



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KERROSTALON PUUJULKISIVU- JA BETONIJULKISIVUELEMENTTIEN KUSTANNUSVERTAILU

TEKIJÄ: Aleksi Kuokkanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Aleksi Kuokkanen	
Työn nimi Kerrostalon puujulkisivu- ja betonijulkisivuelementtien kustannusvertailu	
Päiväys	12.3.2015
Sivumäärä/Liitteet	48/16
Ohjaajat Janne Repo, yliopettaja, Savonia-ammattikorkeakoulu Hannu Haaranen, Tuntiopettaja, Savonia-ammattikorkeakoulu	
Toimeksiantaja Peab Oy, Kuopio	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä tarkoituksena oli vertailla kustannuksia puu- ja betonielementtijulkisivurakenteiden välillä ja tavoitteena oli laskea taloudellisempi vaihtoehto työn toimeksiantajalle Peab Oy:lle. Tulokset laskettiin työn, materiaalin, vuokran ja muiden kustannusten osalta Peab Oy:n pyytämien ohjeiden mukaisesti. Laskennassa yhdistettiin Talo 80 määrälaskentaohje ja työmenekit sekä Peab Oy:n oma tietokanta, jotta saatiin luotettava ja todenmukainen lopputulos.</p> <p>Opinnäytetyön esimerkkilaskentakohteena oli Kuopion Saaristokaupungissa sijaitseva kesällä 2014 valmistunut kerrostalokohde Säihke. Betonijulkisivuelementtien kustannukset saatiin Peab Oy:n tietojärjestelmästä ja puujulkisivuelementtien kustannukset rakenteilla olevan Poukamankadun työmaalta. Kustannuslaskenta on tehty Talo 80 määrälaskentaohjeiden ja Peab Oy:n ohjeiden mukaisesti. Kustannuslaskenta toteutettiin käyttämällä Microsoft Excel -ohjelmaa.</p> <p>Kustannuslaskenta puu- ja betonijulkisivuelementtien välillä kertoo merkittävimmät työ- ja materiaalikustannukset. Puujulkisivuelementtien kokonaiskustannus oli opinnäytetyön esimerkkikohteen perusteella noin 12,7 prosenttiyksikköä halvempi kuin betonijulkisivuelementti. Kustannuslaskennan lisäksi työssä pohdittiin puu- ja betonijulkisivuelementteihin kustannuksiin vaikuttavia muita merkittäviä tekijöitä. Opinnäytetyöstä toimeksiantaja sai hyvää jälkilaskentatietoa elementtityyppien välillä. Laskentaa voidaan käyttää myös tulevaisuudessa kohteiden laskennassa ja jälkilaskennassa. Jatkossa puu- ja betonijulkisivuelementeistä olisi hyvä tehdä tutkimuksia tai kehittämistöitä esimerkiksi sääsuojauksesta, rakennusfysikaalisesta toiminnasta ja rakenneratkaisuista.</p>	
Avainsanat julkisivu, elementti, puu, betoni, kustannusvertailu, määrälaskenta, kerrostalo	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author Aleksi Kuokkanen			
Title of Thesis Calculation of Costs of Wooden and Concrete Facade Elements in a Block of Flats			
Date	12 March 2015	Pages/Appendices	48/16
Supervisors Mr Hannu Haaranen, Lecturer, Savonia University of Applied Sciences and Mr Janne Repo, Principal Lecturer Savonia University of Applied Sciences			
Client Organisation /Partners Peab Oy, Kuopio			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to compare the costs between wooden and concrete facade elements, and to calculate a more economically efficient choice for the client company, Peab Oy. The results were calculated taking the cost of work, rent and other costs into account according to the instructions given by Peab Oy. 'Talo 80' quantity survey guidelines and the database of Peab Oy were combined in the calculation process to reach a reliable and realistic outcome.</p> <p>The example building of this thesis was a block of flats built in 2014 called 'Säihke', which is located in the district of Saaristokaupunki in Kuopio, Finland. The costs of concrete facade elements were received from the database of Peab Oy, whereas the equivalent results focusing on the costs of wooden facade elements were received from the construction site in Poukamankatu. The calculation of costs was done according to 'Talo 80' and Peab Oy guidelines by using the Microsoft Excel spreadsheet program.</p> <p>The calculation of costs between the wooden and concrete facade elements provides the most significant work and material costs. The total cost of wooden facade elements was around 12.7 percentage points lower than the concrete counterpart in the target used as an example. Significant factors influencing the costs of wooden and concrete facade elements were also considered in this thesis.</p> <p>As a result the client company received good post-calculation information regarding the types of facade elements. Also, the calculation can be used in the future when making similar calculations for other premises. However, a further research and development should be conducted in the future regarding weather protection, the structural physical activity as well as structure design.</p>			
<p>Keywords Facade, element, wood, concrete, calculation of costs, quantity survey, block of flats</p>			

ESIPUHE

Haluan kiittää Peab Oy:n Kuopion yksikköä siitä, että olen saanut mahdollisuuden työskennellä koulun ohella ja kesätöissä monella eri työmaalla. Peab Oy:n opinnäytetyöni ohjaaja projektipäällikkö Petteri Murtonen ansaitsee suuret kiitokset siitä, miten hän omistautui työlleni heti projektin alusta saakka ja neuvoi johdonmukaisesti läpi koko opinnäytetyön. Erityisen kiitoksen ansaitsee myös työnjohtaja Pentti Lintula, joka on opastanut minua opinnäytetyössä ja työelämässä Peab Oy:lla.

Haluan kiittää ohjaajaani Hannu Haarasta hyvästä ja selkeästä ohjauksesta opinnäytetyössäni. Hannu Haarasen tietämisestä kustannuslaskennasta ja elementtirakentamisesta on ollut erittäin arvokasta niin Peab Oy:lle kuin minun oppimiselle ja kehittymiselle tulevaisuuden työtehtäviin.

Kuopiossa 11.3.2015

Aleksi Kuokkanen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Taustat ja tavoitteet.....	7
1.2	Yritysesittely	7
2	TEOLLINEN VALMISOSARAKENTAMINEN	9
2.1	Betonelementtirakentaminen Suomessa.....	9
2.2	Betonelementtien historiaa	10
2.3	Puuelementtirakentaminen	11
2.4	Puuelementtien historiaa	13
3	KUSTANNUSLASKENTA	14
3.1	Määrälaskenta rakennusalalla	14
3.2	Kustannuslaskennan tehtävät	14
3.3	Kustannusarvioon vaikuttavat tekijät	15
3.4	Kustannusarviolaskennan kulku ja sisältö	16
4	BETONIJULKISIVUELEMENTTITYÖN VAIHEET.....	17
5	PUUJULKISIVUELEMENTTITYÖN VAIHEET	21
6	KUSTANNUSLASKENNAN TOTEUTUKSEN KUVAUS.....	26
6.1	Aineiston hankinta	26
6.2	Aineiston käsittely	27
7	KUSTANNUSLASKENNAN TULOKSET	28
7.1	Kustannuslaskennan määriä	28
7.2	Kustannuslaji 1, työkustannukset	28
7.3	Kustannuslaji 2, materiaalikustannukset	28
7.4	Kustannusten vertailu.....	28
8	POHDINTA.....	29
8.1	Peab Oy:n työmiesten keskituntiansio	29
8.2	Puujulkisivuelementtien kehittäminen.....	29
8.3	Betonijulkisivuelementtien suunnittelukustannusten minimointi	29
8.4	Puu – ja betonijulkisivuelementin sääsuojaus ja kosteudenhallinta	29
8.5	Kustannuslaskennan luotettavuus ja eettisyys.....	29
9	YHTEENVETO.....	30
	LÄHTEET	31

LIITE 1: JULKISIVUT LUOTEeseen	33
LIITE 2: JULKISIVU KOILLISEEN	34
LIITE 3: JULKISIVU KAAKKOON	35
LIITE 4: JULKISIVU LOUNAASEEN	36
LIITE 5: 1.KERROKSEN ELEMENTTIPIIRRUSTUS	37
LIITE 6: 2.KERROKSEN ELEMENTTIPIIRRUSTUS	38
LIITE 7: 3.KERROKSEN ELEMENTTIPIIRRUSTUS	39
LIITE 8: 4.KERROKSEN ELEMENTTIPIIRRUSTUS	40
LIITE 9: LEIKKAUSKUVA SÄIHKEKERROSTALON BETONIJULKISIVUELEMENTTIEN.....	41
LIITTYMISESTÄ ONTELOLAATTA RUNKOON	41
LIITE 10: LEIKKAUSKUVA KIMALLUS KERROSTALON PUUJULKISIVUELEMENTTIEN	42
LIITTYMISESTÄ ONTELOLAATTA RUNKOON	42
LIITE 11: 1.KERROKSEN SÄHKÖPIIRUSTUS	43
LIITE 12: 2.KERROKSEN SÄHKÖPIIRUSTUS	44
LIITE 13: ESIMERKKI BETONIJULKISIVUELEMENTIN RAKENNEPIIRRUSTUKSESTA	45
LIITE 14: ESIMERKKI PUUJULKISIVUELEMENTIN RAKENNEPIIRRUSTUKSESTA	46
LIITE 15: BETONINJULKISIVUELEMENTIN RAKENNELEIKKAUS	47
LIITE 16: PUUJULKISIVUELEMENTIN RAKENNELEIKKAUS	48

1 JOHDANTO

1.1 Taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyöni käsittelee puu- ja betonijulkisivuelementtirakentamista ja niiden kustannuksia. Opinnäytetyöni tarkoituksena on vertailla kustannuksia näiden kahden elementtityyppien välillä ja tavoitteena laskea taloudellisempi vaihtoehto työn toimeksiantajalle Peab Oy:lle. Puu- ja betonijulkisivuelementtien kustannukset lasketaan työ, materiaali, alihankinta ja omien palveluiden osalta. Kustannuslaskenta tapahtuu betonisien sisäkuorielementin ja puisen julkisivuelementin mukaan. Opinnäytetyöstä saatava informaatio ja taulukot voidaan käyttää uusien kohteiden laskennassa tulevaisuudessa ja tehtäväsuunnittelussa työmaalla.

Peab Oy Kuopion yksikkö alkoi käyttää puujulkisivuelementtejä Poukamankadun työmaalla kesällä 2014. Työskentelin vuonna 2014 Poukamankadun kerrostalotyömaalla työnjohtoharjoittelijana. Opinnäytetyöni aihe selvisi pääpiirteittäin jo keväällä 2014 yhdessä työpäällikkö Ari Karhapään kanssa keskustellessa puurakentamisesta. Vuoden alkupuolella käydyt keskustelut opinnäytetyön aiheesta muodostuivat selkeämmiksi kesän edetessä. Yhdessä Peab Oy:n toimihenkilöiden kanssa päätimme aihealueeksi puu- ja betonijulkisivuelementtien kustannusten vertailun. Peab Oy:n projektipäällikkö Petteri Murtosen kanssa sovimme, että vertailukohtaksi otetaan Kuopion Saaristokaupunkiin rakennettu Sähke kerrostalo. Opinnäytetyöni kustannusvertailussa käytän Sähke työmaan betonielementtirungon tietoja. Puuelementtien kustannustietoja saan Poukamankadun kerrostalojen tiedoista.

Ennen varsinaista tekstiosuutta on määritelty opinnäytetyössä käytetyt yksiköt ja termit. Luvussa 2 kerron teollisesta valmisosarakentamisesta Suomessa historiasta tähän päivään. Luku kolme kertoo yleisesti mitä määrälaskenta ja kustannuslaskenta ovat. Lisäksi luvussa kolme käsittelen, mitkä ovat vaikuttavia tekijöitä laskennan kannalta. Luvuissa neljä ja viisi kerron puu- ja betonijulkisivuelementtien vaiheista työmaalla. Kappaleet kuusi ja seitsemän sisältävät tekemäni kustannuslaskelmat Peab Oy:lle. Kappale kahdeksan on pohdintaa, missä esittelen eri vaihtoehtoja ja säästötoimenpiteitä elementtiratkaisuille. Lopuksi olen kirjoittanut yhteenvedon kustannuslaskennan tuloksista, Peab Oy:n Kuopion yksikön toimihenkilöiden näkökulman ja oman mielipiteeni tuloksiin liittyen.

1.2 Yritysesittely

Toimeksiantaja Peab Oy työllistää Pohjoismaissa yli 14 000 henkilöä ja on yksi Pohjoismaiden suurimmista rakennusyhtiöistä. Suomessa Peab Oy työllistää noin 800 henkilöä jakautuen neljään liiketoiminta-alueeseen: infrarakentaminen, asunto- ja kiinteistöliiketoiminta ja teollisuus sekä rakentaminen. Peab konsernin osake noteerataan Tukholman pörssissä liikevaihdon ollessa vuonna 4,9 miljardia euroa. (Peab Oy 2015.)

YKSIKÖIDEN JA TERMIEN SELITYKSET

YKSIKÖT

jm	juoksumetri, yhden metrin mittainen matka
m ²	neliometri
tth	työntekijätuntia
tth/kpl	työntekijätuntia kappaletta kohti
kpl/tv	kappaletta työvuoroa kohti, työvuoro on kahdeksan tuntia
ka	keskituntiansio
sosiaalikulut	keskituntiansioon lisättävä yleinen kulu. Laskennassa arvon on 68%
€/talo	euroa esimerkkikohteen rakennukselle
€/elementti	euroa elementiltä kustannus
e/m ²	euroa neliometrille
h/työmies	työtuntia yhdelle työmiehelle
h/työvaihe	tuntia kaikkien työvaiheeseen osallistuville työmiehille
1-4. Kl	1-4 kustannuslajit

TERMIT

Talo-80	nimikkeistö on kansallinen, rakennusalan yhteistyönä syntynyt nimikkeistöjärjestelmä
kampateline	betoni- ja puujulkisivuelementtien varastointiin käytettävä hyväksytty teline
elementtituki / tönäri	elementtien asennuksessa ja tuennassa käytettävä metallinen tuki

2 TEOLLINEN VALMISOSARAKENTAMINEN

Rakentaminen on oltava resurssit tehokkaasti hyödyntävää ja kustannustehokasta. Kolmannes rakentamisesta käytetyistä resursseista voi olla huonon rakentamisprosessin seurausta. Teollisella valmisosarakentamisella päästään parempaan laatuun ja tuottavuuteen. Työskentelyolosuhteet työmaalla paranevat huomattavasti, kun rakennuksen runko saadaan aikaisin umpeen ja Rungon kivaukset jäävät vähäisemmiksi, jolloin sisävalmistusvaihe voi alkaa nopeammin. Nämä kaikki lisäävät huomattavasti työturvallisuutta ja kustannuksissa säästetään. (Betoniteollisuus Ry. 2015.)

Valmisosarakentamisen etuina ovat seuraavat asiat (Betoniteollisuus Ry. 2015.):

- työskentely valmistuksessa tapahtuu sisällä
- rakennusaika yleensä lyhenee
- toimitukset voidaan suunnitella juuri oikeaan aikaan
- koko rakentamisprosessi on mahdollista pilkkoa itsenäisiin osatoimituksiin
- toteutustyyli mahdollistaa suunnittelun tarkemmin etukäteen
- erityyppiset tuoteosat voidaan suunnitella kokonaisuuksiksi
- työmaan hukka voidaan viedä minimiin ja materiaalitehokkuus nostaa uudelle tasolle

Tulevaisuuden näkymä on, että teollinen rakentaminen on yksi päävaihtoehto. Tämä vaatii asiakkaalta erittäin hyvää projektointia ja yhteistyötä. Suuressa roolissa ovat myös aikainen liikkeellelähtö, tehokkaan informaatiotekniikan käyttö ja hankintojen, logistiikan hallitseminen ja kehittäminen. (Betoniteollisuus Ry. 2015.)

