

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Tenar Tomingas

Alihankintaprosessi elementtisuunnittelussa

Opinnäytetyö 2013

Tiivistelmä

Tenar Tomingas

Alihankintaprosessi betonielementtisuunnittelussa

Sivumäärä 57 + 5 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2013

Ohjaaja: lehtori (DI) Petri Himmi, Saimaan ammattikorkeakoulu,

Tilaja: Projektipäällikkö Anssi Kourula, Planekar Oy

Opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Vahanen-yhtiöihin kuuluvalla Planekar Oy:lle. Opinnäytetyössä pyrittiin parantamaan toimiston toimituskykyä ja osaamista elementtisuunnittelun suhteen. Elementtisuunnittelusta tehtiin toimintamalli elementtisuunnittelun siirtämiseksi tehokkaasti konsernin sisällä toiseen, siihen erikoistuneeseen toimistoon. Toimintamalli toteutettiin ottamalla huomioon mm. riskit, aikataulut sekä vuorovaikutusmahdollisuudet ja -tavat, ja siitä pyrittiin tekemään helppokäyttöinen ja tarpeen tullen muokattava. Opinnäytetyössä huomioitiin ja hyödynnettiin myös toisen toimiston toimintamalleja sekä kokemuksia kyseisestä prosessista.

Tietoa kerättiin kirjoista, lehdistä, internetistä ja haastattelemalla kokeneempia suunnittelijoita toimistossa. Työn ohella oli käynnissä niin sanottu pilottiprojekti, jossa pohditut järjestelyt ja toimintatavat saatiin koetukselle käytännössä. Pilottiprojekti mahdollisti sen, että toimintatapaa kehittäessä huomioon voitiin ottaa asioita, joihin ei muuten olisi osannut varautua.

Projektin edetessä yhteistyö sujui hyvin ja pohdittu toimintamalli toimi hyvin. Lopputuloksena saatiin elementtisuunnitteluun vakioyhteistyökumppani liittyen, sekä projektin kulun kriittisiin kohtiin työtä helpottavia listoja ja ohjeita

Asiasanat: Elementtisuunnittelu, elementti, alihankinta

Abstract

Tenar Tomingas

Subcontraction process with prefabricated units, 57 Pages, 5 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Civil and Construction Engineering

Specialization in structural engineering

Bachelor's Thesis 2013

Instructors: Mr Petri Himmi, lecturer, M.Sc, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Anssi Kourula, project manager, Planekar Oy

This thesis was commissioned by Planekar Oy. The purpose of the study was to discuss what needs to be taken into consideration with prefabricated concrete units when moving the designing to another engineering office. The goal was to build up a long- term partnership with another engineering office inside the same corporation. The other point of the work was to make guidelines and lists to the office that help to move the process to another office. This thesis was also discussed how to design a single element and described the whole designing process.

The information was gathered from literature, newspapers, the Internet and by interviewing the more experienced engineers at the office. There was also a real project during the study where the considered method was tested.

Based on the findings and the tests the method worked well and the design process was moved to another engineering office. The co-operation between those offices worked well and the blueprints were sent to the pre-cast concrete elements production plant.

Keywords: prefabricated unit, subcontracting

Sisältö

1 Johdanto	6
2 Betonielementtirakenteet	6
2.1 Elementtityypit	7
2.1.1 Sokkelielementit	9
2.1.2 Pilarit	10
2.1.3 Palkit	13
2.1.4 Seinät	15
2.1.5 Laatat	17
2.1.6 Porraselementit	20
2.1.7 Hissikuilu	20
2.1.8 Muut elementtirakenteet	21
2.2 Vakioteräosat	22
2.3 Elementtisuunnittelu	23
2.3.1 Alihankinnan tarjouspyyntövaihe	23
2.3.2 Aloituskatselmuksel ja -kokoukset	24
2.3.3 Pääsuunnittelijan tehtävät	24
2.3.4 Päärakennesuunnittelijan tehtävät elementtisuunnittelussa	25
2.3.5 Elementtisuunnittelijan tehtävät	26
2.3.6 Sopimukset ja vastuu	27
2.3.7 Aikataulut ja ohjaus	28
2.3.8 Aikataulun ja suunnitelmien valmiusasteen seuranta	30
2.3.9 Suunnitelmien laadinta	30
2.3.10 Elementtisuunnittelun työkalut	34
2.3.11 Työselostukset	34
2.3.12 Tiedonsiirto ja yhteistyö	35
2.4 Mahdollisuudet ja kehitysnäkymät	35
3 Suunnittelun alihankinta konserniverkostossa	37
3.1 Toimintamallin analysointi	38
3.2 Toimintamallin vaiheittainen määrittely ja sisältö	39
3.2.1 Tarjous- ja hankintavaihe	39
3.2.2 Sopimukset ja vastuu	41
3.2.3 Lähtötiedot	42
3.2.4 Suunnittelu- ja toteutusvaihe	42
3.2.5 Tiedonkulun varmistaminen	43
3.3 Projektinhallinta	44
3.3.1 Aikataulu- ja kustannusseuranta	44
3.3.2 Muutokset	44
3.4 Suunnitelmien sisältö	45
3.4.1 Piirustukset	45
3.4.2 Elementtiluettelot	46
3.4.3 Elementtityyppiluettelo	46
3.4.4 Työselostus	46
3.5 Elementtien tarkastus	46
3.6 Varaukset ja sähköistys	47
3.7 Lopetus ja jälkiarviointi	47
4 Pilottiprojekti	48
4.1 Projektin tiedot	48

