365.6	11870								
Y 1032	10	A500HW	12	2130	18.9	337	879	371	599					60
A 1080	10	A500HW	25	3660	141.3	3660								
D A421	4	A500HW	12	2180	7.8	823	604	823						80
U A411	25	A500HW	8	2400	23.7	104	620	520	620	520				32
D A442	4	A500HW	16	2080	13.0	811	504	811						60
RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]:													847.7	

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT			
Tuoteryhmä	2101		
Paloaluokka	R60		
Rakennuskoikka	XC3.4-XF2_XD1		
Suunniteltu käyttökäyttö	50v		

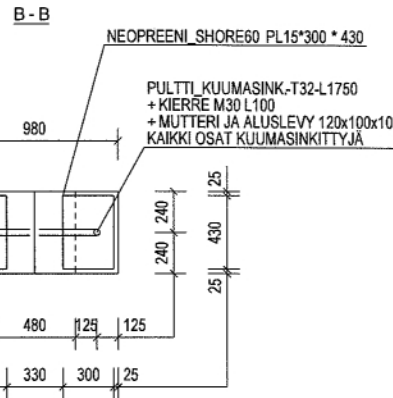
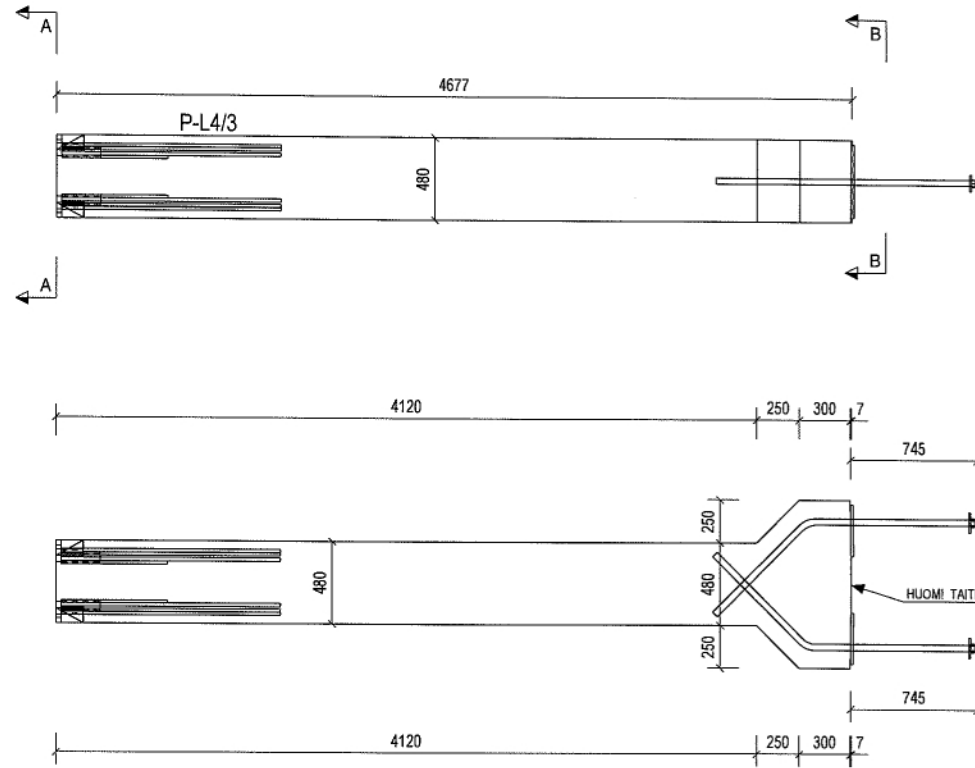
  

TUOTETIEDOT			
Eteläpöytä	30 mm, saattu mittapöytä		
Toleranssialue	BY47 normaalisuokkia N		
Pintakäsittely	Valpuutaksoittelukäyttö: Pihki- ja hienotela		
Viisteeset	15x15, kaikki nurkkin		
Muostamateriaali	K20		

VALUTARVIKELUETTELO			
PIIRI NUMERO	LKM	MATERIAALI	BETONIN PAINO ON LASKETTU KÄYTTÄEN TILAVUUSPAINOA 25.0 [kN/m <sup>3</sup> ]
P-32/23	1	K50-1	RAUDOITUSTANKOJEN, VERKKOJEN JA TARVIKKEIDEN PAINO SISÄLTYY TILAVUUSPAINOON
CORBEL		K50-1	16.1
PILARI_SUORAK		K50-1	7.3
ELEMENTTI YHTEENSÄ:			11.25 t
TARVIKKEET			PAINO [kg]
NEOPREENI	2	NEOPREENI	2.2
NEOPREENI, SHORE 60	1	NEOPREENI	2.5
NEOPREENI, SHORE 60	1	NEOPREENI	3.0
NOSTOREIKÄ	1	REIKÄ	0.0
ALUSLEVY	6	S235JR+K2n	1.3
ALUSLEVY	2	S235JR+K2n	1.3
DEHA_B0000-7-5-0300_FV	2	-	0.3
MUTTERI	6	8.8-K2n	0.4
MUTTERI	2	8.8-K2n	0.2
PULTTIKOLO	4	Hole	0.0
SBKLR100x100	1	-	0.6
SBKLR100x150	1	-	1.2
SPIRAALI D120+D60	4	Hole	0.0
VEMO-1068-A-M16-L100	2	RST	0.2
PULTTI	2	A500HW+K2n	6.3
PULTTI	2	A500HW+K2n	10.3
PULTTI	2	A500HW+K2n	10.8
PULTTI	2	A500HW+K2n	11.1
TARVIKKEIDEN KOKONAISPAINO [kg]:			93.0

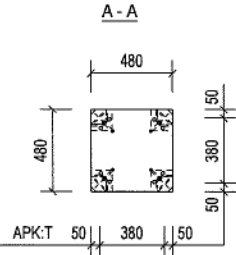
PIIRUSTUKSEN MUKAAN VALMISTETAAN ELEMENTIT			
ELEMENTIN TUNNUS	LKM		
A	NEOPREENI KORVATTU ERIKOISNEOPREENILLA, KONSOLIA NOSTETTU 5mm	08.05.2010	
PIIRUSTUS	KORTTELIALUE	TONTTI	VIIVAKUVAUS
PIIRUSTUS	PIIRUSTUS	VIIVAKUVAUS	VIIVAKUVAUS
LAAJENNUS JA MUUTOS	ELEMENTTI		
VOIKKE	ELEMENTTIPIIRUSTUS		
	P-32/23, PILARI_SUORAK		
SALA	TYÖNUMERO	REKORDI	
RAK			
P-32/23			
PIIRI	HYV.	PIIRI	



PULTTI KUUMASINK.-T32-L1750  
+ KIERRE M30 L100  
+ MUTTERI JA ALUSLEVY 120x100x10  
KAIKKI OSAT KUUMASINKITYJÄ

PULTTI KUUMASINK.-T32-L1750  
+ KIERRE M30 L100  
+ MUTTERI JA ALUSLEVY 120x100x10  
KAIKKI OSAT KUUMASINKITYJÄ

NEOPREENI\_SHORE60 PL15\*300 \* 430



### SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

Tuoteryhmä	2101
Paloluokka	R60
Rasitusluokka	XC3, 4 - XF1
Suunniteltu käyttökä	50 v

### TUOTETIEDOT

Betonipeite 1	30 mm ±10 mm
Toleranssiluokka	BY47 normaaliuokka N
Pintakäsittely 1	Valupintakäsittely: piikki- ja hienotela
Viisteet 1	15x15, kaikkiin nurkkiin
Muotistanostolujuus	K30
Kuljetus- ja asennuslujuus	K35

### VALUTARVIKELUETTELO

BETONIN PAINO ON LASKETTU KÄYTTÄEN TILAVUUSPAINOA 25.0 [kN/m<sup>3</sup>]  
RAUDOITUSTANKOJEN, VERKKOJEN JA TARVIKKEIDEN PAINO SISÄLTYY TILAVUUSPAINOON

PIIR. NUMERO	LKM	MATERIAALI	PINTA-ALA [m <sup>2</sup> ]	PAINO [kg]	TILAVUUS [m <sup>3</sup> ]
P-L4/3	7	K50-1	5.3		
PILARI		K50-1	2.8	2937	1.17

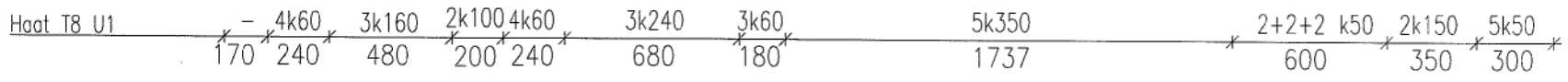
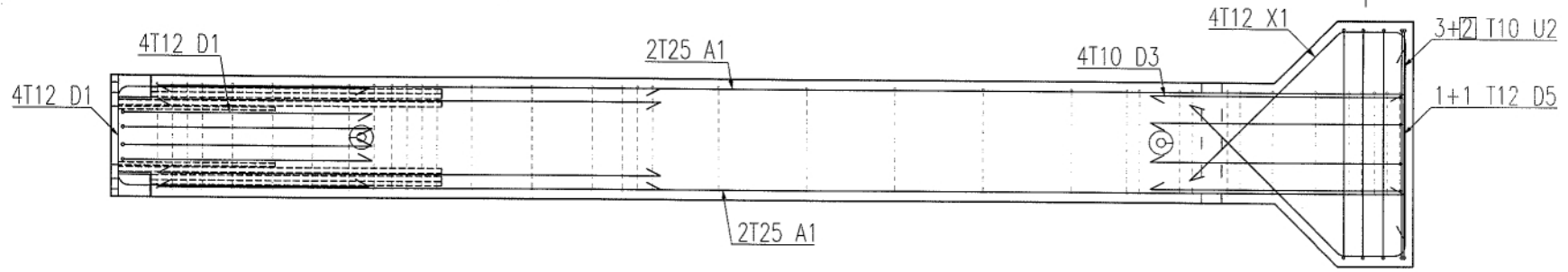
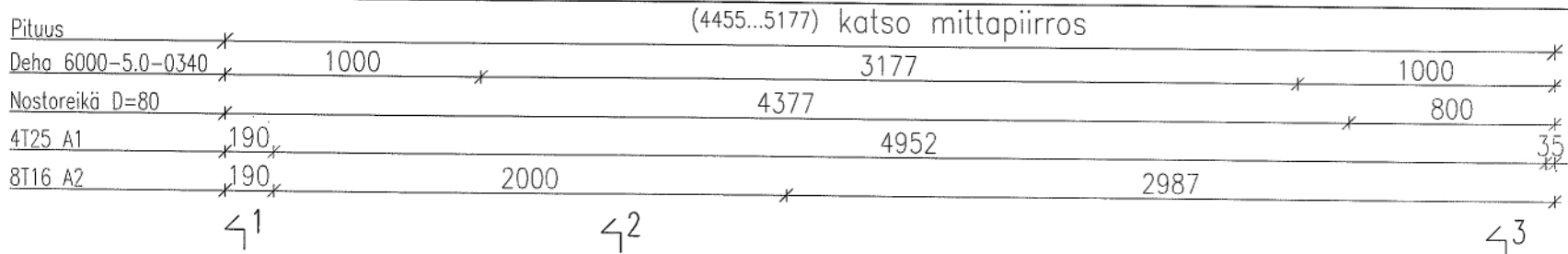
### ELEMENTTI YHTEENSÄ:

TARVIKKEET	LKM	MATERIAALI	MITAT	PAINO [kg]	PAINO YHT [kg]
NEOPREENI_SHORE60	2	NEOPREENI	300x15x430	2.7	5.4
ALUSLEVY	2	S235JR	PL10*100, L = 119	0.9	1.9
APK30	4	S355J2G3		0.0	0.0
MUTTERI	2	8.8	NUT_M30, L = 24	0.3	0.7
PULTTI_KUUMASINK.	2	A500HW	D32, L = 1750 (M30, L100)	11.0	22.1
				TARVIKKEIDEN KOKONAISPAINO [kg]: 22.1	

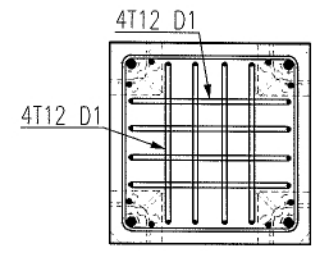
### PIIRUSTUKSEN MUKAAN VALMISTETAAN ELEMENTIT

JUOKSEVA NUMERO	LKM

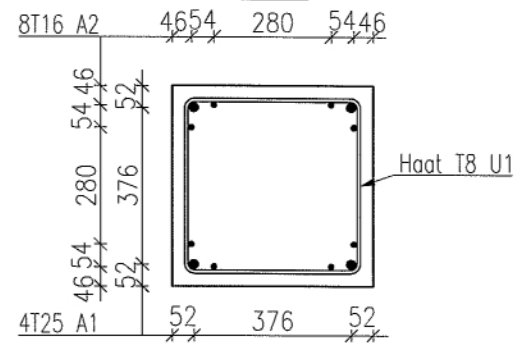
K.O.SAARYLÄ	KORTTELITILA	TONTINNR	VIIRANMAISTEN ARVIOITAMISEKSI VARTEN
RAKENNUSLOMENPIDE	PIIRUSTUSLAJI	JUOKSEVA NRO	
UUDISRAKENNUS	RAK		
KOHDE	PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT	
	ELEMENTTIPIIRUSTUS	1:30	
	P-L4/3, PILARI		
SUUNNITTELIJA (NIMI, TURKINTO, ALLEKIRJOITUS)	PIIRI.	HYV.	
	TYÖNUMERO	PIIR. NRO.	
	RAK	P-L4/3	
	S.A.LA	SVU	PVM
	RAK		MUUTOS



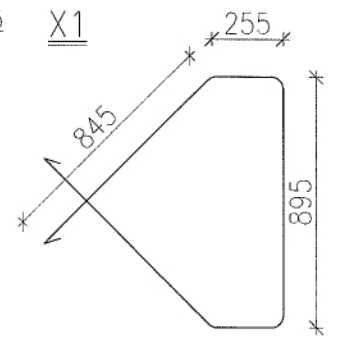
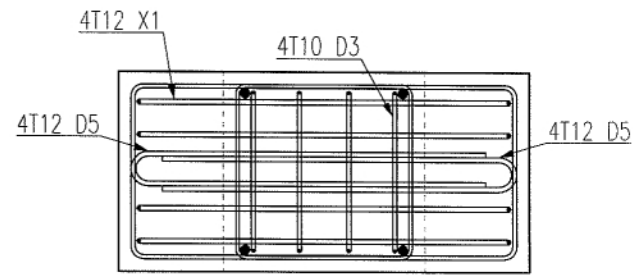
1-1



2-2

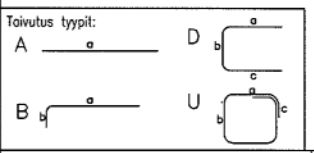


3-3



MITAT, TARTUNAT JA VARUSTEET:  
KTS. MITTAPIIRROS.

Raudotteiden taivutusluettelo										
T=A500HW, K=B500K, E=Erikoisteräs										
MITAT ULKOMITTOJA										
TY	POS	LAA	KPL	D	L	a	b	c	Huom!	
A	1	T	4	25	L= pilorin pituus-220					
A	2	T	8	16	2000					
D	1	T	8	12	2400	1035	390	1035		
D	3	T	4	10	2400	1030	390	1030		
D	5	T	2	12	1700	845	72	845		
U	1	T	37	8	1820	420	420	120		
U	2	T	4	10	2795	920	420	160		
X	1	T	4	12	3000	katso piirros				

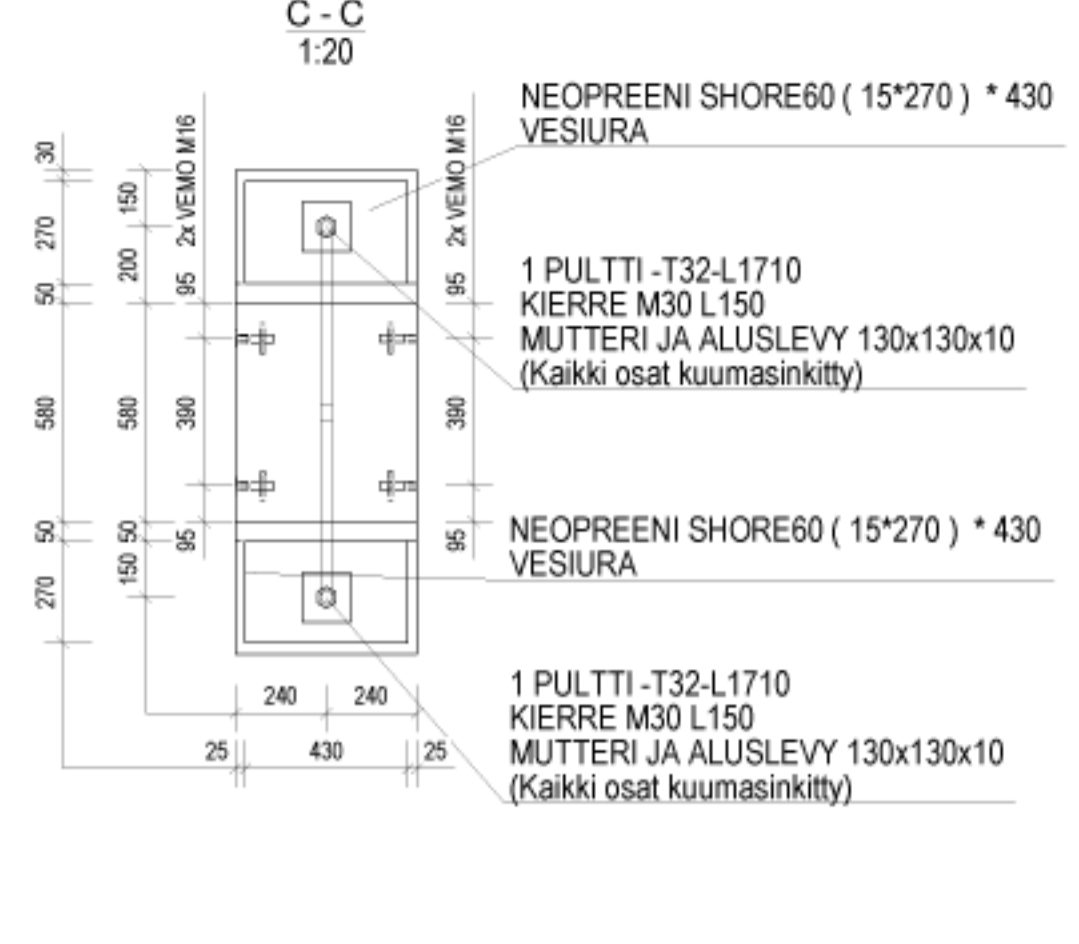
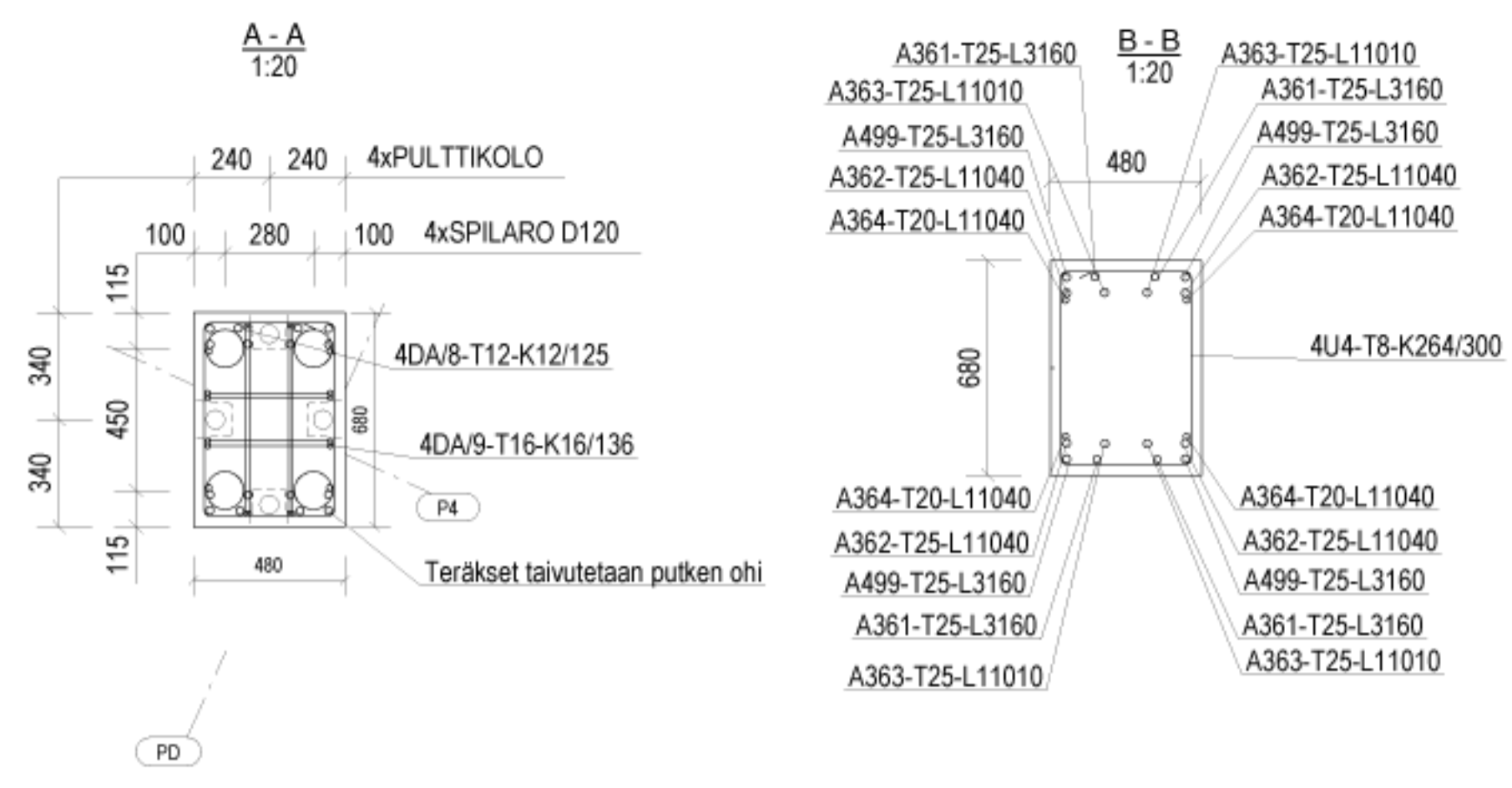


Elementin paino	3,22t
Betoni	K50-1
Muotistonostolujuus	K30
Deho 6000-5.0-0340	2 kpl
Nostoreikä D=80 mm	1 kpl

Mittapiirustukset:

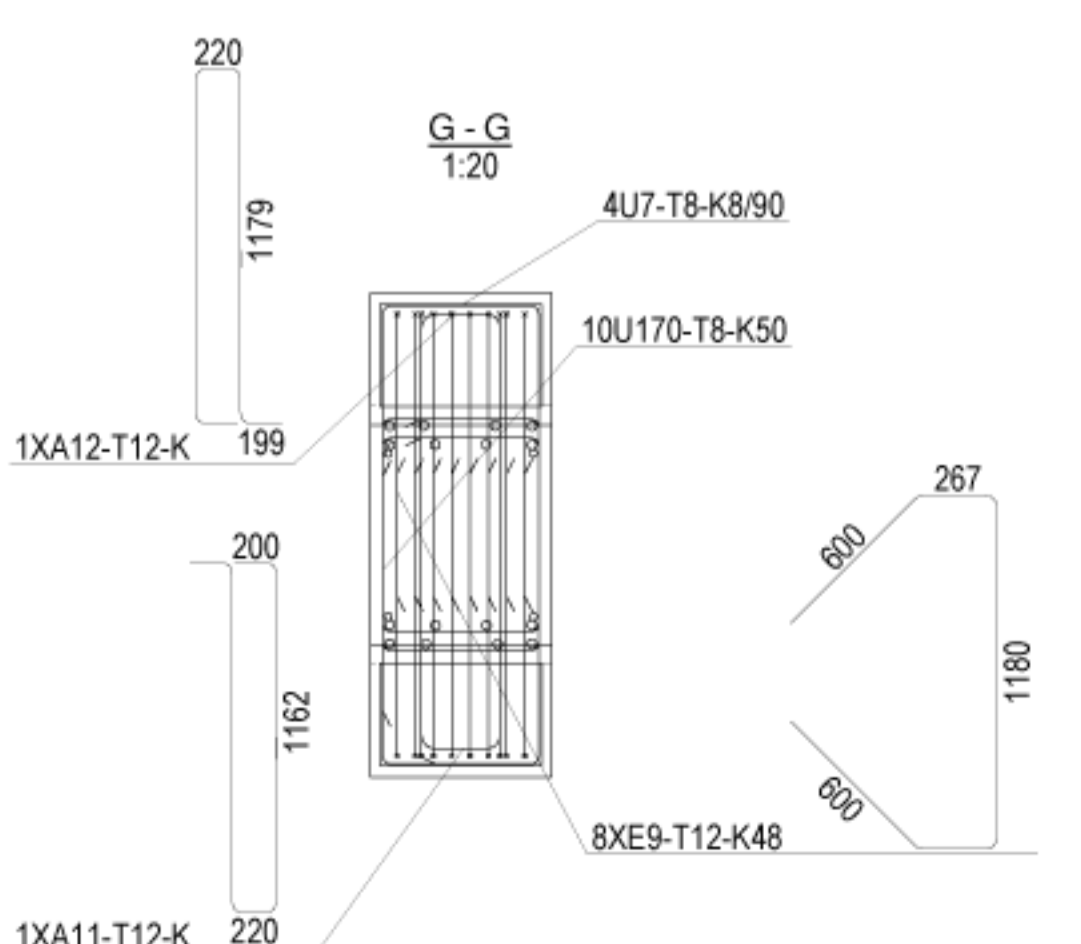
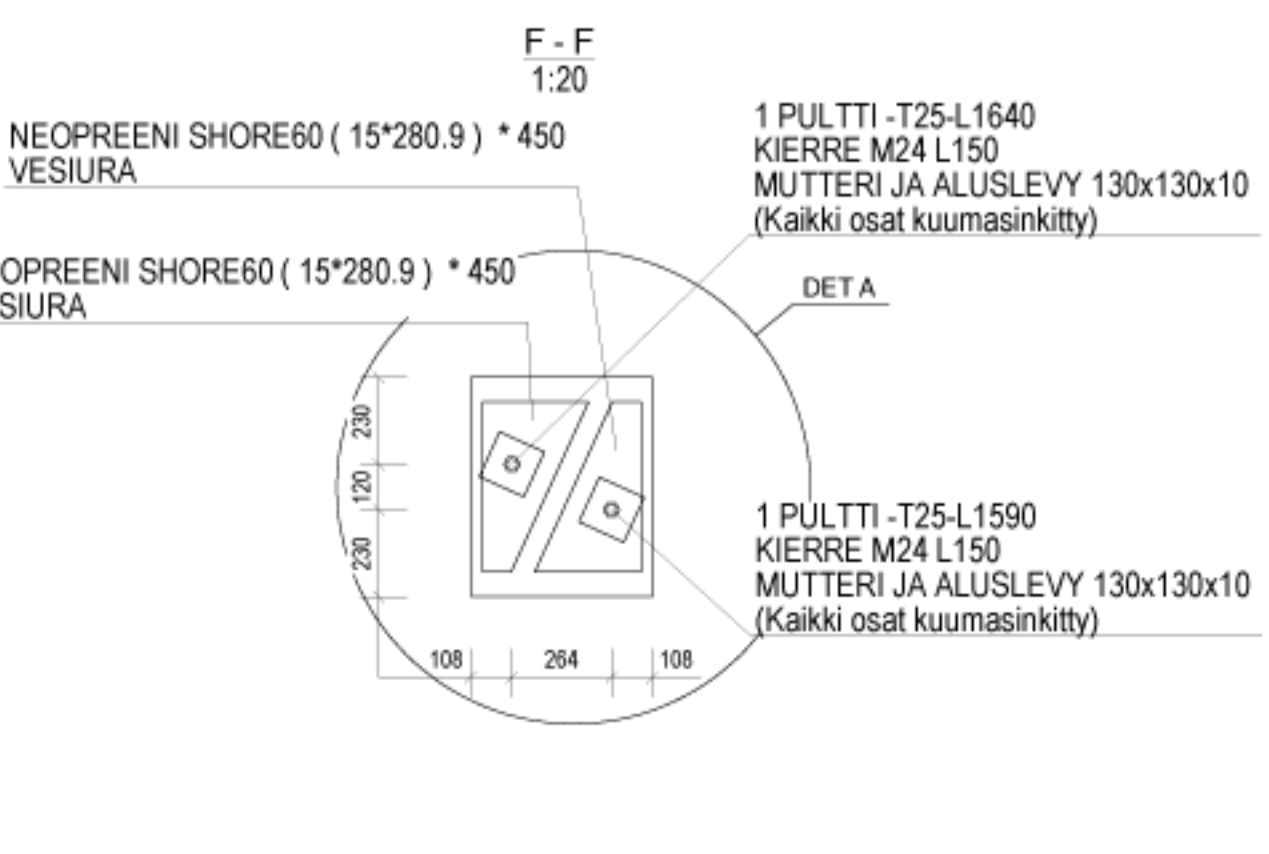
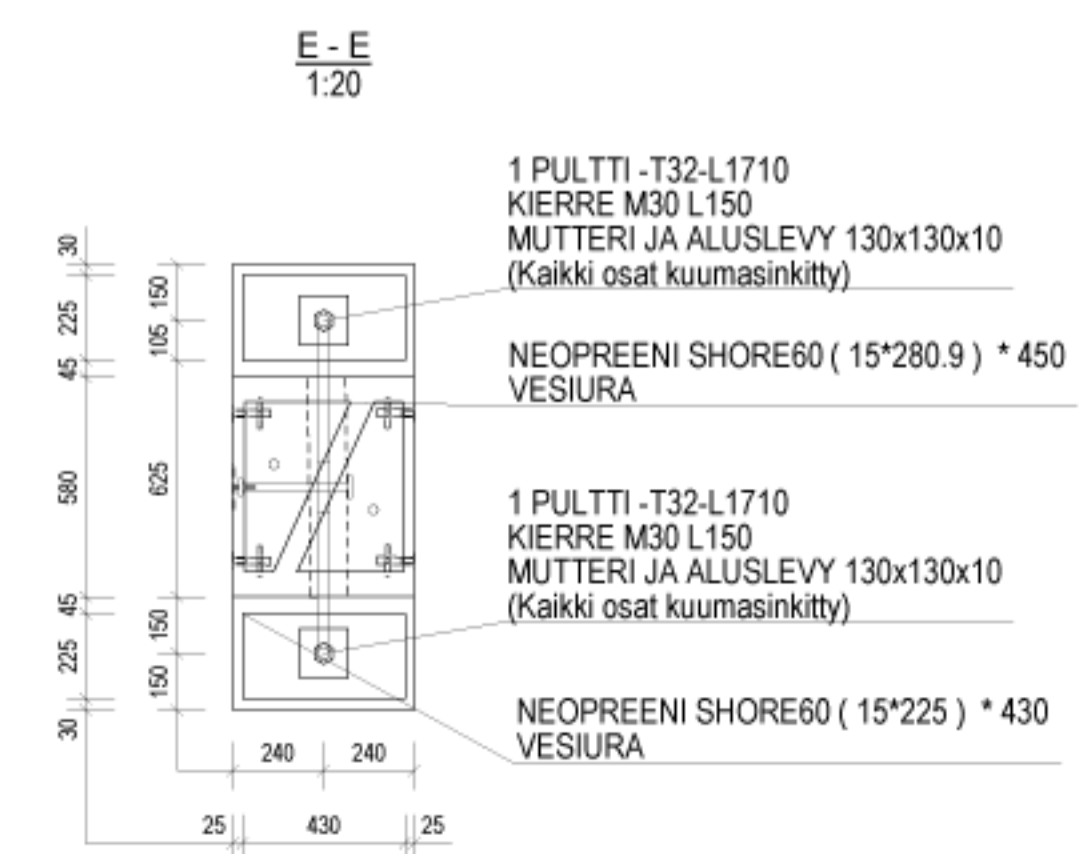
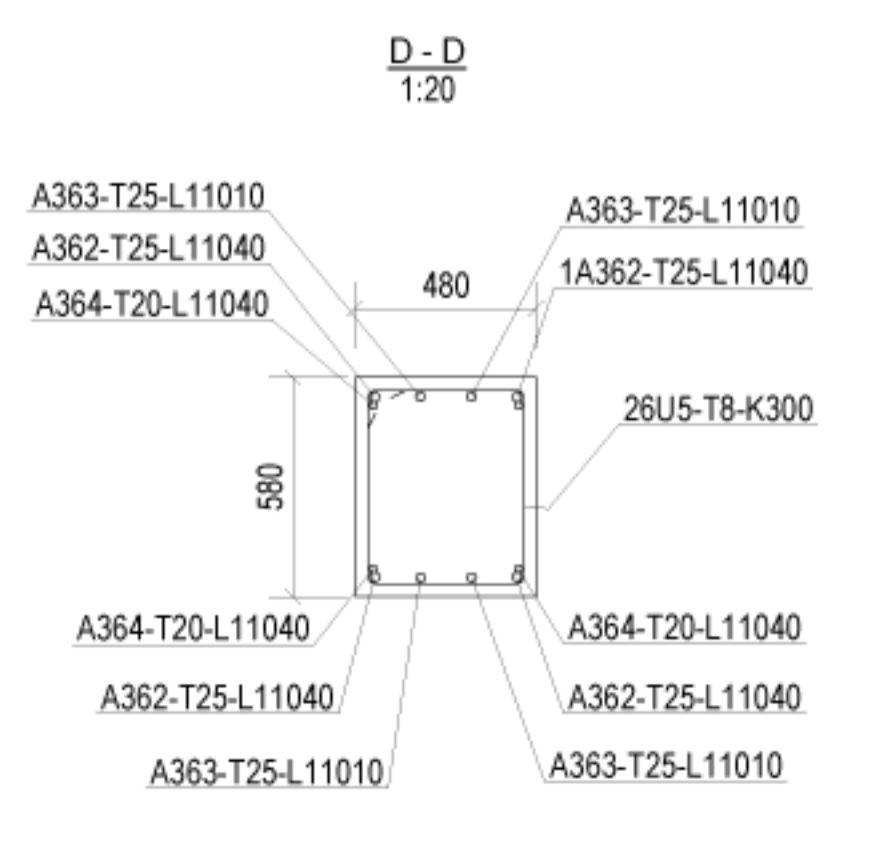
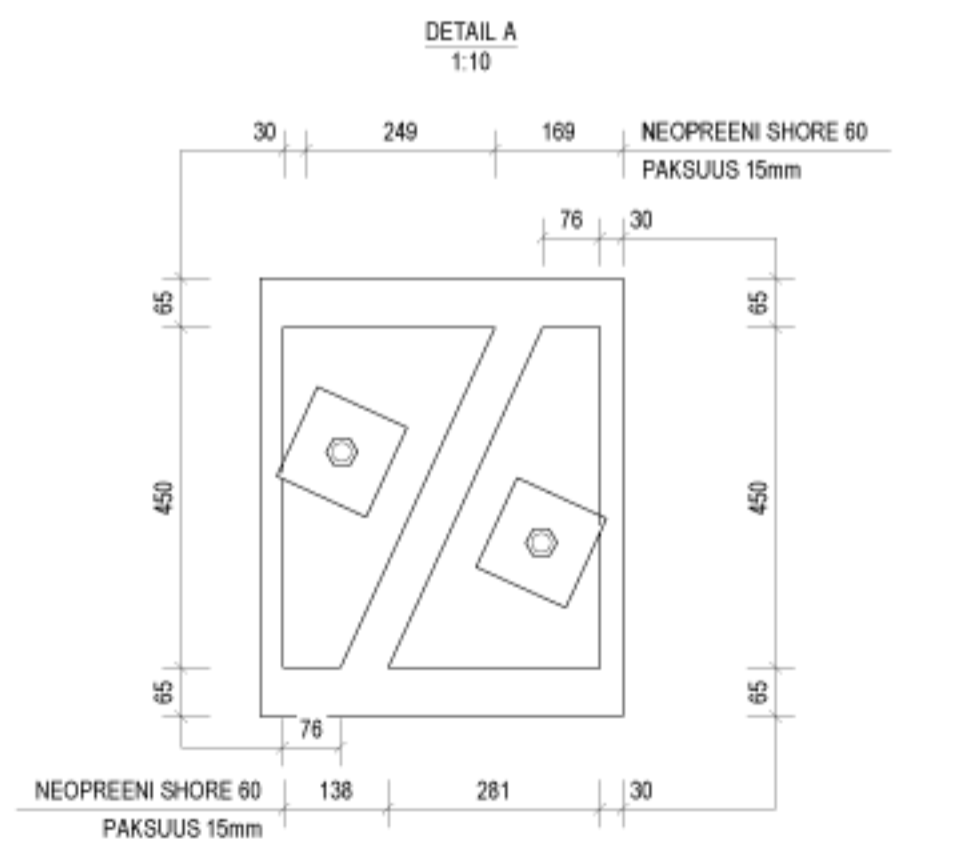
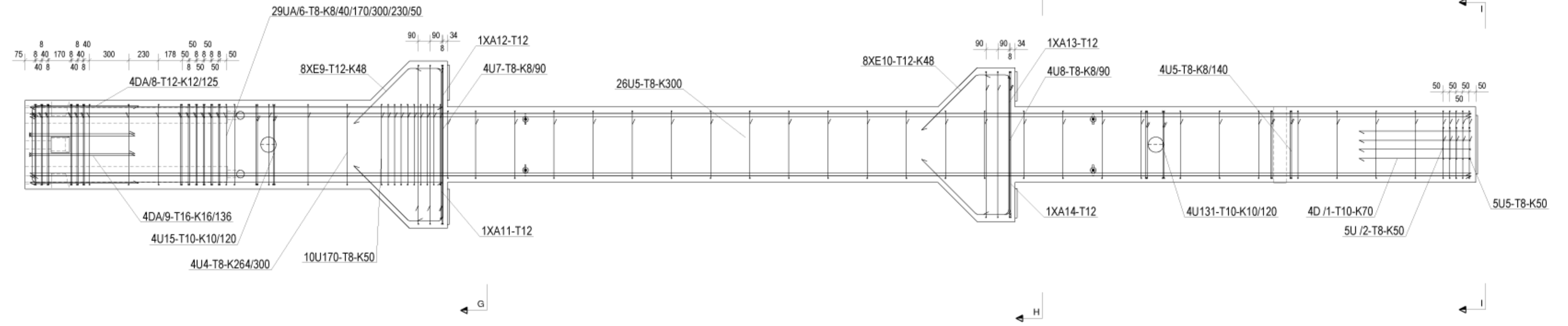
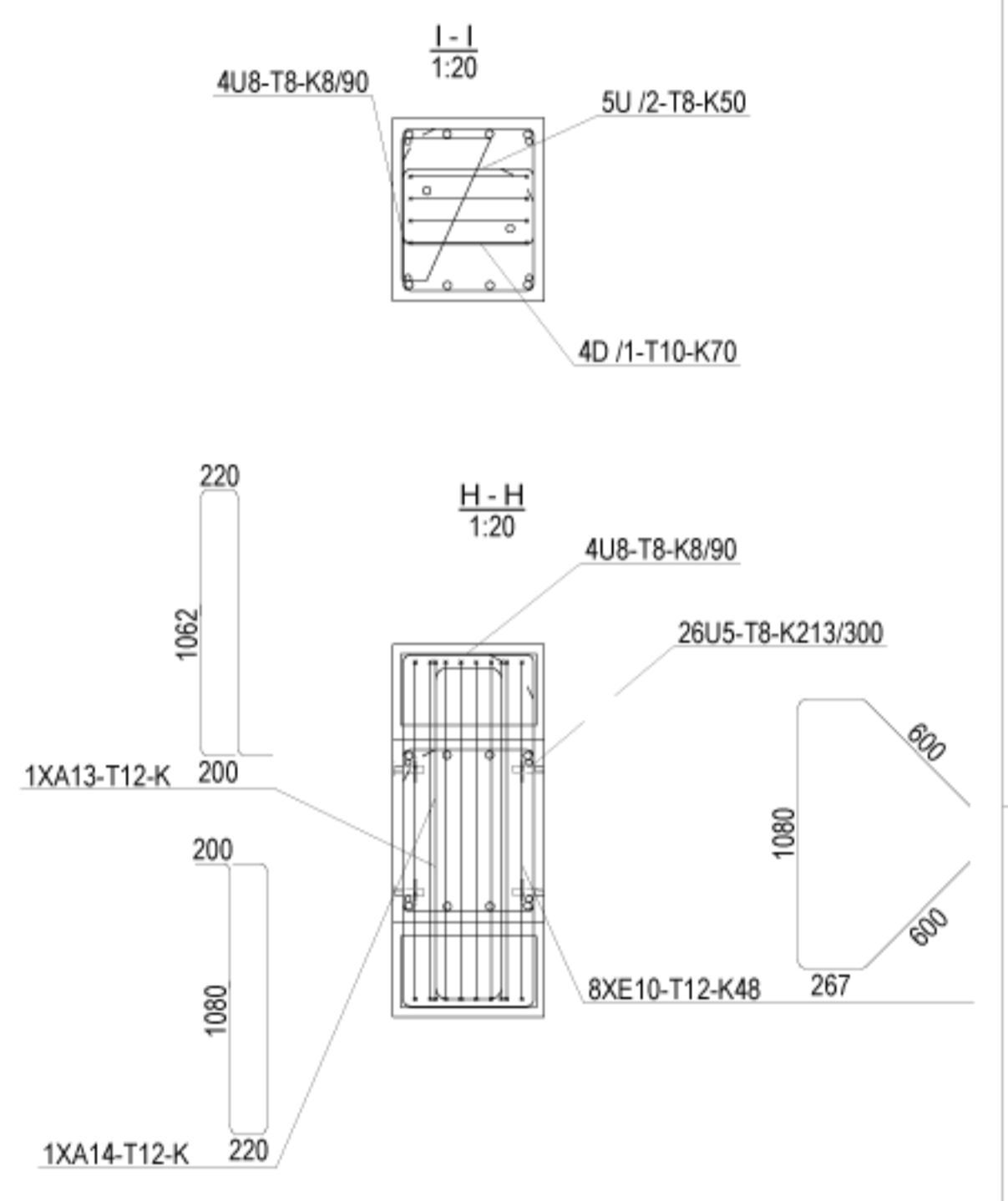
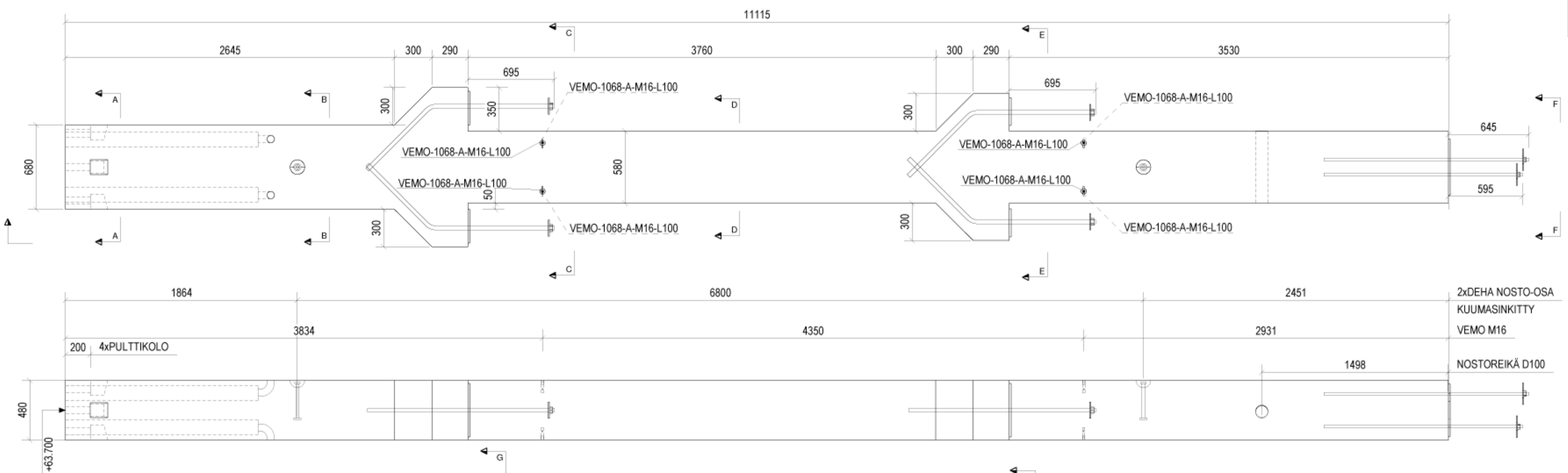
A Lisäty teräsket 8T16 A2

Palonkestoluokka:	R60	Suojabetoni, nimellinen:	30 mm
Rasitusluokka:	XC3, XC4, XF1	Sollittu mittoapikkeama:	±10 mm
Suunnittelukäyttökä:	50 v.	Kuormitus:	
Mittapiirustukset:	A		



RAUDOITTELUETTELO													
RAUDOITTEET	TYYPIN NRO	LKM	LAATU	D [mm]	L [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	TAIVUTUSMITAT [mm]	a	b	c	TD	KOMMENTTI
U	XE	XA	XA	U	U	U	A	A	A	A	A	A	
U	2	5	A500HW	8	1450	2.9	108 420 246 420	246	420	246	420	40	
U	4	4	A500HW	8	2200	3.5	104 620 420 620	420	620	420	620	32	
U	5	35	A500HW	8	2000	27.7	104 520 420 520	420	520	420	520	32	
U	7	4	A500HW	8	3480	5.5	144 1220 420 1220	420	1220	420	1220	32	
U	8	4	A500HW	8	3280	5.2	144 1120 420 1120	420	1120	420	1120	32	
XE	9	8	A500HW	12	2840	20.2	600 267 1179 267	600	45	45	600	60	
XE	10	8	A500HW	12	2740	19.5	600 267 1080 267	600	45	45	600	60	
XA	11	1	A500HW	12	2630	2.5	200 1162 220 1162	200			220	60	
XA	12	1	A500HW	12	2870	2.5	200 1180 220 1180	200			220	60	
XA	13	1	A500HW	12	2630	2.3	200 1062 220 1062	200			220	60	
XA	14	1	A500HW	12	2670	2.4	200 1080 220 1080	200			220	60	
U	15	4	A500HW	10	2230	5.5	130 620 420 620	420			620	40	
U	131	4	A500HW	10	2030	5.0	130 520 420 520	420			520	40	
U	170	10	A500HW	8	2200	8.7	104 620 420 620	420			620	32	
A	361	4	A500HW	25	3160	48.7	3165						
A	362	4	A500HW	25	11040	170.1	11044						
A	363	4	A500HW	25	11010	169.7	11019						
A	364	4	A500HW	20	11040	109.1	11044						
A	499	4	A500HW	25	3160	48.7	3165						
U	A/6	29	A500HW	8	2200	25.3	104 620 420 620	420			620	32	
D	A/8	4	A500HW	12	2180	7.8	823 604 823					80	
D	A/9	4	A500HW	16	1960	12.4	811 404 811					60	
RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]:												710.4	

SUUNNITELUN LÄHTÖTIEDOT								
Tuoteryhmä	2101							
Palkkio	R60							
Raosteluokka	KC3,4-XF1							
Suunniteltu käyttäjä	50v							
TUOTETIEDOT								
Betonipite	30 mm	sallittu mitapokkeama 10mm						
Toleranssiluokka	BY47	normaalliluokka N						
Pintakäsittely 1	Vakuumikäsitellyt Pikkijä hienotela							
Viisteesi 1	15x15, kaikkiin nurkkiin							
Muovistansostojuus	K20							
VALUTARVIKELUETTELO								
PIIR NUMERO	LKM	MATERIAALI	MITAT	PAINO [kg]	TILAVUUS [m³]			
P-11/1	1	K50-1	15.0	1.1	634	0.25		
CORBEL	4	K50-1	6.8	8124	3.25			
PILARI_SUORAK	1	K50-1						
ELEMENTTI YHTEENSÄ:				8.76 t	3.50			
TARVIKKEET				LKM	MATERIAALI	MITAT	PAINO [kg]	PAINO YHT [kg]
NEOPREENI SHORE60				2	NEOPREENI	224x15x430	2.0	4.1
NEOPREENI SHORE60				2	NEOPREENI	260x15x430	2.4	4.9
NEOPREENI SHORE60				2	NEOPREENI	280x15x450	1.7	3.4
NOSTOREIKÄ				1	REIKÄ	D100, L = 579	0.0	0.0
ALUSLEVY				6	S235JR+KZn		1.3	8.0
DEHA_6000-7.5-0300_FV				2			0.3	0.5
MUTTERI				2			0.2	0.2
PULTTIKOLO				6	8.8-KZn		0.0	1.9
Hole				4		D60, L = 200	0.0	0.0
SPIRALO D120+D60				4		D120, L = 1550	0.0	0.0
Hole				4			0.0	0.0
VEMO-1068-A-M16-L100				8	RST		0.2	1.5
PULTTI				1	A500HW+KZn	D25, L = 1640	6.3	6.3
PULTTI				1	A500HW+KZn	D25, L = 1590	6.1	6.1
PULTTI				4	A500HW+KZn	D32, L = 1710	10.8	43.2
TARVIKKEIDEN KOKONAISPAINO [kg]:								67.5



PIIRUSTUKSEN MUKAAN VALMISTETAAN ELEMENTIT			
ELEMENTIN TUNNUS	LKM		
K. OSANLA	KORTTELILA	TOIKTIRIHO	
RAIDAKORTTIPIIRI	PIIRUSTUSLAJI	VIRKOKEMITTEN ARVIOINTIPIIRUSTUS	
K. DE	ELEMENTTI	J. KOKOENR	
	ELEMENTTIPIIRUSTUS	MITAKAAT	
	P-11/1, PILARI_SUORAK	1:10	
		1:20	
SALA	RAK	TOIKAMERO	TIEDOSTO
PIIRI NRO	P-11/1	MAKIOS	
SUUNNITTELU PAK. TUNNUS	PIIRI	HYV.	PVM





RAUDOITELUETTELO															
RAUDOITTEET	TYYPIN NRO	LKM	LAATU	D [mm]	L [mm]	dL [mm]	YHT [kg]	TAIVUTUSMITAT [mm]	KOMMENTTI						
				a	b	c	d	e	u	v	x	TD			
U	1	4	A500HW	10	2230		5,5	130	620	420	620	420	40		
U	5	42	A500HW	8	2000		33,3	104	520	420	520	420	32		
U	7	4	A500HW	8	3480		5,5	144	1220	420	1220	420	32		
U	8	4	A500HW	8	3280		5,2	144	1120	420	1120	420	32		
XE	10	8	A500HW	12	2740		19,5	600	287	1080	287	600	45	45	60
U	21	16	A500HW	8	2200		13,9	104	620	420	620	420	32		32
U	132	4	A500HW	10	1990		4,9	106	520	420	520	420	32		32
U	200	4	A500HW	8	3080		4,9	144	1120	320	1120	320	32		32
A	784	4	A500HW	20	13790		136,3	13795							
A	771	8	A500HW	25	13790		424,9	13795							
A	772	8	A500HW	25	3660		113,0	3989							
H	780	8	A500HW	12	2930		20,8	600	330	1180	330	600	60		60
H	781	8	A500HW	12	2830		20,1	600	330	1080	330	600	60		60
XA	784	1	A500HW	12	2830		2,6	200	1180	280	1180	200	60		60
XA	785	1	A500HW	12	2880		2,6	200	1182	280	1182	200	60		60
XA	788	1	A500HW	12	2830		2,3	200	1080	180	1080	200	60		60
XA	789	1	A500HW	12	2590		2,3	200	1062	180	1062	200	60		60
XA	783	1	A500HW	12	2730		2,4	200	1080	280	1080	200	60		60
XA	784	1	A500HW	12	2690		2,4	200	1062	280	1062	200	60		60
D	A6	4	A500HW	12	2180		7,8	823	604	823			60		60
D	A9	4	A500HW	16	1980		12,4	811	404	811			60		60
U	A16	25	A500HW	8	2200		21,8	104	620	420	620	420	32		32
<b>RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]:</b>											<b>864,4</b>				

SUUNNITTELUUN LÄHTÖTIEDOT			
Tuoteryhmä	R60	2101	
Palkkoluokka	R60		
Rakennuskohta	XC3.4-FP1		
Suunniteltu käyttökäyttö	50v		

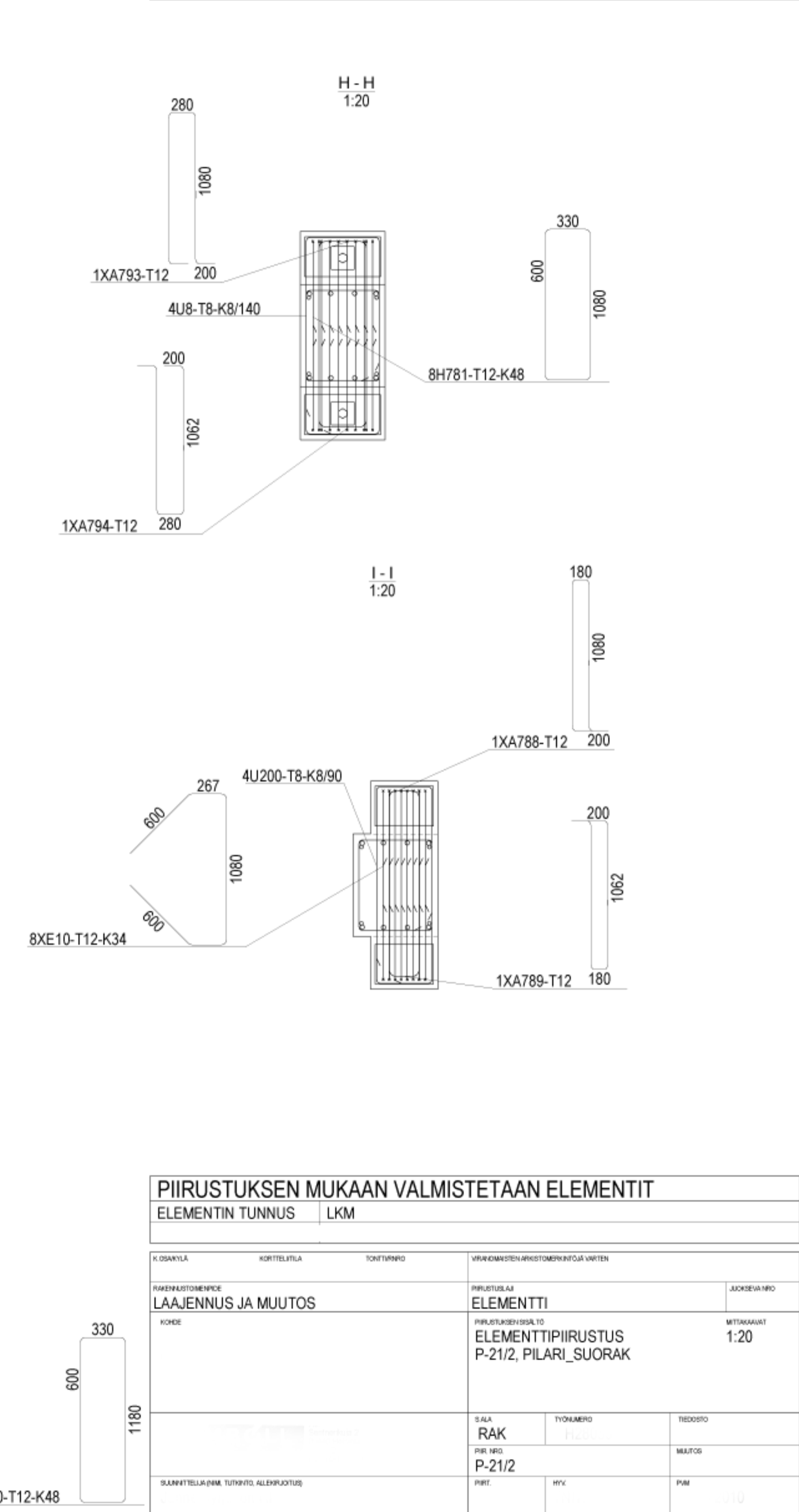
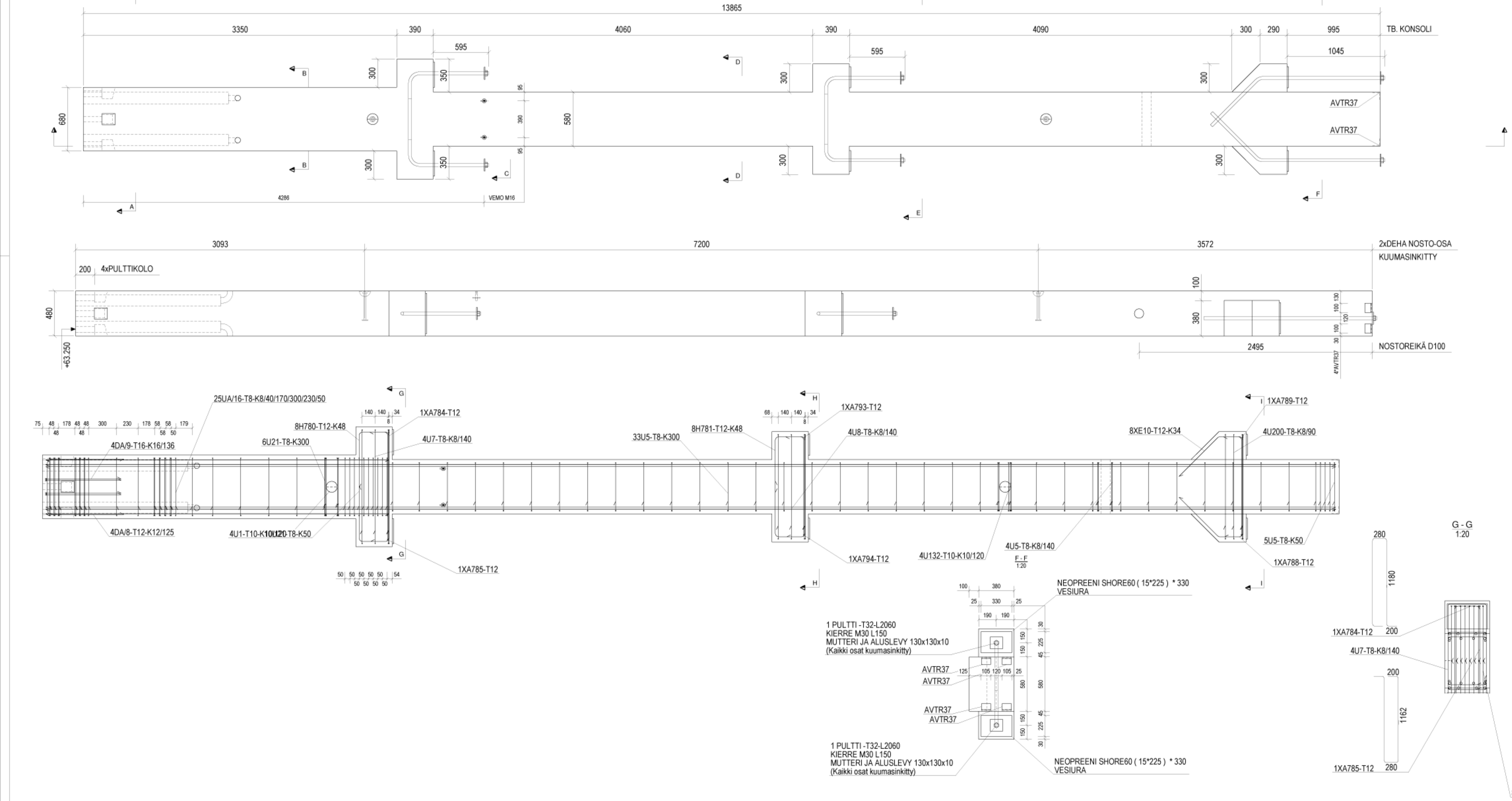
TUOTETIEDOT			
Eteläpöytä 1	30 mm, saattu mittapöytäosa 10mm		
Tolensuulokki	BY47 normaalisuulokki N		
Pintakäsittely 1	Valupintakäsittely: Pihki- ja hienotela		
Viistees 1	15x15, kaikkiin nurkkiin		
Muostamateriaali	K20		

VALUTARVIKKELUETTELO					
PIIRI NUMERO	LKM	MATERIAALI	MITAT	PAINO [kg]	TILAVUUS [m <sup>3</sup> ]
P-21/2	1	K50-1	17,8	1,2	0,32
CORBEL		K50-1	8,4	10,990	4,04
PILARI_SUORAK		K50-1			4,36
<b>ELEMENTTI YHTEENSÄ:</b>				<b>10,91 t</b>	<b>4,36</b>

TARVIKKEET	LKM	MATERIAALI	MITAT	PAINO [kg]	PAINO YHT [kg]
NEOPREENI SHORE60	2	NEOPREENI	225x15x330	1,6	3,1
NEOPREENI SHORE60	2	NEOPREENI	225x15x430	2,0	4,1
NEOPREENI SHORE60	2	NEOPREENI	270x15x430	2,4	4,9
NOSTOREIKÄ	1	REIKÄ	D100, L = 580	0,0	0,0
ALUSLEVY	6	S235JR+KZn		1,3	8,0
AVTR37	4	W1 4301		0,7	2,8
DEHA_8000-7 5-0300	2			0,3	0,5
MUTTERI	6	S235JR+KZn		0,4	2,4
PULTTIKOLO	4	Hole	D80, L = 200	0,0	0,0
SPIRAALI D120+D60	4	Hole	D120, L = 1650	0,0	0,0
VEMO-1058-A-M16-L100	2	RST		0,2	0,4
PULTTI	4	A500HW+KZn	D32, L = 1500	9,5	37,9
PULTTI	2	A500HW+KZn	D32, L = 2060	13,0	26,0
<b>TARVIKKEIDEN KOKONAISPAINO [kg]:</b>					<b>77,9</b>



PIIRUSTUKSEN MUKAAN VALMISTETAAN ELEMENTIT			
ELEMENTIN TUNNUS		LKM	
K. OSASTI	KORTTELIALUE	TONTTI/PIIKKO	YRVIKKI/VALMISTUS/VALMISTAMINEN/VALMISTAMINEN
PIIRUSTUS/PIIRUSTUS	LAAJENNUS JA MUUTOS	PIIRUSTUS/PIIRUSTUS	ELEMENTTI
VOIKKE		PIIRUSTUS/PIIRUSTUS	ELEMENTTIPIIRUSTUS
			P-21/2, PILARI_SUORAK
SALA	TYÖNUMERO	REKISTERI	
RAK			
PIIRI NRO	P-21/2	MAITOS	
SUUNNITTELU/PÄIV. TUOTOITTO/ALUEKARTTA	PIIRI	HYV.	PÄIV.