2.1 Betonielementtirakentaminen Suomessa

Tehdasolosuhteissa valmistettava betonielementti on valmiiksi valmistettu betoninen rakennuksen osa, mikä kuljetetaan tehtaalta suoraan rakennustyömaalle varastoitavaksi ja asennettavaksi. Betonielementin valmistus sisäolosuhteissa luo tasaisen laadun ja tiukat laadulliset standardit. Yleisimpiä tänä päivänä valmistettavia elementtejä ovat sandwich-, ontelolaatta-, palkki-, väliseinä-, sokkeli- ja julkisivuelementit. (Salo 2013, 7.)

Rakennuksen uloin vyöhyke jaetaan ulkoseinään ja julkisivuun. Ulkoseinällä tarkoitetaan rakennuksen teknistä ulkokuorta kun taas julkisivulla toiminnallisesteettistä puolta. Ulkoseinät voidaan jakaa näiden ominaisuuksia kannalta eri tyypeihin joita ovat muun muassa

- kantavat ja ei-kantavat ulkoseinät
- jäykistävät ja ei-jäykistävät
- itsestään kantaviin ja ripustettuihin
- ruutu- ja nauhaelementteihin
- sandwich-, eriytetty- tai sisäkuorielementti. (Betoniteollisuus Ry. 2015).

Betonielementtejä käytetään hyvin monenlaisessa rakentamisessa. Valmiista elementeistä voidaan koota omakoti- ja rivitaloja, asuinkerrostaloja, liike-, toimisto- ja julkisia rakennuksia. Myös maatalouden ja teollisuuden rakennukset ovat yksi suuri betonielementtien ala. Betonielementeillä raken-

netaan tällä hetkellä Suomessa kaikista runkovaihtoehdoista noin kolmannes ja julkisivuista noin viisitoista prosenttia (Betoniteollisuus Ry. 2015). Vakioidut runkojärjestelmät ovat yleensä pilari-palkki-laatta-järjestelmä tai kantavat seinät-laatat-järjestelmä.

Betonielementtirakentamisella on mahdollista saavuttaa kaikki EU:n rakennustuotedirektiivien vaatimukset, joita ovat (Betoniteollisuus Ry. 2015).

- tarvittava palonkestävyys
- käyttömukavuus
- energiatehokkuus
- melun ja äänen eristävyys
- ympäristöystävällisyys, turvallisuus ja terveellisyys
- mekaaninen vakaus ja kantokyky. (Betoniteollisuus Ry. 2015.)

Betonirakenteissa on seuraavia merkittäviä etuja:

- palonkestävyys ja turvallisuus
- betoni eristää hyvin ääntä
- rakenteena luja ja pitkäikäinen oikein suunniteltuna
- vaatii erittäin vähän huoltoa
- kosteutta kestävä
- säilyttää arvonsa. (Betoniteollisuus Ry. 2015.)

2.2 Betonielementtien historiaa

Teräsbetoni kehitettiin 1800-luvun puolivälissä. Ranskalaista puutarhuri Josph Monieria pidetään betonin varsinaisena keksijänä, koska hän haki patenttia kehittämälleen raudoitetulle kukkamaljakolle. Tämän jälkeen alkoi lukuisten keskieurooppalaisten kokeilu teräsbetonin alalla. Tekniikat kehittivät nopeasti ja vuonna 1882 ensimmäisiä julkisivuelementtejä käytettiin rivitalossa Lontoossa. 1890-luvulla Ranskassa käytettiin jo esivalmistettuja teräsbetoni palkkeja. Näin luotiin pohja betonteollisuuden kehitykselle. (Laitinen ja Luhanka 1996, 9.)

Esivalmistettujen betonituotteiden valmistaminen Suomessa alkoi vuosisadan vaihteessa. Ensimmäisiä tuotteita olivat kaivonrenkaat, harkot ja betoniputket. Paraisten Kalkki Oy oli ensimmäinen yritys, mikä alkoi valmistaa sementtiä näihin tuotteisiin vuonna 1913. Vasta 1940-luvulla Suomessa aloitettiin käyttämään kantavia elementtejä. Elementit tehtiin yleensä työmaalla tai rakennuspaikan lähellä. (Laitinen ja Luhanka 1996, 9–10.) Suomessa elementtirakentamisen otsikkoaikaa olivat 1950-luku johtaen 1960-luvun betonteollisuuden huomattavaan kehitykseen. Elementtitehtaita syntyi ympäri Suomea, kuten esimerkiksi Kuopioon, Turkuun, Tampereelle, Vaasaan ja Lohjalle. 1960-luvun loppupuolella elementtirakentaminen muodosti yli puolet asuinrakentamisen, teollisuus- ja varastorakentamisesta. (Laitinen ja Luhanka 1996, 10.)

Vuosikymmenien saatossa tuotanto kehittyi huimasti. Teräsmuotit syrjäyttivät puumuotit jo 1960-luvulla ja patterimuotilla voitiin valaa useita seinälevyjä rinnakkain samaan aikaan. Teräsmuotit myös mahdollistivat hormien, parvekkeiden ja anturaelementtien valmistamisen. Julkisivuelemen-

teissä aloitettiin käyttämään kahta uutta muottijärjestelmää, mitkä olivat kiintomuottijärjestelmä ja siirtomuottijärjestelmä. Nämä muottijärjestelmät jäivät teollisuuteen pysyäkseen. (Laitinen ja Luhan-
ka 1996, 10.)

Viime vuosikymmeninä CAD-pohjaiset tietokonemallinnukset ovat mullistaneet teollisuuden suunnitelun ja toteutuksen aivan uudelle tasolle. Vuosikymmenin saatossa hioutuneet tekniikat, mitta- ja moduulijärjestelmät on todettu hyväksi, jolloin tuotanto on sujuvaa ja tehokasta. (Laitinen ja Luhan-
ka 1996, 10–14.)

2.3 Puuelementtirakentaminen

Suomessa puurakentamisen nousukausi alkoi 1990-luvulla. Kokeilut ja innovaatioit eivät kuitenkaan tuottaneet haluttua kustannustehokkuutta. Nyt 2010-luvulla Suomen puuteollisuus ja valtiovalta ovat jälleen ryhtyneet panostamaan yhä voimakkaammin suurimittaisiin teollisten puurakentamisen kehittämiseen. Vuonna 2014 Suomeen on rakennettu yhteensä 37 kappaletta yli kaksikerroksisia kerrostaloja joissa on 649 asuntoa. Monikerroksisia työpaikkarakennuksia puusta on rakennettu kolme. Tällä hetkellä eri puolelle Suomea on myös vireillä yli 6 000 asunnon verran asuinpuukerrostalokoh-
teita. (Puuninfo 2015.)



KUVA 1. Kuopion Julkulaan Peab Oy suunnittelee 5-kerroksisia puukerrostaloja (Murtonen 2015-02-24).

Tavanomaisista elementtiosista voidaan koota kokonainen talo tai osia siitä. Nykyaikaiseen elementtirakentamiseen kuuluu myös valmiit kattoristikot ja katto- sekä lattiaelementit. Nykyään rakentaminen viedään niin pitkälle, että esimerkiksi kerrostalo voidaan rakentaa kokonaan tilaelementeistä. (Siikanen 2008, 298.) Tästä hyvänä esimerkkinä voidaan pitää Jyväskylään vuonna 2014 nousevaa 8-kerroksista puista kerrostaloa. (Rekola 2014, 34).



KUVA 2. Kerrostalo Puukuokka. Kerrostalo Puukuokka 1 on kuvassa ensimmäisenä ja valmistui vuonna 2014. Puukuokka 2 ja 3 tulevat valmistumaan vuosina 2015 ja 2016 (Lakea 2014-06-28).

Puuelementit eivät poikkea rakenteeltaan paljoakaan paikalla rakennettuihin rakenteisiin. Eroina voidaan pitää oikeastaan vain puuelementtien kuljetukseen ja nostamiseen tarvittavat vahvistukset, joissa syntyy pieniä rakenteellisia erityisvaatimuksia. Puuelementtien yhtenä riskinä on, että elementit varastoidaan yleensä kylmissä ja kosteissa tiloissa. Nämä tilat ovat hyvin erilaiset olosuhteiltaan verrattuna siihen, mihin puuelementti tulee lopullisesti sijoittumaan. Puuelementit vaativat erityistä huomiota kosteudenhallinnassa niin työn suunnittelun ja materiaalien ominaisuuksia kannalta. (Siikanen 2008, 298.)

Puuelementtijärjestelmät voidaan luokitella nykypäivänä seuraaviin eri rakennejärjestelmiin:

- tilaelementtijärjestelmä
- pilari-laattajärjestelmä
- pilari-palkkijärjestelmä
- suurlevyjärjestelmä
- painelevyjärjestelmä
- pre-cut järjestelmä. (Siikanen 2008, 301.)

Puuelementtijärjestelmien lisäksi käytetään erityyppisiä ulkoseinäelementtejä rivi- ja kerrostaloissa. Puujulkisivuelementtejä käytetään myös teollisuuden, varasto- ja liikerakennusten ei-kantavina ulkoseinäinä. Puurakentamisesta ja etenkin puujulkisivuelementtien rakentamisesta ajaudutaan aina keskusteluun palomääräyksistä.

Suomessa on toteutettu monia niin sanottuja sekarunkoisia kerrostaloja. Näissä betonisen välipohjan ja itsensä kantavat ulkoseinät luovat yhdessä toimivan kokonaisuuden. Kyseisten rakenteiden ulkoseinien paloteknisissä tulkinnoissa on ollut hyvin paljon erityyppisiä tulkintoja palo- ja rakennusviranomaisten keskuudessa. Eri tulkintakirjavuuksien johdosta VTT suoritti vuonna 2008 polttokokeita tavoitteena testata miten yhtenäinen puujulkisivurakenne käyttäytyy palotilanteessa.

Polttokokeissa pystyttiin toteamaan, ettei palotilanteessa tapahtunut yllätyksiä ja todettiin, että betonivälipohjan ohi jatkuvilla puuelementtirakenteilla ei ollut merkitystä palon leviämisen ja kerrososastoinnin (REI 60) kannalta. (Puuinfo 2010.) Tällä hetkellä Suomessa yleisimmät puuelementti-vaihtoehdot ovat rankarunko, CLT- ja LVL-järjestelmät

2.4 Puuelementtien historiaa

Puuelementtirakentaminen on rantautunut Suomeen oikeastaan muiden Pohjoismaiden kautta. Näistä merkittävimpana maana pidetään Ruotsia. Ruotsalaiset kuninkaalliset kiinnostuivat jo 1600-luvulla siirrettävistä metsästysmajoista. Varmat tiedot kuitenkin tulevat vasta 1800-luvulta Ruotsista ja Norjasta. 1820-luvulla ruotsalainen majuri ja arkkitehti Fredrik Blom suunnitteli elementtirakenteellisen puuhuvilan. Norjalainen arkkitehti Kristion Thams taas kehitteli puutaloteollisuutta onnistuen toimitamaan elementtitalojaan aina Intiaan saakka. (Puurakentaminen, 296).

Ensimmäisiä suomalaisia todisteita puuelementtirakentamisesta on löydetty vuodelta 1891 peräisin olevasta Sörnas Anghyfleri ja Snickeri Fabriks Bolagin myyntiesitteestä. Esitteessä tarjotaan ostettavaksi huvilaa, mikä on täysin tehdasvalmisteinen. Kaksi yrittäjää aloitti valmistamaan tehdasvalmisteisia huviloita Suomessa 1920-luvulla. (Puurakentaminen, 296). Talvisota toi mukanaan suuren tarpeen, että puolustusvoimien tulisi saada mahdollisimman nopeasti huomattava määrä parakkeja tilapäismajoitukseen. Näin alkoi laajamittainen suunnittelu elementti valmistuksessa vuonna 1940. Suomessa luovuttiin ruotsalaisten käyttämästä niin sanotusta lankkuseinästä ja siirryttiin käyttämään täyteseinälevyrakennetta. Näin päästiin käyttämään standardisoituja osia ja hukkien määrä väheni huomattavasti. Sotien päätyttyä alkoi massiivinen elementtipientalojen valmistus. Suomessa rakennettiin vuonna 1985 puuelementeistä noin puolet. (Puurakentaminen, 296).

Omatoimisesti rakennetaan silloin kun halutaan maksimoida oman työn määrä. Monesti työn laatu tällöin laskee, johtuen puutteellisista kädentaidoista ja huonosta detail-suunnittelusta. Tämä on yksi tekijä, minkä vuoksi valmiiden rakennusosien suosio on koko ajan nousemassa suomalaisessa rakentamisessa. Puuelementtirakentaminen koki uuden sysäyksen 1990-luvulla. Moni suuri yritys pohti silloin osaamistaan ja kehittivät puukerrostaloja. Pertti Kokki Polar-Rakennus Oy:sta listasi silloin merkittävimmät kehittämishaasteet puurakentamisessa, mitkä ovat:

- ääneneristys
- vesivahinkojen eliminointi
- rakenteiden suojaus
- paloturvallisuus
- muuntojoustavuus tiloissa
- rakenteiden painumisen- ja elämisen hallinta (Puurakentaminen,298).

3 KUSTANNUSLASKENTA

Kustannuslaskennassa lasketaan tavallisesti yrityksen osatoiminnon ja eri tuotteiden kannattavuutta ja selvitetään suoritekohtaisia kustannuksia. Yrityksen osatoiminnoissa otetaan huomioon sen eri tuotteiden kannattavuus. (Taloussanomien 2015.) Eri menetelmien avulla voidaan selvittää palveluiden, tuotteiden, asiakkaiden ja muiden laskentakohteiden tuomat kustannukset. Yleisimpiä käyttötarkoituksia ovat tuote- ja asiakaskannattavuuden laskenta. (Ahola 2012, 9–10.) Rakentamisessa kustannusten laskenta alkaa aina ensin määrälaskennasta. Kustannus määritellään yleensä seuraavan kaavan mukaisesti:

$$(\text{Yksikköhinta}) \times (\text{Tuotannon tekijöiden määrä}) = \text{Kustannukset (Ahola 2012, 10–11).}$$

3.1 Määrälaskenta rakennusalalla

Määrälaskenta on mahdollisimman tarkkaan mitattua ja kuvattua sisältöä käytettävän määrälaskentajärjestelmän mukaan. Rakennusalalla nämä määrälaskentajärjestelmät ovat nimeltään Talo 70, Talo 80, Talo 90 ja Talo 2000. Nämä ovat standardisoituja rakennushankkeen tiedon esittelytapoja sisältäen tietoa kustannuslaskennasta, määrälaskennasta ja tiedon siirrosta hankkeen eri vaiheissa. (Vuorela, Urpola ja Kankainen 2011, 120.)