4.2 Pilottiprojektin tarkoitus.....	49
4.3 Toiminnan kehittäminen	49
4.3.1 Tiedonkulun varmistaminen	50
4.3.2 Projektinhallinta	50
4.3.3 Aikataulu- ja kustannusseuranta.....	50
4.4 Muutokset.....	51
4.5 Elementtien tarkastus	51
4.6 Yhteenveto	51
5 Johtopäätökset.....	52
Taulukot.....	54
Kuvat.....	55
Mitoutustaulukot.....	55
Kaaviot.....	55
Listat	56
Lähteet.....	56

Liitteet

- Liite 1 Lähtötiedot elementtisuunnittelijalle
- Liite 2 Elementtien tarkistusluettelo
- Liite 3 Seinäelementtiluettelo
- Liite 4 Elementtityyppiluettelo
- Liite 5 Mallielementti

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä pyritään parantamaan toimiston toimituskykyä ja elementtiosaamista. Toimiston tarjonnan sekä palveluiden kehityksessä pyritään käyttämään tehokkaasti hyväksi konsernin resursseja. Opinnäytetyössä keskitytään yhteen osa-alueeseen: siihen, miten betonielementtisuunnittelu voidaan siirtää aliurakkana toiselle, samassa konsernissa toimivalle elementtisuunnitteluun erikoistuneelle toimistolle. Siirtämällä elementtisuunnittelu siihen erikoistuneelle toimistolle saadaan siellä olevaa osaamista ja tietoa tuotua markkinoille ja samalla parannetaan oman toimiston toimintakykyä, luotettavuutta ja työn laatua. Yhteisten projektien tekeminen konsernin sisällä tarjoaa joustavuutta resursseihin ja samalla antaa valmiudet parempaan kilpailuun.

Elementtisuunnitteluprojektin aloitusvaiheessa käydään läpi asiat, jotka pitää ottaa huomioon alihankintaprosessissa. Mahdolliset riskit ja tulevat ongelmat kohdat pyritään kartoittamaan, ja niihin pyritään varautumaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Mahdollisuuksien ja resurssien mukaan nämä kohdat prosessista pyritään minimoimaan. Työn edetessä seurataan suunnitelmien valmistumista ja valvotaan aikataulua sekä elementtisuunnitelmien laatua. Mahdolliset ongelmat pyritään huomioimaan riittävän aikaisessa vaiheessa, jotta niihin ehdittäisiin vaikuttaa ja samalla varmistaa prosessin sujuva eteneminen. Ilmeneviin ongelmiin pyritään löytämään yleispätevä ratkaisu, jotta samantyyppiset ongelmat saataisiin seuraavissa projekteissa poistettua.

Työn ohella on käynnissä niin sanottu pilottiprojekti, jossa pohditut järjestelyt ja toimintatavat saadaan koetukselle käytännössä. Todellisen projektin edetessä eteen voi tulla kohtia, joita ei muuten osaisi huomioida.

2 Betonielementtirakenteet

Betonielementti on betonista, sen raudoituksesta sekä mahdollisista eristeistä tai muista materiaaleista koostuva yhtenäinen kappale. Betonielementtejä käytetään kaikenlaisissa talonrakentamisissa. Ne soveltuvat talojen rakennusmateriaaliksi, niin ammattimaiseen kuin omatoimirakentamiseen. Valmiista elementeistä kooten voidaan tehdä omakoti- ja rivitaloja, asuinkerrostaloja, toi-

misto- ja liikerakennuksia, julkisia rakennuksia sekä teollisuuden ja maatalouden halleja.