BETONIPEITE: 30 MM  
 MITTATARKKUUS: SBK:n JULKAISU 1.2 LUOKKA N (=normaaliluokka)  
 PALOLUOKKA: REI 60  
 VIISTEET: 15 x 15  
 YMPÄRISTÖLUOKKA: XC1  
 PURKULUJUUS: K 20 MN/m2  
 TERÄS: T = A500HW  
 K = B500K  
 E = AISI 304 / 316

NOSTOLENKIT J 12.5 St 1550/1760 TAIV. HOLKIN KANSSA NOSTOAPUVALINEEN HALK. =>65MM		KPL/NIPPU	L.PIT	G./NIPPUPARI
		1	2100	6.5 t
		2	2400	11.5 t
		3	2800	17.0 t
		4	3100	22.0 t

RAUDOITUSLUETTELO															
TY	PO	LA	KPL	D	L	a	b	c	d	e	u	v	X	Y	TD
A	1	T	8	25		17350									
	2														
U	3	T	68	6		120	320	320							
U	4	T	8	8		120	320	150							
D	5	T	6	10		600	280	600							
	6														
	7														

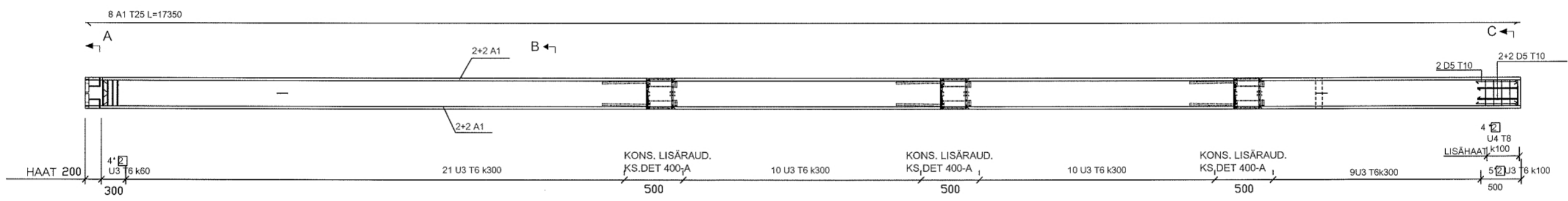
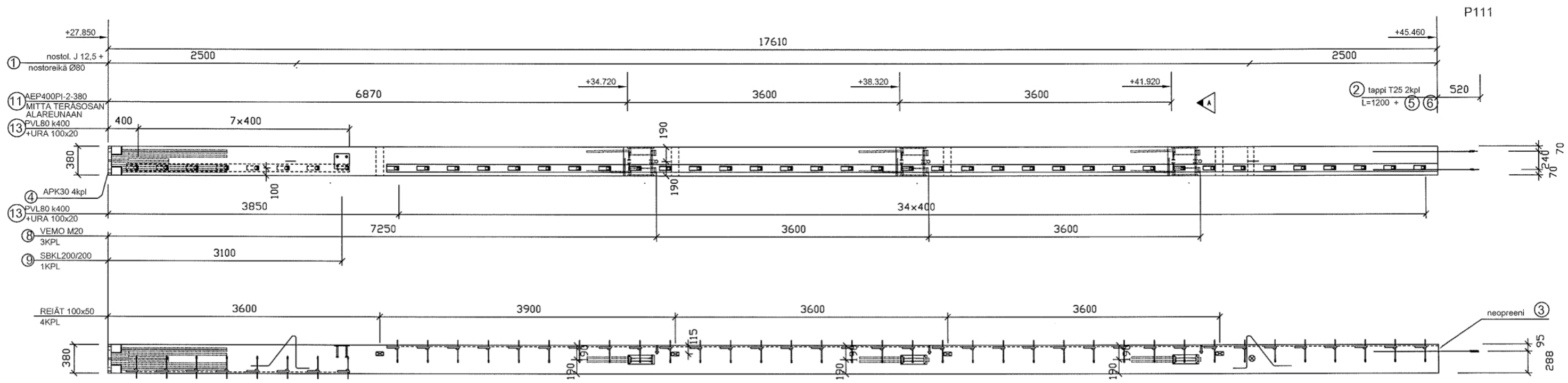
MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO							
TY	PO	MAT/TARV.	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.
AG		ELEMENTIN PAINO				6.35 t	
BBK		BETONI K 50-1				2.54 m3	
TNO	1	NOSTOLENKIT	1	J12.5 L=2100	(TAIV. HOLKIN KANSSA L=300)	2 kpl	
	2	TAPPI T25 L=1200		KIERRE M24 L=100		2 kpl	
	3	NEOPREENI 350x350x8		SHORE 60		1 kpl	VEDENPOISTOURA
	4	PILARIKENKÄ		APK 30		4 kpl	
	5	ALUSLEVY 100x100x12				2 kpl	
	6	KUUSIOMUTTERI M24				2 kpl	
	7					kpl	
	8	VEMO M20 1168A				3 kpl	
	9	SBKL 200/200				1 kpl	
	10					kpl	
	11	TERÄSKONSOLI AEP400PI-2-480 + AEP400K				3+6 kpl	
	12					kpl	
	13	VAIJERIVAARNALENKIT PVL80				43 kpl	

JAKELU	PVM														
	REV.														
RAKENNUTTAJA															
TYÖMAA															
ARKKITEHTI															
RAKENNESUUNNITTELIJA															
PARMA OY / PROJEKTIKESKUS															
ELEMENTTITEHDAS															
ASENTAJA															
VIRALLISET															

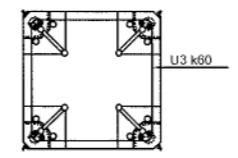
A		TERÄSKONSOLIEEN SIJAINTI MUUTETTU			
Tunnus	Lukum.	Muutos		Nimim	Päiväys

K.osa / Kylä	Kortteli / Tila	Tontti / R.n:o	Viranomaisten arkistomerkitöjä
Rakennustoimenpide	UUDISRAKENNUS		Piirustuslaji
Rakennuskohteen nimi ja osoite			RAKENNEPIIRUSTUS
			Piirustuksen sisältö
			PILARIELEMENTTI
			<b>P111</b>
			YHT. 1 kpl
RAK	Työn n:o	Tilaaajan työn n:o	
Piirustuksen n:o			Muutos
			A

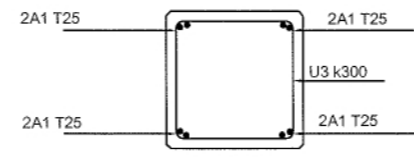




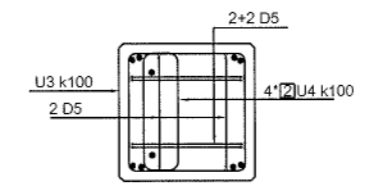
A - A



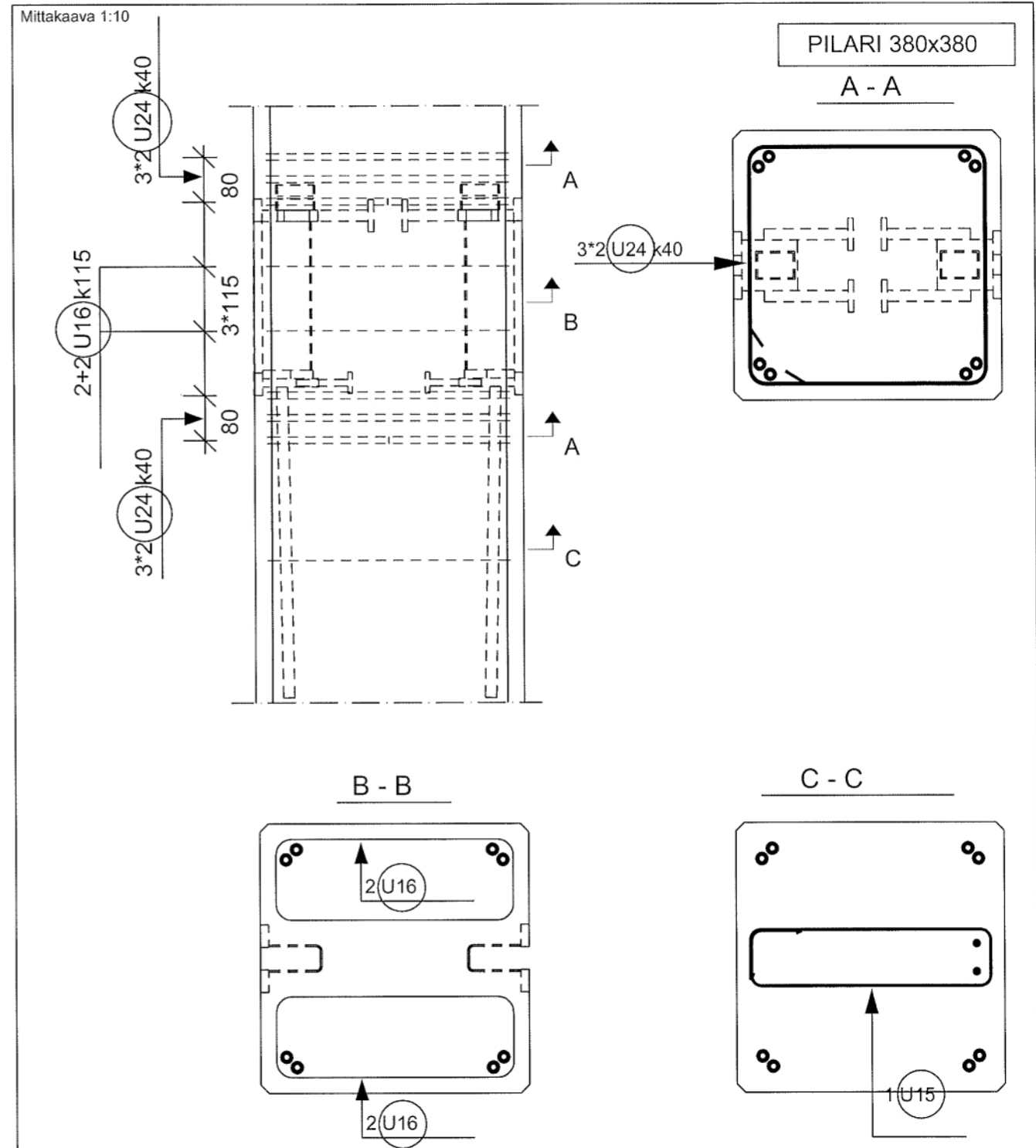
B - B



C - C



Rakennuskohde	Sisältö		
	AEP400 PI-PIILOKONSOLIN LISÄHAAT		
Suunnittelija	Työ nro		DET. 400-A
	Päiväys	Tekijä	



RAUDOITUSLUETTELO												
TY	PO	LAAKPL	D	L	a	b	c	d	e	u	v	TD
U	15	T	1	6	90	320	150					
U	16	T	4	6	150	150	320					
U	24	T	12	10	150	320	320					

## PILARIN RAUDOITE- JA TARVIKELUETTELO

Elementin tunnus : P34  
 Projektin nimi : Skanssin kauppakeskus  
 Valmistusmäärä : 1kpl.

Pinta-ala: 17,8 m<sup>2</sup>  
 Paino: 221,6 kN  
 Tilavuus: 8,5 m<sup>3</sup>  
 Valuysikkö: P34  
 Materiaali: K50-1

### TARVIKELUETTELO

Tarvike	Lkm.	Pääosan mat.	Muuta
APK45	4	S355 J2 G3	
Neopren 230*450*15	8	Neoprene	Vesiura, Shore 60
NL 3*J12,5-2800	2	1630/1860	
NL 4*J12,5-3100	2	1630/1860	
Pultti T25-1200	4	A500HW	Kuumasinkitty
Pultti T25-1500	4	A500HW	Kuumasinkitty
VEMO M16	14	AISI304	
Vaijerilenkki PVL-80	8	S235 JR	

### PÄÄRAUDOITTEET

Pääraudoite  
 Hakaraudoitus (alkuperäinen)

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	20	4	20	12980						128,04
päätanko	A	53	4	25	12980						200,07
päätanko	A	54	8	25	12845						395,97
u-haka	D	11	4	12		1000	394	1000		60	8,31
u-haka	D	12	4	12		1000	410	1000		60	11,15
u-haka	D	22	6	10		800	230	800		40	7,23
u-haka	D	23	2	10		800	1194	800		40	3,40
haka	U	46	48	8		120	640	410		32	42,75
haka	U	49	56	10		120	1210	410		40	116,56
<b>Yht.</b>											<b>913,46</b>

**KONSOLIRAUDOITTEET**

**Konsolivaihtoehto 1**

**Alkuperäinen**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	3	32	8		120	1530	430		24	51,59
konsoli1	XA	2	16	12		200	1500	230		36	50,30
konsoli2	XD	1	64	12		340	1490	230	600	32	149,49
<b>Yht.</b>											<b>251,39</b>

**Konsolivaihtoehto 2**

**Halfen 1**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	32	10	3646						71,90
haka	U	2	24	10	4086						60,50
haka	U	3	56	8	1320						29,20
tyssatappi1	HSC-HD	1	24	20	1500						88,80
<b>Yht.</b>											<b>250,40</b>

**Konsolivaihtoehto 3**

**Valmis konsolikomponentti**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Päähakojen asennuksen yhteydessä asennettavat teräskset											
haka	U	1	32	10	3880						76,61
haka	U	2	24	10	4080						60,42
Omana konsolikomponenttina asennettavat teräskset											
konsoli2	Y	1	48	10	2630						77,89
tukiteräs	Tukiteräs	2	24	8	350						3,32
<b>Yht.</b>											<b>218,24</b>

## PILARIN RAUDOITE- JA TARVIKELUETTELO

Elementin tunnus : P1  
Projektin nimi : Skanssin kauppakeskus  
Valmistusmäärä : 1kpl.

Pinta-ala: 8,6 m<sup>2</sup>  
Paino: 107,7 kN  
Tilavuus: 4,1 m<sup>3</sup>  
Valuysikkö: P1  
Materiaali: K60-1

### TARVIKELUETTELO

Tarvike	Lkm.	Pääosan mat.	Muuta
APK36	4	S355 J2 G3	
Neopren 230*450*15	4	Neoprene	Vesiura, Shore 60
NL 2*J12,5-3000	2	1630/1860	
Pultti T25-1200	4	A500HW	Kuumasinkitty
VEMO M16	10	AISI304	
Vaijerilenkki PVL-80	22	S235 JR	

### PÄÄRAUDOITTEET

#### Pääraudoite 1

##### Hakaraudoitus (alkuperäinen)

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	8	20	13740						271,08
päätanko	A	2	4	20	13875						136,87
u-haka	D	11	3	12		600	394	600		60	4,10
u-haka	D	12	3	12		600	494	600		60	4,37
u-haka	D	22	4	10		800	394	800		40	4,82
u-haka	D	23	2	10		800	494	800		40	2,53
haka	U	49	51	6		120	510	410		32	22,84
haka	U	50	12	8		120	510	410		40	9,46
<b>Yht.</b>											<b>543,09</b>

#### Pääraudoite 2

##### Verkkoraudoitus

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	8	20	13740						271,08
päätanko	A	2	4	20	13875						136,87
u-haka	D	11	3	12	1539	600	394	600		60	4,10
u-haka	D	12	3	12	1639	600	494	600		60	4,37
u-haka	D	22	4	10	1956	800	394	800		40	4,82
u-haka	D	23	2	10	2053	800	494	800		40	2,53
verkko	V	1	4	6/6	1580		250				35,6
verkko	V	2	2	6/6	1580		800				3,22
verkko	V	3	16	6/6	1580		1500				32,00
verkko	V	4	2	6/6	1580		300				14,36
<b>Yht.</b>											<b>508,95</b>



**Pääraudoite 3**

**Kierrehakaraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	8	20	13740						271,08
päätanko	A	2	4	20	13875						136,87
u-haka	D	11	3	12	1539	600	394	600		60	4,10
u-haka	D	12	3	12	1639	600	494	600		60	4,37
u-haka	D	22	4	10	1956	800	394	800		40	4,82
u-haka	D	23	2	10	2053	800	494	800		40	2,53
kierrehaka	K	1		5	57400						8,84
kierrehaka	K	2		5	114800						17,68
kierrehaka	K	3		5	16400						2,53
<b>Yht.</b>											<b>452,81</b>

**KONSOLIRAUDOITTEET**

**Konsolivaihtoento 1**

**Alkuperäinen**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	3	16	8		120	830	430		24	16,96
konsoli1	XA	1	8	12		200	800	230		36	15,21
konsoli2	XD	1	32	12		340	790	250	600	32	54,86
<b>Yht.</b>											<b>87,02</b>

**Konsolivaihtoento 2**

**Halfen 1**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	16	10	2236						22,1
haka	U	2	12	8	1424						6,7
haka	U	3	12	10	2666						19,7
tyssa1	HSC-HD	1	12	20	790						23,4
<b>Yht.</b>											<b>71,9</b>

**Konsolivaihtoento 3**

**Halfen 2 (vakioimitaiset tyssatapit)**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	16	10	2236						22,1
haka	U	2	12	8	1424						6,7
haka	U	3	12	10	2666						19,7
tyssa2	HSC-H	1	24	20	1030						60,96
<b>Yht.</b>											<b>109,46</b>

**Konsolivaihtoento 4**

**Valmis konsolikomponentti**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Päähakojen asennuksen yhteydessä asennettavat teräkset											
haka	U	1	16	10	2486						24,54
haka	U	2	24	10	2686						39,77
Omana konsolikomponenttina asennettavat teräkset											
konsoli2	Y	1	24	25	1930						28,58
tukiteräs	Tukiteräs	2	16	16	350						2,21
<b>Yht.</b>											<b>95,1</b>

## PILARIN RAUDOITE- JA TARVIKELUETTELO

Elementin tunnus : P54  
Projektin nimi : STC Tuupakka  
Valmistusmäärä : 4kpl.

Pinta-ala: 14,5 m<sup>2</sup>  
Paino: 79,5 kN  
Tilavuus: 3,2 m<sup>3</sup>  
Valuysikkö: -  
Materiaali: K40-1

### TARVIKELUETTELO

Tarvike	Lkm.	Pääosan mat.	Muuta
APK24	4	S355J2G3	
VEMO M20X130	1	S355J2G3	
SBKLR 200/200	4	200/200	
SBKL 200/100	2	200/100	
Teräsosa T20	1		Ks. Piir. 1455-2000
SBKL 150/150	2	150/150	
NEOPREN 430X250X1	1		Shore 60, vesiuralla
AHP30-L1500	1	S235	Aluslevy 120X120X10
NEOPREN 20X450X10	4		Kumilaakerinauha

### PÄÄRAUDOITTEET

#### Pääraudoite 1

##### Hakaraudoitus (alkuperäinen)

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	4	25	12000						184,96
päätanko	A	2	6	12	950						5,06
päätanko	A	3	4	25	1500						23,12
haka	U	1	52	8	1857						38,10
haka	U	2	8	8	2648						8,36
u-haka	H	2	8	10	1739						8,58
<b>Yht.</b>											<b>268,18</b>

#### Pääraudoite 2

##### Verkkoraudoitus

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	4	25	12000						184,96
päätanko	A	2	6	12	950						5,06
päätanko	A	3	4	25	1500						23,12
päätanko	A	4	8	8	400						1,26
haka	U	1	14	8	1857						10,27
haka	U	2	8	8	2648						8,37
u-haka	H	2	8	10	1739						8,58
verkko	V	1	14	7/7	1060		1500				29,82
verkko	V	2	2	7/7	1060		500				2,76
verkko	V	3	4	7/7	1060		500				14,00
<b>Yht.</b>											<b>288,21</b>

**Pääraudoite 3**

**Kierrehakaraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	14	25	12000						184,96
päätanko	A	2	3	12	950						5,06
päätanko	A	3	3	25	1500						23,12
päätanko	A	4	8	8	400						1,26
haka	U	1	14	8	1857						10,27
haka	U	2	8	8	2648						8,37
u-haka	H	2	8	10	1739						8,58
kierrehaka	K	1		5+5	59424						18,30
kierrehaka	K	2		5+5	9285						2,86
<b>Yht.</b>											<b>262,79</b>

**KONSOLIRAUDOITTEET**

**Konsolivaihtoehto 1**

**Alkuperäinen**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
tukiteräs	A	4	8	8	400						1,26
u-haka	H	1	20	8	1677						13,23
<b>Yht.</b>											<b>14,49</b>

**Konsolivaihtoehto 2**

**Halfen 1**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	2	10	2657						7,1
haka	U	2	2	10	2657						2,8
haka	U	3	8	8	1150						7,1
tyssa1	HSC-HD	1	4	20	800						7,8
<b>Yht.</b>											<b>24,80</b>

**Konsolivaihtoehto 3**

**Halfen 2 (vakioomittaiset tyssatapit)**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	2	10	2657						7,1
haka	U	2	2	10	2657						2,8
haka	U	3	8	8	1150						7,1
tyssa2	HSC-H	1	8	20	930						18,35
<b>Yht.</b>											<b>35,35</b>

**Konsolivaihtoehto 4**

**Valmis konsolikomponentti**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Omana konsolikomponenttina asennettavat teräkset											
haka	U	1	8	10	2200						10,86
haka	U	2	2	10	2400						2,96
tukiteräs	Tukiteräs	3	8	8	350						1,11
<b>Yht.</b>											<b>14,93</b>

**Konsolivaihtoehto 5**

**Valmis konsolikomponentti**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Omana konsolikomponenttina asennettavat teräkset											
haka	U	1	8	10	2200						10,86
haka	U	2	2	10	2400						2,96
tukiteräs	Tukiteräs	3	8	8	350						1,11
<b>Yht.</b>											<b>14,93</b>

## PILARIN RAUDOITE- JA TARVIKELUETTELO

Elementin tunnus : P32/23  
 Projektin nimi : Prisman parkkitalo  
 Valmistusmäärä : 1kpl.

Pinta-ala: 16,1 m<sup>2</sup>  
 Paino: 112,5 kN  
 Tilavuus: 4,5 m<sup>3</sup>  
 Valuysikkö: -  
 Materiaali: K50-1

### TARVIKELUETTELO

Tarvike	Lkm.	Pääosan mat.	Muuta
NEOPREENI	2	NEOPREENI	
NEOPREENI	1	NEOPREENI	SHORE 60
NEOPREENI	1	NEOPREENI	SHORE 60
NOSTOREIKÄ	1	-	
ALUSLEVY	6	S235JR+KZn	
ALUSLEVY	2	S235JR+KZn	6000-7,5-0300_FV
DEHA	2	-	
MUTTERI	6	8.8-KZn	
MUTTERI	2	8.8-KZn	
PULTTIKOLO	4	-	
SBKLR100X100	1	-	
SBKLR100X150	1	-	
SPIRALO	4	-	D120+D60
VEMO	2	RST	1068-A-M16-L100
PULTTI	2	A500HW+KZn	
PULTTI	2	A500HW+KZn	
PULTTI	2	A500HW+KZn	
PULTTI	2	A500HW+KZn	

### PÄÄRAUDOITTEET

#### Pääraudoite 1

#### Hakaraudoitus (alkuperäinen)

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1025	4	20	11870						117,30
päätanko	A	1026	8	25	11870						365,60
päätanko	A	1080	10	25	3660						141,30
haka	U	50	18	8	2400						17,10
haka	U	129	4	10	2230						5,50
haka	U	130	4	10	2430						6,00
haka	U	51	36	8	2200						31,40
haka	U	460	5	8	1650						3,30
haka	U	A/41	25	8	2400						23,70
u-haka	D	A/21	4	12	2180						7,80
u-haka	D	457	4	10	2130						5,30
u-haka	D	A/42	4	16	2060						13,00
<b>Yht.</b>											<b>737,30</b>

**Pääraudoite 2**

**Verkkoraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1025	4	20	11870						117,28
päätanko	A	1026	8	25	11870						365,60
päätanko	A	1080	10	25	3660						141,30
haka	U	51	4	8	2200						3,48
haka	U	129	4	10	2230						5,50
haka	U	130	4	10	2430						6,00
u-haka	D	A/21	4	12	2180						7,74
u-haka	D	A/42	4	16	2400						15,17
u-haka	D	457	4	10	2130						5,26
verkko	V	1	6	7/8	1660		500				100,62
verkko	V	2	2	7/7	1660		500				4,76
verkko	V	3	2	7/7	1660		1300				5,98
verkko	V	4	10	7/7	1660		1500				31,50
verkko	V	5	2	7/7	1660		300				20,50
<b>Yht.</b>											<b>830,68</b>

**Pääraudoite 3**

**Kierrehakaraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1025	4	20	11870						117,28
päätanko	A	1026	8	25	11870						365,60
päätanko	A	1080	10	25	3660						141,30
haka	U	51	4	8	2200						3,48
haka	U	129	4	10	2230						5,50
haka	U	130	4	10	2430						6,00
u-haka	D	A/21	4	12	2180						7,74
u-haka	D	A/42	4	16	2400						15,17
u-haka	D	457	4	10	2130						5,26
kierrehaka	K	1		5+5	81600						25,13
kierrehaka	K	2		5+5	9600						2,96
kierrehaka	K	3		5+5	19200						5,91
kierrehaka	K	4		5+5	40800						12,57
kierrehaka	K	5		5+5	66000						20,33
kierrehaka	K	6		5+5	11000						3,39
<b>Yht.</b>											<b>737,60</b>

**KONSOLIRAUDDITTEET**

**Konsolivaihtoehto 1**

**Alkuperäinen**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	140	6	8	2880						6,80
haka	U	139	20	8	3080						24,40
konsoli1	XA	127	2	12	2170						3,90
konsoli1	XA	128	2	12	2130						3,80
konsoli1	XA	121	2	12	2370						4,20
konsoli1	XA	122	2	12	2330						4,10
konsoli1	Z	1020	2	12	2330						4,10
konsoli1	Z	1021	2	12	2380						4,20
konsoli2	YJ	119	10	12	2120						18,90
konsoli2	YJ	92	10	12	1920						17,10
konsoli2	Y	1032	10	12	2130						18,90
<b>Yht.</b>											<b>110,40</b>

**Konsolivaihtoehto 2**

**Halven 1**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	5	10	2290						7,1
haka	U	2	3	10	1520						2,8
haka	U	3	4	10	2880						7,1
haka	U	4	5	10							11,3
haka	U	5	7	10							13,3
haka	U	6	3	8							4,9
haka	U	7	5	10							7,9
haka	U	9	1	8							0,69
haka	U	10	1	8							0,69
haka	U	11	1	8							0,7
tyssa1	HSC-HD	1	4	20	790						7,8
tyssa1	HSC-HD	2	4	20	880						8,7
tyssa1	HSC-HD	3	4	20	900						8,9
<b>Yht.</b>											<b>81,88</b>

**Konsolivaihtoehto 3**

**Halven 2 (vakioimitetut tyssatapit)**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	5	10	2290						7,1
haka	U	2	3	10	1520						2,8
haka	U	3	4	10	2880						7,1
haka	U	4	5	10							11,3
haka	U	5	7	10							13,3
haka	U	6	3	8							4,9
haka	U	7	5	10							7,9
haka	U	9	1	8							0,69
haka	U	10	1	8							0,69
haka	U	11	1	8							0,7
tyssa1	HSC-HD	1	4	20	790						7,8
tyssa2	HSC-H	2	8	20	1030						20,32
tyssa2	HSC-H	3	8	20	1030						20,32
<b>Yht.</b>											<b>104,92</b>

**Konsolivaihtoehto 4**

**Valmis konsolikomponentti**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Asennetaan omana konsolikomponenttina											
haka	U	1	8	12	2780						19,75
haka	U	2	10	12	3080						27,35
haka	U	3	4	12	2880						10,23
haka	U	4	2	12	2680						4,76
Asennetaan omana konsolikomponenttina											
konsoli2	Y	1	12	12	2130						22,70
konsoli2	Y	2	6	12	1920						10,23
tukiteräs	Tukiteräs	1	6	8	450						1,07
tukiteräs	Tukiteräs	2	3	8	450						0,53
<b>Yht.</b>											<b>96,62</b>

## PILARIN RAUDOITE- JA TARVIKELUETTELO

Elementin tunnus : P-L4-3  
Projektin nimi : Kauppakeskus Karisma  
Valmistusmäärä : 7kpl.

Pinta-ala: 5,3 m<sup>2</sup>  
Paino: 29,4 kN  
Tilavuus: 1,17 m<sup>3</sup>  
Valuysikkö: -  
Materiaali: K50-1

### TARVIKELUETTELO

Tarvike	Lkm.	Pääosan mat.	Muuta
DEHA 6000-5,0-0340	2		
NOSTOREIKÄ	1		D=80mm

### PÄÄRAUDOITTEET

#### Pääraudoite 1

##### Hakaraudoitus (alkuperäinen)

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	4	25	4457						68,70
päätanko	A	2	8	16	2000						25,25
u-haka	D	1	8	12	2400						17,05
u-haka	D	3	4	10	2400						5,92
haka	U	1	37	8	1820						26,57
<b>Yht.</b>											<b>143,49</b>

#### Pääraudoite 2

##### Verkkoraudoitus

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	4	25	4457						68,70
päätanko	A	2	8	16	2000						25,25
u-haka	D	1	8	12	2400						17,05
u-haka	D	3	4	10	2400						5,92
haka	U	1	6	8	1820						4,30
verkko	V	1	8	7/7	1060		300				57,84
verkko	V	2	4	7/7	1060		300				8,52
verkko	V	3	2	7/7	1060		1500				5,06
verkko	V	4	2	7/7	1060		1000				4,32
<b>Yht.</b>											<b>196,96</b>

#### Pääraudoite 3

##### Kierrehakaraudoitus

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	4	25	4457						68,70
päätanko	A	2	8	16	2000						25,25
u-haka	D	1	8	12	2400						17,05
u-haka	D	3	4	10	2400						5,92
haka	U	1	6	8	1820						4,30
kierrehaka	K	1		5+5	28000						8,624
kierrehaka	K	2		5+5	6000						1,848
kierrehaka	K	3		5+5	6000						1,85
kierrehaka	K	4		5+5	10000						3,08
kierrehaka	K	5		5+5	12000						3,70
kierrehaka	K	6		5+5	10000						3,08
<b>Yht.</b>											<b>143,39</b>

## KONSOLIRAUDOITTEET

### Konsolivaihtoehto 1

#### Alkuperäinen

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
u-haka	D	5	8	12	1700						12,08
haka	U	2	5	10	2795						6,89
konsoli3	X	1	4	12	3000						10,65
<b>Yht.</b>											<b>29,63</b>

### KONSOLIVAIHTOEHTO 2

#### HALFEN 1

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	3	10	2310						4,3
haka	U	2	3	10	2795						5,20
haka	U	3	6	8	1310						3,10
tyssa1	HSC-HD	1	4	20	900						8,90
<b>Yht.</b>											<b>21,50</b>

### Konsolivaihtoehto 3

#### Halven 2 (vakioimitoitettut tyssatapid)

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	3	10	2310						4,30
haka	U	2	3	10	2795						5,20
haka	U	3	6	8	1310						3,10
tyssa2	HSC-H	1	8	20	930						18,35
<b>Yht.</b>											<b>30,95</b>

### Konsolivaihtoehto 4

#### Valmis konsolikomponentti

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Asennetaan päähakojen asennuksen yhteydessä											
haka	U	1	4	12	2266						8,05
haka	U	2	2	10	2795						3,45
haka	U	3	3	10	2795						5,17
Asennetaan omana konsolikomponenttina											
konsoli3	X	1	4	12	3000						10,66
tukiteräs	Tukiteräs	1	6	8	350						0,83
<b>Yht.</b>											<b>28,16</b>

### Konsolivaihtoehto 5

#### Valmis konsolikomponentti

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Asennetaan päähakojen asennuksen yhteydessä											
haka	U	1	4	12	2266						8,05
haka	U	2	2	10	2795						3,45
haka	U	3	3	10	2795						5,17
Asennetaan omana konsolikomponenttina											
konsoli2	Y	1	8	12	1800						12,79
tukiteräs	Tukiteräs	1	6	8	350						0,83
<b>Yht.</b>											<b>30,29</b>



## PILARIN RAUDOITE- JA TARVIKELUETTELO

Elementin tunnus : P-11/1  
 Projektin nimi : Parkkitalo, Prisma  
 Valmistusmäärä : 1kpl.

Pinta-ala: 15 m<sup>2</sup>  
 Paino: 87,6 kN  
 Tilavuus: 3,5 m<sup>3</sup>  
 Valuysikkö: -  
 Materiaali: K50-1

### TARVIKELUETTELO

Tarvike	Lkm.	Pääosan mat.	Muuta
NEOPREENI	2	NEOPREENI	SHORE 60
NEOPREENI	2	NEOPREENI	SHORE 60
NEOPREENI	2	NEOPREENI	SHORE 60
NOSTOREIKÄ	1		
ALUSLEVY	6	S235JR+KZn	
DEHA6000-7,5-0300	2		FV
MUTTERI	6	8,8+KZn	
PULTTIKOLO	4		
SPIRALO D120+D60	4		
VEMO1068-A	8	RST	M16 L100
PULTTI	1	A500HW+KZn	
PULTTI	1	A500HW+KZn	
PULTTI	4	A500HW+KZn	

### PÄÄRAUDOITTEET

#### Pääraudoite 1

#### Hakaraudoitus (alkuperäinen)

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	362	4	25	11040						170,016
päätanko	A	363	4	25	11010						169,554
päätanko	A	364	4	20	11040						109,075
päätanko	A	361	4	25	3160						48,664
päätanko	A	499	4	25	3160						48,664
haka	U	15	4	10	2230						5,504
haka	U	131	4	10	2030						5,010
haka	U	170	10	8	2200						8,690
haka	U	4	4	8	2200						3,476
haka	U	5	35	8	2000						27,650
haka	U	/2	5	8	1450						2,864
haka	U	A/6	29	8	2200						25,201
u-haka	D	/1	4	10	2030						5,010
u-haka	D	A/8	4	12	2180						7,743
u-haka	D	A/9	4	16	1960						12,387
<b>Yht.</b>											<b>649,51</b>

**Pääraudoite 2**

**Verkkoraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	362	4	25	11040						170,016
päätanko	A	363	4	25	11010						169,554
päätanko	A	364	4	20	11040						109,075
päätanko	A	361	4	25	3160						48,664
päätanko	A	499	4	25	3160						48,664
u-haka	D	A/8	4	12	2180						7,743
u-haka	D	A/9	4	16	1960						12,387
u-haka	D	/1	4	10	2030						5,010
haka	U	15	4	10	2230						5,504
haka	U	131	4	10	2030						5,010
haka	U	5	35	8	2000						27,650
verkko	V	1	6	7/8	1560		500				94,680
verkko	V	2	4	7/7	1560		500				9,040
verkko	V	3	10	7/7	1560		1500				27,000
verkko	V	4	2	7/7	1560		300				19,300
<b>Yht.</b>											<b>759,297</b>

**Pääraudoite 3**

**Kierrehakaraudoite**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	362	4	25	11040						170,016
päätanko	A	363	4	25	11010						169,554
päätanko	A	364	4	20	11040						109,075
päätanko	A	361	4	25	3160						48,664
päätanko	A	499	4	25	3160						48,664
u-haka	D	A/8	4	12	2180						7,743
u-haka	D	A/9	4	16	1960						12,387
u-haka	D	/1	4	10	2030						5,010
haka	U	15	4	10	2230						5,504
haka	U	131	4	10	2030						5,010
haka	U	5	35	8	2000						27,650
kierrehaka	K	1		5+5	122400						37,70
kierrehaka	K	2		5+5	76800						5,91
kierrehaka	K	3		5+5	66000						20,33
kierrehaka	K	4		5+5	15400						4,74
<b>Yht.</b>											<b>677,96</b>

**KONSOLIRAUDOITTEET**

**Konsolivaihtoehto 1**

**Alkuperäinen**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	8	4	8	3280						5,182
haka	U	7	4	8	3480						5,498
konsoli1	XA	12	1	12	2870						2,549
konsoli1	XA	11	1	12	2830						2,513
konsoli1	XA	13	1	12	2630						2,335
konsoli1	XA	14	1	12	2670						2,371
konsoli3	XE	9	8	12	2840						20,175
konsoli3	XE	10	8	12	2740						19,465
<b>Yht.</b>											<b>60,09</b>

**Konsolivaihtoehto 2**

**Halven 1**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	4	10	3050						7,50
haka	U	2	3	10	3480						6,40
haka	U	3	10	8	1520						7,70
haka	U	4	3	10	2850						7,00
haka	U	5	6	10	3280						6,10
tyssa1	HSC-HD	1	3	20	1200						8,90
tyssa1	HSC-HD	2	3	20	1100						8,10
<b>Yht.</b>											<b>51,70</b>

**Konsolivaihtoehto 3**

**Halven 2 (vakioimitoitettut tyssatpit)**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	4	10	3050						7,5
haka	U	2	3	10	3480						6,4
haka	U	3	10	8	1520						7,7
haka	U	4	3	10	2850						7
haka	U	5	6	10	3280						6,1
tyssa2	* HSC-H	1	6	20	1030						15,24
tyssa2	* HSC-H	2	6	20	1030						15,24
<b>Yht.</b>											<b>65,18</b>

**Konsolivaihtoehto 4**

**Valmis konsolikomponentti**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	4	10	3180						7,85
haka	U	2	6	10	3480						12,88
haka	U	3	4	10	2980						7,35
haka	U	4	6	10	3280						12,14
konsoli3	X	1	6	10	2840						10,51
konsoli3	X	2	6	10	2740						10,14
tukiteräs	Tukiteräs	2	6	8	450						1,07
tukiteräs	Tukiteräs	1	6	8	350						0,83
<b>Yht.</b>											<b>62,78</b>

**Konsolivaihtoehto 5**

**Valmis konsolikomponentti**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	8	10	2820						13,92
haka	U	2	12	10	3120						23,10
haka	U	3	8	10	2620						12,93
haka	U	4	12	10	2920						21,62
konsoli2	X	1	12	10	1820						13,48
konsoli2	X	2	12	10	1770						13,11
päätanko	Tukiteräs	2	6	8	450						1,07
päätanko	Tukiteräs	1	6	8	350						0,83
<b>Yht.</b>											<b>100,05</b>

## PILARIN RAUDOITE- JA TARVIKELUETTELO

Elementin tunnus : P-11/24  
 Projektin nimi : Parkkitalo, Prisma  
 Valmistusmäärä : 1kpl.