Rakennushankkeen määräluettelo sisältää nimikekuvaukset, määrät ja yksiköt. Nimikekuvaus kertoo viittaukset piirustuksiin, rakennus- ja suoriteosiin ja rakennusselostukseen sekä antaa sanallisen kuvauksen nimikkeestä. Määrät kertovat siitä, paljonko nimikettä on ja yksiköt ilmaisevat, mitä on laskettu. (Vuorela, Urpola ja Kankainen 2011, 120.)

Peab Oy käyttää yleensä Talo 80 -järjestelmää. Opinnäytetyössä on käytetty yleisesti käytettyjä määrälaskentaohjeita ja Peab Oy:n omaa laskentatapaa. Kaikki tiedot suoritteista, työstä ja hankinnoista pohjautuvat Peab Oy:n oman kustannusseurannan tietoihin. Talo 80 -järjestelmän antamat arvot eivät siis todennäköisesti aina kohtaa opinnäytetyössä esiintyvien määrien ja kustannusten osalta.

3.2 Kustannuslaskennan tehtävät

Kustannuslaskennalla on yleensä yritykselle kolme päätehtävää, joita ovat toiminnan tarkkailun avustaminen, yrityksen kustannusrakenteen selvittäminen ja suoritekohtaisen kustannusten selvittäminen. Näistä monesti tärkein tehtävä on suoritekohtaisten kustannusten selvittäminen. Suorite tarkoittaa yleensä yhtä palvelua tai tuotetta, jota kyseinen yritys tarjoaa. Suoritekustannuslaskennan taustalla on useasti yrityksen taloudellinen periaate. Yritys pyrkii tarjoamaan valmistamansa palvelun tai tuotteen mahdollisimman kilpailukykyiseen hintaan. Tämä tilanne pakottaa yrityksen valmistamaan tuotteen tai palvelun mahdollisimman kustannustehokkaasti ja niukoilla resursseilla ja silti ylläpitämään haluttu laatu. Kustannuksia voidaan selvittää jo ennen kuin toiminta käynnistyy.

Yleensä toimitaan kuitenkin jo kustannusten kanssa, mitkä ovat tapahtumassa tai jo tapahtuneet. (Jyrkiö ja Riistama 2006, 60; Neilimo ja Uusi-Rauva 2005, 108.)

Toinen tehtävä on selvittää yrityksen suoritteiden aikaansaamista aiheutuneet kustannukset. Tämän takia kustannuslaskentaan kuuluvat prosessin analysointi ja kuvaaminen. Tällä tavoin voidaan selvittää tuotannontekijöiden riippuvuus suoritteiden määrään verrattuna. (Jyrkiö ja Riistama 2006, 60–61.)

Viimeinen kustannuslaskennan päätehtävä on toiminnan tarkkailun avustaminen ja ennustaminen. Yritys kerää kustannuslaskennassa käytettyjä tietoja. Näiden avulla voidaan tarkastella ja kehittää yrityksen toimintaa. Yrityksen toimintaa voidaan tehostaa jakamalla toimialueet eri vastuualueisiin. Toimialue voi pitää sisällään yhden tai useamman kustannuspaikan. Tällä tavalla saadaan selville helposti ja järjestelmällisesti osastokohtaiset tai vastuualuekohtaiset tarkkailutulokset. (Jyrkiö ja Riistama 2006, 61.)

3.3 Kustannusarvioon vaikuttavat tekijät

Kustannusarvioon vaikuttavat yleensä kolme päätekijää, joita ovat muuttuvat ja kiinteät kustannukset, välilliset ja välittömät kustannukset ja erillis- ja yhteiskustannukset. (Neilimo ja Uusi-Rauva 2005, 55.) Näistä jokainen osa-alue yhteenlaskettuna muodostaa yrityksen kokonaiskustannuksen. Muuttuvat kustannukset tarkoittaa kustannuksia, jotka määräytyvät toiminnan mukaan. Esimerkiksi jos yritys tuottaa samaa tuotetta erikokoisiin kokonaisuuksiin, menee tuotteiden valmistamiseen enemmän rahaa kuin pienemmän kokonaisuuteen. Yleensä toinen nimi muuttuville kustannuksille onkin määräkustannukset. Kiinteät kustannukset tarkoittaa kustannuksia, jotka pysyvät samoina vaikka työnlaatu tai teho muuttuisikin. Kiinteät kustannukset tulevat yleensä kuluneen ajan mukaan ja ne ilmoitetaan yleensä euroina per tietty ajanjakso tai jokin yksikkö esimerkiksi neliötä kohden. (Jyrkiö ja Riistama 2006, 46, 49.) Kiinteinä kustannuksina tässä opinnäytetyössä ovat esimerkiksi vuokrat rakennuskonevuokraamoilta.

Välittömien ja välillisten kustannusten jakoa käytetään yleensä kun yritys tuottaa useampaa kuin yhtä tuotetta. Yleensä kyseessä on lähes samanlainen jako kuin muuttuvien ja kiinteiden kustannusten kohdalla. Pääerona kuitenkin on se, että kustannusten kohdistus viedään pidemmälle. Välittömiä kustannuksia ovat esimerkiksi ainekset ja valmistuspalkat. Yleensä yritys tietää kuinka paljon aineksia ja aikaa tuotteen valmistukseen tarvitaan. Tällä tavoin ainekset ja valmistuspalkat voidaan kohdistaa suoraan tuotteeseen. Välillisiä kustannuksia ovat kustannukset, joita ei voi suoraan kohdistaa tuotteeseen. (Neilimo ja Uusi-Rauva 2005, 50.)

Kolmas jakotapa on jako erilliskustannuksiin ja yhteiskustannuksiin. Erilliskustannuksilla tarkoitetaan yleensä kustannuksia, jotka kuuluvat tiettyyn projektiin tai vaiheeseen. Ellei projektia tai vaihetta toteuteta jäävät kustannukset kokonaan toteutumatta. Yhteiskustannukset ovat kustannuksia johon ei hankkeen tai projektin toteutuminen tai toteutumattomuus vaikuta. (Neilimo ja Uusi-Rauva 2005, 59.)

3.4 Kustannusarviolaskennan kulku ja sisältö

Kustannusarvion laadinta on keskeisin osa kustannuslaskentaa. Se antaa tietoa yritykselle tarjouksen muodostamisessa, hankintojen ja työn suunnittelussa. Arvio koostuu hankkeen kustannuksiin, joita ovat esimerkiksi työvoimakustannukset, hankinnat ja osatyömaakustannukset. Kustannusarviolaskenta koostuu tuotannon alustaviin suunnitelmiin, tarjouspyynnön teknisiin ja kaupallisiin asiakirjoihin sekä hinta- ja kustannustietolähteisiin. (Vuorela, Urpola ja Kankainen 2001, 114–115.)

Kustannusarviolaskenta pitää sisällään määräluettelon, teon ja hinnoittelun. Hinnoittelu tapahtuu tuotesuunnitelmista mitattujen määrien ja etukäteen määrättyjen hintojen mukaan. Laskenta-arvio kohdistetaan yleensä työmaakustannuksiin, joita esimerkiksi ovat työ-, materiaali- ja kalustokustannukset eli työkohdekustannukset sekä käyttö- ja yhteiskustannukset. Kustannusarvion laadinnassa käytetään yleensä päivän hintatasoa tai tarjouksista saatuja tuloksia. On erittäin tärkeää osata luoda ammattitaitoinen ja tarkka kustannusarvio, koska tällä on merkitystä yrityksen menestymiseen. Tarkkuuteen vaikuttavat merkittävästi lähtöaineisto, laskentamenetelmien laatu ja työntekijöiden ammattitaito. (Vuorela ym. 2001, 199.)

4 BETONIJULKISIVUELEMENTTITYÖN VAIHEET

Aloittavat työt

Ennen betonijulkisivuelementtien asentamista on tehtävä tehtäväsuunnitelma ja aloituspalaveri. Palaverissa sovitaan toteutukseen liittyvistä asioista kuten:

- työturvallisuus
- kohteen valmius ja korjattavat asiat
- aikataulu, välitavoitteet ja liittyminen muihin töihin
- työmenetelmien ja suunnitelmien hyväksyntä
- mallityöstä sopiminen
- välimittuas
- materiaalit ja kalusto
- laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet
- olosuhde- ja suojausvaatimukset
- uusimmat suunnitelma-asiakirjat
- työkohteen rauhoitus
- luovutus. (Koistinen ja Kivimäki 2012, 5.)

Aloituspalaverin jälkeen huolehditaan, että jokainen asennusryhmästä on perehdytetty työmaalle ja heillä on henkilökohtainen suojavarustus kunnossa. Tässä vaiheessa on hyvä myös tarkistaa valjaiden ja tikkaiden toimivuus sekä huolehtia lupa-asiat kuntoon.

Työkohteen valmistelu ja olosuhteet

Työkohde otetaan vastaan ennen asennustyön aloittamista. Vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan, että työkohde on valmis asennustyötä varten. Vastaanottotarkastuksesta kirjataan muistio, mikä sisältää tiedon puutteista ja korjauksista. Näin saadaan selkeä tieto töistä, mitkä tulee tehdä ennen asennustöiden aloittamista. Esimerkiksi vastaanottotarkastuksen yhteydessä on hyvä suunnitella olosuhteet vaadittuun laatuun. Riittävä valaisutus ja työalueiden turvallinen rajaaminen lippusiimoilla ja aidoilla olisi hyvä tehdä etukäteen. (Koistinen ym. 2012, 6.)

Elementtien vastaanotto ja varastointi

Elementtien saapuessa työmaalle niiden kunto tarkastetaan heti kuormasta nostettaessa. Mahdollisista virheistä ja puutteista kirjataan heti tieto rahtikirjaan sekä mahdollisista rikkoutuneista elementeistä otetaan heti valokuvat ja tiedot lähetetään elementtitehtaalle. Elementit nostellaan yksi kerrallaan elementtitelineisiin. Elementtiteline on lastattava tasapuolisesti kummaltakin puolelta, jotta mahdollisilta elementtitelineen kaatumiselta vältytään. Julkisivuelementit tulee suojata säältä, etteivät villat kastu jo ennen asentamista. (Koistinen ym. 2012, 6.)

Mittaus ja alustan tasaus

Mittamies merkitsee vaaka- ja korkeusaseman kerroksiin. Asennuspaikat mitataan seinäelementeille tarkasti yleensä rakennuksen mittalinjoista ja pisteistä. Mittamies mittaa asennuslinjat ja paikat niin, että ne ovat hyvin näkyvissä koko asennustyövaiheen ajan. Korkeusasema mitataan elementille tai tasolaserin avulla. (Koistinen ym. 2012, 7.)

Suuret epätasaisuudet korjataan piikkaamalla tasaiseksi. Asennusalusta tulee puhdistaa epäpuhtauksista huolellisesti ennen asennustyön aloittamista. Muovisia ja eripaksuisia asennuspaloja käytetään elementin asentamisessa. Elementin ja asennetun pinnan väliin tulee jäädä vähintään kymmenen millimetrin välinen etäisyys kun juotosbetoni valetaan ennen elementin asentamista. Jos betonielementin vaakasauma valetaan jälkikäteen, tulee asennuspalojen olla kaksikymmentä millimetriä paksu. Tällöin tulee varmistaa, että juotosbetoni pääsee varmasti betonielementin alle. (Koistinen ym. 2012, 7.)

Elementin asennus ja tuenta

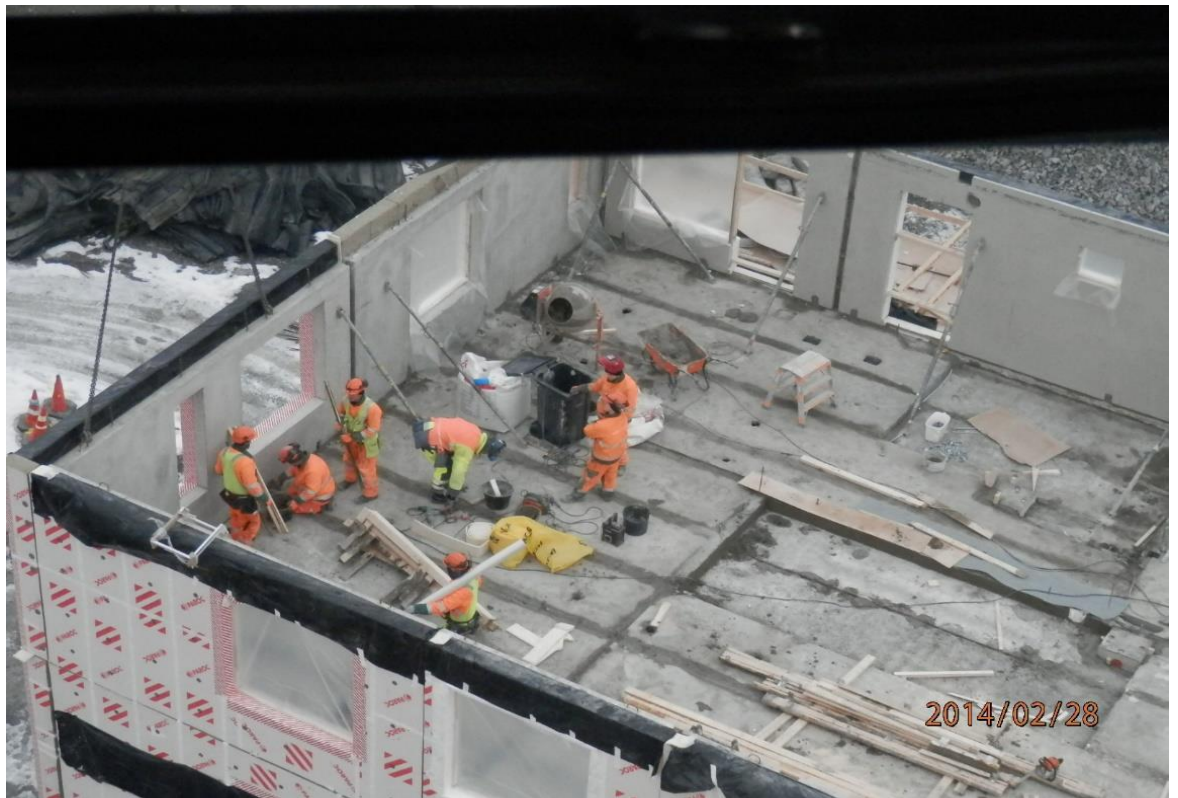


KUVA 3. Elementtien asennus on alkamassa (Sällilä 2014-02-13). Ontelolaattakenttä on asennettu. Mittamies (kuvan keskellä) merkkää asennettävien elementtien paikkoja. Asennusryhmä (kuvan oikea laita) miettii elementtien asennusjärjestystä elementtivakista.

Betonielementin alasaumaan tehdään yleensä juotosbetoni asennuksen yhteydessä. Juotosbetoni levitetään elementin tulevalle paikalle ennen betonielementin asentamista lapiolla. Elementti nostetaan käyttämällä elementtien nostamiseen hyväksytyjä nostolenkkejä suoraan kuormasta tai työmaan välivarastosta. Asennusryhmällä ja nosturin kuljettajalla tulee olla radio- tai näköyhteys. (Koistinen ym. 2012, 8-9.) Asentamisessa on käytettävä aina valjaita siihen asti kunnes kerrostasolle on asennettu hyväksytyt kaiteet. Juuri ennen betonielementin asentamista puretaan kaiteet elementin kohdalta. Asennustyössä on hyvä käyttää elementtikankia, jolloin raskas betonielementti on helppo asettaa mittatarkasti asennuspalojen päälle. Tämän jälkeen elementin mittatarkkuus aukoissa ja reunoissa tarkastetaan. Samalla myös tarkastetaan, että vaarnatapit ovat paikoillaan ja oikein kiinnittyneet. (Koistinen ym. 2012, 8–9.)