Betonelementtisuunnittelulla tarkoitetaan sellaisen rakennuskappaleen suunnittelua, joka valmistetaan tehtaalla ja kuljetetaan työmaalle, missä se mahdollisen varastoinnin jälkeen asennetaan paikalleen. Elementtien suunnittelussa on huomioitava elementtien liittyminen toisiinsa ja muihin ympärillä oleviin rakenteisiin. Elementtityypin mukaan liitokset toteutetaan joko pulteilla, hitsaamalla tai jälkivaluna toteutettavina liitoksina. Elementtien suunnittelussa on perinteisesti käytetty 2D-ohjelmistoja, mutta nykyään apuna on alettu käyttää 3D-mallinnusta. Ohjelmista ja mallinnuksesta on kerrottu tarkemmin luvussa 2.3.10 Elementtisuunnittelun työkalut.

2.1 Elementtityypit

Elementtisuunnitelmiin nimetään erilaiset elementtityypit omalla tunnuksella, joka koostuu kirjainyhdistelmästä sekä yksilöivästä numerosta (esim. AS-01).

Tunnukset on luokiteltu elementtien käyttötarkoituksen mukaan. Koska lähes jokainen rakennusosa voidaan toteuttaa elementtirakenteisena, on tunnuksiakin kymmeniä. Seuraavissa taulukoissa (Taulukko 1...9) on esitetty Betoniteollisuuden suosittelemat ja yleisesti käytössä olevat elementtityypit. Taulukoihin on lisätty myös ensisijaisesti suositeltavat betonilujudet.

Perustuselementit		Lujuus (Mpa)
Anturaelementti	A	C25, C30
Pilariholkkielementti	PH	C25, C30
Sokkelielementti (ei kantava)	AN	C25, C30
Sokkelielementti (kantava)	AS	C25, C30
Sokkelipalkki	AK	C25, C30
Sokkeliruutuelementti (maanpaine)	AR	C25, C30
Sokkelielementti (maanpaine, yksi kuori)	AV	C25, C30
Tukimuurielementti	TKE	-

Taulukko 1: Perustuselementtien tunnuksot

Pilariementit		Lujuus (Mpa)
Pilari	P	C30, C40, C50, C60

Taulukko 2:Pilariementtien tunnuks

Seinäementit		Lujuus (Mpa)
Väliseinä	V	C25, C30
Väliseinä (seinämäinen palkki)	VSP	C25, C30
Ruutuelementti (kantava)	S	C25, C30
Ruutuelementti (ei kantava)	R	C25, C30
Sisäkuorielementti (kantava)	SK	C25, C30
Sisäkuorielementti (ei kantava)	RK	C25, C30
Sisäkuorielementti (kantava, eriste + rappaus)	SKR	C25, C30
Sisäkuorielementti (ei kantava, eriste + rappaus)	RKR	C25, C30
Nauhaelementti (kantava)	NK	C25, C30
Nauhaelementti (ei kantava)	N	C25, C30
Kuorielementti	KE	C25, C30

Taulukko 3:Seinäementtien tunnuks

Palkkielementit		Lujuus (Mpa)
Palkkielementti (teräsbetoni)	K	C30, C40, C50
Jännebetonipalkki (I-profiili)	I	C40, C50, C60
Jännebetonipalkki (HI-profiili)	HI	C40, C50, C60
Jännebetonipalkki (muut profiilit)	JK	C40, C50, C60

Taulukko 4:Palkkielementtien tunnuks

Laattaelementit		Lujuus (Mpa)
Laattaelementti (massiivilaatta, välipohja)	L	C25, C30
Alapohjalaatta (massiivilaatta, eristetty)	EL	C25, C30
Jännitetty laattaelementti	JL	C40, C50, C60
Ontelolaatta	O	C40, C50
Ontelolaatta (lämpöeristetty)	O	C40, C50
Ontelolaatta (REI190-palolaatta)	15O	C40, C50
Ontelolaatta (REI120-palolaatta)	2O	C40, C50
Ontelolaatta (yläpunoslaatta)	YO	C40, C50
Ontelolaatta (kylpyhuonelaatta)	OK	C40, C50
Kuorilaatta	KL	C40
TT-laatta	TT	C40, C50
HTT-laatta	HTT	C40, C50

Taulukko 5:Laattaelementtien tunnuks

Parveke-elementit		Lujuus (Mpa)
Parveke-elementti	C	C30, C35
Parvekelaatta-elementti	CL	C30, C35
Jännitetty parvekelaattaelementti	JCL	C40, C50, C60
Parvepieli-elementti	M	C30, C35
Parvekekaide-elementti	Z	C30, C35
Parvekkeen kattoelementti	CX	C30, C35
Jännitetty parvekkeen kattoelementti	JCX	C40, C50, C60