Pinta-ala: 17,2 m<sup>2</sup>  
 Paino: 125,2 kN  
 Tilavuus: 2,01 m<sup>3</sup>  
 Valuysikkö: -  
 Materiaali: K50-1

### TARVIKELUETTELO

Tarvike	Lkm.	Pääosan mat.	Muuta
NEOPREENI	2	NEOPREENI	SHORE 60
NEOPREENI	1	NEOPREENI	SHORE 60
NEOPREENI	2	NEOPREENI	SHORE 60
NEOPREENI	2	NEOPREENI	SHORE 60
NOSTOREIKÄ	1		
ALUSLEVY	3	S235JR+KZn	
ALUSLEVY	8	S235JR+KZn	
AVTR37	4	W1.4301	
DEHA6000-7,5-0300	2		FV
MUTTERI	3	8.8+KZn	
MUTTERI	8	8.8+KZn	
PULTTIKOLO	4	HOLE	
SPIRALO D120+D60	4	HOLE	
VEMO1068-A	2	RST	
PULTTI	1	A500HW+KZn	D32, L=1610
PULTTI	4	A500HW+KZn	D32, L=1710
PULTTI	4	A500HW+KZn	D32, L=1760
PULTTI	2	A500HW+KZn	D32, L=2050

### PÄÄRAUDOITTEET

#### Pääraudoite 1

#### Hakaraudoitus (alkuperäinen)

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	447	2	20	11470						56,662
päätanko	A	449	4	25	11470						176,638
päätanko	A	187	8	25	3260						100,408
päätanko	A	105	2	25	3260						25,102
päätanko	A	54	2	20	13340						65,900
päätanko	A	60	4	25	13340						205,436
haka	U	A/15	29	8	2400						27,492
haka	U	129	8	10	2230						11,007
haka	U	130	4	10	2430						5,997
haka	U	201	12	8	1800						25,102
haka	U	50	15	8	2400						14,220
haka	U	51	25	8	2200						21,725
u-haka	D	A/12	4	16	2060						13,019
u-haka	D	A/8	4	12	2180						7,743
											<b>Yht. 756,45</b>

**Pääraudoite 2**

**Verkkoraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	447	2	20	11470						56,662
päätanko	A	449	4	25	11470						176,638
päätanko	A	54	2	20	13340						65,900
päätanko	A	60	4	25	13340						205,436
päätanko	A	105	2	25	3260						25,102
päätanko	A	187	8	25	3260						100,408
haka	U	130	4	10	2430						5,997
haka	U	129	8	10	2230						11,007
u-haka	D	A/8	4	12	2180						7,743
u-haka	D	A/12	4	16	2060						13,019
verkko	V	1	6	7/8	1660		500				100,62
verkko	V	2	2	7/7	1660		500				4,76
verkko	V	3	2	7/7	1660		1000				5,52
verkko	V	4	12	7/7	1660		1500				33,60
verkko	V	5	2	7/7	1660		300				20,50
verkko	V	6	2	7/7	1260		500				3,92
verkko	V	7	2	7/7	1260		300				15,68
<b>Yht.</b>											<b>852,51</b>

**Pääraudoite 3**

**Kierrehakaraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	447	2	20	11470						56,662
päätanko	A	449	4	25	11470						176,638
päätanko	A	54	2	20	13340						65,900
päätanko	A	60	4	25	13340						205,436
päätanko	A	105	2	25	3260						25,102
päätanko	A	187	8	25	3260						100,408
haka	U	130	4	10	2430						5,997
haka	U	129	8	10	2230						11,007
u-haka	D	A/8	4	12	2180						7,743
u-haka	D	A/12	4	16	2060						13,019
kierrehaka	K	1	5+5	2400	43200						13,31
kierrehaka	K	2	5+5	2400	9600						2,96
kierrehaka	K	3	5+5	2400	43200						13,31
kierrehaka	K	4	5+5	2400	9600						2,96
kierrehaka	K	5	5+5	2400	43200						13,31
kierrehaka	K	6	5+5	2200	59400						18,30
kierrehaka	K	7	5+5	2200	13200						4,07
kierrehaka	K	8	5+5	1800	7200						2,22
kierrehaka	K	9	5+5	1800	10800						3,33
<b>Yht.</b>											<b>741,65</b>

**KONSOLIRAUDOITTEET**

**Konsolivaihtoento 1**

**Alkuperäinen**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
konsoli3	XE	117	14	12	2740						34,064
konsoli3	XE	118	10	12	3040						26,995
konsoli2	YJ	120	8	12	1920						13,640
konsoli1	XA	123	1	12	2730						2,424
konsoli1	XA	124	1	12	2730						2,424
konsoli1	XA	125	2	12	2970						5,275
konsoli1	XA	126	2	12	2930						5,204
konsoli1	XA	127	1	12	2170						1,927
konsoli1	XA	128	1	12	2130						1,891
konsoli1	XA	164	2	12	2770						4,920
konsoli1	XA	192	1	12	2560						2,273
konsoli1	XA	193	1	12	2600						2,309
haka	U	140	4	8	2880						4,550
haka	U	141	10	8	3680						14,536
haka	U	142	6	8	3480						8,248
haka	U	200	4	8	3080						4,866
<b>Yht.</b>											<b>135,55</b>

**Konsolivaihtoento 2**

**Halfen 1**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	5	10	3160						7,8
haka	U	2	4	10	3680						9,1
haka	U	3	4	8	1920						3
haka	U	4	5	10	2960						7,3
haka	U	5	4	10	3480						8,6
haka	U	7	2	8	2760						2,2
haka	U	8	3	8	3080						3,6
haka	U	9	6	8	1320						3,1
haka	U	10	4	10	2290						5,6
haka	U	11	5	8	2880						8,9
haka	U	12	6	10	1520						3,6
haka	U	6	4	8	1720						2,7
konsoli1	XA	1	2	12	2950						5,2
konsoli1	XA	2	2	12	2550						4,5
tyssa1	HSC-HD	1	4	20	1200						11,8
tyssa1	HSC-HD	2	7	20	1100						19
tyssa1	HSC-HD	3	3	20	790						5,8
<b>Yht.</b>											<b>111,80</b>

**Konsolivaihtoehto 3**

**Halfen 2 (vakioimitoitettut tyssatapid)**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	5	10	3160						7,8
haka	U	2	4	10	3680						9,1
haka	U	3	4	8	1920						3
haka	U	4	5	10	2960						7,3
haka	U	5	4	10	3480						8,6
haka	U	7	2	8	2760						2,2
haka	U	8	3	8	3080						3,6
haka	U	9	6	8	1320						3,1
haka	U	10	4	10	2290						5,6
haka	U	11	5	8	2880						8,9
haka	U	12	6	10	1520						3,6
haka	U	6	4	8	1720						2,7
konsoli1	XA	1	2	12	2950						5,2
konsoli1	XA	2	2	12	2550						4,5
tyssa2	HSC-HD	1	8	20	1030						20,32
tyssa2	HSC-HD	2	20	20	930						45,87
<b>Yht.</b>											<b>141,39</b>

**Konsolivaihtoehto 4**

**Valmis konsolikomponentti**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Asennetaan päähakojen asennuksen yhteydessä											
haka	U	1	2	12	1920						3,40992
haka	U	2	5	12	3680						16,3392
haka	U	4	8	12	3480						24,72192
haka	U	5	6	12	2880						15,34464
haka	U	3	2	12	1720						3,05472
haka	U	7	5	10	2880						8,8848
haka	U	8	2	10	2680						3,30712
haka	U	6	2	12	2680						4,75968
konsoli1	XA	2	2	12	2595						4,60872
konsoli1	XA	1	2	12	2795						4,96392
Asennetaan omana konsolikomponenttina											
konsoli3	X	1	8	12	3040						21,59616
konsoli3	X	2	8	12	2740						19,46496
konsoli2	Y	1	6	12	2130						11,34864
konsoli2	Y	2	4	10	2740						6,76232
tukiteräs	Tukiteräs	2	6	8	250						0,5925
tukiteräs	Tukiteräs	1	20	8	450						3,555
<b>Yht.</b>											<b>152,71</b>

## PILARIN RAUDOITE- JA TARVIKELUETTELO

Elementin tunnus : P-21/2  
 Projektin nimi : Parkkitalo, Prisma  
 Valmistusmäärä : 1kpl.

Pinta-ala: 17,8 m<sup>2</sup>  
 Paino: 109,1 kN  
 Tilavuus: 4,36 m<sup>3</sup>  
 Valuysikkö: -  
 Materiaali: K50-1

### TARVIKELUETTELO

Tarvike	Lkm.	Pääosan mat.	Muuta
NEOPREENI	2	NEOPREENI	SHORE 60
NEOPREENI	2	NEOPREENI	SHORE 60
NEOPREENI	2	NEOPREENI	SHORE 60
NOSTOREIKÄ	1		
ALUSLEVY	6	S235JR+KZn	
AVTR37	4	W1.4301	
DEHA6000-7,5-0300	2		FV
MUTTERI	6	8.8+KZn	
PULTTIKOLO	4	HOLE	
SPIRALO D120+D60	4	HOLE	
VEMO1068-A	2	RST	
PULTTI	4	A500HW+KZn	D32, L=1610
PULTTI	2	A500HW+KZn	D32, L=2050



**PÄÄRAUDOITTEET**

**Pääraudoite 1**

**Hakaraudoitus (alkuperäinen)**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	764	4	20	13790						136,245
päätanko	A	771	8	25	13790						424,732
päätanko	A	772	8	25	3660						112,728
haka	U	5	42	8	2000						33,180
haka	U	21	16	8	2200						13,904
haka	U	132	4	10	1990						4,911
haka	U	A/16	25	8	2200						21,725
haka	U	1	4	10	2230						5,504
u-haka	D	A/9	4	16	1960						12,387
u-haka	D	A/8	4	12	2180						7,743
<b>Yht.</b>											<b>773,06</b>

**Pääraudoite 2**

**Verkkoraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	764	4	20	13790						136,245
päätanko	A	771	8	25	13790						424,732
päätanko	A	772	8	25	3660						112,728
haka	U	132	4	10	1990						4,911
haka	U	1	4	10	2230						5,504
haka	U	5	4	8	2000						3,160
haka	U	21	6	8	2200						5,214
u-haka	D	A/8	4	12	2180						7,743
u-haka	D	A/9	4	16	1960						12,387
verkko	V	1	6	7/8	1560		500				93,48
verkko	V	2	2	7/7	1560		500				4,52
verkko	V	3	2	7/7	1560		1500				6,04
verkko	V	4	12	7/7	1560		1500				32,40
verkko	V	5	2	7/7	1560		750				4,28
verkko	V	6	2	7/7	1560		300				19,30
<b>Yht.</b>											<b>872,64</b>

**Pääraudoite 3**

**Kierrehakaraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	764	4	20	13790						136,245
päätanko	A	771	8	25	13790						424,732
päätanko	A	772	8	25	3660						112,728
haka	U	132	4	10	1990						4,911
haka	U	1	4	10	2230						5,504
haka	U	5	4	8	2000						3,160
haka	U	21	6	8	2200						5,214
u-haka	D	A/8	4	12	2180						7,743
u-haka	D	A/9	4	16	1960						12,387
kierrehaka	K	1		5+5	81600						25,13
kierrehaka	K	2		5+5	9600						2,96
kierrehaka	K	3		5+5	19200						5,91
kierrehaka	K	4		5+5	40800						12,57
kierrehaka	K	5		5+5	84000						25,87
kierrehaka	K	6		5+5	12000						3,70
<b>Yht.</b>											<b>788,76</b>

**KONSOLIRAUDOITTEET**

**Konsolivaihtoehto 1**

**Alkuperäinen**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	200	4	8	3080						4,866
haka	U	7	4	8	3480						5,498
haka	U	8	4	8	3280						5,182
haka	H	780	8	12	2930						20,815
haka	H	781	8	12	2830						20,104
konsoli3	XE	10	8	12	2740						19,465
konsoli1	XA	788	1	12	2630						2,335
konsoli1	XA	789	1	12	2590						2,300
konsoli1	XA	793	1	12	2730						2,424
konsoli1	XA	794	1	12	2690						2,389
konsoli1	XA	784	1	12	2930						2,602
konsoli1	XA	785	1	12	2890						2,566
<b>Yht.</b>											<b>90,55</b>

**Konsolivaihtoehto 2**

**Halfen 1**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	4	10	3050						7,5
haka	U	2	3	10	3480						6,4
haka	U	3	12	8	1720						8,2
haka	U	4	4	10	2850						7
haka	U	5	3	10	3280						6,1
haka	U	6	4	10	2712						6,7
haka	U	7	3	10	3080						5,7
haka	U	8	6	8	1320						3,1
tyssa1	HSC-HD	1	3	20	1200						8,9
tyssa1	HSC-HD	2	6	20	1100						16,2
<b>Yht.</b>											<b>75,80</b>

**Konsolivaihtoehto 3**

**Halfen 2 (vakioimitoitettut tyssatapit)**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	4	10	3050						7,5
haka	U	2	3	10	3480						6,4
haka	U	3	12	8	1720						8,2
haka	U	4	4	10	2850						7
haka	U	5	3	10	3280						6,1
haka	U	6	4	10	2712						6,7
haka	U	7	3	10	3080						5,7
haka	U	8	6	8	1320						3,1
tyssa2	* HSC-H	1	18	20	1030						45,72
<b>Yht.</b>											<b>96,42</b>

**Konsolivaihtoehto 4**

**Valmis konsolikomponentti**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Asennetaan päähakojen asennuksen yhteydessä											
haka	U	1	4	10	3080						7,60
haka	U	2	5	10	3480						10,74
haka	U	3	3	10	3080						5,70
haka	U	4	6	10	3280						12,14
haka	U	5	4	10	2980						7,35
haka	U	6	5	10	3080						9,50
Asennetaan omana konsolikomponenttina											
konsoli3	X	1	8	10	2930						14,46
konsoli3	X	2	16	10	2831						27,95
tukiteräs	Tukiteräs	1	6	8	550						1,30
tukiteräs	Tukiteräs	3	6	8	250						0,59
tukiteräs	Tukiteräs	2	6	8	450						1,07
<b>Yht.</b>											98,41

**Konsolivaihtoehto 5**

**Valmis konsolikomponentti**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Asennetaan päähakojen asennuksen yhteydessä											
haka	U	1	8	10	2720						13,43
haka	U	2	10	10	3120						19,25
haka	U	3	6	10	2720						10,07
haka	U	4	12	10	2920						21,62
haka	U	5	8	10	2620						12,93
haka	U	6	10	10	2720						16,78
Asennetaan omana konsolikomponenttina											
konsoli2	X	1	16	10	1860						18,36
konsoli2	X	2	32	10	1815						35,84
tukiteräs	Tukiteräs	1	6	8	550						1,30
tukiteräs	Tukiteräs	3	6	8	250						0,59
tukiteräs	Tukiteräs	2	6	8	450						1,07
<b>Yht.</b>											151,24

## PILARIN RAUDOITE- JA TARVIKELUETTELO

Elementin tunnus : P-111  
 Projektin nimi : Tiilitie, Trade Park  
 Valmistusmäärä : 1kpl.

Pinta-ala: - m<sup>2</sup>  
 Paino: 63,5 kN  
 Tilavuus: 2,54 m<sup>3</sup>  
 Valuysikkö: -  
 Materiaali: K50-1

### TARVIKELUETTELO

Tarvike	Lkm.	Pääosan mat.	Muuta
NOSTOLENKIT	2	J12,5 L=2100	
TAPPI T25 L=1200	2	M24 L=100	
NEOPREENI	1	350X350X8	SHORE 60
PILARIKENKÄ	4	APK30	
ALUSLEVY 100X100X1	2		
KUUSIOMUTTERI	2	M24	
VEMO M20 1168A	3		
SBKL 200/200	1		
TERÄSKONSOLI	3+6	AEP400PI-2-480+AEP400K	
VAIJERIVAARNAL.	43	PVL80	

**PÄÄRAUDOITTEET**

**Pääraudoite 1**

**Hakaraudoitus (alkuperäinen)**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	∅ (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	8	25	17350						534,38
haka	U	3	68	6							21,81
haka	U	4	8	8							3,41
u-haka	D	5	6	10							5,29
<b>Yht.</b>											<b>564,89</b>

**Pääraudoite 2**

**Verkkoraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	∅ (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	8	25	17350						534,38
u-haka	D	5	6	10							5,29
verkko	V	1	4	7/7	1060		250				26,36
verkko	V	2	2	7/7	1060		1000				3,64
verkko	V	3	20	7/7	1060		1500				44,00
verkko	V	3,1	2	7/7	1060		750				3,26
verkko	V	4	2	7/7	1060		300				13,26
<b>Yht.</b>											<b>630,19</b>

**Pääraudoite 3**

**Kierrehakaraudoitus**

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	∅ (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
päätanko	A	1	8	25	17350						534,38
u-haka	D	5	6	10							5,29
kierrehaka	K	1		5+5	21000						6,468
kierrehaka	K	2		5+5	6000						1,848
kierrehaka	K	3		5+5	79500						24,49
kierrehaka	K	6		5+5	10500						3,23
<b>Yht.</b>											<b>575,71</b>

## KONSOLIRAUDOITTEET

### Konsolivaihtoehto 1

#### Alkuperäinen

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	15	3	6							0,70
haka	U	16	12	6							3,10
haka	U	24	36	10							32,29
AEP400PI			3								23,10
AEP400K			6								33,00
<b>Yht.</b>											<b>92,19</b>

### Konsolivaihtoehto 2

#### Halfen 1

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	12	10	1100						8,13
haka	U	2	9	10	2200						12,21
haka	U	3	18	8	1500						10,65
tyssa1	HSC-HD	1	9	20	900						19,97
<b>Yht.</b>											<b>50,96</b>

### Konsolivaihtoehto 3

#### Halfen 2 (vakioimitoitettut tyssatapit)

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
haka	U	1	12	10	1100						8,13
haka	U	2	9	10	2200						12,21
haka	U	3	18	8	1500						10,65
tyssa2	HSC-H	1	18	20	930						41,28
<b>Yht.</b>											<b>72,27</b>

### Konsolivaihtoehto 4

#### Valmis konsolikomponentti

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Asennetaan päähakojen asennuksen yhteydessä											
haka	U	1	36	10	2486						55,22
haka	U	2	24	10	2686						39,77
Asennetaan omana konsolikomponenttina											
konsoli3	X	1	24	10	1930						28,58
tukiteräs	Tukiteräs	2	18	8	350						2,49
<b>Yht.</b>											<b>126,06</b>

### Konsolivaihtoehto 5

#### Valmis konsolikomponentti

Raudoite	Tyy	Pos	Lkm	Ø (mm)	L (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	D (mm)	Paino (kg)
Asennetaan päähakojen asennuksen yhteydessä											
haka	U	1	72	10	2126						94,45
haka	U	2	48	10	2326						68,89
Asennetaan omana konsolikomponenttina											
konsoli2	X	1	48	10	1360						40,28
tukiteräs	Tukiteräs	2	18	8	350						2,49
<b>Yht.</b>											<b>206,10</b>



TYÖAIKAMENEKIT JA -KUSTANNUKSET PILAREITTAIN SEKÄ RAUDOITEOSITTAIN

Pilaritiedot	Raudoit tiedot		Tunnusluvut				Tuotantotapa	Yht. €
	Raudoit eosa	Paino, kg	Työmen., h	kg/h	h/kg	€/kg		
<i>Pääraudoitevaihtoehdot</i>								
<b>P-1</b> Pilarikoko: 480 x 580 Pituus: 13,96 m Tilavuus: 4,1 m <sup>3</sup> Paino: 10,77 t	<i>Hakar.</i>	543,10					Osto	→ 167,6
	<i>Hakar.</i>	543,10					Oma valmisteinen	→ 187,3
	<i>Verkkor.</i>	508,10					Osto	→ 154,5
	<i>Verkkor.</i>	508,10					Oma valmisteinen	→ 185,8
	<i>Kierrehakar.</i>	452,81					Osto	→ 150,9
	<i>Kierrehakar.</i>	452,81					Oma valmisteinen	→ 154,1
<i>Konsolinraudoitevaihtoehdot</i>								
	<i>Alkuperäinen</i>	87,02					Oma valmisteinen	→ 29,6
	<i>Halfen 1</i>	71,90					Oma valmisteinen	→ 26,9
	<i>Halfen 2</i>	109,46					Oma valmisteinen	→ 41,9
	<i>Valmis konsolikomp.</i>	95,10					Oma valmisteinen	→ 41,7
<i>Pääraudoitevaihtoehdot</i>								
<b>P-111</b> Pilarikoko: 480 x 1280 Pituus: 17,35 m Tilavuus: 8,9 m <sup>3</sup> Paino: 23,04 t	<i>Hakar.</i>	564,90					Osto	→ 123,3
	<i>Hakar.</i>	564,90					Oma valmisteinen	→ 143,0
	<i>Verkkor.</i>	630,19					Osto	→ 156,2
	<i>Verkkor.</i>	630,19					Oma valmisteinen	→ 196,1
	<i>Kierrehakar.</i>	575,71					Osto	→ 145,5
	<i>Kierrehakar.</i>	575,71					Oma valmisteinen	→ 149,2
<i>Konsolinraudoitevaihtoehdot</i>								
	<i>Alkuperäinen</i>	92,19					Oma valmisteinen	→ 49,3
	<i>Halfen 1</i>	50,96					Oma valmisteinen	→ 22,9
	<i>Halfen 2</i>	72,27					Oma valmisteinen	→ 48,8
	<i>Valmis konsolikomp.</i>	126,06					Oma valmisteinen	→ 34,0
	<i>Valmis konsolikomp.</i>	206,10					Oma valmisteinen	→ 74,2
<i>Pääraudoitevaihtoehdot</i>								
<b>P-L4/3</b> Pilarikoko: 480 x 1280 Pituus: 4,46 m Tilavuus: 7 m <sup>3</sup> Paino: 18,29 t	<i>Hakar.</i>	143,50					Osto	→ 56,7
	<i>Hakar.</i>	143,50					Oma valmisteinen	→ 67,8
	<i>Verkkor.</i>	196,96					Osto	→ 106,3
	<i>Verkkor.</i>	196,60					Oma valmisteinen	→ 130,8
	<i>Kierrehakar.</i>	143,39					Osto	→ 102,1
	<i>Kierrehakar.</i>	143,39					Oma valmisteinen	→ 104,2
<i>Konsolinraudoitevaihtoehdot</i>								
	<i>Alkuperäinen</i>	29,63					Oma valmisteinen	→ 32,0
	<i>Halfen 1</i>	21,50					Oma valmisteinen	→ 8,6
	<i>Halfen 2</i>	30,95					Oma valmisteinen	→ 13,6
	<i>Valmis konsolikomp.</i>	28,16					Oma valmisteinen	→ 23,4
	<i>Valmis konsolikomp.</i>	30,29					Oma valmisteinen	→ 24,7



Pilaritiedot					Raudoitiedot		Tunnusluvut			Tuotantotapa		
					Raudoiteosa	Paino, kg	Työmen., h	kg/h	h/kg		€/kg	
<i>Pääraudoitevaihtoehdot</i>												
<b>P-34</b>	Pilarin koko: 481 x 1280	Pituus: 13,08m	Tilavuus: 8,5m <sup>3</sup>	Paino: 22,16t	Hakar.	913,46					Osto	→ 212,0
					Hakar.	913,50					Oma valmisteinen	→ 249,0
<i>Konsolinraudoitevaihtoehdot</i>												
					Alkuperäinen	251,39					Oma valmisteinen	→ 138,0
					Halfen 1	250,40					Oma valmisteinen	→ 63,6
					Valmis konsolikomp.	218,24					Oma valmisteinen	→ 56,7

Pilaritiedot					Raudoitiedot		Tunnusluvut			Tuotantotapa		
					Raudoiteosa	Paino, kg	Työmen., h	kg/h	h/kg		€/kg	
<i>Pääraudoitevaihtoehdot</i>												
<b>P-54</b>	Pilarikoko: 480 x 1280	Pituus: 12 m	Tilavuus: 3,2 m <sup>3</sup>	Paino: 7,95 t	Hakar.	268,10					Osto	→ 118,3
					Hakar.	268,10					Oma valmisteinen	→ 134,3
					Verkkor.	288,21					Osto	→ 128,6
					Verkkor.	288,21					Oma valmisteinen	→ 160,6
					Kierrehakar.	262,79					Osto	→ 120,9
					Kierrehakar.	262,79					Oma valmisteinen	→ 128,9
<i>Konsolinraudoitevaihtoehdot</i>												
					Alkuperäinen	14,49					Oma valmisteinen	→ 7,4
					Halfen 1	24,80					Oma valmisteinen	→ 8,6
					Halfen 2	35,35					Oma valmisteinen	→ 13,6
					Valmis konsolikomp.	14,93					Oma valmisteinen	→ 23,2
					Valmis konsolikomp.	14,93					Oma valmisteinen	→ 23,2

Pilaritiedot					Raudoitiedot		Tunnusluvut			Tuotantotapa		
					Raudoiteosa	Paino, kg	Työmen., h	kg/h	h/kg		€/kg	
<i>Pääraudoitevaihtoehdot</i>												
<b>P-11/1</b>	Pilarikoko: 480 x 680	Pituus: 11,115 m	Tilavuus: 3,25 m <sup>3</sup>	Paino: 8,76 t	Hakar.	649,50					Osto	→ 157,8
					Hakar.	649,50					Oma valmisteinen	→ 186,1
					Verkkor.	759,30					Osto	→ 182,8
					Verkkor.	759,30					Oma valmisteinen	→ 189,1
					Kierrehakar.	677,96					Osto	→ 151,3
					Kierrehakar.	677,96					Oma valmisteinen	→ 157,6
<i>Konsolinraudoitevaihtoehdot</i>												
					Alkuperäinen	60,09					Oma valmisteinen	→ 36,2
					Halfen 1	51,70					Oma valmisteinen	→ 15,3
					Halfen 2	65,18					Oma valmisteinen	→ 22,7
					Valmis konsolikomp.	62,78					Oma valmisteinen	→ 31,1
					Valmis konsolikomp.	100,05					Oma valmisteinen	→ 40,7

Pilaritiedot					Raudoitiedot		Tunnusluvut			Tuotantotapa		
					Raudoiteosa	Paino, kg	Työmen., h	kg/h	h/kg		€/kg	
<i>Pääraudoitevaihtoehdot</i>												
<b>P-11/24</b>	Pilarikoko: 580 x 680	Pituus: 13,415 m	Tilavuus: 5,01 m <sup>3</sup>	Paino: 12,52 t	Hakar.	756,50					Osto	→ 183,6
					Hakar.	756,50					Oma valmisteinen	→ 215,7
					Verkkor.	852,51					Osto	→ 207,5
					Verkkor.	852,51					Oma valmisteinen	→ 267,1
					Kierrehakar.	741,65					Osto	→ 222,1
					Kierrehakar.	741,65					Oma valmisteinen	→ 231,8
<i>Konsolinraudoitevaihtoehdot</i>												
					Alkuperäinen	135,55					Oma valmisteinen	→ 50,3
					Halfen 1	111,80					Oma valmisteinen	→ 39,7
					Halfen 2	141,39					Oma valmisteinen	→ 51,5

Pilaritiedot	Raidoitiedot		Tunnusluvut				Tuotantotapa	
	Raidoitiosa	Paino, kg	Työmen., h	kg/h	h/kg	€/kg		
<i>Pääraidoitevaihdoehdot</i>								
<b>P-21/2</b> Pilarikoko: 480 x 680 Pituus: 13,865 m Tilavuus: 4,36 m <sup>3</sup> Paino: 10,91 t	<i>Hakar.</i>	773,10					Osto	→ 143,0
	<i>Hakar.</i>	773,10					Oma valmisteinen	→ 165,2
	<i>Verkkor.</i>	872,64					Osto	→ 215,6
	<i>Verkkor.</i>	872,64					Oma valmisteinen	→ 252,9
	<i>Kierrehakar.</i>	788,76					Osto	→ 215,6
	<i>Kierrehakar.</i>	788,76					Oma valmisteinen	→ 252,9
<i>Konsolinraidoitevaihdoehdot</i>								
	<i>Alkuperäinen</i>	90,55					Oma valmisteinen	→ 35,2
	<i>Halfen 1</i>	75,80					Oma valmisteinen	→ 26,4
	<i>Halfen 2</i>	96,42					Oma valmisteinen	→ 40,9
	<i>Valmis konsolikomp.</i>	98,41					Oma valmisteinen	→ 38,7
	<i>Valmis konsolikomp.</i>	151,24					Oma valmisteinen	→ 54,2
<i>Pääraidoitevaihdoehdot</i>								
<b>P-32/23</b> Pilarikoko: 580 x 680 Pituus: 11,94 m Tilavuus: 4,5 m <sup>3</sup> Paino: 11,25 t	<i>Hakar.</i>	737,30					Osto	→ 162,7
	<i>Hakar.</i>	737,30					Oma valmisteinen	→ 191,0
	<i>Verkkor.</i>	830,68					Osto	→ 177,3
	<i>Verkkor.</i>	830,68					Oma valmisteinen	→ 209,4
	<i>Kierrehakar.</i>	737,60					Osto	→ 177,3
	<i>Kierrehakar.</i>	737,60					Oma valmisteinen	→ 209,4
<i>Konsolinraidoitevaihdoehdot</i>								
	<i>Alkuperäinen</i>	110,40					Oma valmisteinen	→ 37,7
	<i>Halfen 1</i>	81,88					Oma valmisteinen	→ 25,4
	<i>Halfen 2</i>	104,92					Oma valmisteinen	→ 35,2
	<i>Valmis konsolikomp.</i>	96,62					Oma valmisteinen	→ 33,0

Työn nimi: ESIMERKKILASKU	Pilarin/konsolin nro:	Sivu:
Teräsbetonipilarin teollinen raudoitus, opinnäytetyö	Päiväys: 27.4.2011	Tekijä: JPP
Suunnittelija:	Sisältö:	
Rakennusinsinööriopiskelija Jani Paajanen 0700644	HAKARAUDOITTEEN KORVAAMINEN VERKKOHAOTUKSELLA	

\* Tähdellä merkityt kohdat täytetään!