Betonielementti tuetaan sivusuunnassa vähintään kahdella elementtituella. Betonielementin pystysuoruus tarkastetaan vatupassin avulla. Suoruuden säätäminen onnistuu kääntämällä elementtitiukien kierteitä. On tärkeää tarkastaa elementtien suoruus monesta eri kohdasta. Heti asennuksen jälkeen voidaan myös siirrellä betonielementtiä asennuskangilla. Elementin nostolenkit irrotetaan vasta kun se on mittatarkasti asennettu paikoilleen. (Koistinen ym. 2012, 8-9.) Heti betonielementin asentamisen jälkeen on aloitettava elementtien aukkojen ja ovien suojaaminen putoamiselta. Kaiteiden tulee olla ainakin yhden metrin korkeudella holvin pinnasta. Betonielementin tehtaalla asennettu villa täytyy suojata huolellisesti heti asennuksen jälkeen. Samalla juotosbetonilla valettu alasauma käydään läpi muurauksauhalla tai lapiolla poistaen ylimääräiset massat ennen kovettumista. (Koistinen ym. 2012, 10–11.)

Betonielementtityöhön osallistuu myös raudoittaja. Raudoittaja asentaa pystysaumoihin valmiiksi tai vutetut raudoitukset raudoitussuunnitelman ohjeiden mukaan. Raudoittaja tekee yleensä myös hitsaukseen liittyvät työt elementtiasennuksen yhteydessä. Raudoitusten päät suojataan muovitulpilla kun tarvittavat raudoitusteräket ja tartunnat on asennettu. Näin estetään mahdolliset tapaturmat.



KUVA 4. Elementtiasennus. Betonijulkisivuelementit näkyvät kuva oikeassa ylä- ja alalaidassa (Sällilä 2014-02-28).

Lopettavat työt

Betonielementtien asennuksen päätyttyä on tärkeää tehdä jälkihoito valetuille saumoille. Työvälineet tulee puhdistaa huolellisesti ja varastoida niille sovittuun paikkaan. Samalla elementtien asennuspaikka tulee puhdistaa ja raivata muottijätteistä ja juotosbetoniroiskeista. Elementtitukien poisto voidaan tehdä yleensä vasta noin kahden viikon kuluessa asennuksesta, jolloin rakennesuunnittelijan määrittelemä lujuus on saavutettu. (Koistinen ym. 2012, 12.)

5 PUUJULKISIVUELEMENTTITYÖN VAIHEET

Aloittavat työt

Työn toteutukseen liittyvät asiat sovitaan aloituspalaverissa, missä ovat läsnä työntekijät, työnjohtajat ja työryhmän johtaja. Aloituspalaveri sisältää aikataulun, kaluston, työvoiman, materiaalien, työturvallisuuden ja laatuvaatimusten läpikäymisen. Aloituskokouksessa on kiinnitettävä huomiota elementtien liitosratkaisuihin ja sääsuojauksen merkitykseen. Puuelementtien asennuksessa on otettava huomioon myös työnsuunnittelu vaiheessa mahdolliset tilat vesijohdoille ja sprinklerijärjestelmille. Aloituspalaverissa voidaan sopia myös siitä, millä aikavälillä elementtejä saapuu työmaalle. (Sahlstedt, Koistinen ja Leinonen 2014, 7.)

Aloituspalaverin yhteydessä tarkastetaan onko työntekijöiden henkilökohtainen suojavarustus kunnossa. Samalla perehdytetään työntekijät työmaahan ja työhön. Perehdytyksessä käydään läpi työn laatuvaatimukset ja laadunvarmistusmenetelmät sekä työturvallisuusohjeet. Työryhmällä, työnjohtajalla ja nosturikuljettajalla tulee olla yhtenäinen käsitys työn kulusta työmaalla. On hyvä, että nostoissa käytetäänkin yhdessä radiopuhelimia ja käsimerkkejä. (Sahlstedt ym. 2014, 7.)

Työkohteen valmistelu ja olosuhteet

Työkohteeseen on hyvä suorittaa vastaanottotarkastus. Tarkastuksessa arvioidaan ovatko työvaiheet valmiit ja hyväksytyt elementtityötä varten. Rakenteissa olevat putkitukset ja sähköjohdot tulee tarkastaa mittamaalla. Puuelementtien asennuspohja tulee mitata vaakasuoruuden ja perustusten ristimitan osalta. Tällä varmistetaan, ettei virheitä synny heti elementtityön asennuksen aloitettua. (Sahlstedt ym. 2014, 8.)



KUVA 5. Asennuksen valmistelu (Kuokkanen 2014-07-19). Ennen puujulkisivuelementtien asennusta sokkeli käydään tarkasti läpi timanttilaikalla ajamalla sokkeli muutaman millin alle elementin lähtököron ja poistamalla rosot.

Olosuhteet järjestetään työmaalla niin, että saavutetaan rakentamisen ohjeiden määrittelemä laatu-taso. Ajojiet, purkaus- ja lastauspaikat tulee olla kuormituksille sopivia. Ajo- ja kulkureitit eivät saa mennä ristiin työmaalla. Tuuliolosuhteet on otettava erityisen tarkkaan huomioon asennuksissa ja sen suunnittelussa. Yli 10 metriä sekunnissa oleva tuuli aiheuttaa keveiden puuelementtien asentamisessa erityistä varovaisuutta. Yli 15 metriä sekunnissa oleva tuuli keskeyttää asentamisen. (Sahlstedt ym. 2014, 9.)

Elementtien vastaanotto, varastointi ja suojaus

Työmaalle tuleva elementtikerä tarkastetaan aina silmämääräisesti. Mahdolliset virheet elementteissä kirjataan heti kuormakirjaan ja niistä otetaan valokuva. Tiedot vaurioista tulee ilmoittaa heti elementtitehtaalte. Elementit olisi suotavaa asentaa suoraan elementtikerästä. Elementit välivarastoidaan betonielementtien varastoinnissa käytettävään kampatelineeseen. Puuelementtejä nostettaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota elementtien väliaikaiseen tuentaan ja valvoa, etteivät kantavat sauvarakenteet vaurioitu. (Sahlstedt ym. 2014, 9.)

Monesti puuelementit tulevat työmaalle suuressa paketissa, joka on sääsuojattu huolellisesti. Elementtikerän purkamisen kampatelineisiin aiheuttaa kuitenkin paketin purkamisen. Työmaalla on huolehdittava, että puisten elementtien sääsuojaus säilyy koko ajan riittävänä. Suojauksia tulee aukaista alareunasta, jos vesi tiivistyy puuelementtien suojuen sisäpintaan. Näin puuelementti pääsee tuulettumaan.



KUVA 6. Puujulkisivuelementtien kuormapaketti (Kuokkanen 2014-08-08). Puujulkisivuelementtien kuormapaketti sääsuojattuna odottaa noutoa työmaalle Fin-Eko Elementti Oy tehtaalla Kuopiossa.

Elementtien asennus ja tuenta

Puuelementtien asennusalusta tulee puhdistaa huolellisesti liasta, vedestä, jäätystä ja muista epäpuhtauksista ennen kuin asennustyö alkaa. Sokkelia vasten asennettaessa voidaan käyttää elementin ja sokkelin välissä esimerkiksi bitumikermikaistaa, jolloin kosteus ja tiiveys saadaan hallintaan elementin alapäässä. (Sahlstedt ym. 2014, 10.)



KUVA 7. Puujulkisivuelementti on valmis asennettavaksi paikoilleen (Kuokkanen 2014-07-19). Asennusryhmä on puhdistanut sokkelin yläpinnan ja asentanut 3 mm paksun routaeristeen ja korkopalat.

Puuelementtien tarkka paikka mitataan rakennuksen mittalinjoista. Seinäelementtien nostoissa käytetään vain nosto-ohjeissa esitettyjä nostopisteitä. Elementtien asennuksissa tulee huomioida tarkasti elementtien asennussuunta. Ovien ja aukkojen paikat tulee tarkastaa heti kun elementti on asennettu paikoilleen. Elementin asennuksessa elementin tulee tiivistyä asennusalueen vasten niin hyvin, että tiivistysnauha painuu kasaan. (Sahlstedt ym. 2014, 10–11.)

Asentamisessa on huolehdittava puuelementtien riittävästä tuennasta. Puuelementit on hyvä tukea vinotuilla tarkasti pystyasentoon, jolloin samalla voidaan tarkastaa elementin pystysuoruus monesta eri kohdasta. Elementtien tuennan ohella elementti voidaan kiinnittää valmistajan ohjeiden mukaisesti esimerkiksi alasidepuusta ja puuelementtien sivuilta kantaviin betoniseiniin. (Sahlstedt ym. 2014, 11.)



KUVA 8. Asennettu puujulkisivuelementti (Kuokkanen 2014-07-19). Puujulkisivuelementti on asennettu ja tuettu rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti vinotuilla holvista. Höyrinsulun 200 mm limitys jatke näkyy puujulkisivuelementin yläreunassa. Kertakäyttöpessuja viritellään puujulkisivuelementtien sateensuojaksi.

Puelementtien sisäpinnalla oleva höyrinsulkumuovi tulee jatkua yhtenäisenä välipohjan ulkoseinien välistä. Limitykset tulee tehdä valmistajan ohjeiden mukaan. Yleensä noin 200 millimetrin limitys riittää. Lisäksi limitykset tulee teipata huolellisesti. Elementtien väliset liitokset ja saumat tulee tiivistää huolellisesti pystytyspaikalla. Puelementtien välit on hyvä tiivistää paisuvalla tiivistysnauhalla tai lämmöneristenauhalla. Saumat viimeistellään elastisella tiivistysmassalla tai saumateipillä. (Sahlstedt ym. 2014, 11.)

Lopettavat työt

Puelementtien asennuksen jälkeen tulee varmistaa sääsuojaukset elementeille. Elementtien aukotukset tarkastetaan ja mahdolliset puutteet esimerkiksi putoamissuojauksessa korjataan työturvallisuusohjeiden mukaisesti. Seinäelementit tarkistetaan vielä kerran itselle luovutuksen yhteydessä, vastaanottotarkastuksessa ja kohteen luovutuksessa. Erityistä huomiota täytyy kiinnittää höyrinsulkumuovien kestävyYTEEN sillä muovi repeää helposti muun työn lomassa. (Sahlstedt ym. 2014, 12.)

6 KUSTANNUSLASKENNAN TOTEUTUKSEN KUVAUS

6.1 Aineiston hankinta

Opinnäytetyön aloituksessa sovimme yhdessä projektipäällikkö Petteri Murtosen kanssa, että kustannuslaskennassa tullaan käyttämään lähdeaineistona Peab Oy:n omaa tietojärjestelmää. Määrä-laskennassa sovelletaan Talo 80 määrälaskentaohjetta ja Peab Oy:n omaa määrälaskentaohjetta. Hankin tietoa työmiesten työntehosta ja käytetyistä työryhmistä töissä keväällä ja kesällä 2014. Omat muistiinpanoni ja erityisesti Pentti Lintulan ohjeiden mukaisesti on päästy Peab Oy:ssä käytettyihin työtehoarvoihin.

Hankin materiaalin osalta tiedot suoraan Peab Oy:n sisäisestä järjestelmästä, jotta pystyin määrittämään yrityksessä käytettävän työtehon ja saavutuksen. Hinnat materiaaleista on saatu yleensä toteutuneista kustannuksista ja sopimuksista. Alihankinnat ja muut kustannukset ovat kaikki Peab Oy:n omasta järjestelmästä. Myös tällä keinolla toimeksiantaja Peab Oy saa opinnäytetyön kustannusvertailusta ajankohtaisen informaation.

Opinnäytetyön esimerkkikohteena on kerrostalo Säihkeen rakennustyömaa Kuopion Lehtoniemessä Messuportinkatu 4 osoitteessa. Vuonna 2014 kesällä valmistunut neljäkerroksinen kerrostalo on Peab Oy:n rakentama.



KUVA 9. Luonnoskuva valmiista taloista Saarikka-kaupungissa (Murtonen 2015-03-01). Esimerkkikerrostalo Säihke on kolmas talo vasemmalta. Peab Oy rakentaa tontille yhteensä viisi kerrostaloa ja kaksi parkkihallia.

6.2 Aineiston käsittely

Kustannuslaskennan miesten työtehot ja hinnat sekä tarjoukset sain Peab Oy:n sisäisestä laskenta-järjestelmästä. Osa kustannuksista on toteutettu käyttämällä RATU 2013 menekkejä ja tuntihintoja on saatu Peab Oy:ltä. Määrälaskentatiedot perustuvat Talo 80-määrälaskentaohjeisiin ja Peab Oy:n omaan määrälaskentaohjeeseen. Kustannuslaskelmat tein Microsoft Excel-taulukko-ohjelmalla. Kustannuslaskennan vertailun tulokset tarkastettiin Peab Oy:n toimihenkilöiden ja ohjaavan opettajan kanssa.

Kustannuslaskenta tapahtuu betoni- ja puujulkisivuelementtien välillä. Elementtien laskenta on rajattu betonijulkisivuelementissä villan ja sisäpuolen betonipinnan välillä. Puujulkisivuelementissä laskenta tapahtuu Glasroc-levyn ulkopinnasta sisäpuolen levytykseen saakka. Opinnäytetyössä laske-taan kustannuksia vain Peabin kehittämälle puujulkisivuelementille ja betoniselle sisäkuorielementil-le. Kustannuslaskennassa otetaan huomioon työ, materiaali, vuokra ja omat palvelut kustannukset. Betonijulkisivuelementti on sisäkuorielementti (liite 15). Ulkoseinällä olevien sisäkuorielementtien be-tonin käytetty paksuus on 80 mm. Betoniin kiinnitetään valmiiksi tehtaalla mineraalivillaeriste pak-suudeltaan noin 205 mm. Sisäkuorielementit valmistti työkohteelle SV-Element Oy. Yrityksellä on pit-kä ja vankka kokemus betonirakentamisesta vaativissa ja mittavissa kohteissa. Yritys tarjoaa myös A-luokan julkisivutyönjohtajan sekä ensimmäisen luokan betonityönjohtajan pätevyudet.

Puujulkisivuelementti koostuu 175 mm paksusta puurungosta jonka välissä on mineraalivillaeriste. Runkojako on 600 mm. Puujulkisivuelementin pinnassa käytetään laskennassa 9 mm Glasroc-levyä, mikä on 12 kuukautta säänkestävä. Puujulkisivuelementin sisäpinnassa on höyrynsulkumuovi 0,2 mm jatkuen ehjänä väliseinän ohi. Pystykoolaus tulee 48 mm x 48 mm puusta 600 mm välein runko-tolpan mukaisesti pystyyn koolattuna. (liite 16.) Sisäpuolen koolaus on ehdottomasti tehtävä pys-tysuoraan, jos koolaus tehdään vaakaan eli ristiin, vaarana on muodostua 50 x 50 mm kastepiste höyrynsulun sisäpuolelle. Tässä kohtaa puurunko toimii kylmäsiltaan. Pystykoolauksella kylmäsiltaan poikkipinta-ala laajenee ja riski vähenee. (Sällilä 2014-10-02.) Puujulkisivuelementit toimitti työmaal-le Fin-eko Elementti Oy.