Taulukko 6:Parveke-elementtien tunnuksset

Porraselementit		Lujuus (Mpa)
Porraselementti	T	C30, C35

Taulukko 7:Porraselementtien tunnuksset

Hissikuilun elementit		Lujuus (Mpa)
Hissikuiluelementti	HK	C25, C30
Hissikuilun pohjaelementti	HKA	C25, C30
Hissikuilun yläpään elementti	HKY	C25, C30

Taulukko 8:Hissikuiluelementtien tunnuksset

Erikoiselementit		Lujuus (Mpa)
Hormielementti	H	C30
Erikoiskappale	..X	C30

Taulukko 9:Erikoiselementtien tunnuksset

Jos kohteessa on useampia samoja elementtityyppejä, olisi hyvä käyttää erilaisia tunnuksia erityyppisille elementeille. Samat elementit voidaan lisäksi erottaa toisistaan koodaamalla elementtityypin jälkeen ylimääräinen lisännumero (esim. AS1-01). Tavallisesta poikkeavan elementin tunnuksen loppuun lisätään merkintä X. Esimerkiksi jos rakennuskohteessa on yksi sokkelielementti, jonka paksuus on poikkeava, sen tunnus on ASX-. Lisäksi tunnukseen voidaan lisätä elementin muodon kertova tunniste. Esimerkiksi U:n muotoinen hissikuiluelementti voidaan koodata HKU- ja L:n muotoinen elementti HKL-. (Runkorakenteet 24.1.2013)

2.1.1 Sokkelielementit

Yleisin sokkelielementti on sandwich-rakenteinen, ja se soveltuu käytettäväksi kaikissa rakennustyypeissä. Lämmöneristeen ja sisä- sekä ulkokuoren paksuudet valitaan siten, että saavutetaan riittävä lujuus, lämmöneristys ja toimivat rakennedetaljit ympärillä olevien rakenteiden kanssa. Sisäkuoren suositeltava betonin lujuus on C35. Eristeenä käytetään yleensä urittamatonta EPS 80S-

eristettä tai PUR-eristettä. Ulkokuoren paksuus valitaan yläpuolisen seinärakenteen ja käytettävän pintamateriaalin mukaan. Kantavien ulkokuorien alapuolisten elementtien ulkokuoren suositeltava paksuus on 150 mm, muutoin 80 tai 100 mm. Ulkokuoren suositeltava betonin lujuus on C35. Ulkokuoreissa olisi hyvä käyttää ruostumatonta terästä. Sisäkuori ja ulkokuori yhdistetään toisiinsa alareunasta betonikannaksella ja yläreunasta U-haoilla. Korkeissa sokkelielementeissä voidaan U-hakaa käyttää lisäksi myös sokkelin keskiosassa.

Sokkeli voidaan toteuttaa myös eristettynä tai eristämättömänä ontelolaattasokkelina. Ontelolaattasokkeliä käytetään yleisimmin paalutetuissa pientalo- ja rivitalokohteissa. Tällöin sokkelilla on mahdollisuus päästä jopa 12 metrin jänneväleihin.

Tarvittaessa voidaan käyttää sokkelin kuorielementtejä. Niiden käyttö on perusteltua, kun kyseessä on kellarillinen rakennus, jolloin näkyvää ulkokuorta ei ole hyvä viedä perustuksille asti. Lisäksi vesieristys saadaan oikeaan paikkaan, joka on kantavan rakenteen ulkopinnassa. Kuoren paksuus valitaan elementin pituuden mukaan, ja sen raudoitus suunnitellaan tapauskohtaisesti. Kuorielementin suositeltava minimipaksuus on kuitenkin 90 mm. Betonipintaisen kuorielementin yleinen suositeltava maksimipituus on kuusi metriä. Luonnonkivilaattapintaisen kuorielementin suositeltava maksimipituus on 3,5 metriä. Sokkelikuori kannatetaan yleensä ruostumattomilla teräskonsoleilla kellarin seinäelementistä. Kuorielementin taakse jätetään asennusvara, joka on >20 mm. Eristepaksuus kuorielementin alueella määräytyy kellarin seinäelementin ja yläpuolisen seinän paksuuden mukaan.

Sokkelielementin korkeus valitaan maanpinnan korkeuden ja yläpuolisen sauman sijainnin perusteella. Alareuna pyritään sijoittamaan vähintään 300 mm maanpinnan alapuolelle. Elementin korkeuden mitoituksessa pyritään käyttämään 3M-kerrannaista mitoitusta. Elementin ja anturan välissä suositellaan käytettäväksi 30 mm:n asennusvaraa. (Runkorakenteet 24.1.2013)

















2.1.2 Pilarit

Pilarin poikkileikkauksen mitat valitaan siten, että pilarin kapasiteetti on riittävä siihen kohdistuviin rasituksiin verrattuna. Mittoja valittaessa tulisi ottaa huomi-







oon myös arkkitehtuuriset ja taloudelliset vaatimukset. Elementtipilarit voivat olla poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisia tai pyöreitä. Suositeltava minimipaksuus betonielementtipilareille on 280 mm, ja pilareiden poikkileikkaus pyritään pitämään samankokoisena eri kerroksissa. Kantokykyä säädellään betonin lujuuden ja raudituksen avulla. Edullisinta on ensin kasvattaa betonin lujuutta ja sitten raudituksen määrää.