- \*L = 5177 mm, pilarin pituus  
 \*b = 480 mm, pilarin poikkileikkauksen leveys  
 \*h = 480 mm, pilarin poikkileikkauksen pituus  
 \*Ømain = 25 mm
- \*Lb = 2190 mm, pilarikenkien vaatiman raudoituksen etäisyys pilarin alapinnasta  
 \*Lt = 1250 mm, pilarin yläpään asentettavan raudoituksen etäisyys yläpinnasta  
 \*Lc = 1737 mm, pilarin päähakojen alue

#### NYKYISET HAAT

- \*Hakojen sijainti Keskiosa ▼  
 \*Øhaka = 8 mm  
 \*Hakamäärä = 5 kpl  
 \*Hakaväli = 350 mm, max. 400mm)  
 As = 202 mm<sup>2</sup>/m, (1m matkalla)

#### Verkon valinta

- \*Pituustangot 5 ▼      \*Tankoväli 30 ▼  
 \*Poikittaistangot 7 ▼      \*Tankoväli 300 ▼

Verkon koko B x L:      1090      x      1737

- Øhaka = 7 mm  
 Hakaväli = 300 mm  
 As = 230 mm<sup>2</sup>/m

→

**RAUDOITUS RIITTÄVÄ!**

#### VALITAAN VERKKOHAAKSI:

	POIKITTAISTANKO	PITUUSTANKO
Ø (mm)	7	5
tankoväli (mm)	300	30
pituus (mm)	1090	1737

<i>Työn nimi:</i>	<i>Pilarin/konsolin nro:</i>	<i>Sivu:</i>
<b>Teräsbetonipilarin teollinen raudoitus, opinnäytetyö</b>	<b>P-21/2/I-I</b>	<b>1/5</b>
	<i>Päiväys:</i> <i>Tekijä:</i>	
	27.4.2011      JPP	
<i>Suunnittelija:</i>	<i>Sisältö:</i>	
<b>Rakennusinsinööriopiskelija Jani Paajanen, 0700644</b>	<b>Pilarin P-21/2 konsolit</b>	

\* Tähdellä merkityt kentät täytetään

**KONSOLIN MITAT:**

- \* L = 300 mm
- \* b = 380 mm
- \* h = 580 mm
- \* t = 15 mm (esim. neopren)
- \* c<sub>b,peite</sub> = 30 mm
- d = 534 mm
- h<sub>1</sub> = 61 mm

**KONSOLIN NYKYINEN PÄÄRAUDOITE:**

A<sub>s,main</sub> = 1558,23 mm<sup>2</sup>, (ks. Sivu 3)

**KAPASITEETTI ANNETUILLA KUORMILLA:**

**Kapasiteetti      227,6 %**

→ **RAUDOITE OK!**

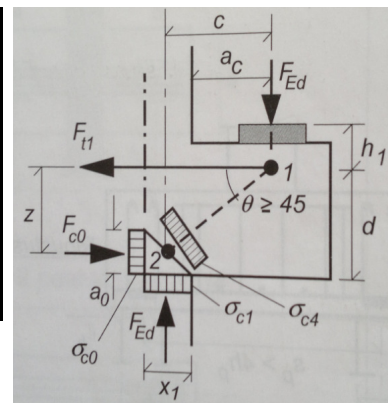
**KONSOLIN KUORMAT :**

- \* a<sub>c</sub> = 150 mm
- \* G = 200 kN      →      F<sub>d</sub> = 530 kN
- \* Q = 200 kN      →      H<sub>d</sub> = 106 kN (ei ulkoista vaakakuormaa)

**MATERIAALITIEDOT:**

- Betoni C40/50
- Teräs A500HW
- \* γ<sub>c</sub> = 1,35
- \* γ<sub>s</sub> = 1,1
- \* α<sub>cc</sub> = 0,85

f <sub>ck</sub> =	40,00 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>cd</sub> =	25,19 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctm</sub> =	3,51 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctk.0,05</sub> =	2,46 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctd</sub> =	1,82 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>sk</sub> =	500 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>sd</sub> =	455 N/mm <sup>2</sup>



**RISTIKKOMALLI:**

- f<sub>cd1</sub> = 18,0 N/mm<sup>2</sup>      Pur.lujuus solmussa 2
- f<sub>cd3</sub> = 14,8 N/mm<sup>2</sup>      Mit.lujuus solmussa 1
- x<sub>1</sub> = 77,6 mm      Solmun 2 vaakamitta      →      M<sub>d</sub> = 106,5 kNm
- a<sub>0</sub> = 30,03668 mm      Solmun 2 korkeus
- F<sub>c0</sub> = 205,2 kN

**PÄÄVETORAUDOITUS:**

F<sub>t1</sub> = 311,2 kN      →      A<sub>s,main</sub> ≥ 684,75 mm<sup>2</sup>

Työn nimi:	Pilarin/konsolin nro:	Sivu:
Teräsbetonipilarin teollinen raudoitus, opinnäytetyö	P-21/2/I-I	2/5
	Päiväys: Tekijä:	
	27.4.2011 JPP	
Suunnittelija:	Sisältö:	
Rakennusinsinööriopiskelija Jani Paajanen, 0700644	Pilarin P-21/2 konsolit	

\* Tähdellä merkityt kentät täytetään

**TARKISTETAAN LISÄHAKOJEN TARVE:**

$$a_c < 0,5 * h$$

→

**KATSO KOHTA 1**

**NYKYISET LISÄHAAT:**

$$A_{s,lnk} = 201,0619 \text{ mm}^2$$

→

**NYKYINEN RAUDOITE OK!**

**KOHTA 1**

Konsoli varustetaan päävetorauoituksen lisäksi vaakasuuntaisilla tai kaltevilla umpihaoilla, jotka täyttävät seuraavan ehdon:

$$* k_1 = 0,25$$

$$A_{s,lnk} \geq k_1 * A_{s,main} = 171,19 \text{ mm}^2$$

**KOHTA 2**

Tarkistetaan, tarvitaanko päävetorauoituksen lisäksi pystysuuntaisia umpihakoja:

$$* k_1 = 0,25$$

$$C_{Rd,c} = - \text{ (suositus)}$$

$$k = - \leq 2 \rightarrow -$$

$$A_{sl} = - \text{ mm}^2$$

$$b_w = - \text{ mm}$$

$$\rho_1 = - \leq 0,02 \rightarrow -$$

$$V_{min} = -$$

$$V_{Rd,c} = - \text{ kN}$$

$$F_{ed} > V_{Rd,c} \rightarrow -$$

$$* k_2 = 0,5$$

$$A_{s,lnk} \geq k_2 * F_{ed} / f_{yd} = - \text{ mm}^2$$

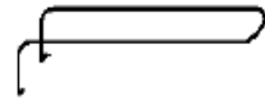
<i>Työn nimi:</i>	<i>Pilarin/konsolin nro:</i>	<i>Sivu:</i>
<b>Teräsbetonipilarin teollinen raudoitus, opinnäytetyö</b>	<b>P-21/2/I-I</b>	<b>3/5</b>
	<i>Päiväys:</i> <i>Tekijä:</i>	
	27.4.2011     JPP	
<i>Suunnittelija:</i>	<i>Sisältö:</i>	
<b>Rakennusinsinööriopiskelija Jani Paajanen, 0700644</b>	<b>Pilarin P-21/2 konsolit</b>	

\* Tähdellä merkityt kentät täytetään

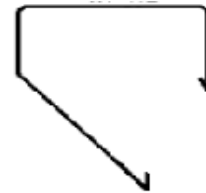
**LASKETAAN NYKYINEN PÄÄVETORAUDOITE:**

* Tyyppi	* Lkm. (kpl.)	* Ø (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )
1	2	12	452,3893
2	8	12	904,7787
3	2	8	201,0619
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
A <sub>s,main</sub> =			1558,23 mm <sup>2</sup>

Tyyppi 1



Tyyppi 2



Tyyppi 3



Tyyppi 4



**LASKETAAN NYKYISET LISÄHAAT:**

* Tyyppi	* Lkm. (kpl.)	* Ø (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )
3	2	8	201,0619
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
A <sub>s,lnk</sub> =			201,0619 mm <sup>2</sup>

<i>Työn nimi:</i>	<i>Pilarin/konsolin nro:</i>	<i>Sivu:</i>
<b>Teräsbetonipilarin teollinen raudoitus, opinnäytetyö</b>	<b>P-21/2/I-I</b>	<b>4/5</b>
	<i>Päiväys:</i> <i>Tekijä:</i>	
	27.4.2011      JPP	
<i>Suunnittelija:</i>	<i>Sisältö:</i>	
<b>Rakennusinsinööriopiskelija Jani Paajanen, 0700644</b>	<b>Pilarin P-21/2 konsolit</b>	

\* Tähdellä merkityt kentät täytetään

**HALFEN**

**Päävetoraudoitteen laskenta:**

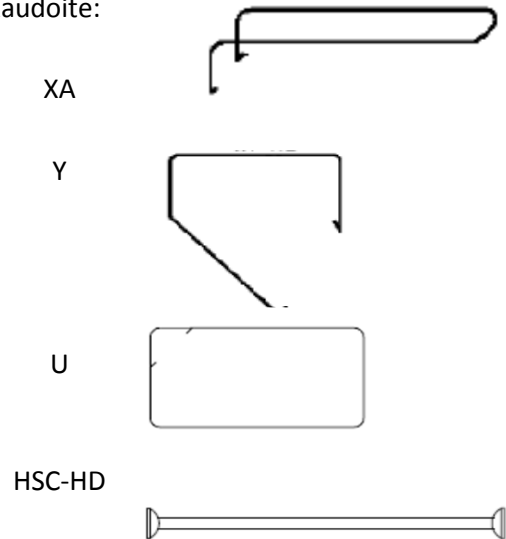
*Raudoite	*Lkm.	*Ø	A <sub>s,main</sub>
U	4	10	628,3185
HSC-HD	3	20	942,4778
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0

$\Sigma A_{s,main} = 1570,796 \text{ mm}^2$

→

**Raudoite ok!**

Raudoite:



**Lisähakojen laskenta:**

*Raudoite	*Lkm.	*Ø	A <sub>s,lnk</sub>
U	3	10	471,2389
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0

$\Sigma A_{s,lnk} = 471,2389 \text{ mm}^2$

→

**Lisähaat ok!**

\*Konsoleiden lkm. : 1

Sivu:

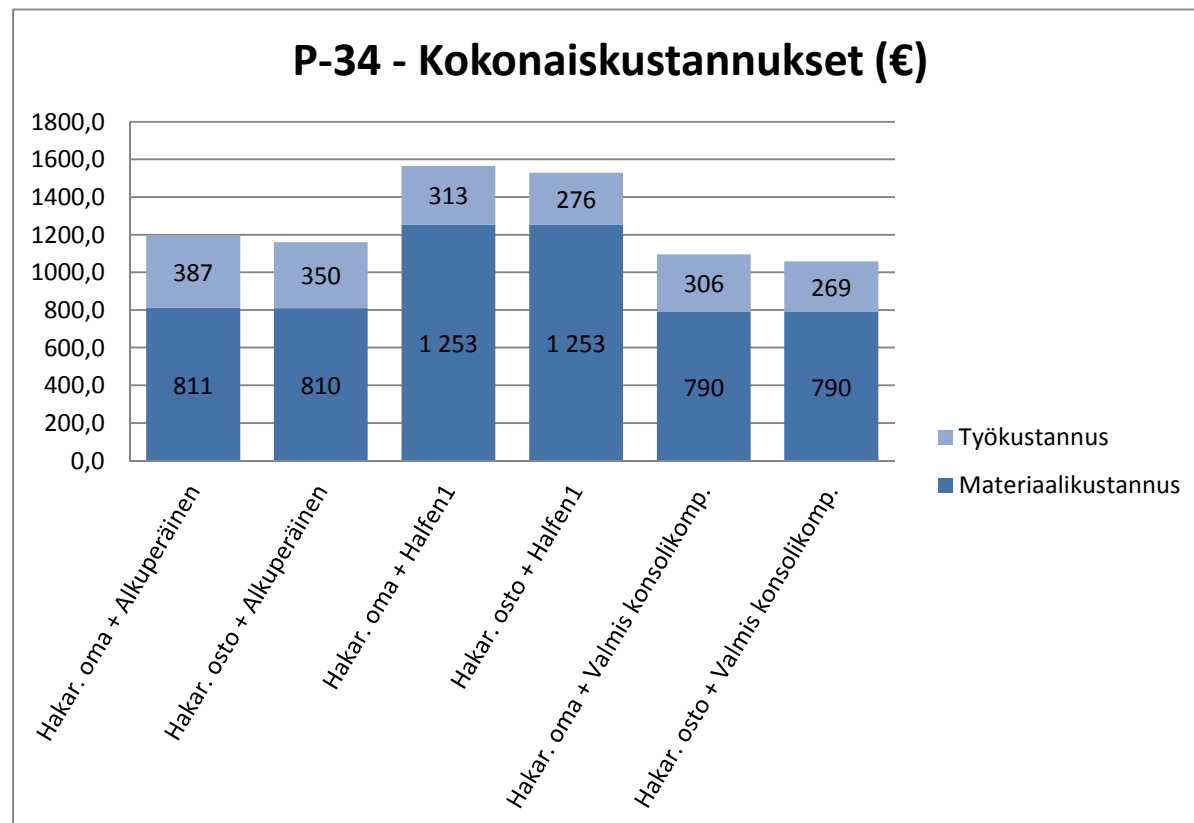
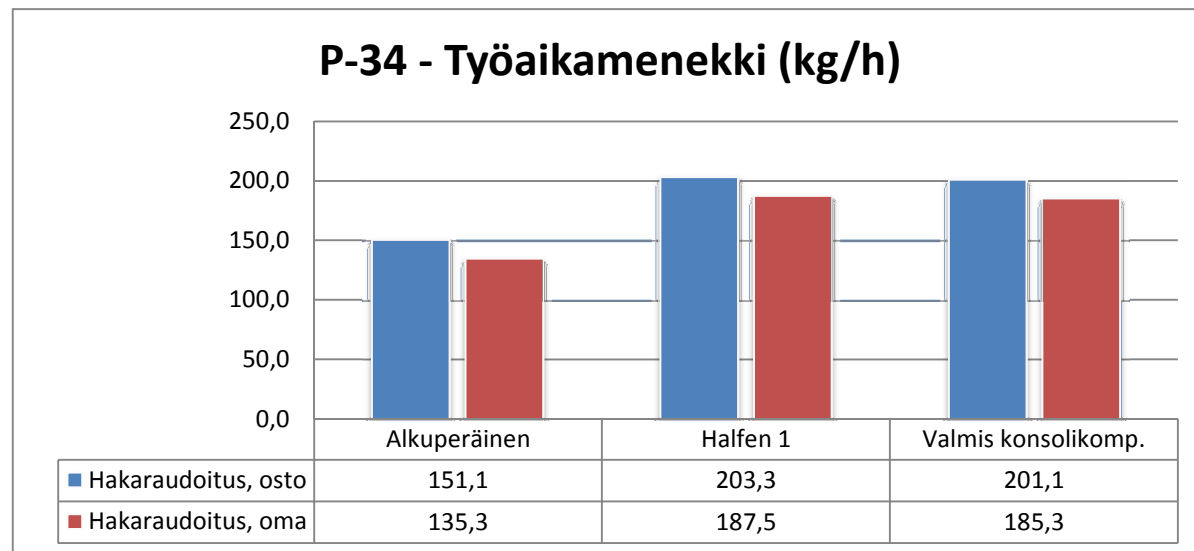
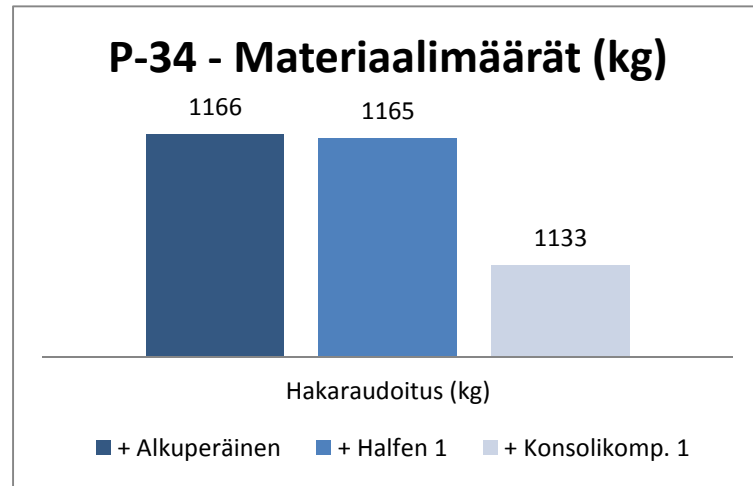
5/5

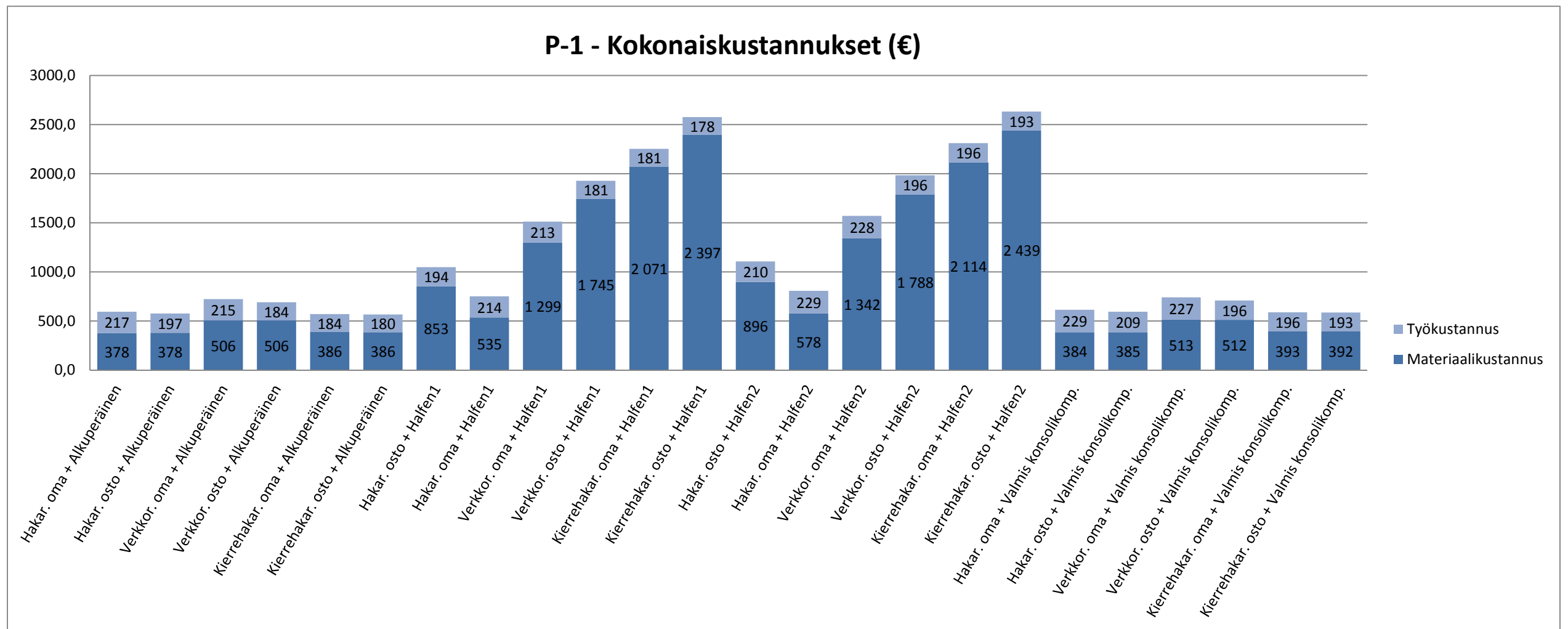
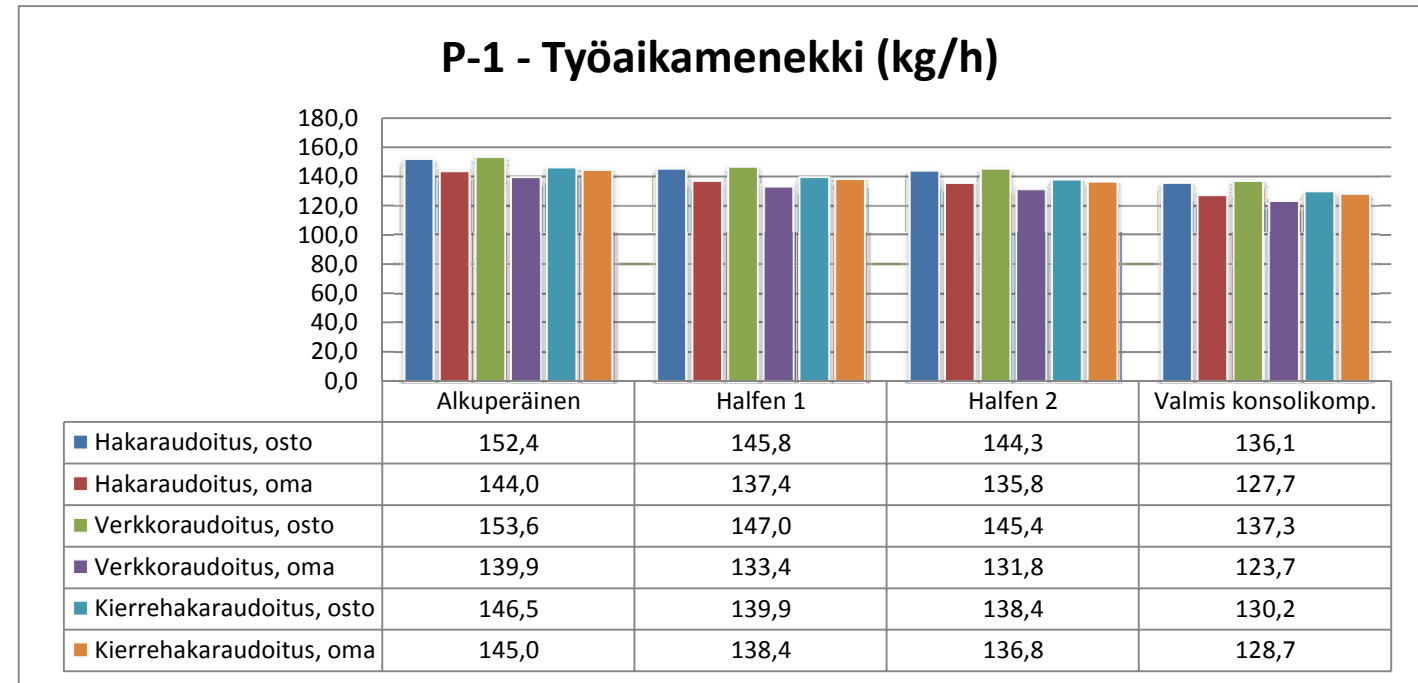
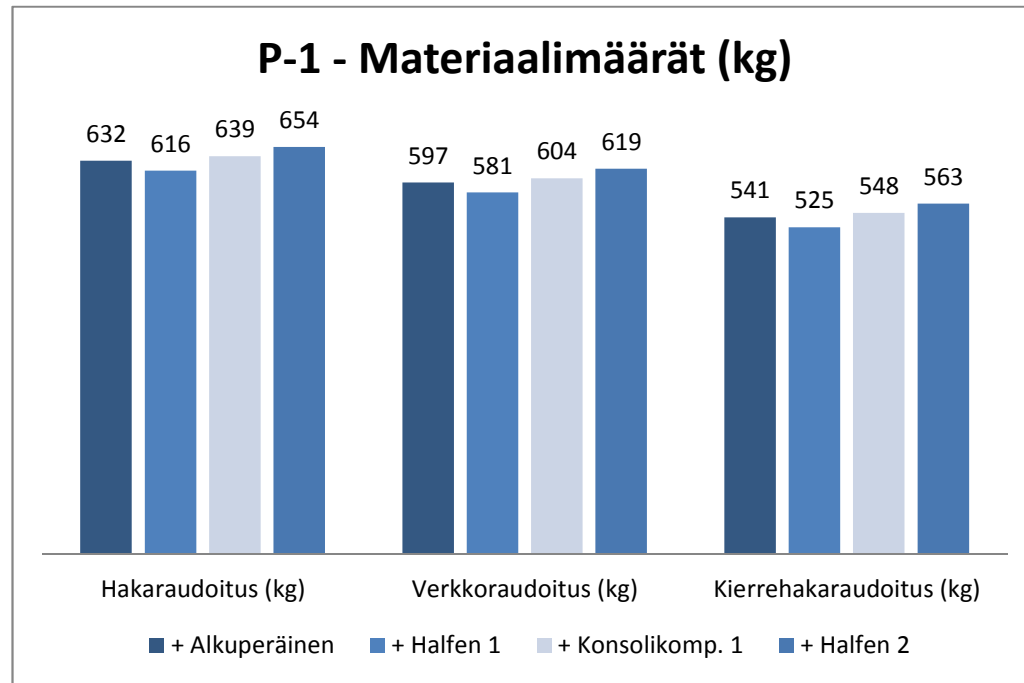
## RAUDOITELUETTELO:

	Raudoite	Lkm. (kpl)	Ø (mm)	Laatu	*L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )
P ä ä v e t o t e r ä k s e t	U	4	10	A500HW	2712	7850	6,688	0,001
	HSC-HD	3	20	A500HW	1100	7850	8,138	0,001
L i s ä h a a t	U	3	10	A500HW	3080	7850	5,697	0,001
M u u t	U	6	8	A500HW	1320	7850	3,125	0,000
						<b>Yhteensä</b>	<b>23,648</b>	<b>0,003</b>

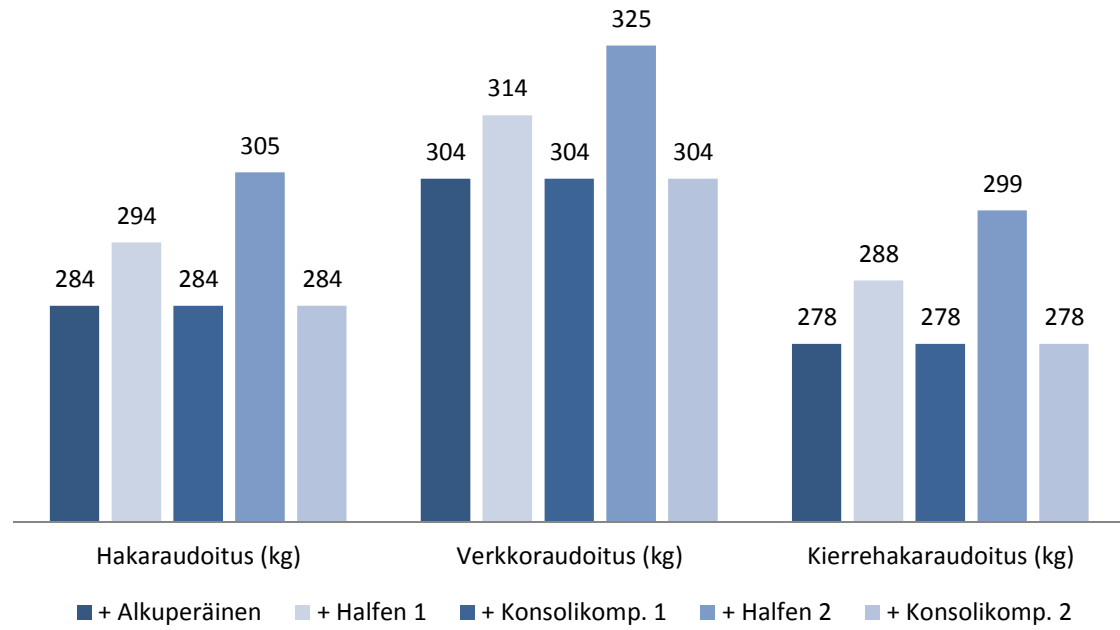


P34

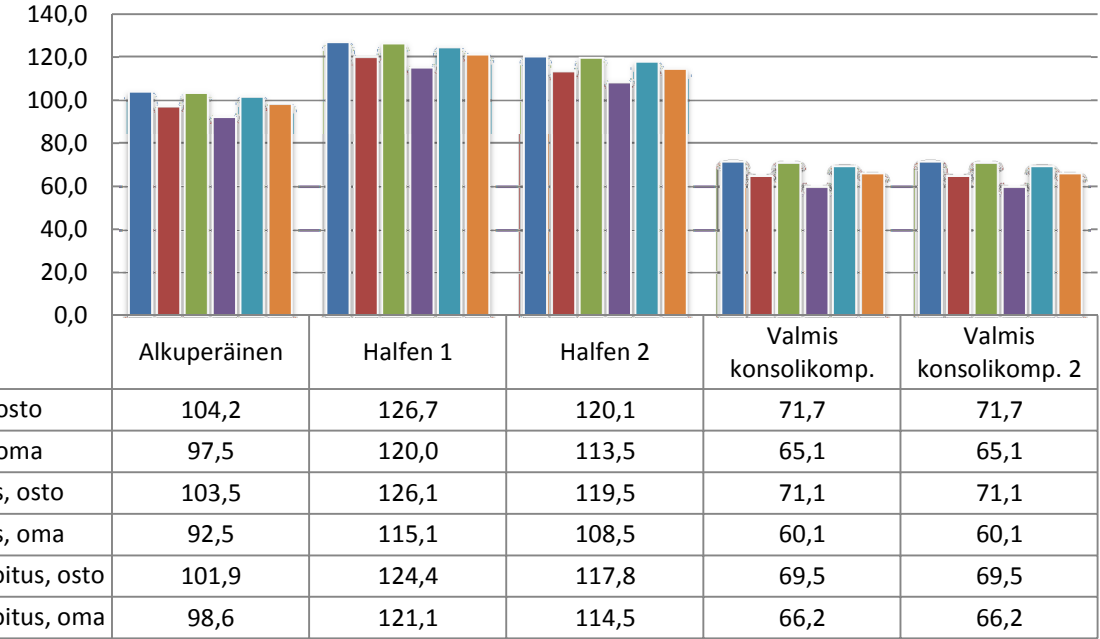




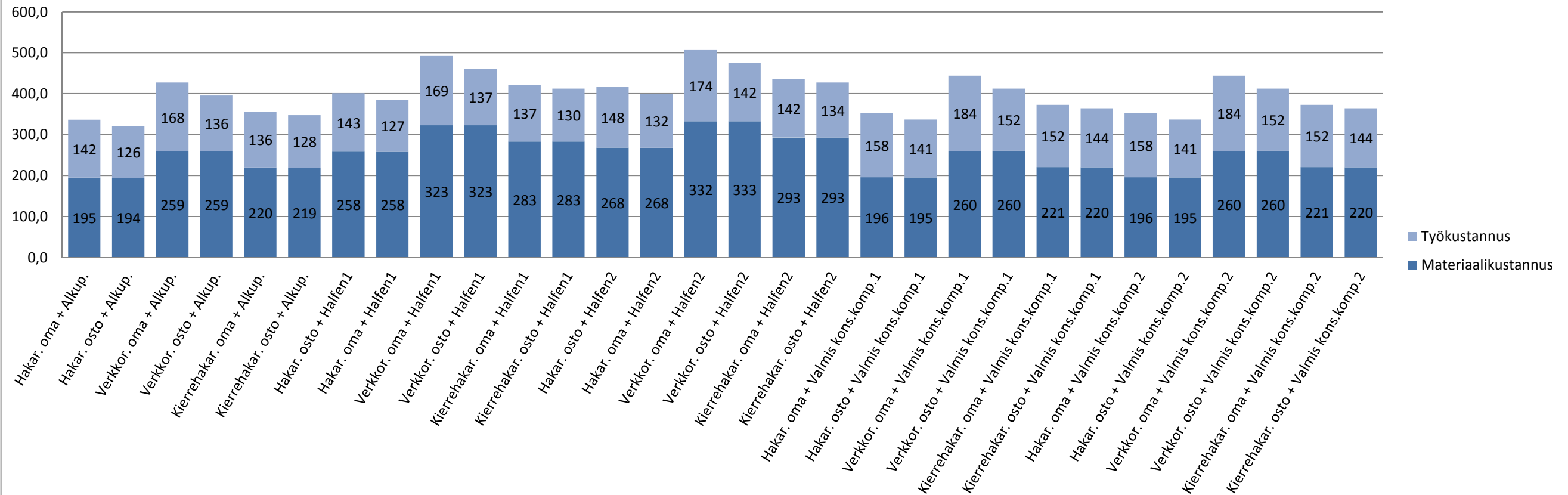
P-54 - Materiaalimäärät (kg)