7 KUSTANNUSLASKENNAN TULOKSET

Luku sisältää luottamuksellista tietoa.

- 7.1 Kustannuslaskennan määriä
- 7.2 Kustannuslaji 1, työkustannukset
- 7.3 Kustannuslaji 2, materiaalikustannukset
- 7.4 Kustannuslaji 3, alihankintakustannukset
- 7.5 Kustannuslaji 4, omien palveluiden kustannukset
- 7.6 Kustannusten vertailu

8 POHDINTA

Luku sisältää luottamuksellista tietoa.

- 8.1 Peab Oy:n työmiesten keskituntiansio
- 8.2 Puujulkisivuelementtien kehittäminen
- 8.3 Betonijulkisivuelementtien suunnittelukustannusten minimointi
- 8.4 Puu – ja betonijulkisivuelementin sääsuojaus ja kosteudenhallinta
- 8.5 Kustannuslaskennan luotettavuus ja eettisyys

9 YHTEENVETO

Luku sisältää luottamuksellista tietoa.

LÄHTEET

- AHOLA, Kaija 2012. Kustannuslaskenta, toimiva työväline? Turun ammattikorkeakoulu. Bioalat ja liiketalous. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-01-22]. Saatavissa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/50067/Ahola_Kaija.pdf?sequence=1
- BETONITEOLLISUUS RY. 2015. Elementtisuunnittelu. Julkisivujärjestelmät [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-02-25]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat>
- BETONITEOLLISUUS RY. 2015. Valmisosarakentaminen. Talonrakentaminen [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-02-25]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/talonrakentaminen>
- BETONITEOLLISUUS RY. 2015. Valmisosarakentaminen. Teollinen valmisosarakentaminen [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-02-25]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>
- JYRKIÖ, Esa ja RIISTAMA, Veijo 2006. Laskentatoimi päätöksenteon apuna. Helsinki: WSOY.
- KOISTINEN, Lauri ja KIVIMÄKI, Christian 2012. Ratu. Väli- ja ulkoseinäelementtityö. Rakennustieto Oy. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS 2012. Mittaviiva Oy, 5-11.
- KUOKKANEN, Aleks 2014. Asennettu puujulkisivuelementti [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän valokuva-albumi 2014.
- KUOKKANEN, Aleks 2014. Asennuksen valmistelu [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat 2014.
- KUOKKANEN, Aleks 2014. Puujulkisivuelementtien kuormapaketti [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat 2014.
- KUOKKANEN, Aleks 2014. Puujulkisivuelementti on valmis asennettavaksi paikoilleen [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat 2014.
- LAITINEN, Eero ja LUHANKA, Juha 1996. Teollisen betonirakentamisen kehitys. Julkaisussa: LAITINEN, Eero (toim.) Teollinen betonirakentaminen. Tampere: Gummerus Kirjapaino Oy, 9-10.
- LAKEA 2013-06-28. Kerrostalo Puukuokka [digikuva]. Rakennuslehti [verkkajulkaisu]. Sijainti: Rakennuslehden www-sivut: <http://frantic.s3.amazonaws.com/rakennuslehti/production/puukuokka-1200x600.jpg>
- MURTONEN, Petteri 2015. Kuopion Julkulaan Peab oy suunnittelee 5-kerroksisia puukerrostaloja [valokuva]. Sijainti: Kuopio: sähköposti.
- MURTONEN, Petteri 2015. Luonnoskuva valmiista taloista saaristokaupungissa [digikuva]. Sijainti: Kuopio: sähköposti.
- NEILIMO, Kari ja UUSI-RAUVA, Erkki. 2005. Johdon laskentatoimi. Helsinki: Edita.
- PEAB OY 2015. Peabin liiketoimintaryhmät. Peab Oy. [Viitattu 2015-01-20]. Saatavissa: <http://www.peab.fi/Peab-yrityksena/Peabin-liiketoimintaryhmat/>

PUUINFO 2015. Puurakentaminen. Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa. [Viitattu 01-25]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/node/1652>

PUUINFO 2010. Rakentaminen. Kantamattoman puurunkoisen ulkoseinän ja betonisen ontelolaattavälipohjan liitoksen palokestävyyskoe [Viitattu 2015-02-15]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/tulkinnat/kantamattoman-puurunkoisen-ulkosein%C3%A4n-ja-betonisen-ontelolaattav%C3%A4lipohjan-liitoksen>

REKOLA, Markku 2015. Lakea rakentaa puusta. RIA-lehti.2015 nro 5, 34–36.

RÄBINÄ, Jorma 2015-02-16. Puujulkisivuelementtien kehitys [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Aleksi Kuokkanen.

SAHLSTEDT, Satu, KOISTINEN, Lauri ja LEINONEN, Oskari 2014. Ratu. Puuelementtirakentaminen, seinät. Rakennustieto Oy. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS 2012. Mittaviiva Oy, 7-12.

SIIKANEN, Unto 2008. Puurakentaminen. Tampere: Rakennustieto Oy.

SÄLLILÄ, Harri 2014-10-02. Toimivaulkoseinärakenne [sähköpostiviesti]. Vastaanottoja Aleksi Kuokkanen.

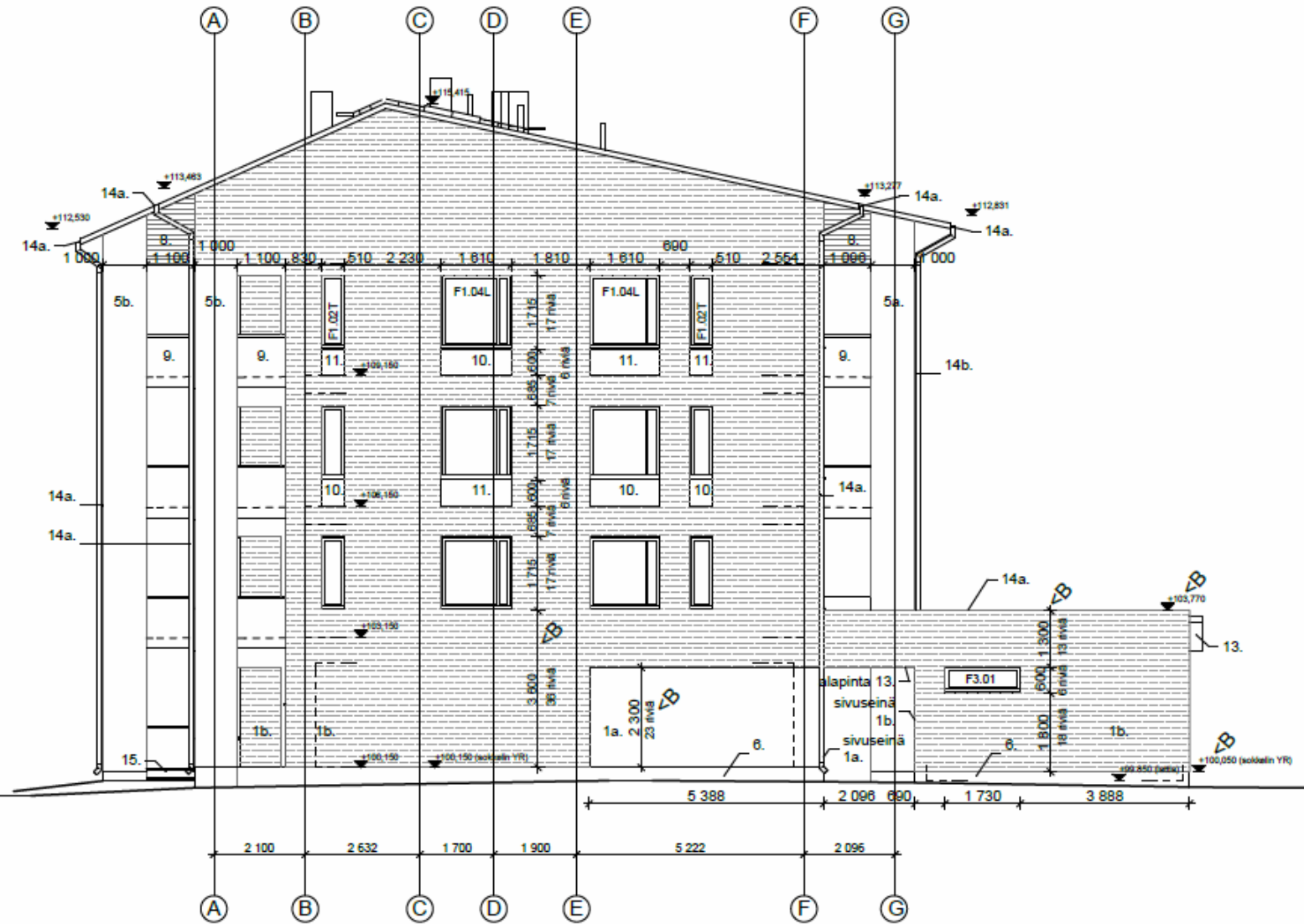
SÄLLILÄ, Harri 2014. Elementtiasennus [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Peab Oy:n tietojärjestelmä 2014.

SÄLLILÄ, Harri 2014. Elementtien asennus on alkamassa [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Peab Oy:n tietojärjestelmä 2014.

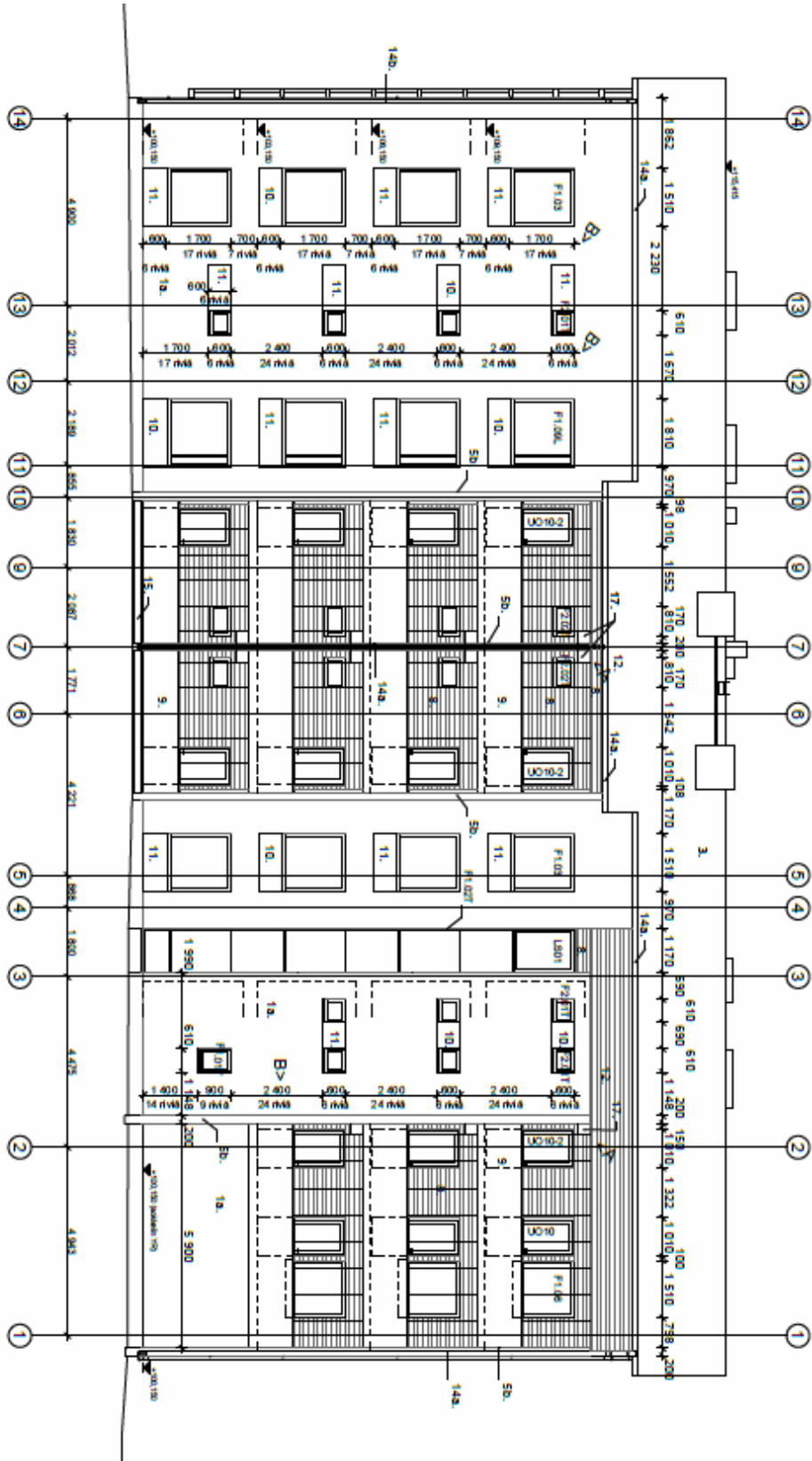
TALOUSSANOMAT 2015. Taloussanakirja. Taloussanakirja: kustannuslaskenta [verkkójulkaisu]. [Viitattu 2015-02-22]. Saatavissa: <http://www.taloussanomat.fi/porssi/sanakirja/termi/kustannuslaskenta/>

VUORELA, Kari, URPOLA, Jussi ja KANKAINEN, Jouko 2001. Johdatus rakentamistalouteen. Espoo: Otamedia Oy.