Kuormitusten mukaan tulisi ensisijaisesti käyttää neliöpilareita. Suorakaidepilareiden käyttö on perusteltua vaakakuormitetuissa pilareissa, kuten mastopilareissa. Suorakaiteen muotoisen elementtipilarin taloudellinen maksimipituus monikerrospilareissa on noin 15 m eli 3...4 kerrosta. Tarvittaessa pidempiäkin pilareita on mahdollista käyttää. Suurimmat tehtaalla valmistettavat pituudet, jotka voidaan työmaalla pystyttää yhtenä osana, ovat 20...24 m. Betonipilarin valmistusmitta on $n * M$ (liittymismitta) - 20 mm (esim. 380 x 380). Pilarien kulmissa käytetään ensisijaisesti vakioviistettä 15 x 15 mm². Suositeltavat poikkileikkaukset on esitetty kuvassa 1.

Pyöreitä pilareita käytetään arkkitehtuurisista syistä, ja silloin pilarit ovat pystyvalettuja ja ne suositellaan tehtäväksi kerroksen korkuisina. Pyöreän pystyvalettun pilarin suositeltava maksimipituus on noin 7 m. Vakiomittaiset poikkileikkaukset on esitetty kuvassa 2. Vakiomitoituksesta poikkeavia pyöreitä erikoispilareita voidaan valmistaa ruiskuvalutekniikalla lähes minkä kokoisena tahansa. Onton ytimen ympärille kootaan rauditus hitsaamalla ja ytimen ympärille ruiskutetaan betonia, jonka lujuusluokkana käytetään C40-C70. Ontto ydin aikaansaadaan esimerkiksi kierresaumaputkesta tai kovasta lämmöneristeestä, ja se jälkivaletaan yleensä tehtaalla. Ulkohalkaisija voi vaihdella pitkin pilarin pituutta, jolloin menetelmällä voidaan valmistaa kartion muotoisia pilareita. Pilarit valmistetaan yhden kerroksen korkuisina ja niiden maksimipituus on 4 m. Erikoispilareita käytetään vähän kuormitetuissa ja näkyviin jäävissä rakenteissa. (Runko-rakenteet 24.1.2013)

		PILARIN LEVEYS				
		2M 180	3M 280	4M 380	5M 480	6M 580
PILARIN KORKEUS	2M 180					
	3M 280					
	4M 380					
	5M 480					
	6M 580					
	7M 680					
	8M 780					
						

Kuva 1: Suorakaidepilarin suositeltavat poikkileikkaukset

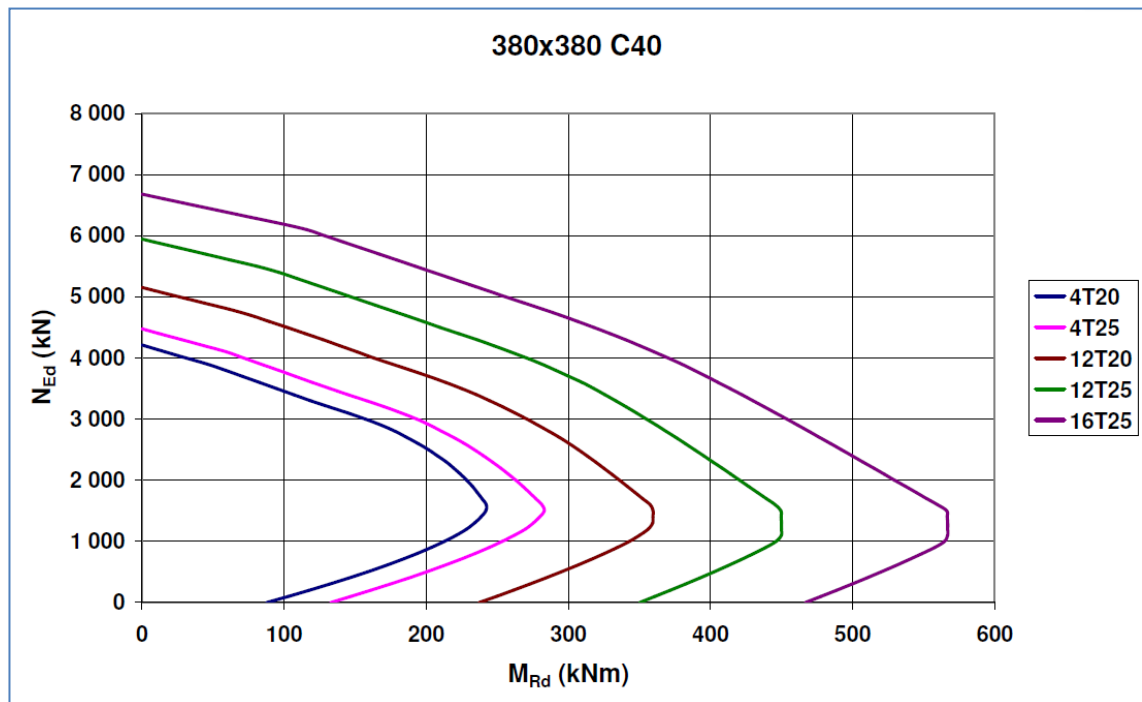
PILARIN HALKAISIJA					
2M 180	3M 280	4M 380	5M 480	6M 580	7M 680
					