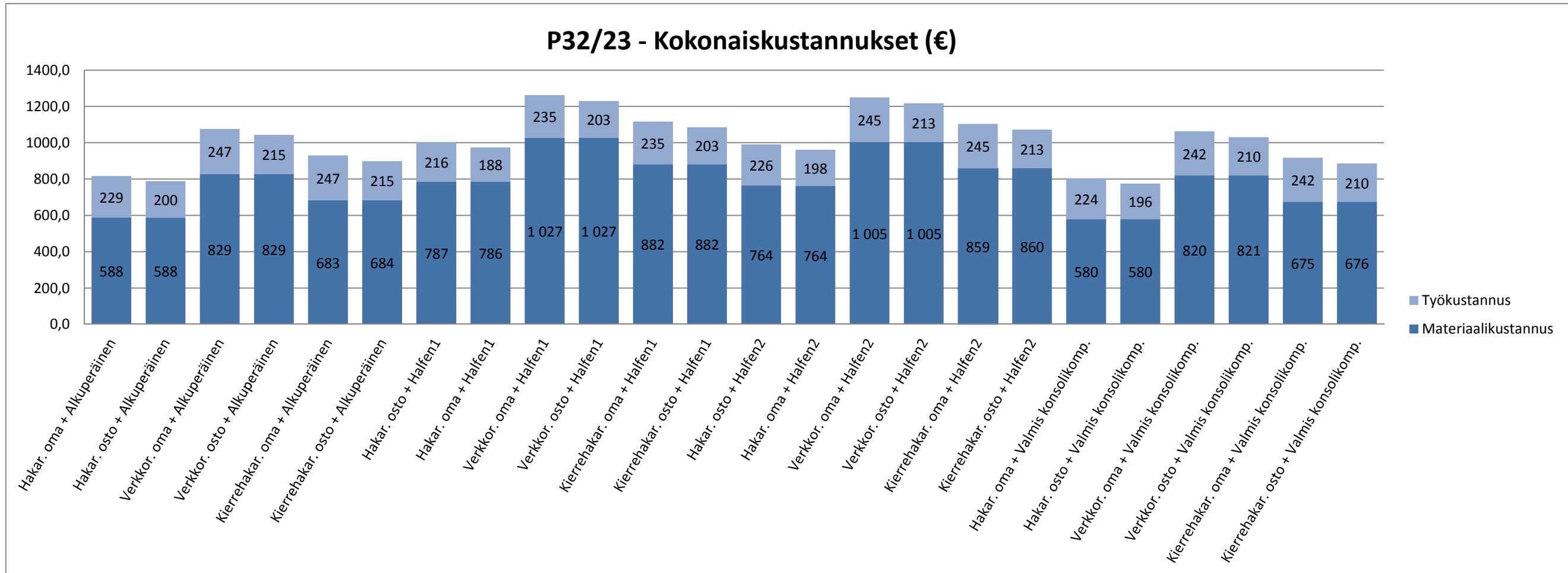
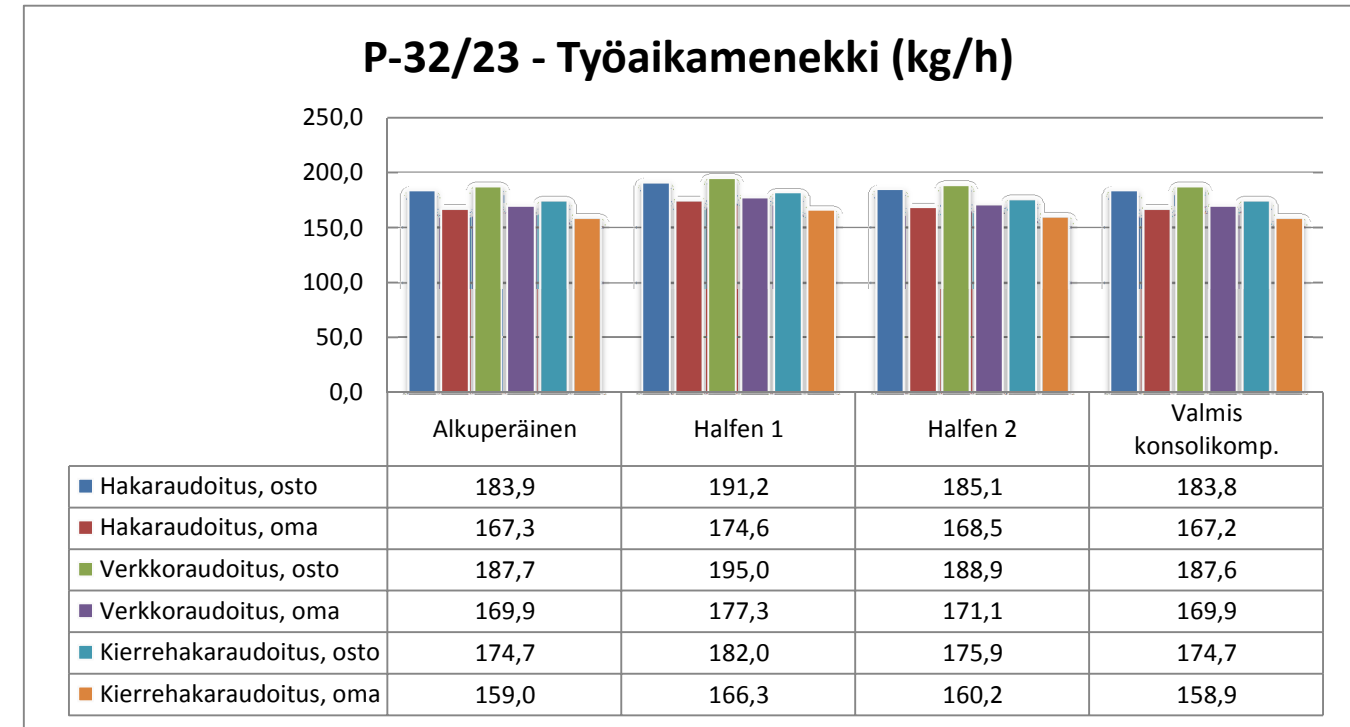
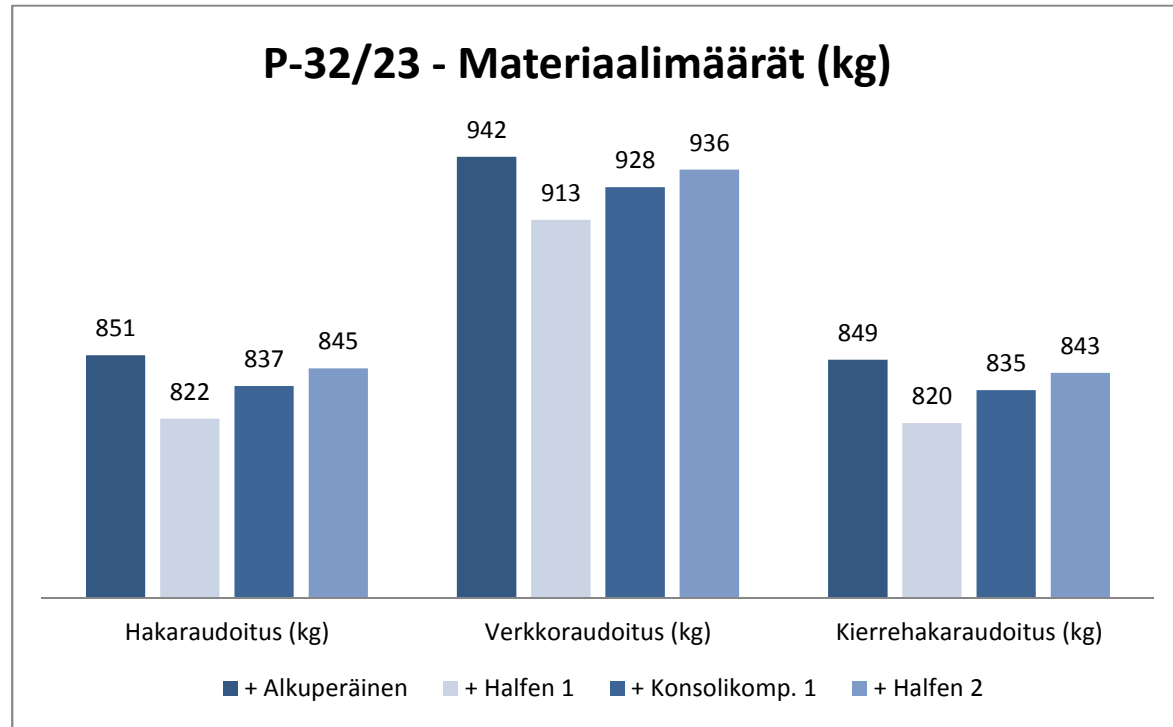


P-54 - Työaikamenekki (kg/h)

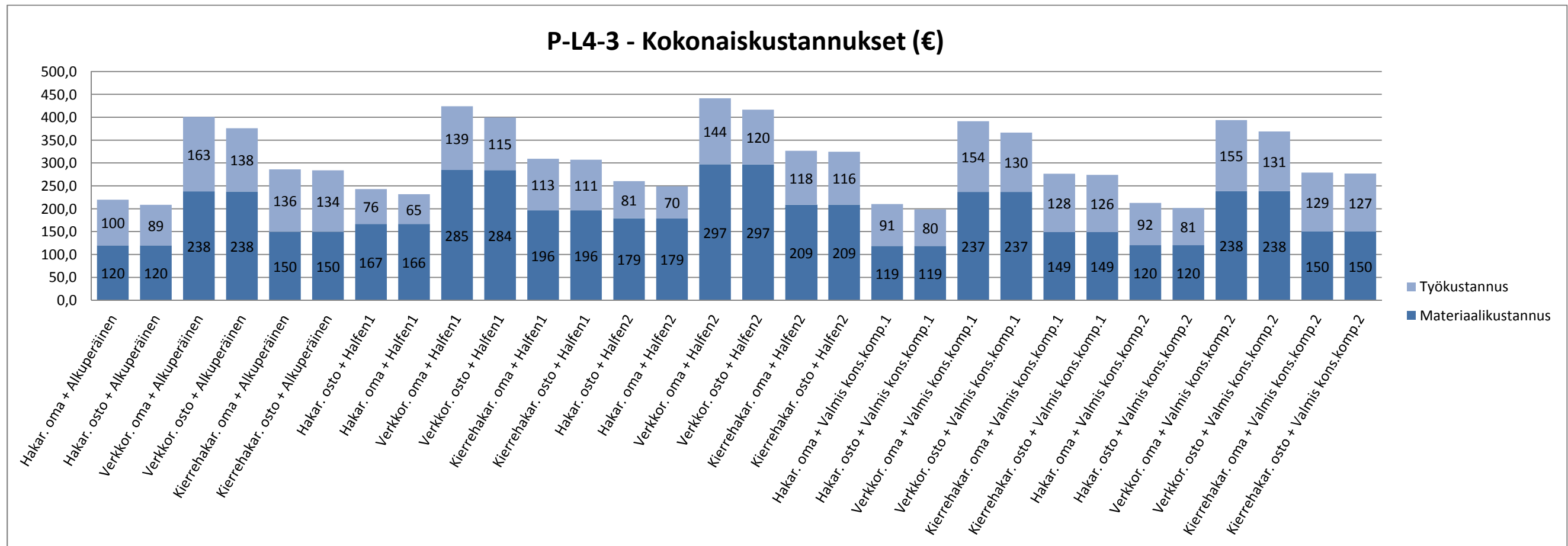
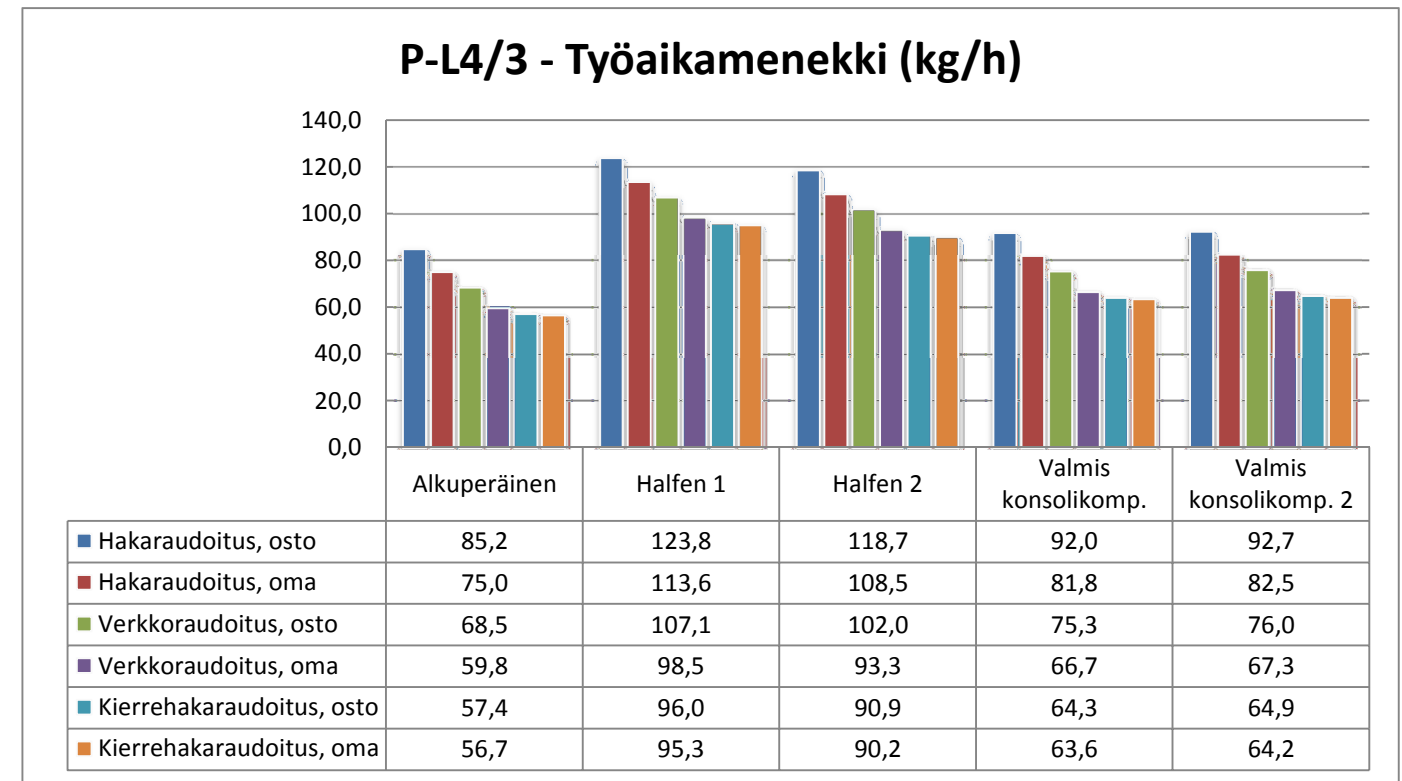
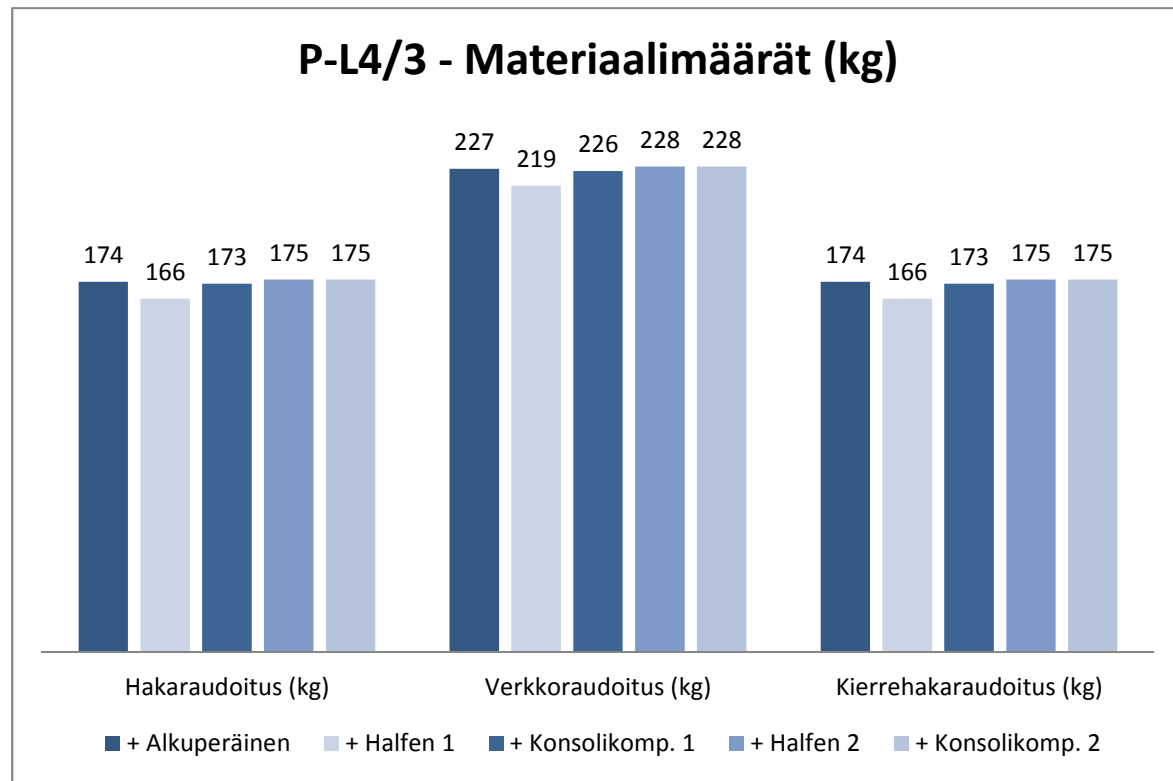


P54 - Kokonaiskustannukset (€)

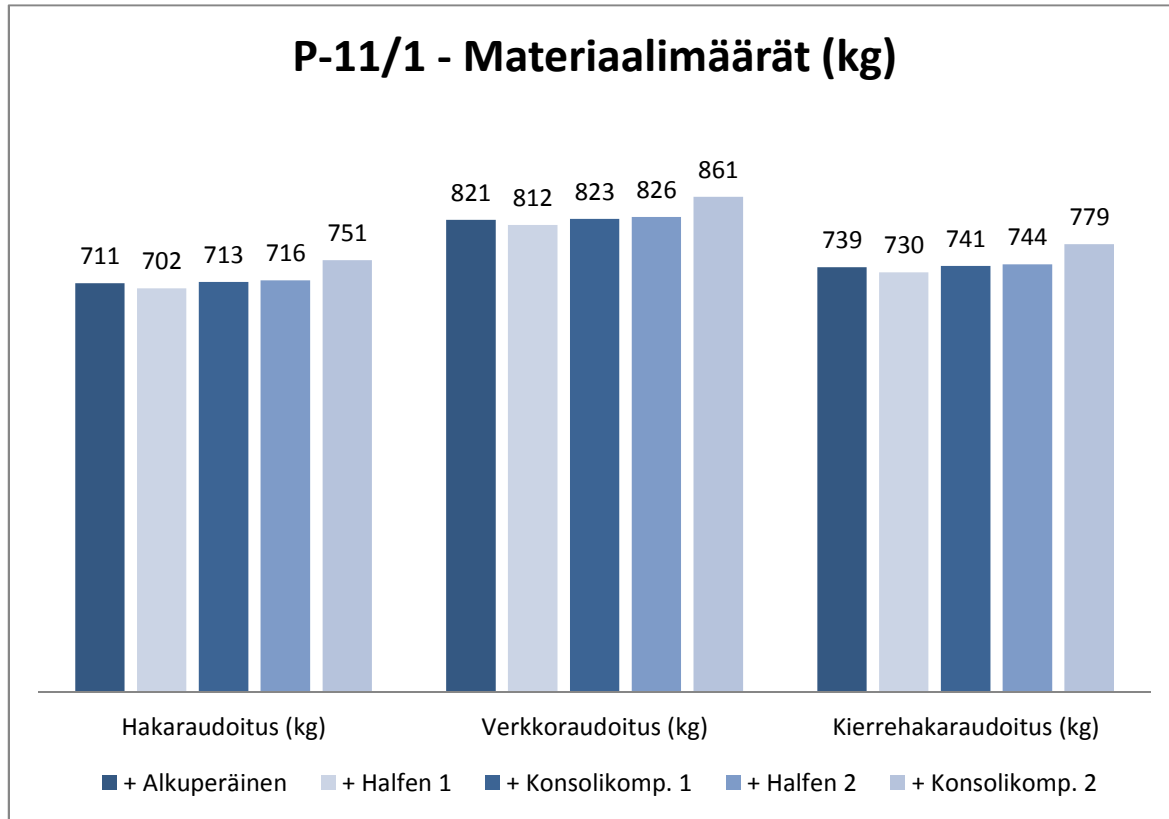




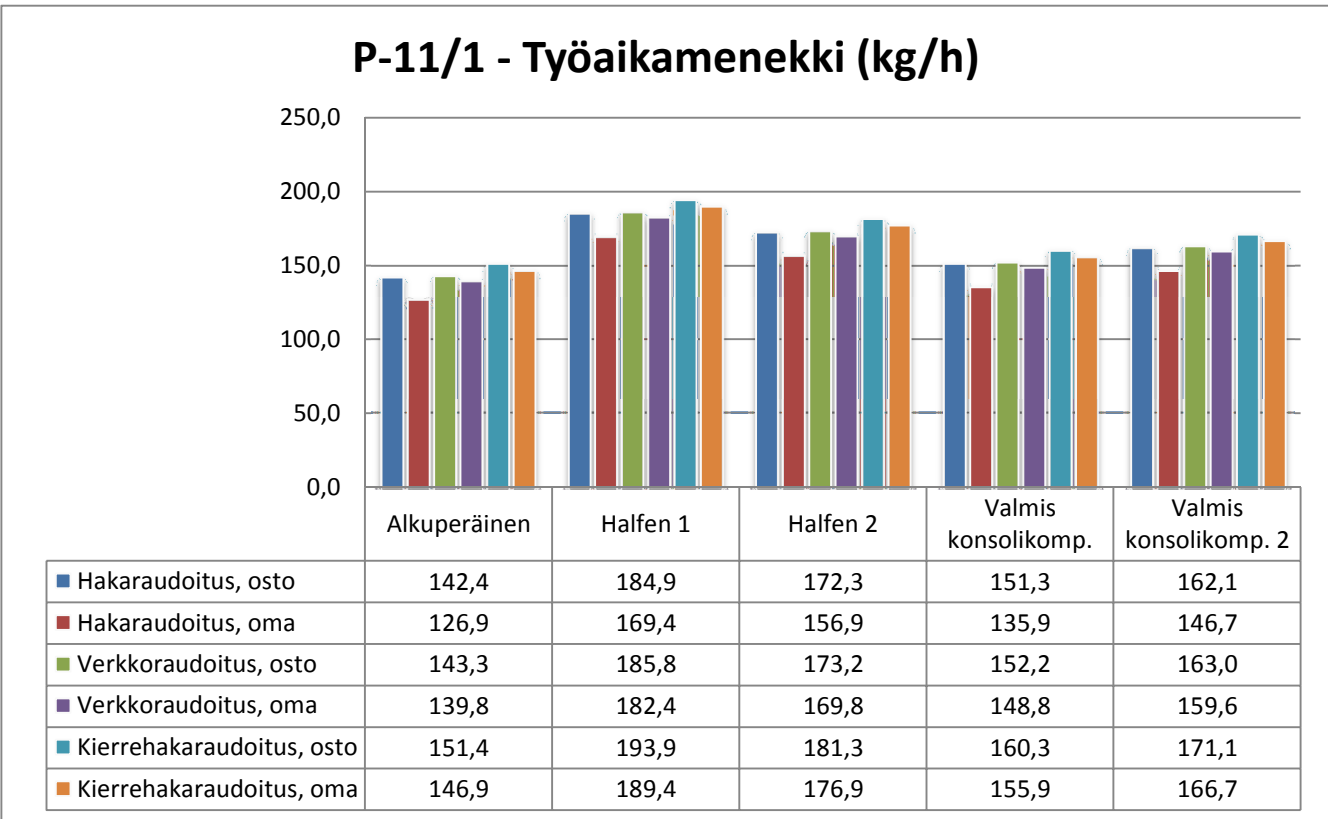
P-L4-3



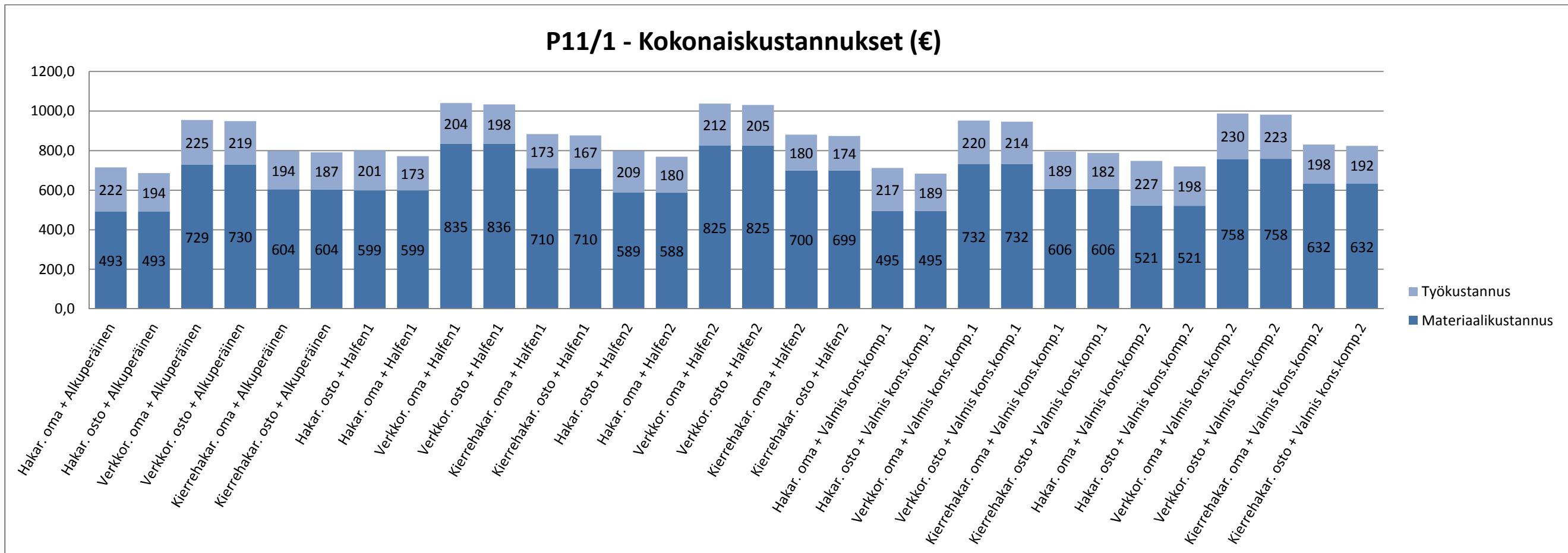
P-11/1 - Materiaalimäärät (kg)



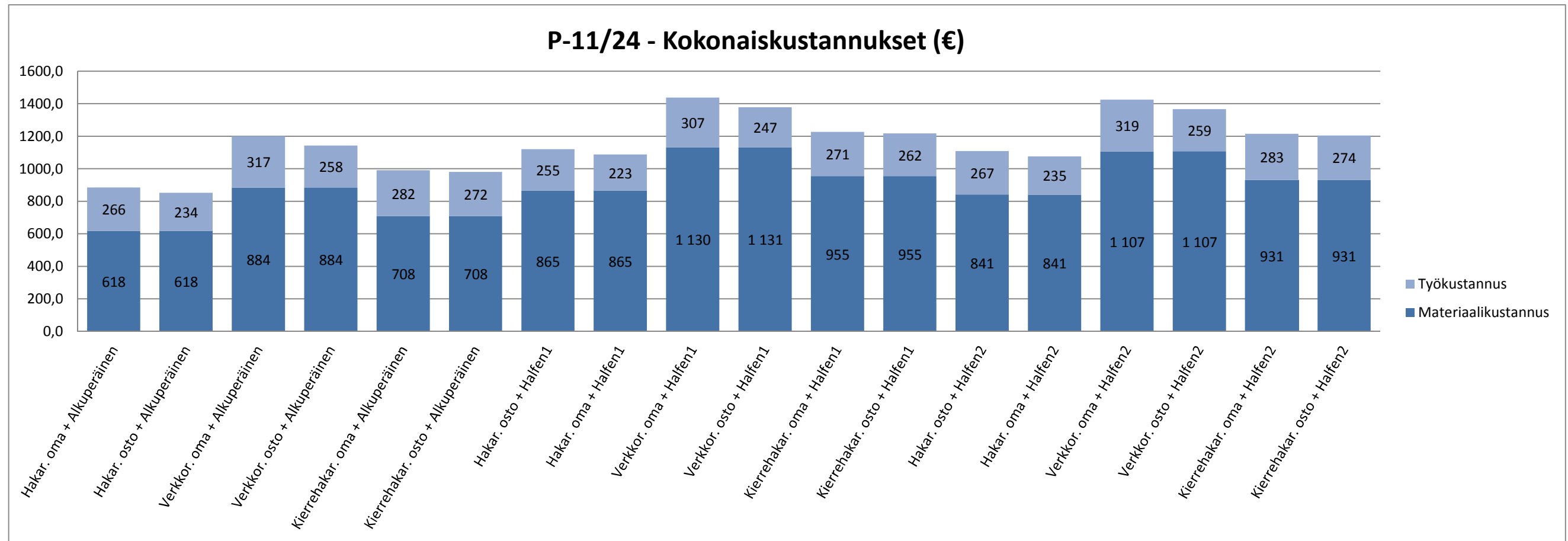
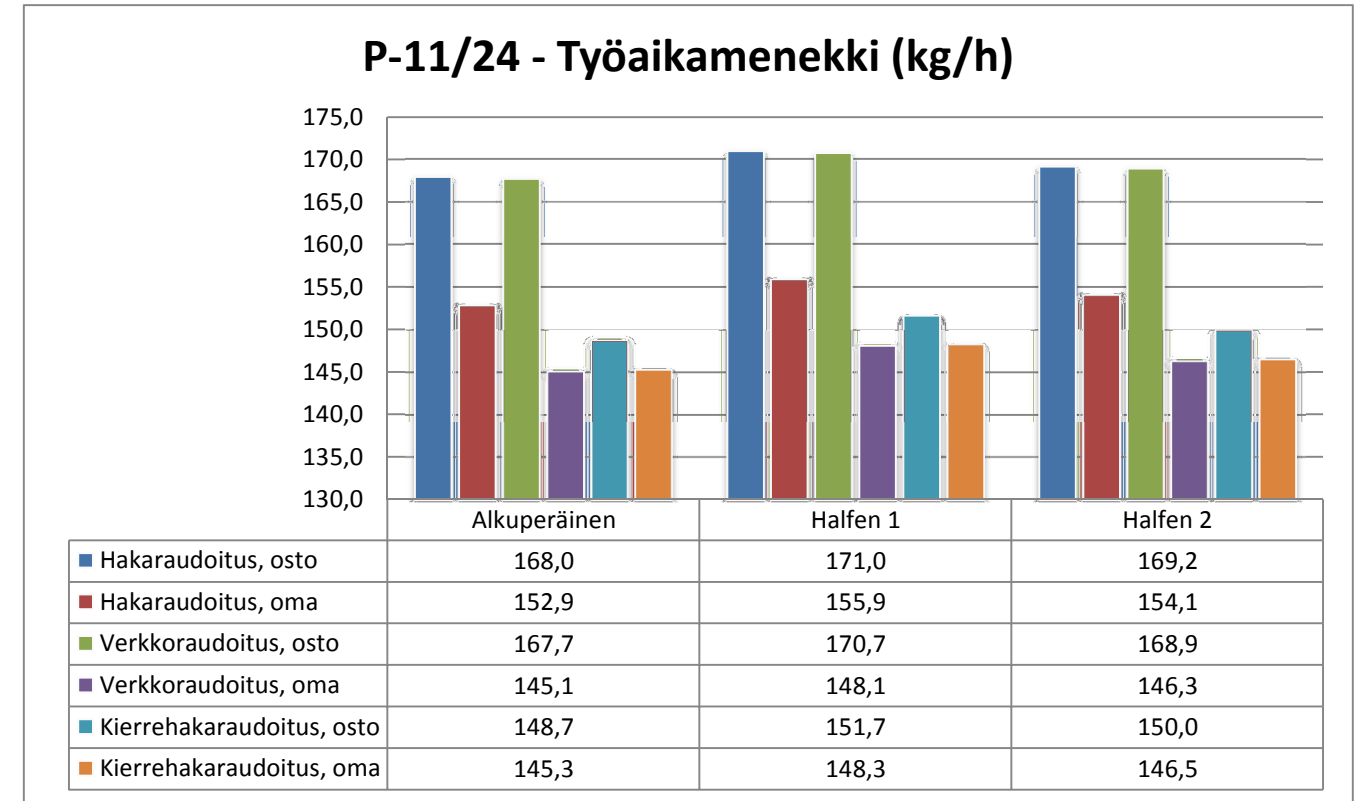
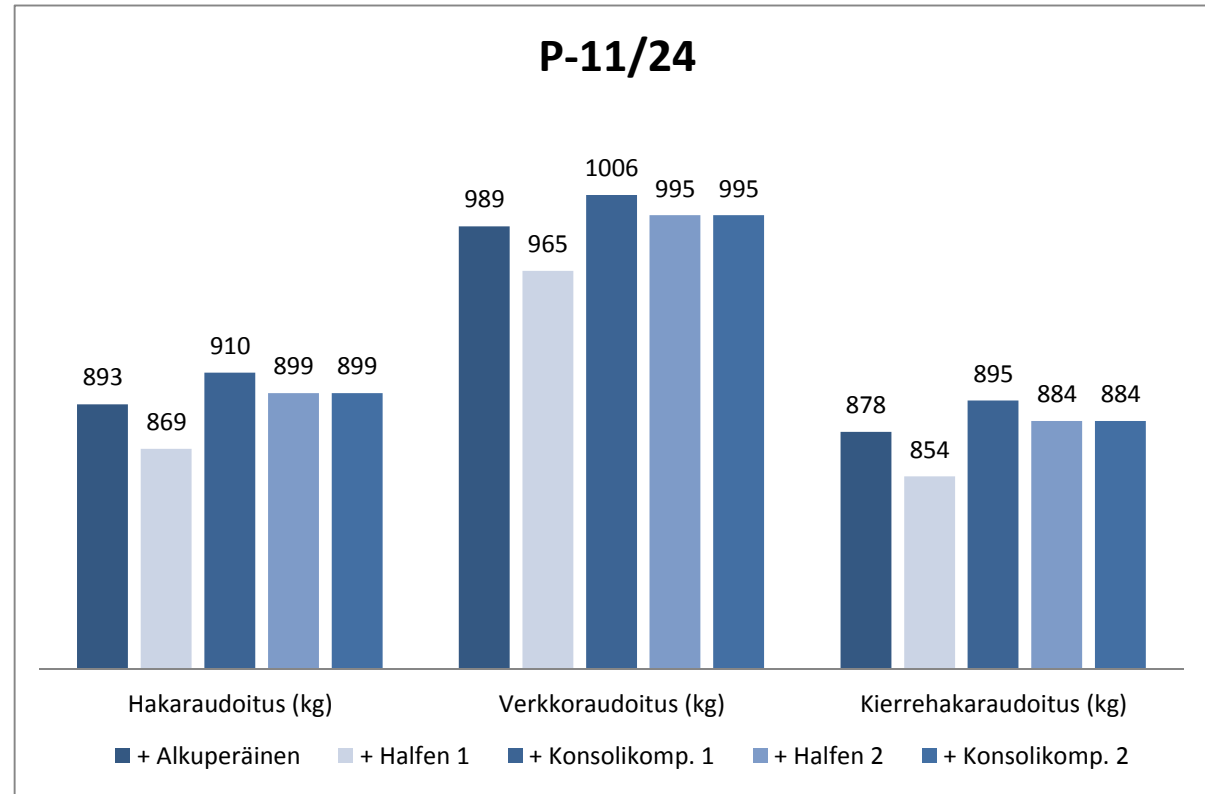
P-11/1 - Työaikamenekki (kg/h)



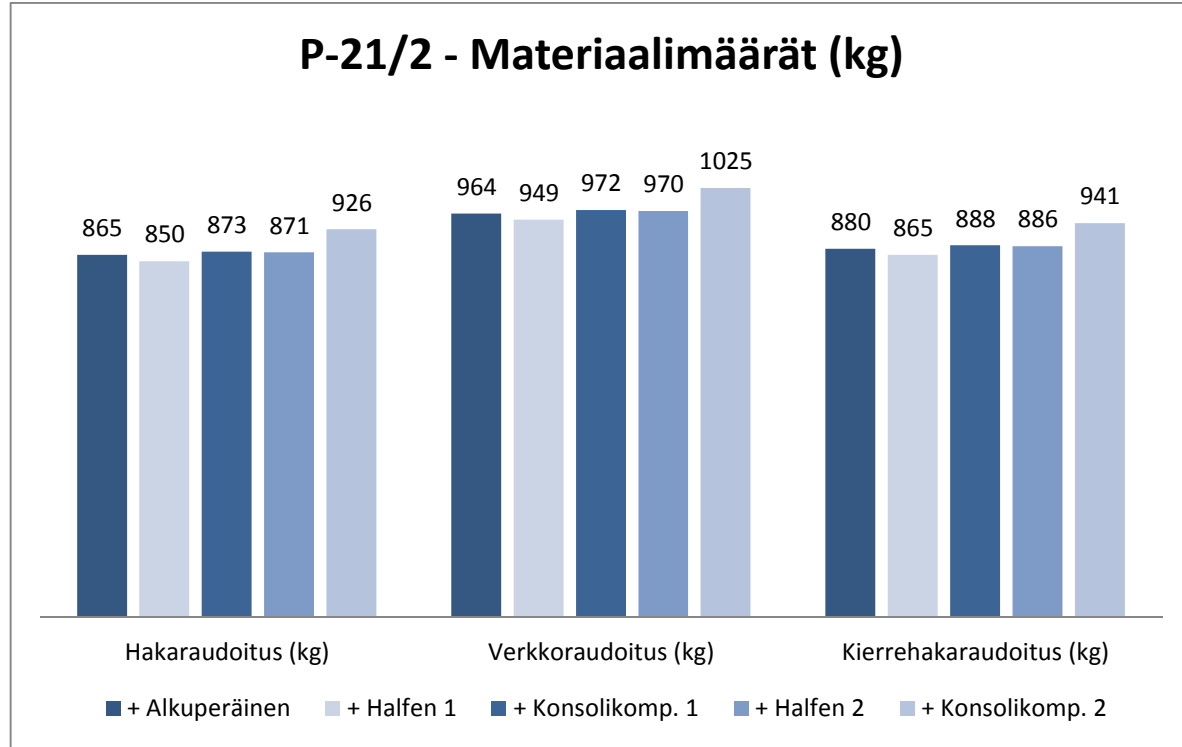
P11/1 - Kokonaiskustannukset (€)