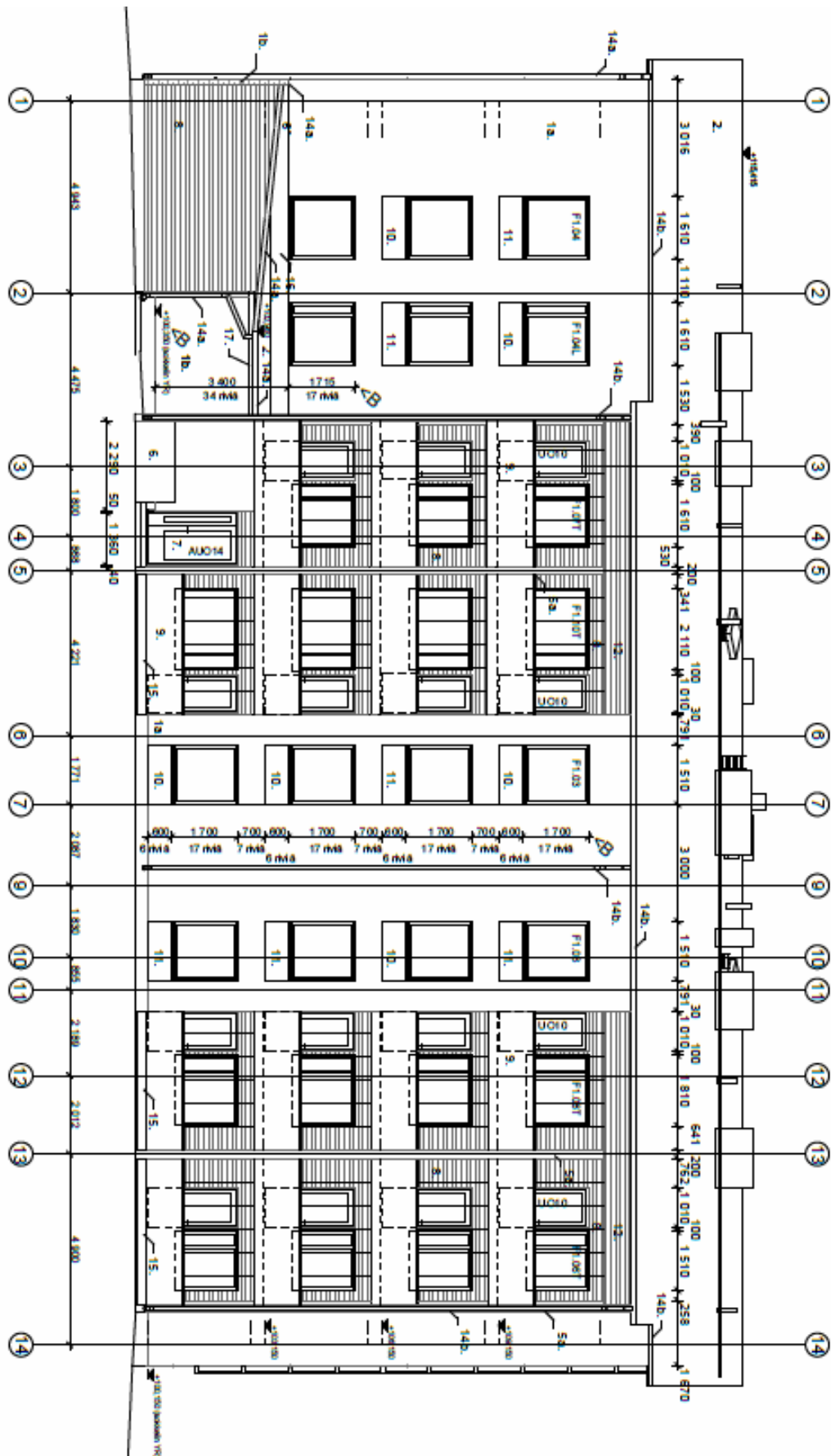
LIITE 1: JULKISIVUT LUOTEESEEN



LIITE 2:JULKISIVU KOILLISEEN



LIITE 3: JULKISIVU KAAKKOON

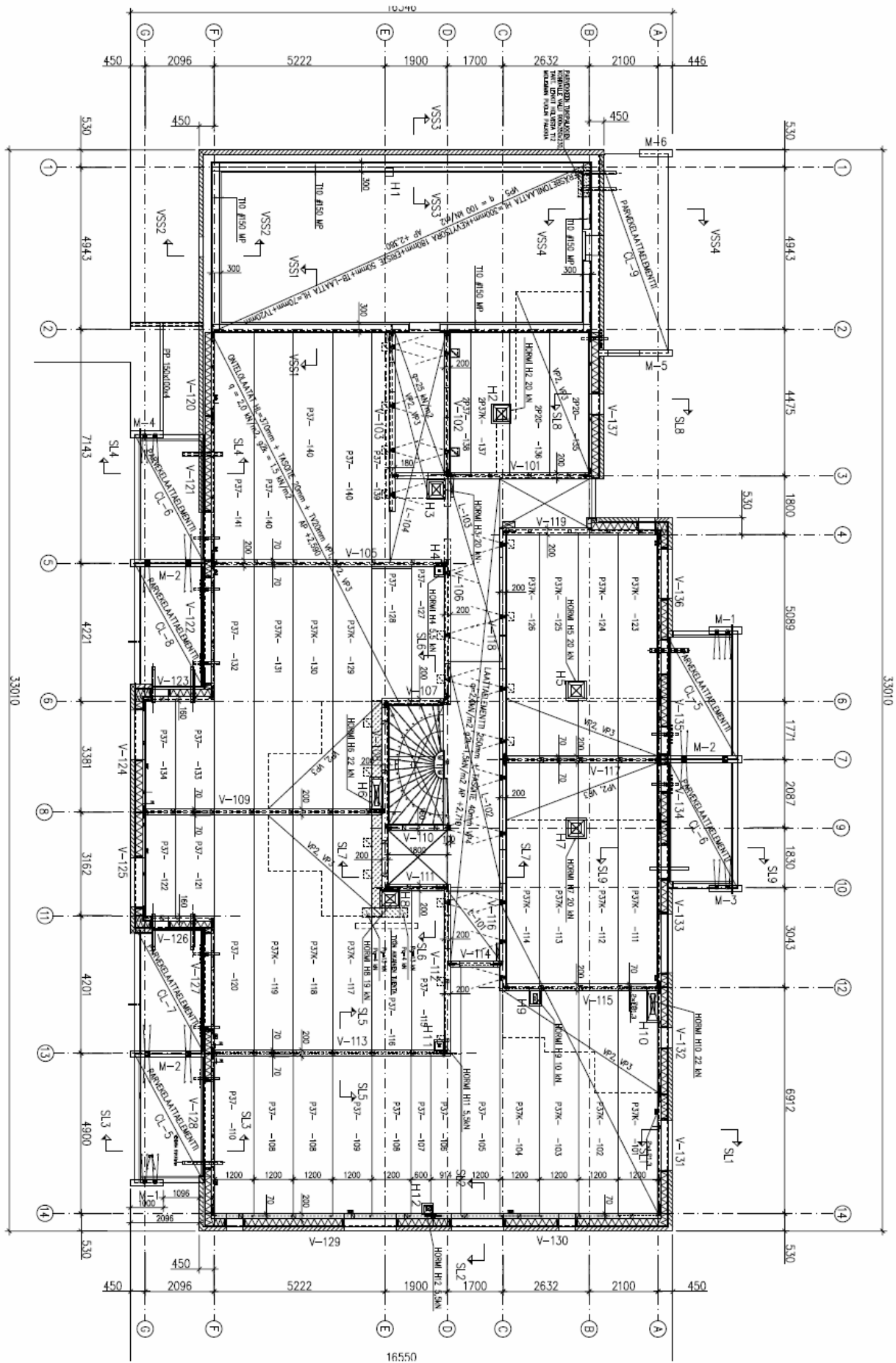


1.krs elementtipiirustus

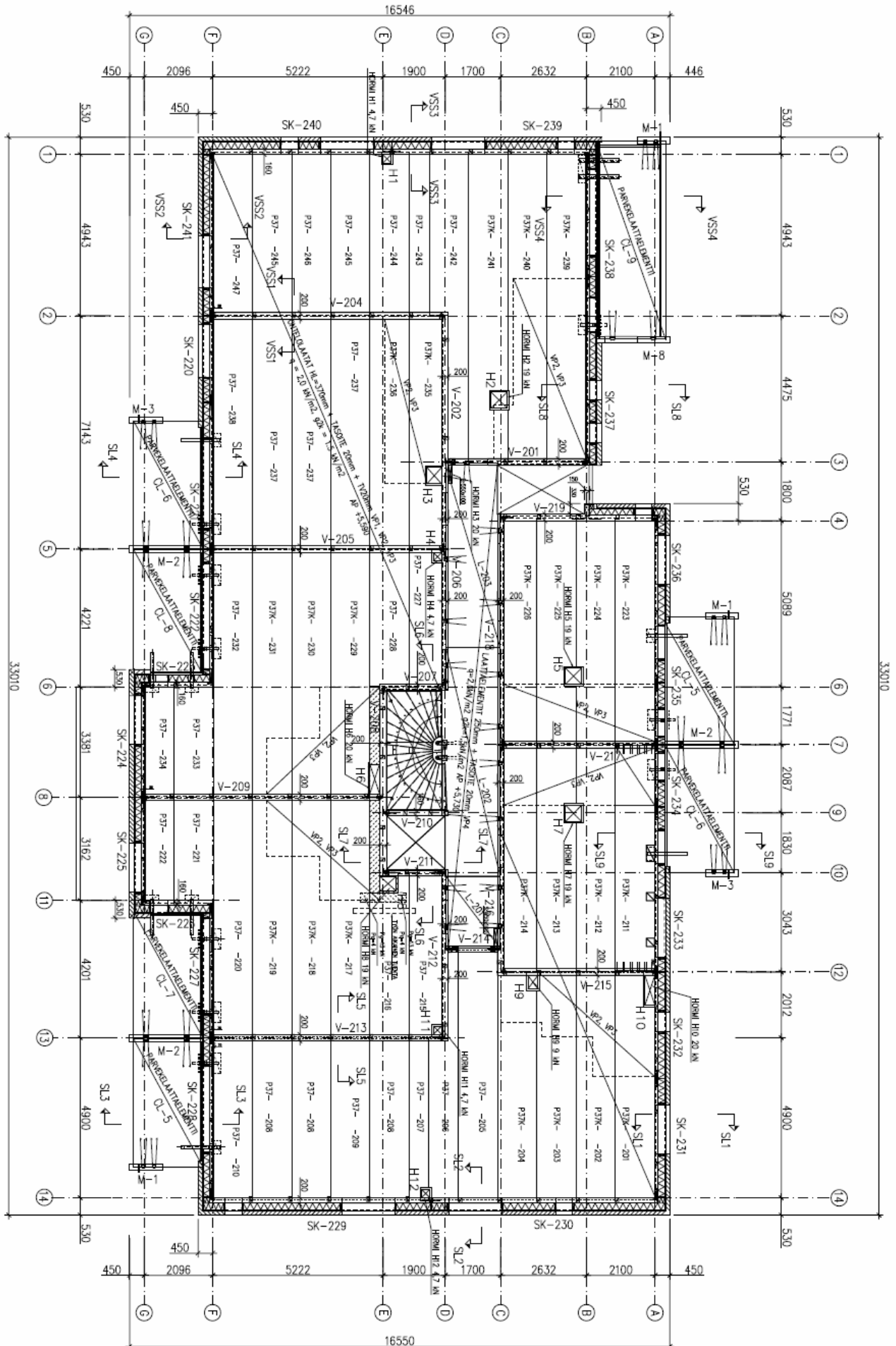
LIITE 4: JULKISIVU LOUNAASEEN



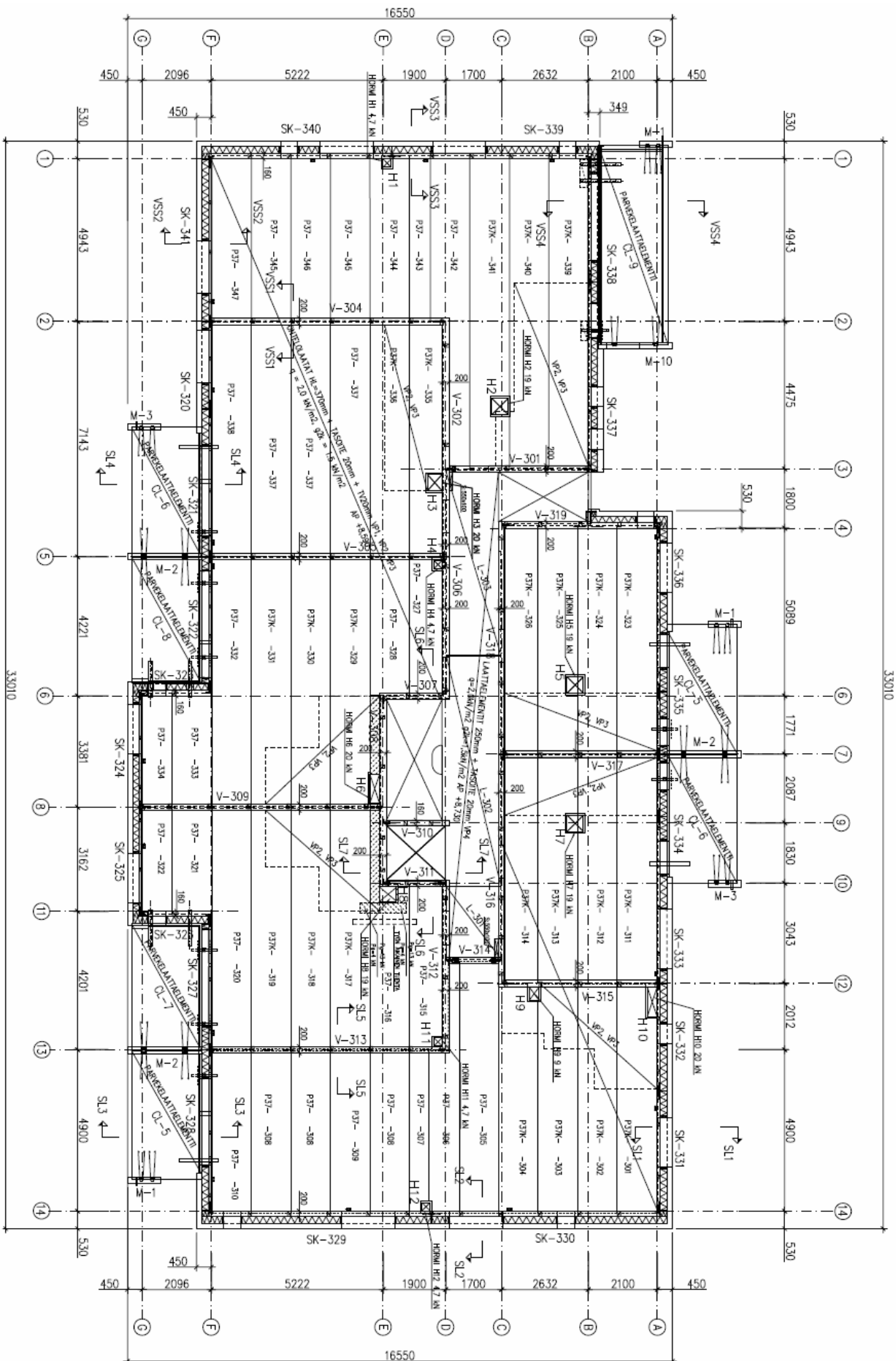
LIITE 5: 1.KERROKSEN ELEMENTTIPIIRUSTUS