Kuva 2: Pyöreän betonielementtipilarin vakiopoikkileikkaukset

Pilariulokkeita käytetään kannattamaan palkkeja, kun pilarit ovat jatkuvia tai kun tukeutuvia palkkeja on useita ja tukipinnat pilarin päällä eivät ole riittäviä. Yleensä suositaan piiloon jääviä ulokkeita. Piiloon jäävä uloke voidaan toteuttaa betoniulokkeella ja loveamalla palkin päätä ulokkeen kohdalta, tai voidaan käyttää teräksestä valmistettuja piiloulokkeita. Palkin pään loveaminen ei ole mahdollista matalilla palkeilla. Elementtipilareiden valmistuksen kannalta suositeltavaa on käyttää teräksisiä piiloulokkeita, jotka on suunniteltu siten, että ne eivät työnny ulos muotista pilarin valuvaiheessa. Tällöin muottipintaa ei tarvitse rikkoa ja sa-

malla valmistuksessa voidaan käyttää teräsmuottikalustoa. Teräsulokkeen pilarin ulkopuoliset osat kiinnitetään tehtaalla muottien purkamisen jälkeen. Eri uloketyypeille on olemassa yhteensopivat teräsosat betonielementtipalkkeihin asennettavaksi.

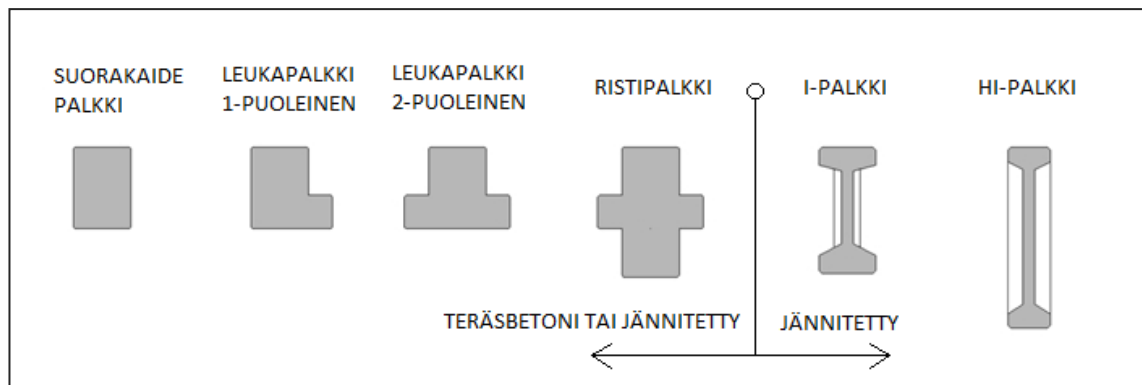
Vakiokokoisten pilarien alustava mitoitus voidaan tehdä taulukkomitoituksella. Taulukoita löytyy esimerkiksi betoniyhdistyksen sivuilta, ja ne valitaan betonilujuuden ja pilarin koon mukaan. Seuraavassa taulukossa on esitetty yhden teräsbetonipilarin kantavuuskäyrät (Mitoitustaulukko 1). Pilarin rakenteellinen kestävyys todetaan vielä tarkemmalla laskennalla. Koska reiät vaikuttavat voimakkaasti pilarin kapasiteettiin, pilarin rei'ittäminen ei ole rakenteen toiminnan kannalta suotavaa. (Runkorakenteet 24.1.2013)



Mitoitustaulukko 1: Esimerkki teräsbetonipilarin kantavuudesta

2.1.3 Palkit

Elementtipalkit voivat olla tavallisia teräsbetonipalkkeja tai jännitettyjä jännebetonipalkkeja. Palkin valmistumitta on $n \cdot M$ (liittymismitta) – 20 mm (esim. 680x480). Betonipalkkien näkyvissä kulmissa käytetään vakioviistettä 15x15 mm². Muodon perusteella eriteltyjä palkkityyppejä on kuvassa 3.