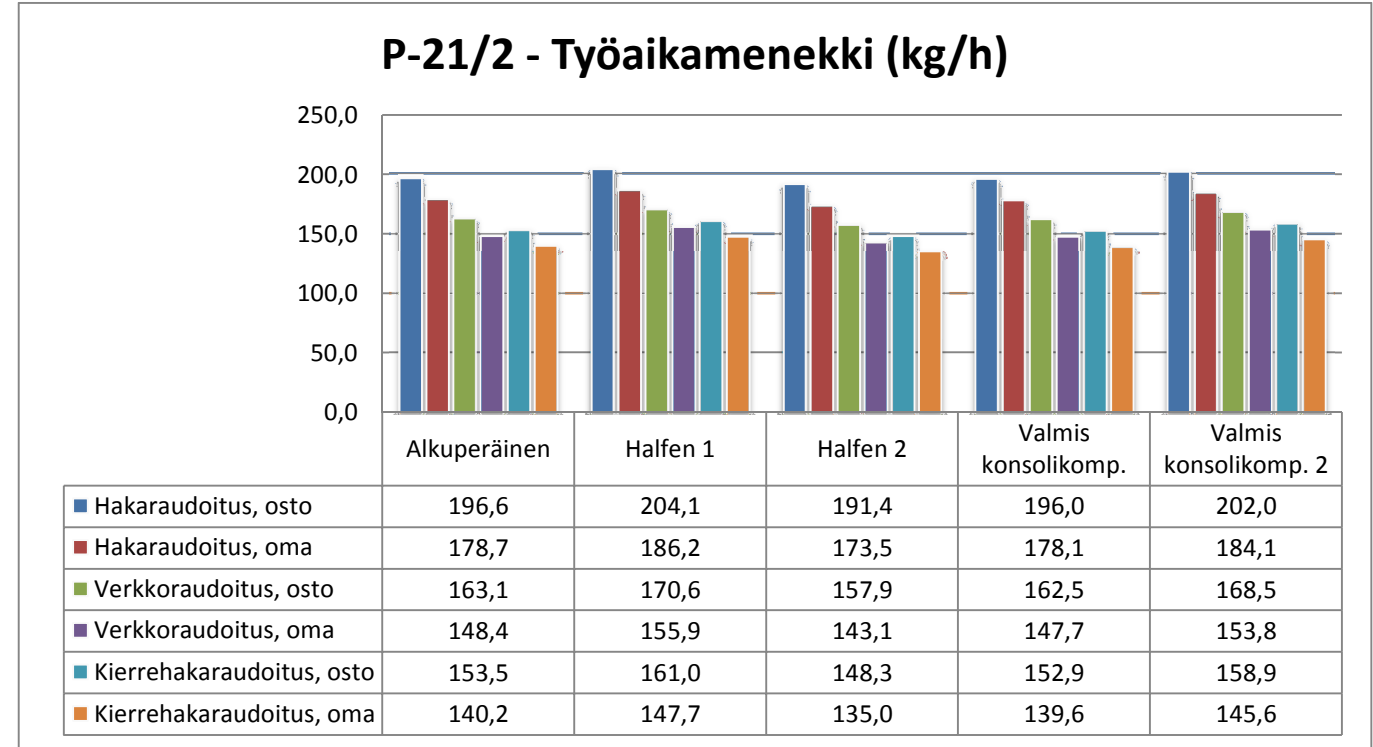
P-11/24



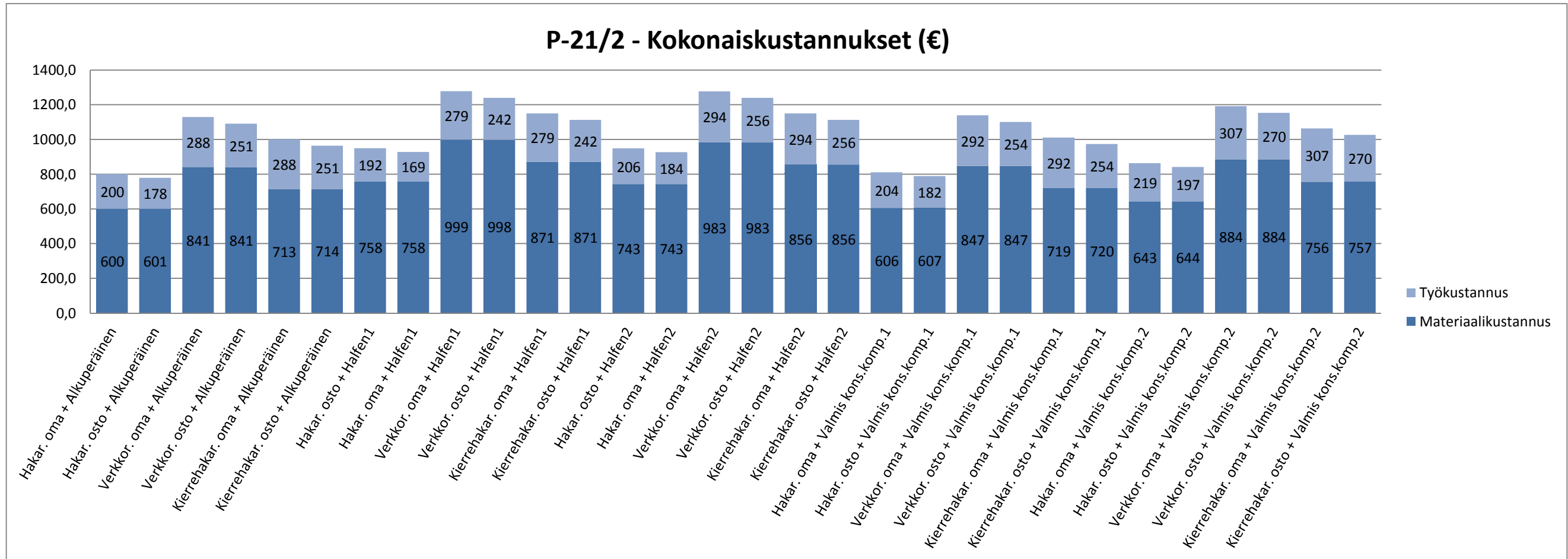
**P-21/2 - Materiaalimäärät (kg)**



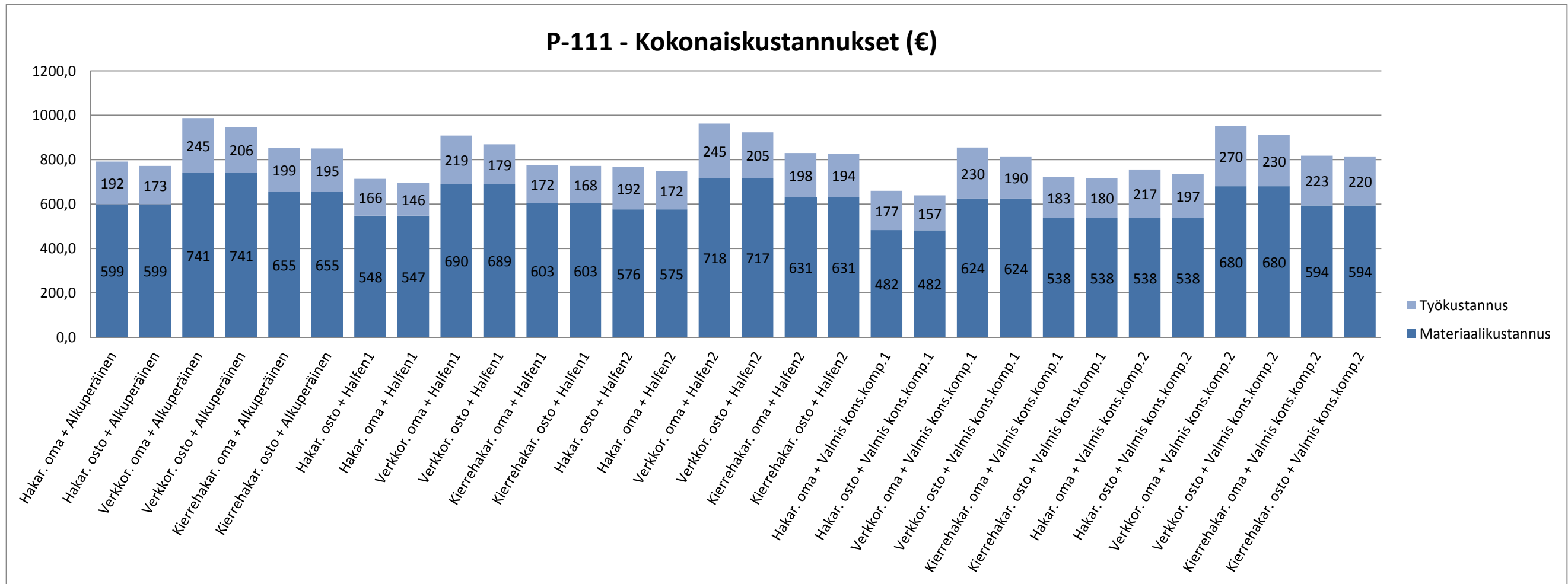
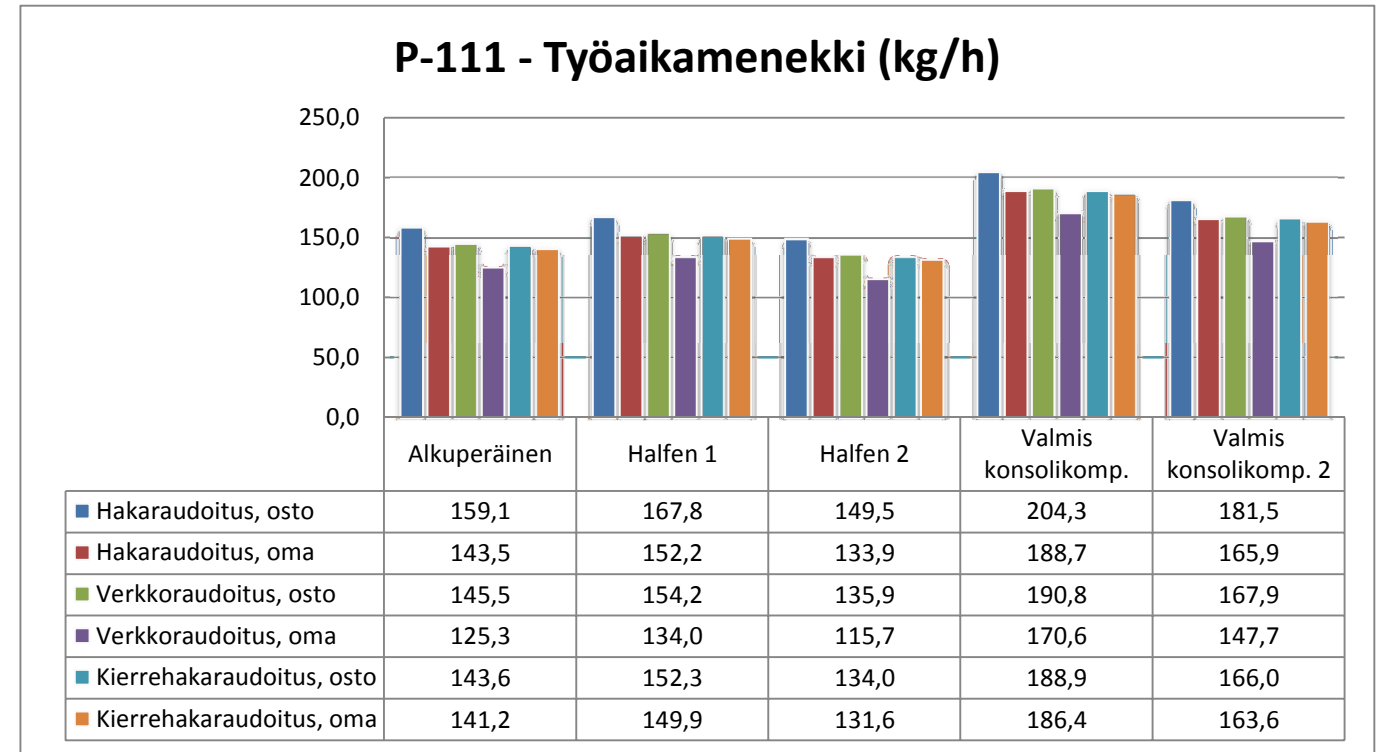
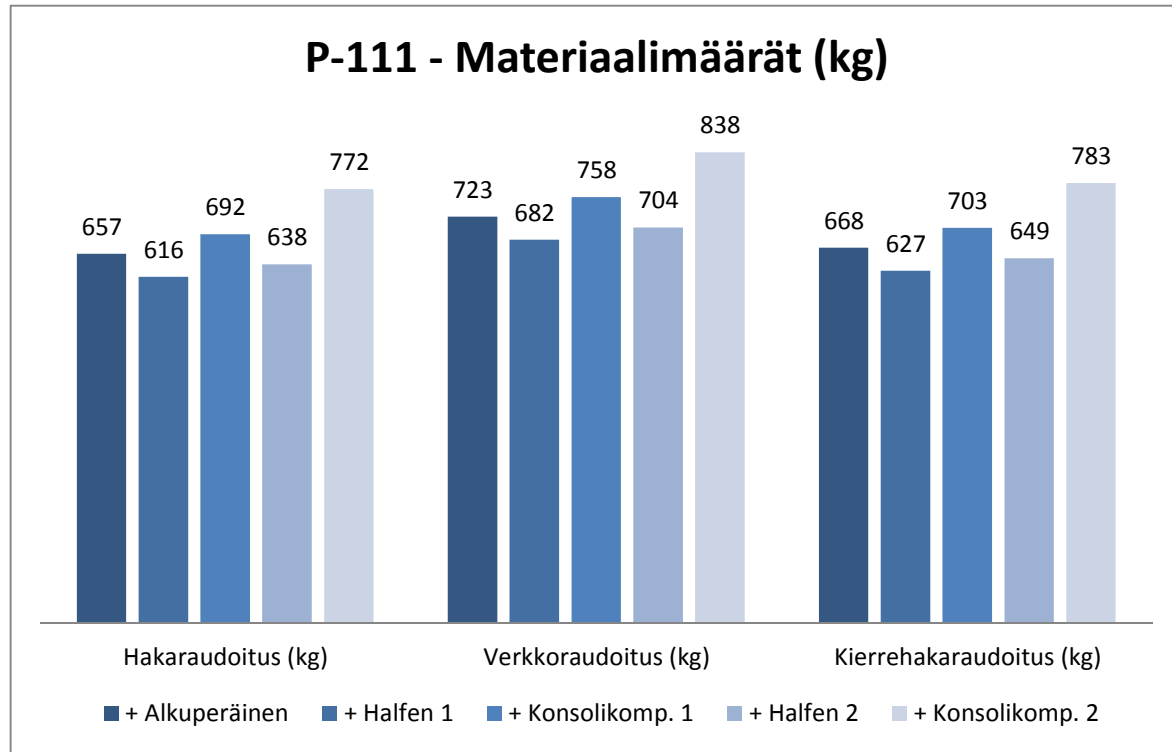
**P-21/2 - Työaikamenekki (kg/h)**



**P-21/2 - Kokonaiskustannukset (€)**

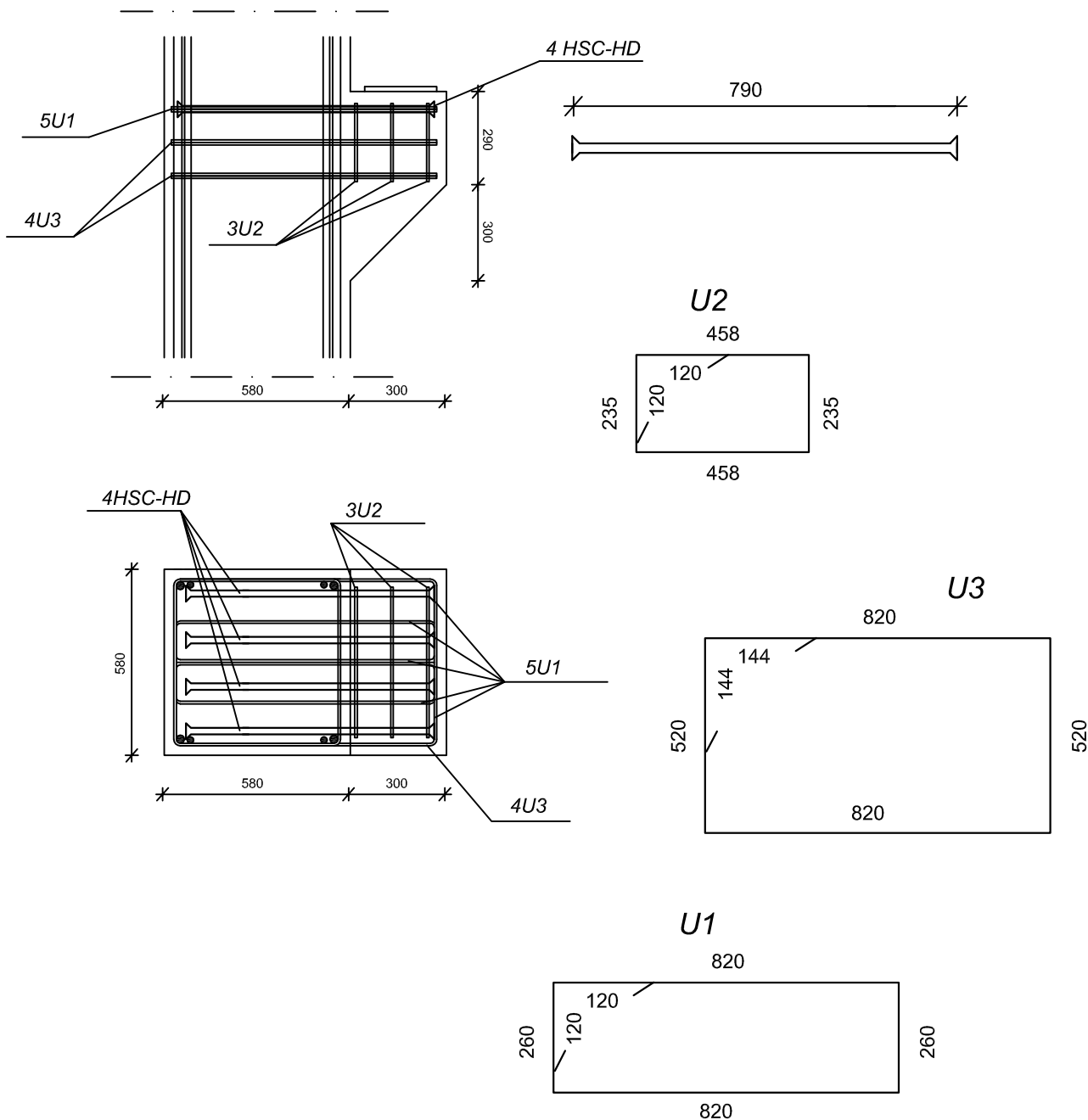






Työn nimi:  <b>Opinnäytetyö, Teräsbetonipilarin teollinen rauditus</b>	Päiväys: <b>27.4.2011</b>	Pileri/konsoli: <b>P32-23/H-H</b>
	Lkm: <b>1 kpl.</b>	
Tekijän tiedot:  <b>Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusinsinööriopiskelija, Jani Paajanen</b>	Sisältö:  <b>Pilarin P32-23 H-H konsoli, Tyssatapillisen raudituksen luonnos</b>	

RAUDOITELUETTELO							
Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	∅ (mm)	L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )
U1	5	A500HW	10	2290	7850	7,1	0,001
U2	3	A500HW	10	1520	7850	2,8	0,000
U3	4	A500HW	10	2880	7850	7,1	0,001
HSC-HD	4	A500HW	20	790	7850	7,8	0,001
Yhteensä:						24,8	0,003



Työn nimi:

Opinnäytetyö,  
Teräsbetonepilarin teollinen rauditus

Päiväys: 27.4.2011

Pilari/konsoli: P32-23/G-G

Lkm: 1 kpl.

Tekijän tiedot:

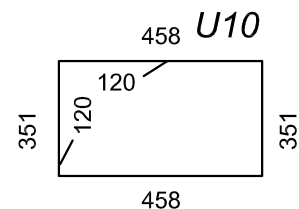
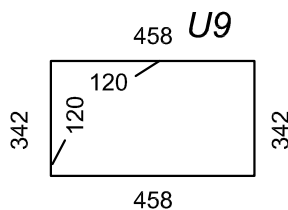
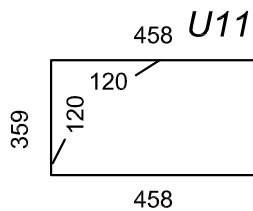
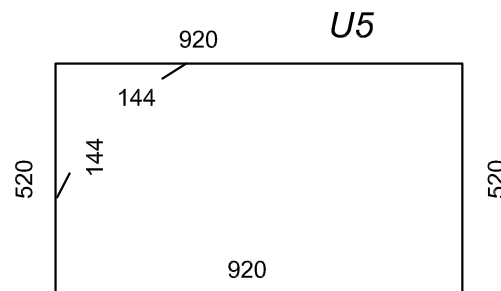
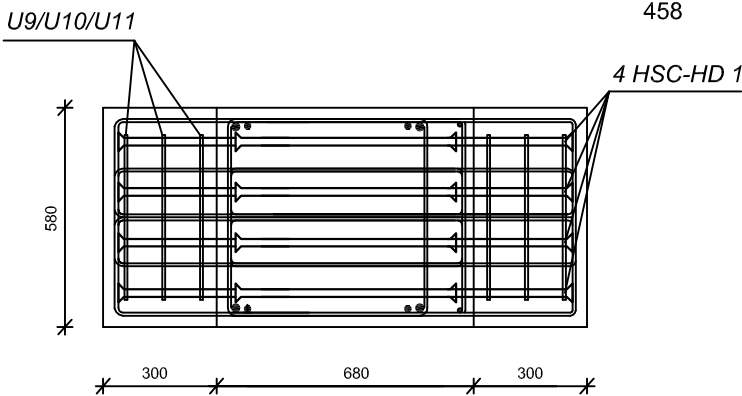
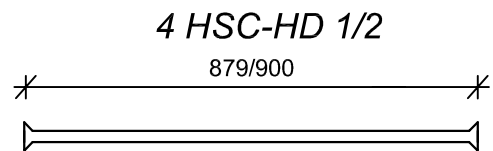
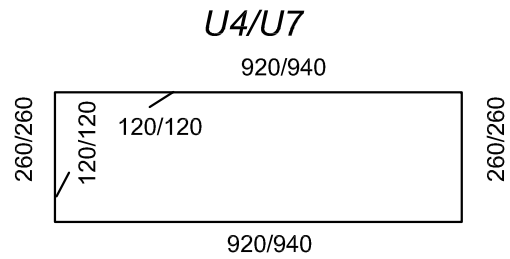
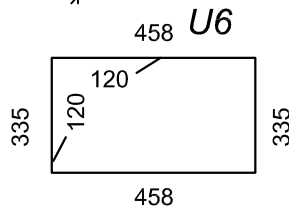
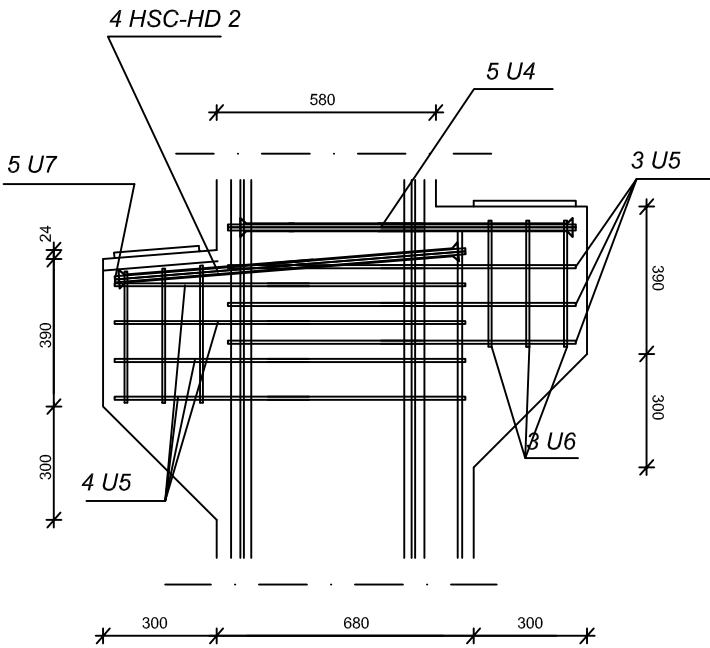
Saimaan ammattikorkeakoulu,  
rakennusinsinööriopiskelija,  
Jani Paajanen

Sisältö:

Pilarin P32-23 G-G konsoli,  
Tyssatapillisen raudoituksen luonnos

RAUDOITELUETTELO

Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	∅ (mm)	L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )
U4	5	A500HW	10	2512	7850	11,3	0,001
U5	3	A500HW	10	3080	7850	5,7	0,001
U6	3	A500HW	8	1720	7850	4,9	0,000
HSC-HD1	4	A500HW	20	879	7850	8,7	0,001
U7	5	A500HW	10	2552	7850	7,9	0,001
U5	4	A500HW	10	3080	7850	7,6	0,001
U9	1	A500HW	8	1748	7850	0,69	0,000
U10	1	A500HW	8	1757	7850	0,69	0,000
U11	1	A500HW	8	1765	7850	0,70	0,000
HSC-HD2	4	A500HW	20	900	7850	8,9	0,001
					Yhteensä:	50,6	0,007



Työn nimi:

**Opinnäytetyö,  
Teräsbetonipilarin teollinen rauditus**

Päiväys: **27.4.2011**

Pilari/konsoli: **P1/A**

Lkm: **4 kpl.**

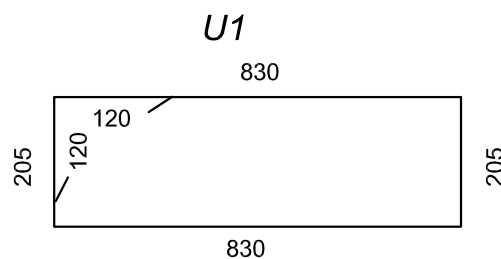
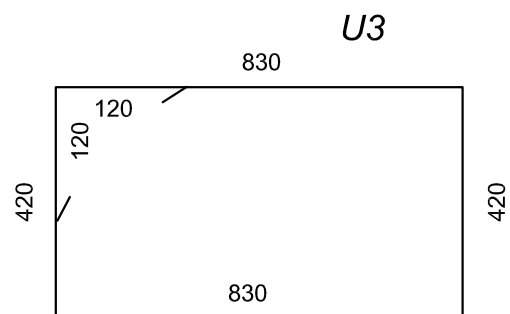
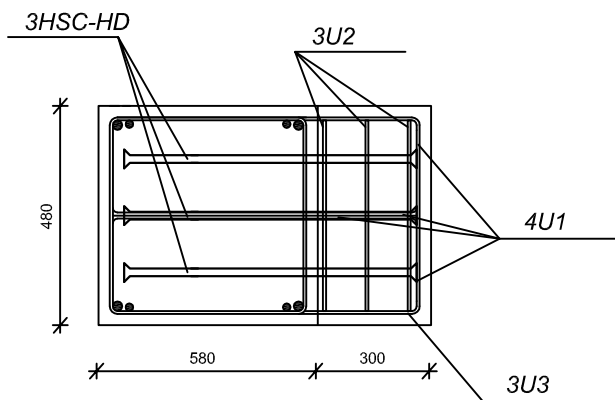
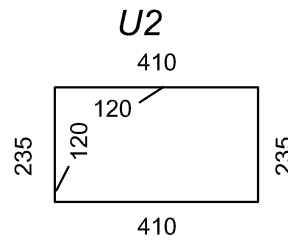
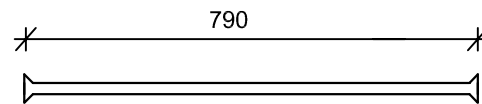
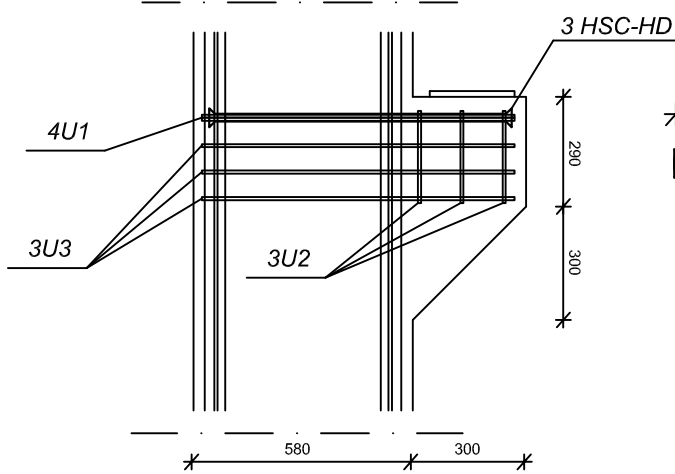
Tekijän tiedot:

**Saimaan ammattikorkeakoulu,  
rakennusinsinööriopiskelija,  
Jani Paajanen**

Sisältö:

**Pilarin P1 A konsoli,  
Tyssatapillisen raudoituksen luonnos**

RAUDOITELUETTELO							
Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	Ø (mm)	L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )
U1	16	A500HW	10	2236	7850	22,1	0,003
U2	12	A500HW	8	1424	7850	6,7	0,001
U3	12	A500HW	10	2666	7850	19,7	0,003
HSC-HD	12	A500HW	20	790	7850	23,4	0,003
					Yhteensä:	71,9	0,009

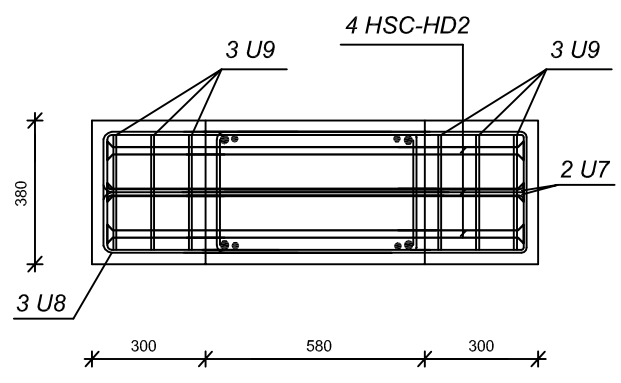
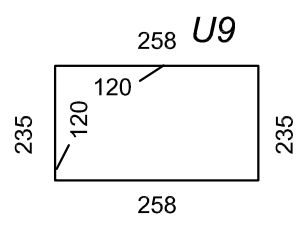
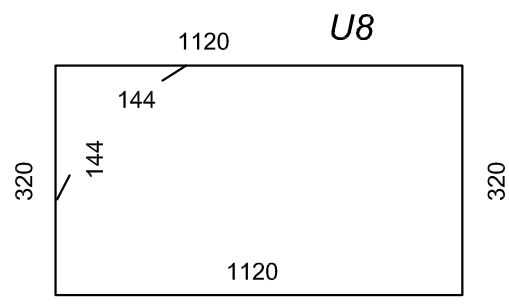
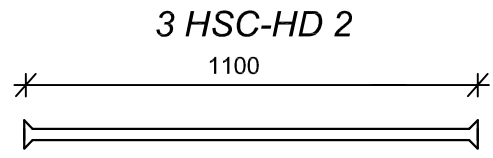
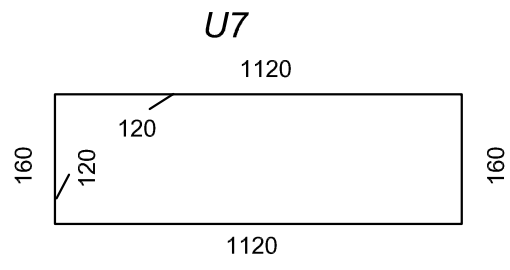
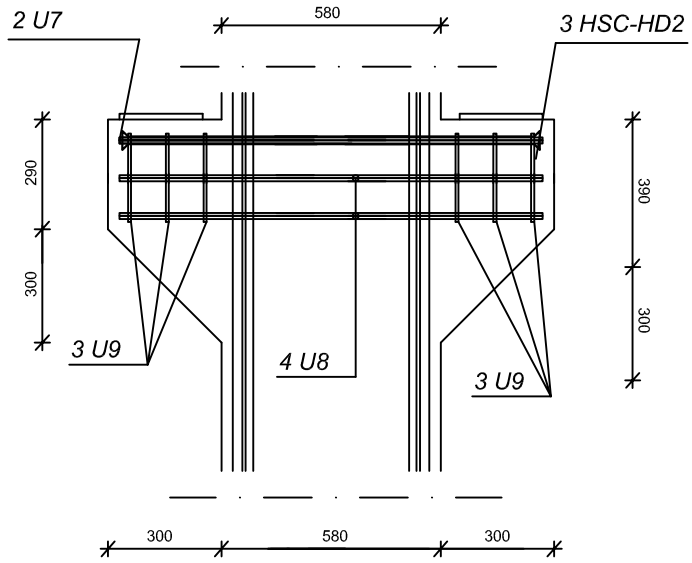