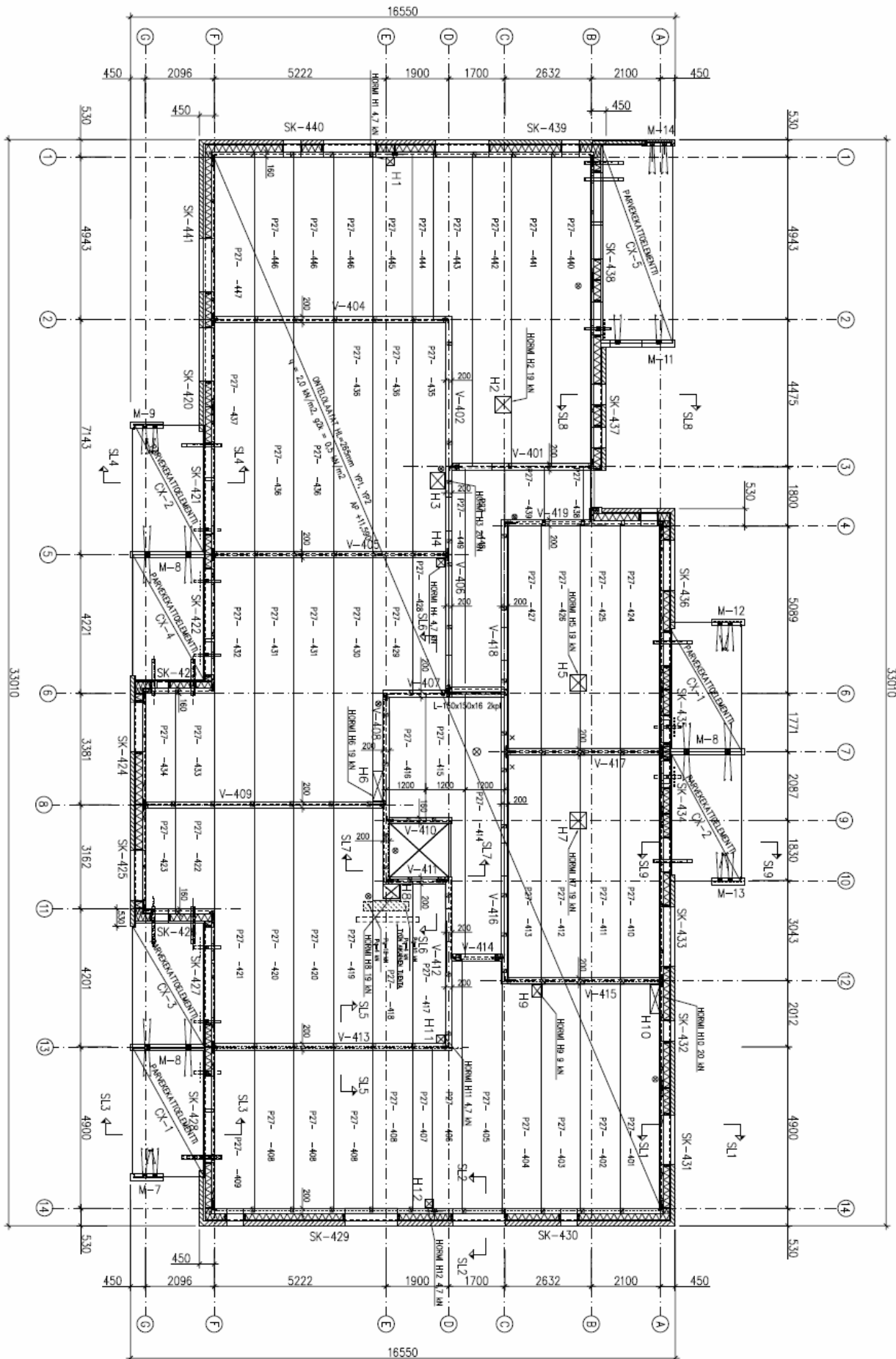
LIITE 6: 2.KERROKSEN ELEMENTTIPIIRUSTUS



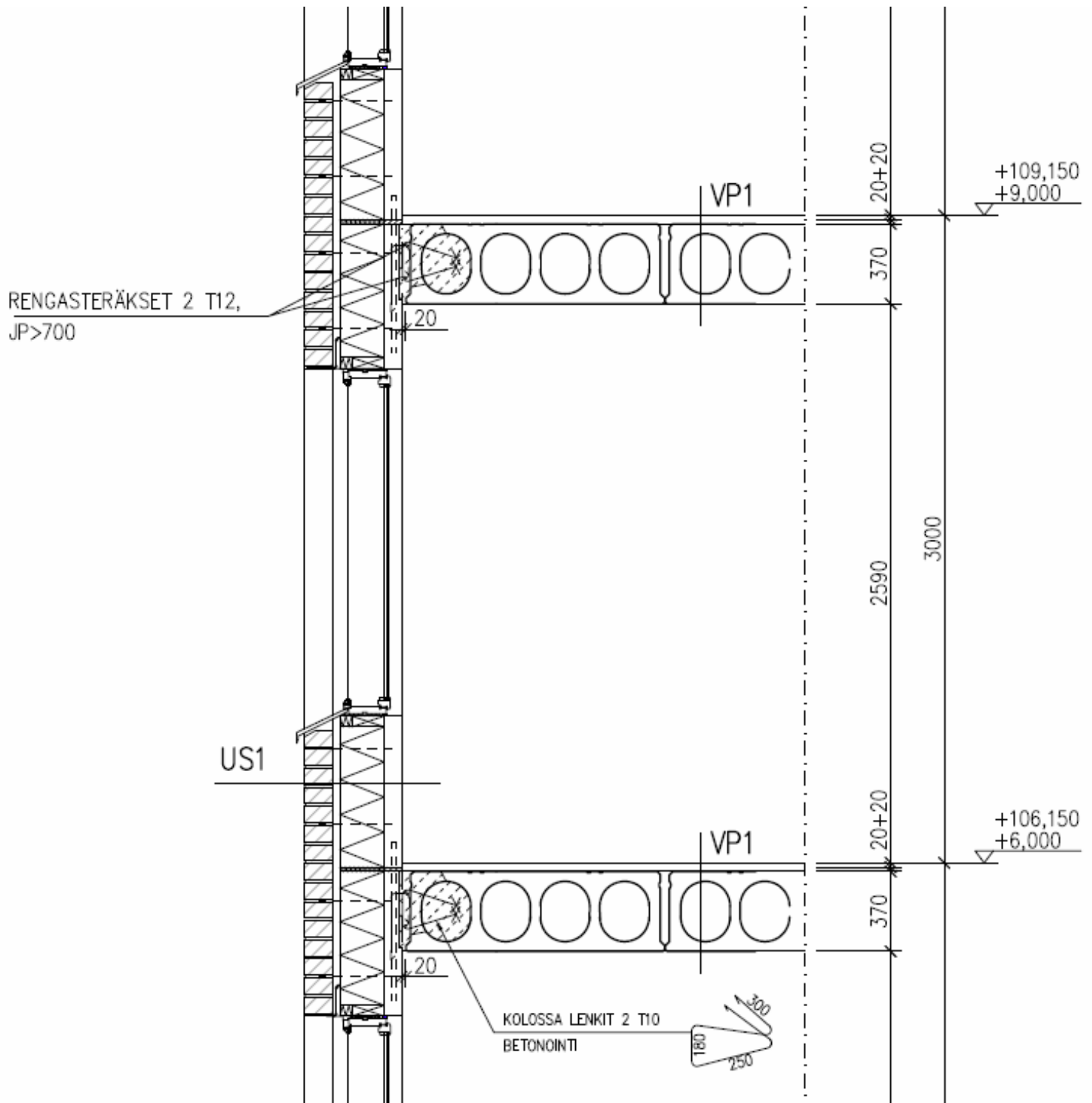
LIITE 7: 3.KERROKSEN ELEMENTTIPIIRUSTUS



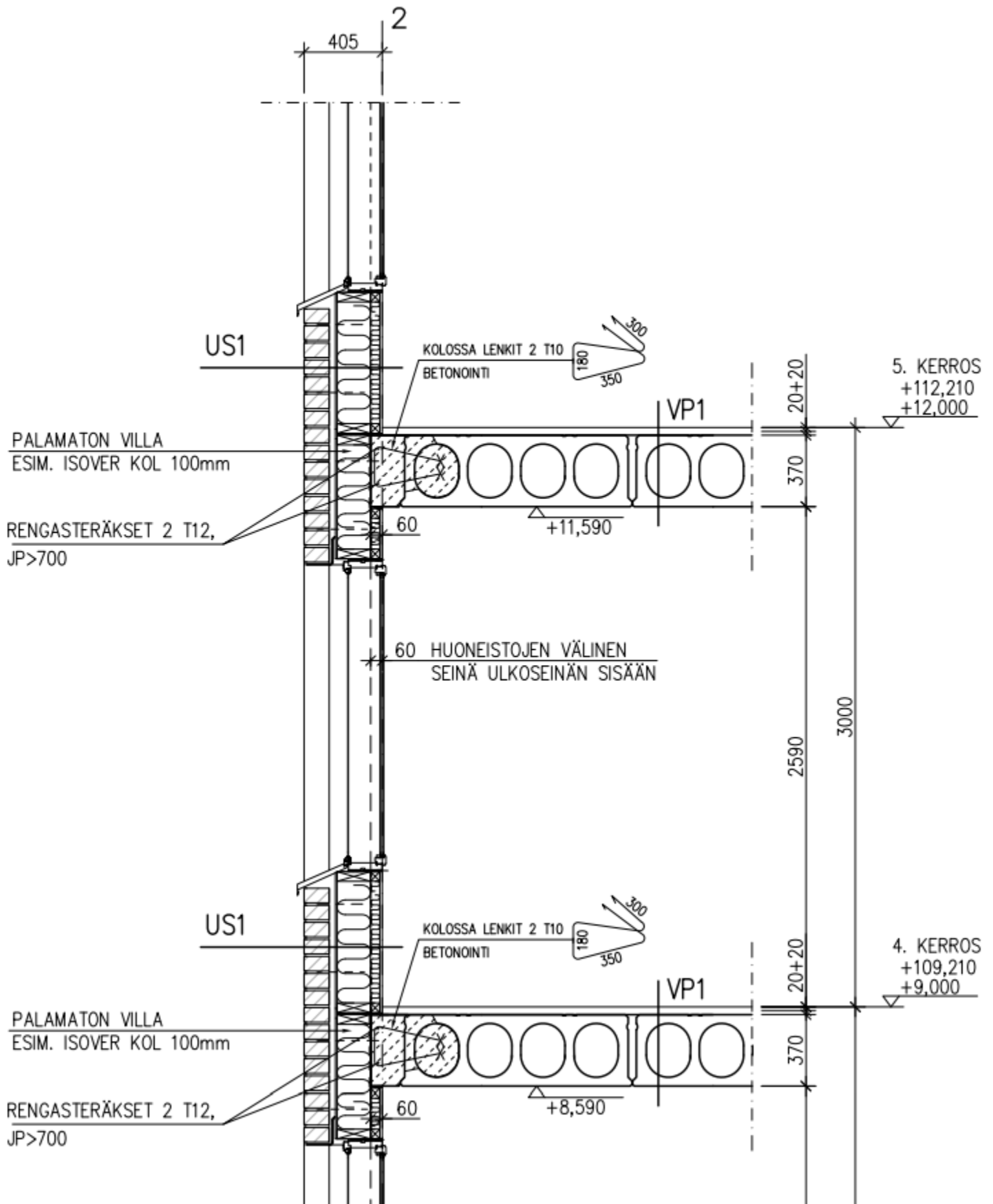
LIITE 8: 4.KERROKSEN ELEMENTTIPIIRUSTUS



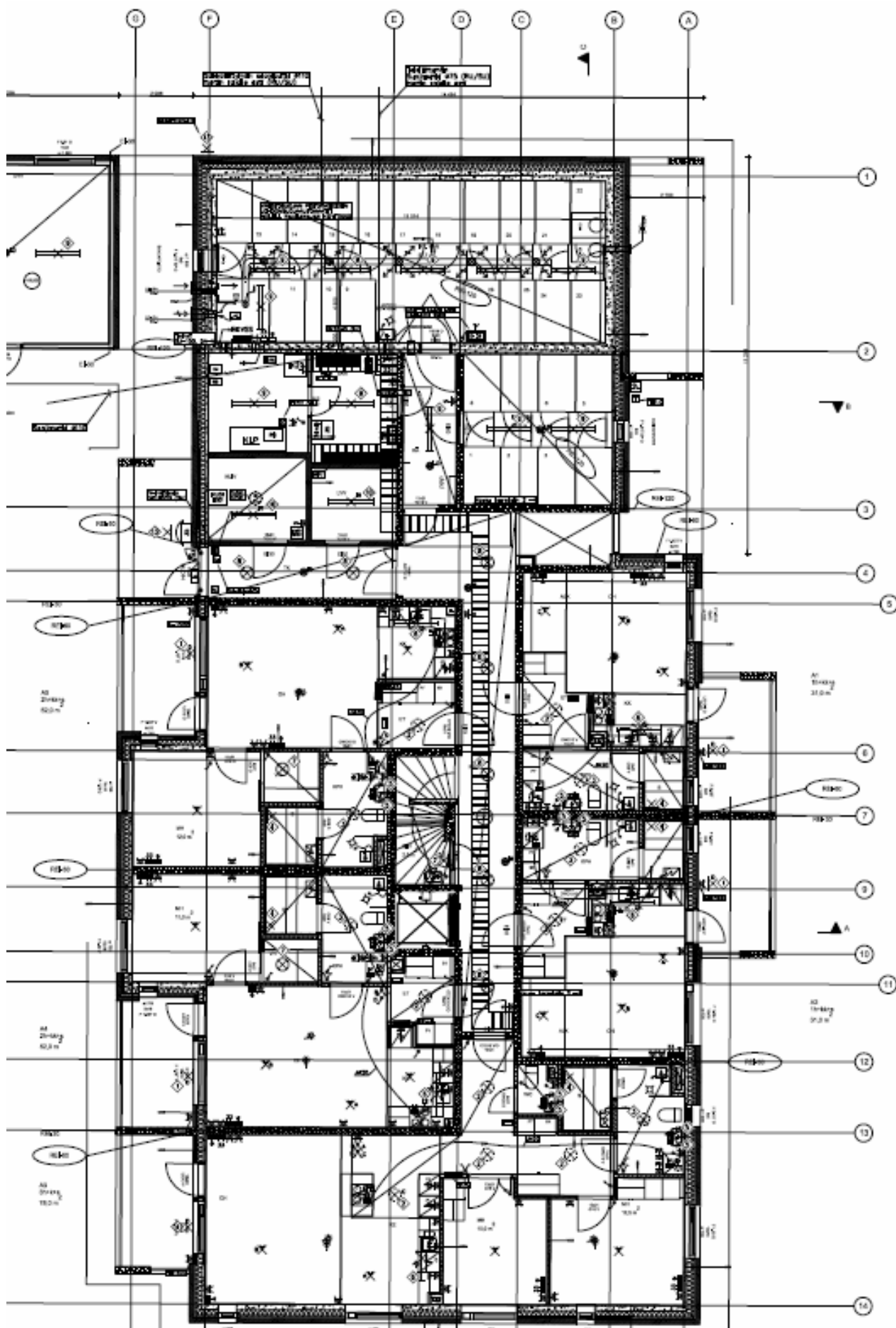
LIITE 9: LEIKKAUSKUVA SÄHKEKERROSTALON BETONIJULKISIVUELEMENTTIEN
LIITTYMISESTÄ ONTELOLAATTA RUNKOON