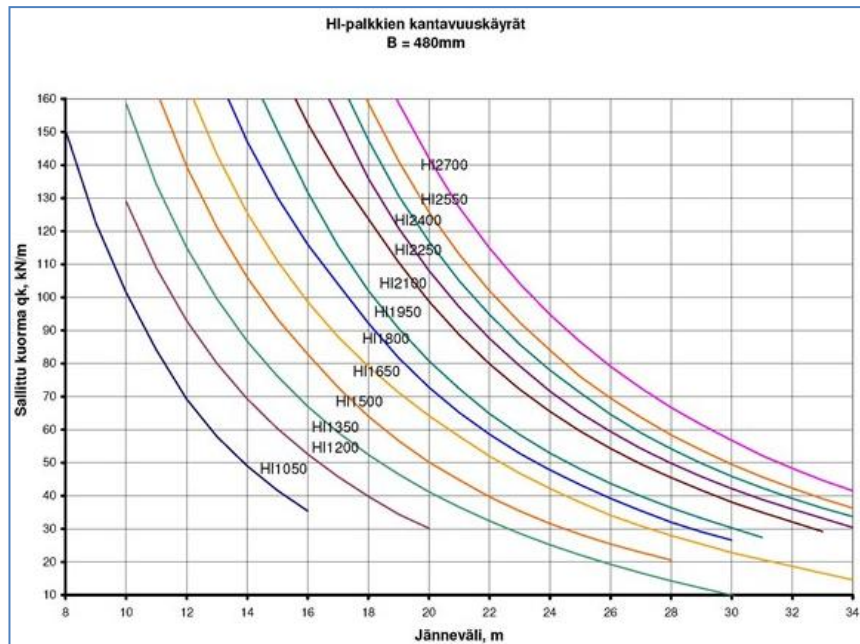


Kuva 3: Erilaisia palkkityyppejä

Teräsbetonipalkkeja käytetään, kun palkin kuormitus ja jänneväli on teräsbetonipalkin kuormitusalueella ja rakennekorkeus on teräsbetonipalkille sopiva. Teräsbetonipalkin käyttö on perusteltua myös silloin, kun palkit ovat yksittäisiä tai valmistussarja on muutoin lyhyt tai jos palkkien kuormitukset tai jännevälit vaihtelevat. Tavallinen teräsbetonipalkki mahdollistaa myös palkkien pään loveuksen. Normaalisti loveuksen pituus on 300 mm. Teräsbetonipalkkeissa pyritään suosimaan ensisijaisesti suorakaidepalkkia, sillä kohtuullisilla jänneväleillä se on edullisin ratkaisu.

Jännebetonisten palkkien käyttö on perusteltua, kun palkin kuormitus ja jänneväli on jännebetonipalkin kuormitusalueella ja kun palkkien taivutusmomentit ovat samaa suuruusluokkaa ja palkkeja on riittävän suuri sarja. (Runkorakenteet 24.1.2013)

Kuten pilarienkin alustavat palkkien mitoitus, myös vakioitujen palkkien kestävydestä on saatavilla kestävyystaulukoita, joita käytetään esisuunnittelussa. Seuraavassa kuvassa on esitetty esimerkkinä HI- palkkien kantavuuskäyrät (Mitoitustaulukko 2).



Mitoitustaulukko 2: HI-palkkien kantavuuskäyrät

Palkkityypin valintaan vaikuttavat muodon lisäksi jänneväli, kuormitukset ja käyttötarkoitus. Perusperiaatteena pyritään käyttämään mahdollisimman paljon samoja poikkileikkauksia. Suorakaide-, leuka- ja ristipalkkeja käytetään yleisimmin ala- ja välipohjissa. Jos laataston alle tarvitaan tilaa, käytetään suorakaidepalkin sijaan leukapalkkia. I-palkkeja käytetään yleensä kattokannattajina. Ristipalkkia kannatta käyttää vain poikkeustapauksissa (palkin korkeus >1000 mm tai pitkä valmistussarja). (Runkorakenteet 24.1.2013)