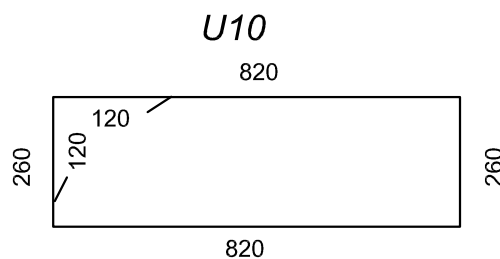
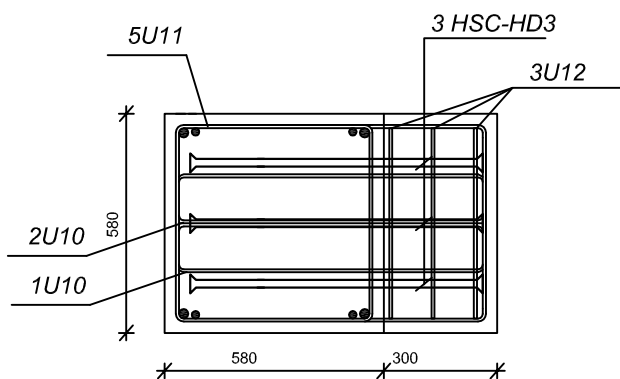
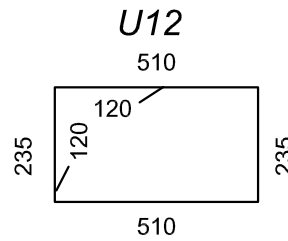
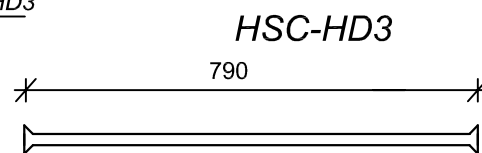
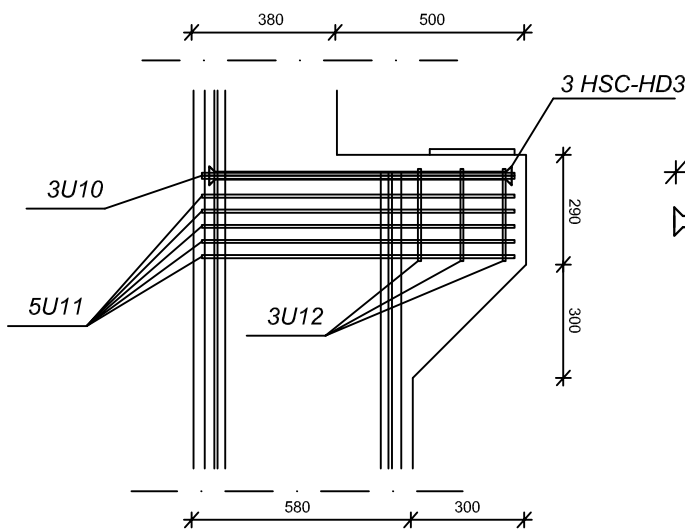
Työn nimi:		Päiväys: 27.4.2011	Pilari/konsoli: P11_24/I-I
Opinnäytetyö, Teräsbetonipilarin teollinen rauditus			Lkm: 1 kpl.
Tekijän tiedot:		Sisältö:	
Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusinsinööriopiskelija, Jani Paajanen		Pilarin P11/24 I-I konsoli, Tyssatapillisen raudituksen luonnos	

RAUDOITELUETTELO								
Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	Ø (mm)	L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )	
U7	2	A500HW	8	2760	7850	2,2	0,000	
U8	3	A500HW	8	3080	7850	3,6	0,000	
U9	6	A500HW	8	1320	7850	3,1	0,000	
HSC-HD2	3	A500HW	20	1100	7850	8,1	0,001	
						Yhteensä:	17,1	0,002



Työn nimi:		Päiväys: 27.4.2011	Pilari/konsoli: P11_24/J-J
Opinnäytetyö, Teräsbetonipilarin teollinen rauditus		Lkm: 1 kpl.	
Tekijän tiedot:		Sisältö:	
Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusinsinööriopiskelija, Jani Paajanen		Pilarin P11/24 J-J konsoli, Tyssatapillisen raudoituksen luonnos	

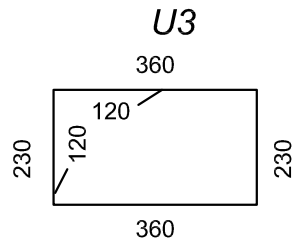
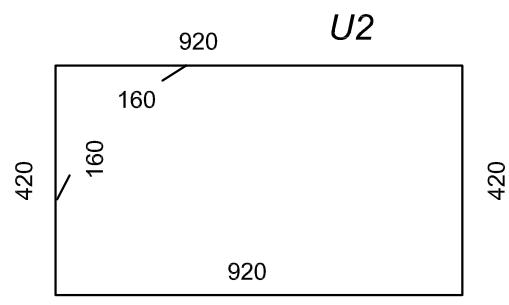
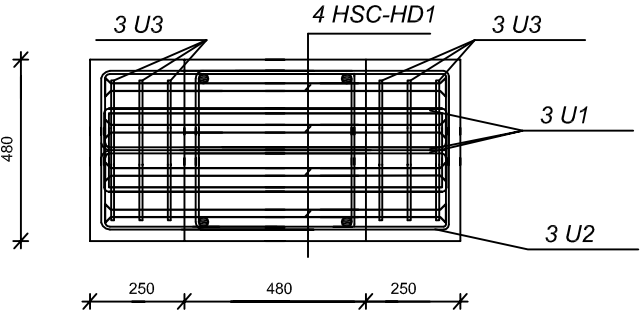
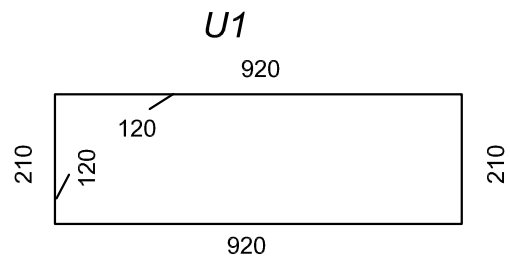
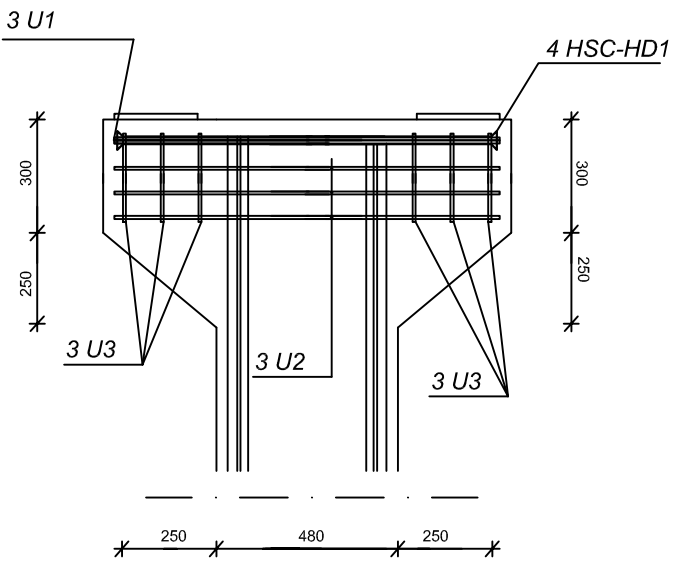
RAUDOITELUETTELO							
Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	∅ (mm)	L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )
U10	4	A500HW	10	2290	7850	5,6	0,001
U11	5	A500HW	8	2880	7850	8,9	0,001
U12	6	A500HW	10	1520	7850	3,6	0,000
HSC-HD3	3	A500HW	20	790	7850	5,8	0,001
Yhteensä:						23,97	0,003





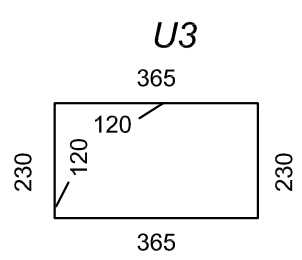
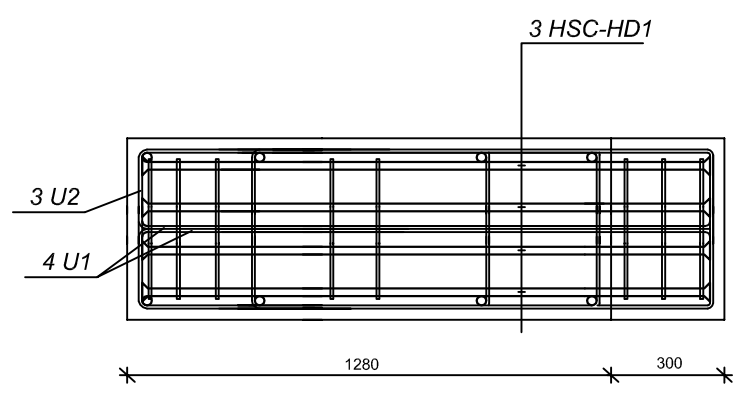
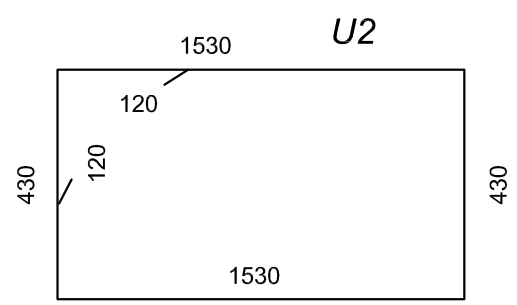
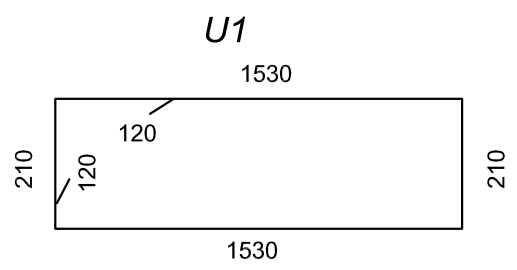
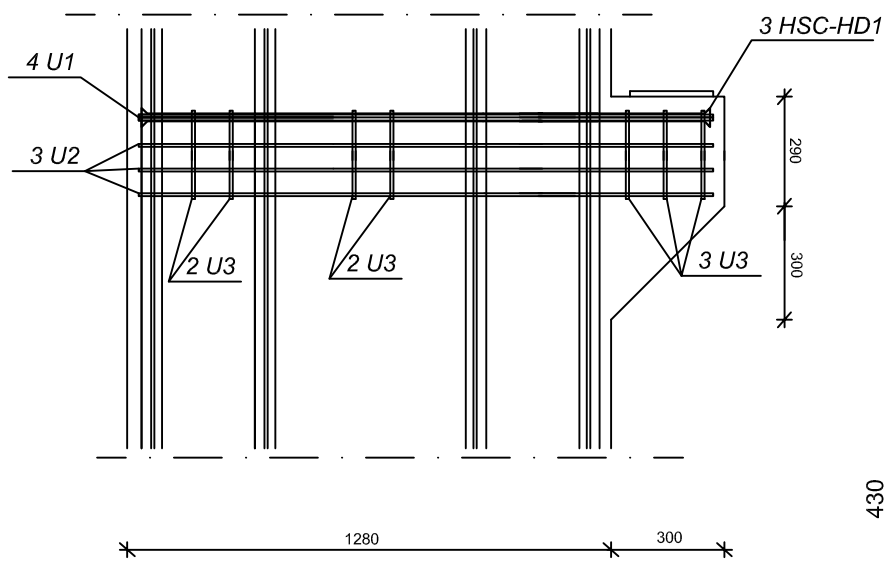
Työn nimi:  <b>Opinnäytetyö, Teräsbetonipilarin teollinen rauditus</b>	Päiväys: <b>27.4.2011</b>	Pileri/konsoli: <b>P-L4/3</b>
	Lkm: <b>1 kpl.</b>	
Tekijän tiedot:  <b>Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusinsinööriopiskelija, Jani Paajanen</b>	Sisältö:  <b>Pilarin P-L4/3 konsoli, Tyssatapillisen raudituksen luonnos</b>	

RAUDOITELUETTELO								
Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	Ø (mm)	L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )	
U1	3	A500HW	10	2310	7850	4,3	0,001	
U2	3	A500HW	10	2795	7850	5,2	0,001	
U3	6	A500HW	8	1310	7850	3,1	0,000	
HSC-HD1	4	A500HW	20	900	7850	8,9	0,001	
						Yhteensä:	21,4	0,003



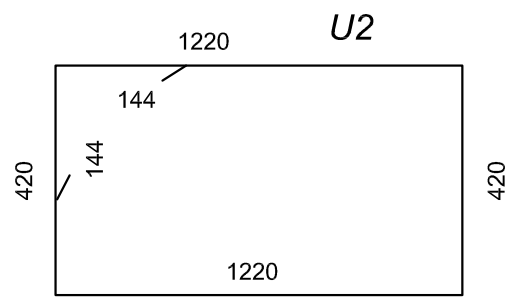
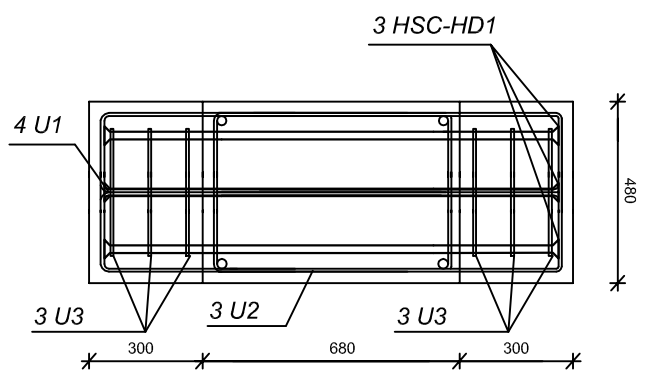
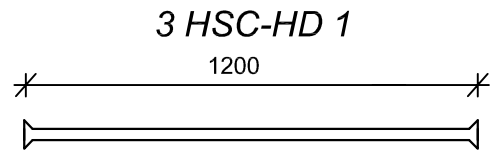
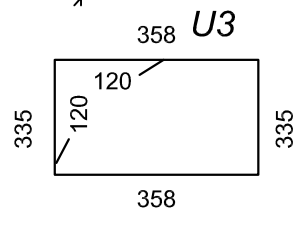
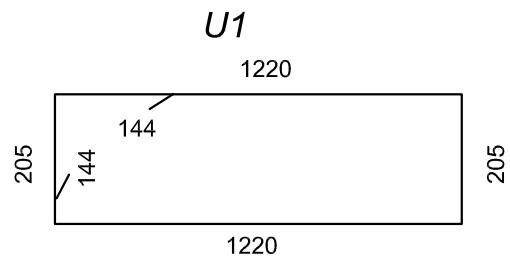
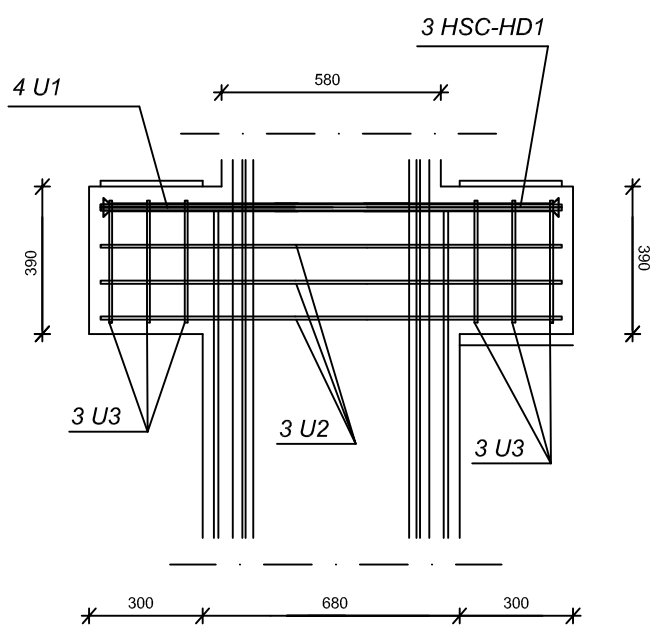
Työn nimi: <b>Opinnäytetyö, Teräsbetonipilarin teollinen raudoitus</b>		Päiväys: <b>27.4.2011</b>	Pilari/konsoli: <b>P-34</b>
Tekijän tiedot: <b>Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusinsinööriopiskelija, Jani Paajanen</b>		Lkm: <b>8 kpl.</b>	
		Sisältö: <b>Pilarin P-34 konsoli, Tyssatapillisen raudoituksen luonnos</b>	

RAUDOITELUETTELO								
Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	Ø (mm)	L (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )	
U1	32	A500HW	10	3646	7850	71,9	0,009	
U2	24	A500HW	10	4086	7850	60,5	0,008	
U3	56	A500HW	8	1320	7850	29,2	0,004	
HSC-HD1	24	A500HW	20	1500	7850	88,8	0,011	
						Yhteensä:	250,3	0,032



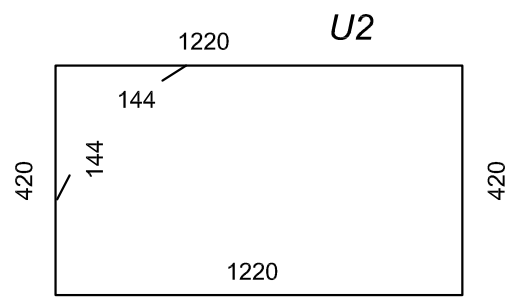
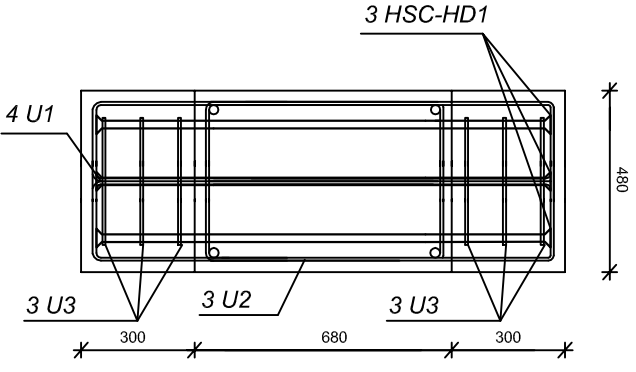
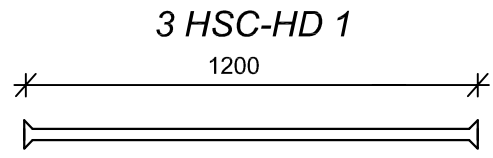
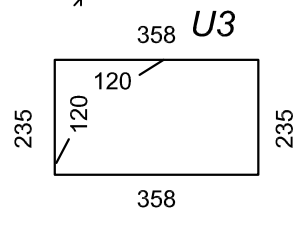
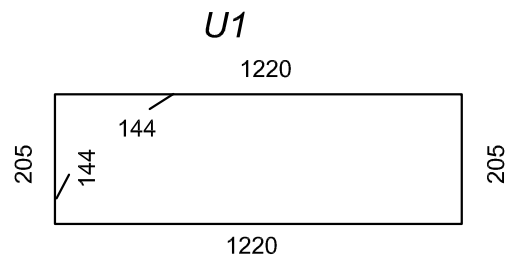
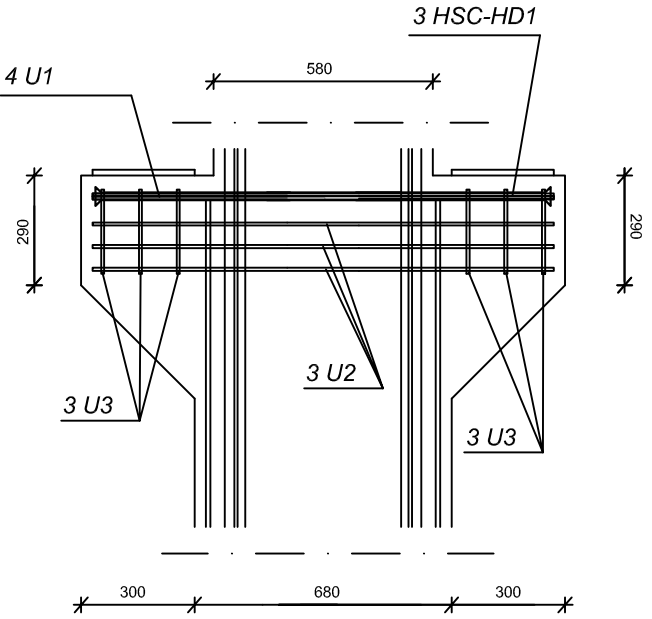
Työn nimi:		Päiväys: 27.4.2011	Pilari/konsoli: P21/2/G-G
Opinnäytetyö, Teräsbetonipilarin teollinen rauditus			Lkm: 1 kpl.
Tekijän tiedot:		Sisältö:	
Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusinsinööriopiskelija, Jani Paajanen		Pilarin P21/2 G-G konsoli, Tyssatapillisen raudoituksen luonnos	

RAUDOITELUETTELO							
Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	∅ (mm)	L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )
U1	4	A500HW	10	3050	7850	7,5	0,001
U2	3	A500HW	10	3480	7850	6,4	0,001
U3	6	A500HW	8	1720	7850	4,1	0,001
HSC-HD1	3	A500HW	20	1200	7850	8,9	0,001
Yhteensä:						26,91	0,003



Työn nimi:		Päiväys: 27.4.2011	Pilari/konsoli: P11/1/G-G
Opinnäytetyö, Teräsbetonipilarin teollinen rauditus			Lkm: 1 kpl.
Tekijän tiedot:		Sisältö:	
Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusinsinööriopiskelija, Jani Paajanen		Pilarin P11/1 G-G konsoli, Tyssatapillisen raudoituksen luonnos	

RAUDOITELUETTELO							
Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	∅ (mm)	L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )
U1	4	A500HW	10	3050	7850	7,5	0,001
U2	3	A500HW	10	3480	7850	6,4	0,001
U3	6	A500HW	8	1520	7850	4,1	0,001
HSC-HD1	3	A500HW	20	1200	7850	8,9	0,001
Yhteensä:						26,43	0,003

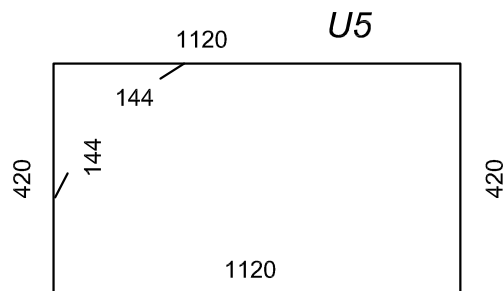
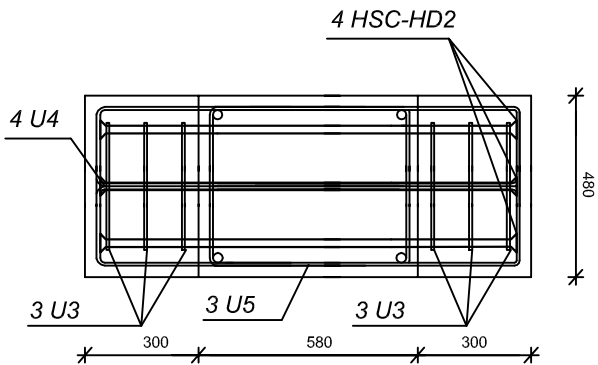
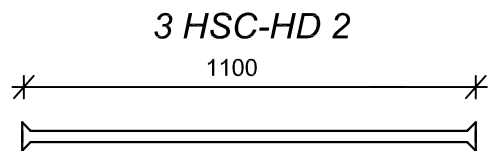
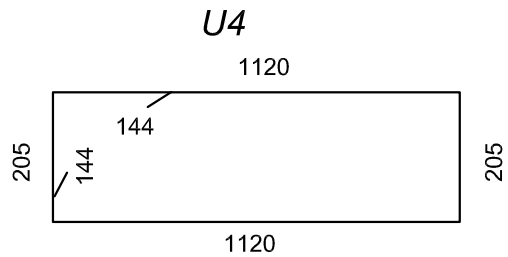
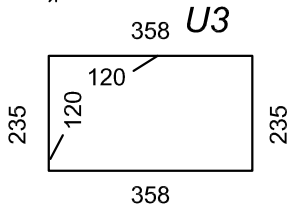
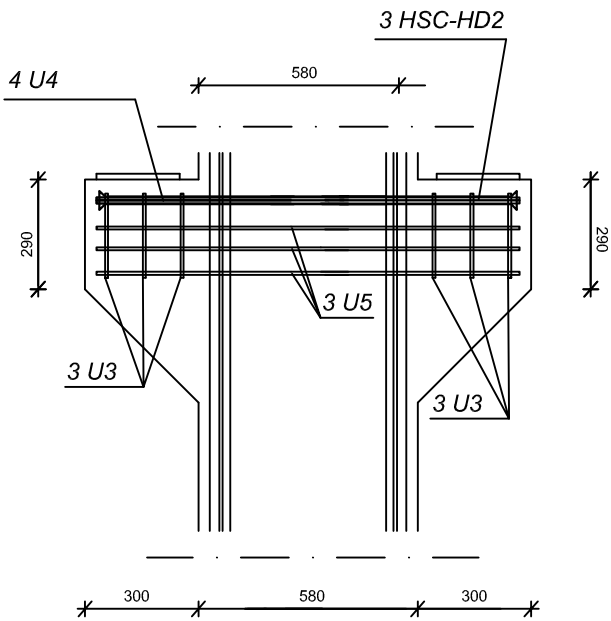




<p><i>Työn nimi:</i></p> <p><b>Opinnäytetyö, Teräsbetonipilarin teollinen rauditus</b></p>	<p><i>Päiväys:</i>   <b>27.4.2011</b></p> <hr/> <p><i>Pilari/konsoli:</i>   <b>P11/1/H-H</b></p> <hr/> <p><i>Lkm:</i>   <b>1 kpl.</b></p> <hr/>
<p><i>Tekijän tiedot:</i></p> <p><b>Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusinsinööriopiskelija, Jani Paaanen</b></p>	<p><i>Sisältö:</i></p> <p><b>Pilarin P11/1 H-H konsoli, Tyssatapillisen raudoituksen luonnos</b></p>

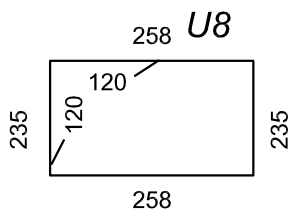
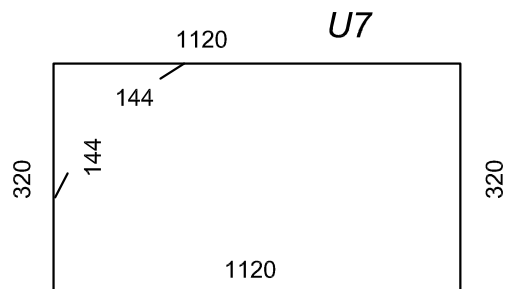
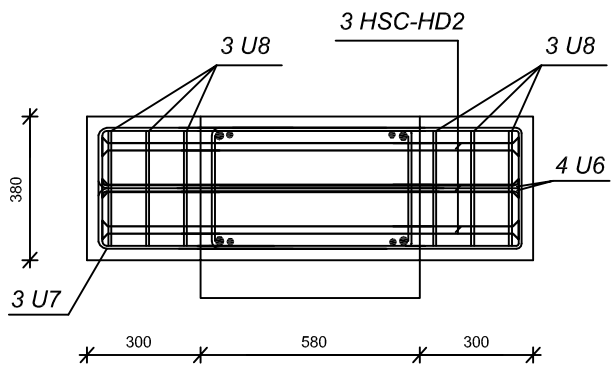
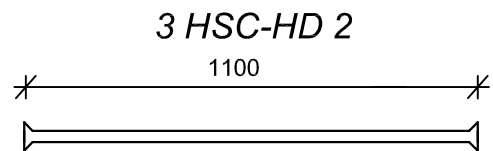
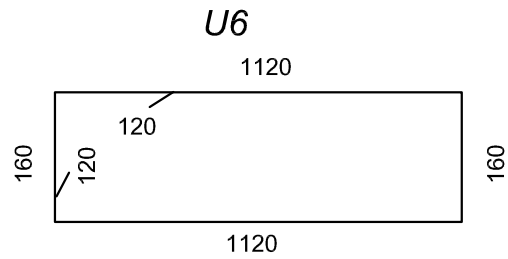
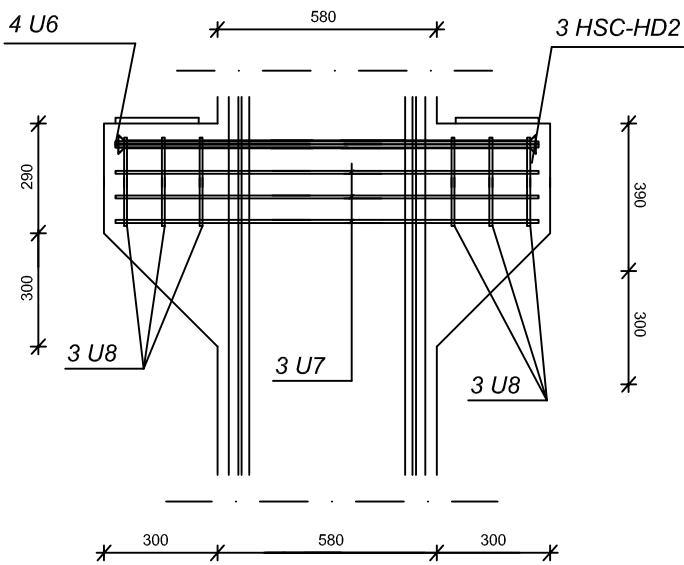
**RAUDOITELUETTELO**

Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	∅ (mm)	L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )
U4	4	A500HW	10	2850	7850	7,0	0,001
U5	3	A500HW	10	3280	7850	6,1	0,001
U3	6	A500HW	8	1520	7850	3,6	0,000
HSC-HD2	3	A500HW	20	1100	7850	8,1	0,001
					Yhteensä:	24,8	0,003



Työn nimi:  <b>Opinnäytetyö, Teräsbetonipilarin teollinen rauditus</b>	Päiväys: <b>27.4.2011</b>	Pilari/konsoli: <b>P21/2/I-I</b>
	Lkm: <b>1 kpl.</b>	
Tekijän tiedot:  <b>Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusinsinööriopiskelija, Jani Paajanen</b>	Sisältö:  <b>Pilarin P21/2 I-I konsoli, Tyssatapillisen raudituksen luonnos</b>	

RAUDOITELUETTELO							
Raudoite	Lkm. (kpl.)	Laatu	∅ (mm)	L (mm)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	m (kg)	V (m <sup>3</sup> )
U6	4	A500HW	10	2712	7850	6,7	0,001
U7	3	A500HW	10	3080	7850	5,7	0,001
U8	6	A500HW	8	1320	7850	3,1	0,000
HSC-HD2	3	A500HW	20	1100	7850	8,1	0,001
Yhteensä:						23,65	0,003







**HINTAVERTAILU - Alkuperäinen betonilaatu ja kuitubetoni**

PILARI	BETONILAATU (alkuperäinen)	TILAVUUDET (m <sup>3</sup> )			HINTA (€)					
		koko pilari	konsolinkohta	konsolit	alkuperäinen betoni		kuitubetoni1		kuitubetoni2	
					koko pilari	osittainen**	koko pilari	osittainen*	koko pilari	osittainen*
P34	K50-1	8,50	2,50	0,50	578	204	982,6	516,8	1488,35	695,3
P1	K60-1	4,50	1,00	0,50	329	110	542,7	290,4	810,45	379,65
P54	K40-1	3,50	0,50	0,50	224	64	390,6	207,6	598,85	267,1
P32/23	K50-1	4,50	0,50	0,50	306	68	520,2	285,6	787,95	345,1
P-L4-3	K50-1	1,50	0,50	0,50	102	68	173,4	81,6	262,65	141,1
P-11/1	K50-1	3,50	0,50	0,50	238	68	404,6	217,6	612,85	277,1
P-11/24	K50-1	2,50	1,00	1,00	170	136	289	129,2	437,75	248,2
P-21/2	K50-1	4,50	0,50	0,50	306	68	520,2	285,6	787,95	345,1
P-111	K50-1	3,00	-	-	204	-	346,8	-	525,3	-

KOKONAISHINTA (€)				
Alkuperäinen betoni (koko pilari)	kuitubetoni1		kuitubetoni2	
	Kuitubetoni1 (koko pilari)	Kuitubetoni1 (osittain)	Kuitubetoni2 (koko pilari)	Kuitubetoni2 (osittain)
578	983	721	1488	899
329	543	400	810	489
224	391	272	599	331
306	520	354	788	413
102	173	150	263	209
238	405	286	613	345
170	289	265	438	384
306	520	354	788	413
204	347	-	525	-

\* konsolit + konsolin kohdat

\*\* kokopilari - (konsolit + konsolin kohdat)

K40	€/m <sup>3</sup>
K50	€/m <sup>3</sup>
K60	€/m <sup>3</sup>

WireFib 65/35 - teräskuitu	
kuituhinta :	€/tn
kuitubetoni1 :	kg/m <sup>3</sup>
kuitubetoni2 :	kg/m <sup>3</sup>