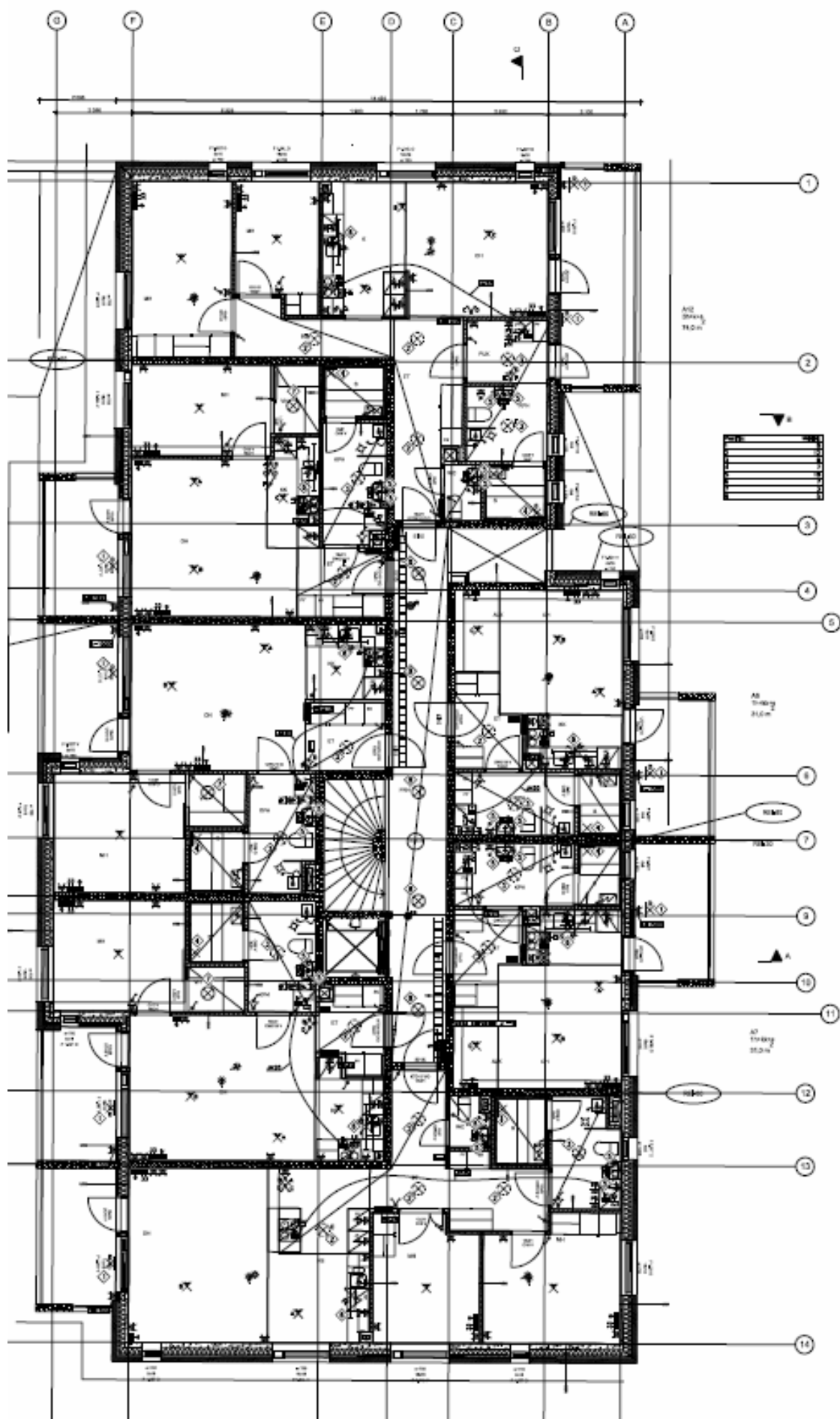
LIITE 10: LEIKKAUSKUVA KIMALLUS KERROSTALON PUUJULKISIVUELEMENTTIEN
LIITTYMISESTÄ ONTELOLAATTA RUNKOON



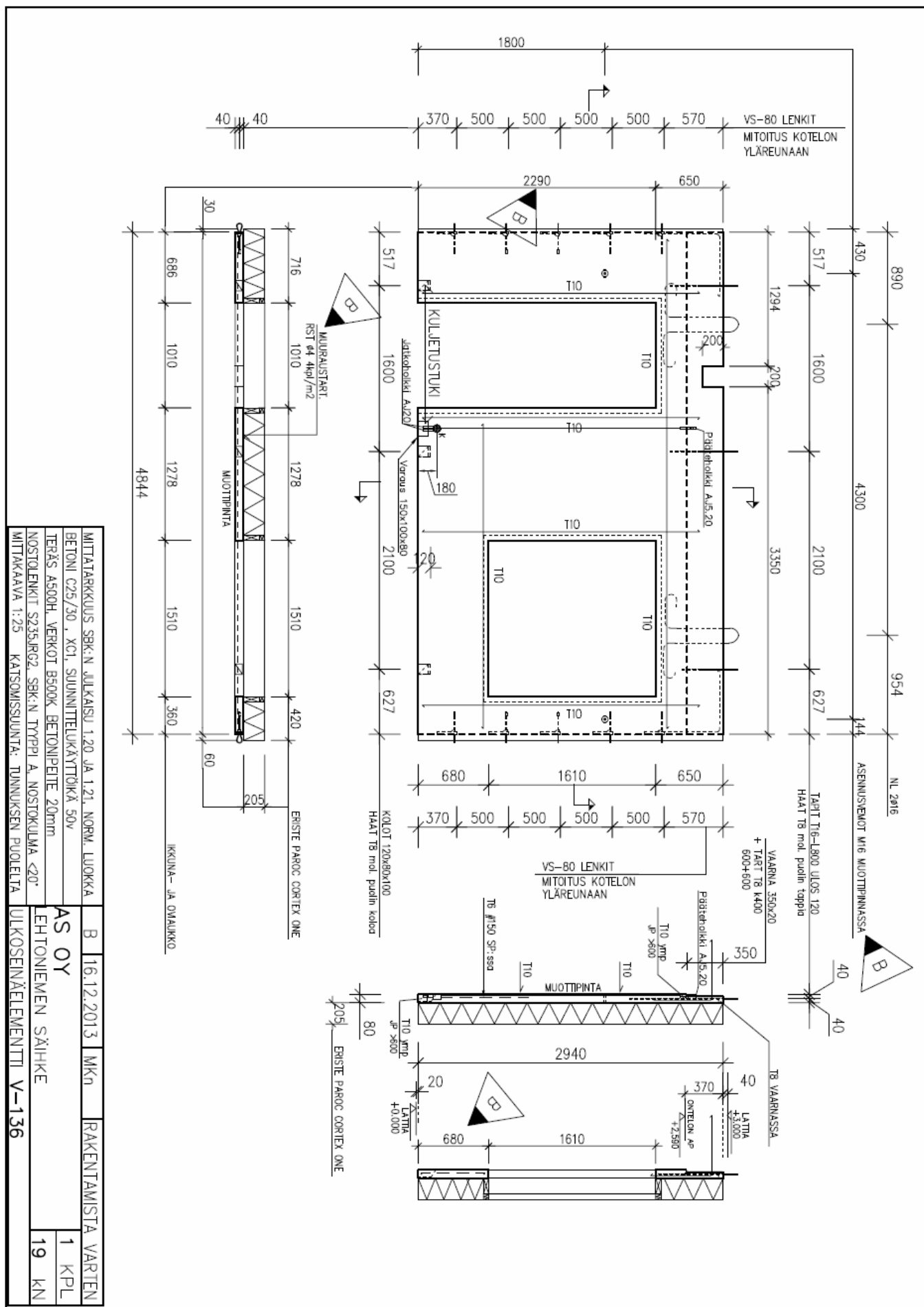
LIITE 11: 1.KERROKSEN SÄHKÖPIIRUSTUS



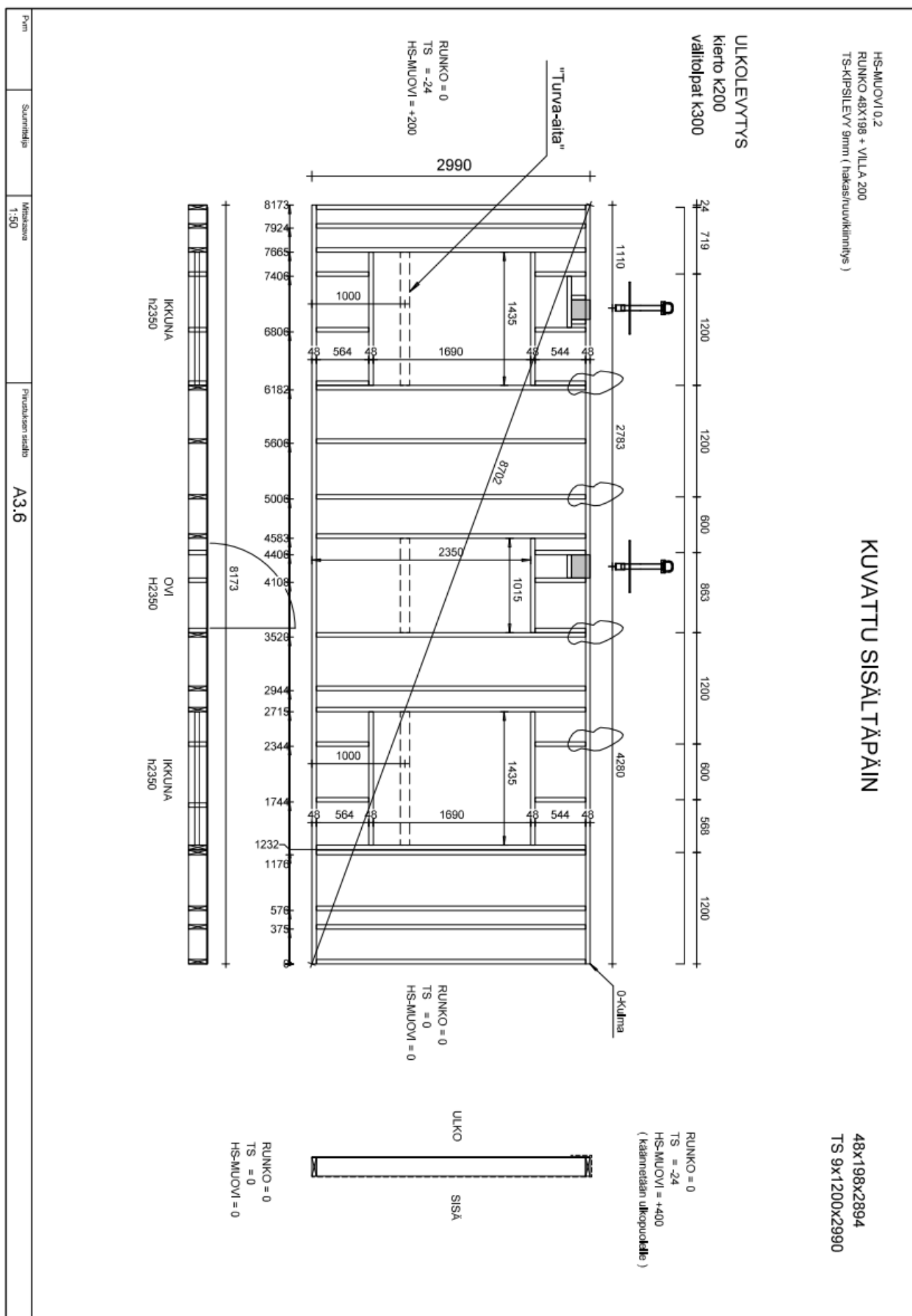
LIITE 12: 2.KERROKSEN SÄHKÖPIIRUSTUS



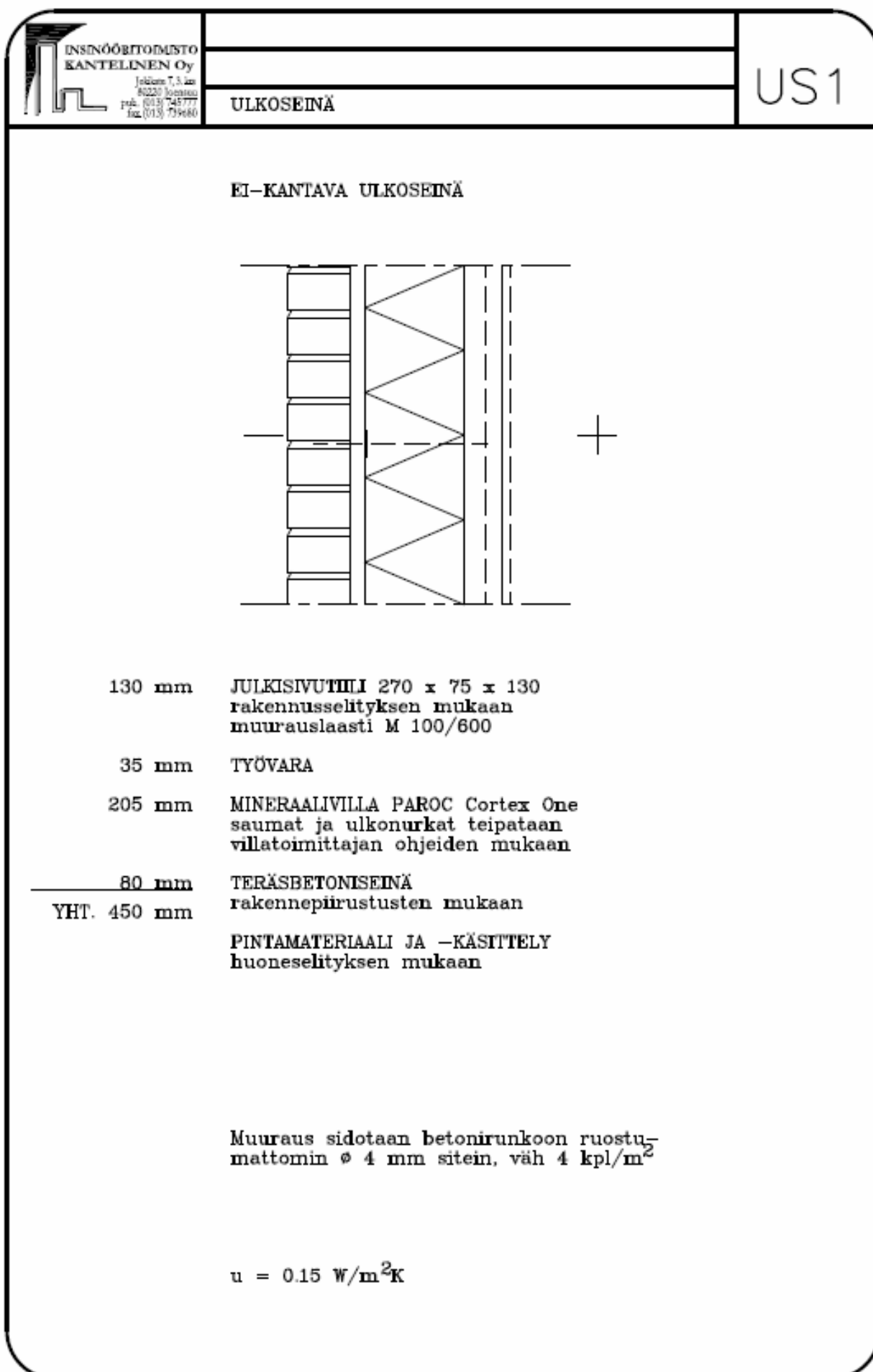
LIITE 13: ESIMERKKI BETONIJULKISIVUELEMENTIN RAKENNEPIIRRUSTUKSESTA



LIITE 14: ESIMERKKI PUUJULKISIVUELEMENTIN RAKENNEPIIRRUSTUKSESTA



LIITE 15: BETONINJULKISIVUELEMENTIN RAKENNELEIKKAUS



LIITE 16: PUUJULKISIVUELEMENTIN RAKENNELEIKKAUS