2.1.4 Seinät

Elementtiseinät tehdään joko raudoittamattomina tai raudoitettuna. Raudoittamattomien elementtien reunaan sijoitetaan reunan suuntainen pielirauditus, jonka halkaisija > 10 mm. Elementtirakenteiset teräsbetoniseinät ovat molemmista pinnoistaan raudoitettuja. Jotta elementtiä voidaan pitää teräsbetoniseinäenä, tulee sen sisältää vähintään minimiraudoitusta vastaava teräsmäärä. Seinäelementtien suositeltava maksimikorkeus on 3,6 m. Maksimitat voivat kuitenkin vaihdella eri tehtaiden välillä. Myös eri kuljetusreiteillä suurin sallittu korkeus vaihtelee, mutta normaalikuljetuksessa elementin maksimikorkeus on 3600...4200 mm.. Maksimikorkeudessa on huomioitava myös nostolenkit sekä elementistä ulos työntyvät tapit yms. Korkeammat elementit vaativat erikoiskuljetuksen ja ns. ilmassa tapahtuvan kääntämisen, jolloin nostolenkit on asennet-

tava myös elementin sivuille. Kyseessä on erikoisnosto, joka on otettava huomioon elementtien asennussuunnitelmassa.

Seinäelementtien suositeltava maksimipituus on 8-9 m. Halkeiluriskin kannalta yli 6 m pitkiä elementtejä tulisi kuitenkin välttää. Seinien paksuuden valintaan vaikuttaa käyttökohde, kuormitukset, yläpuolisten elementtien tukipintojen vaatimukset sekä palo- ja äänitekniset asiat. (Runkorakenteet 24.1.2013)

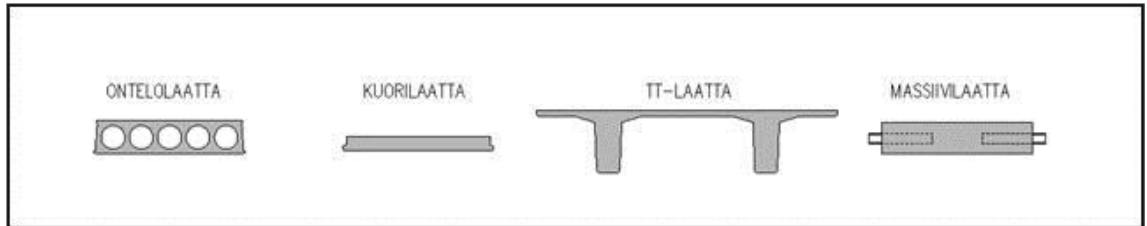
Raudoittamattoman seinän pienin paksuus on 120 mm. Muita käytettäviä paksuuksia ovat 160, 180, 200 ja 240 mm. Kantavan ja jäykistävän seinän suositeltava minimipaksuus on 180 mm ja ulkoseinällä olevien sisäkuorielementtien suositeltava minimipaksuus on 120 mm. Asuinkerrostaloissa ja rivitaloissa, äänitekniset ominaisuuden huomioon ottaen, ulkoseinällä käytettävien sisäkuorielementtien suositeltava paksuus on kuitenkin pääsääntöisesti 150 mm. Lisäksi seinien leveys b tulee olla suurempi kuin 4 kertaa seinän paksuus h . Muuten rakennetta tulee käsitellä pilarina (EN 1992-1-1 kohdat 9.5.1 ja 9.6.1).

Elementtijakoa suunniteltaessa on hyvä huomioida kohteessa käytettävä nostokalusto, jotta ei suunniteltaisi liian painavia elementtejä. Nostokalusto työmaalla rajoittaa usein elementin maksimipainon n.10 tn:iin.

Sandwich-elementtien maksimimitat määräytyvät valmistuksen, kuljetuksen ja asentamisen asettamien rajoitusten lisäksi kuorien välisten kuormitustekijöiden perusteella. Kun kuorien välinen yhteistoiminta varmistetaan diagonaaliansailla, syntyy ulkokuoreen pakkovoimia, jotka eivät ole kuitenkaan merkittäviä, jos kuoren korkeus ei ylitä 3000 mm:ä. Tätä korkeampiin elementteihin ansaita asennetaan vain osaan elementtiä. Kutistumasta ja lämpötilan muutoksesta johtuvat elementin ulkokuoren pituuden muutokset ja kaareutuma kasvavat elementin koon suurentuessa. Samalla pakkovoimat kasvavat. Jotta aukkojen nurkkiin ei pääsisi syntymään näkyviä halkeamia, on pakkovoimat otettava huomioon erityisesti aukollisissa elementeissä. Halkeilua voidaan hallita käyttämällä kapeissa ikkunoiden ja ovien pielissä ns. valesaumoja tai uritusta. Ulkoseinissä voidaan käyttää myös erillisiä kuorielementtejä, jotka tuetaan sokkelista, seinäelementeistä tai suoraan anturan päältä. Kuorielementtien raudoitus olisi hyvä tehdä aina ruostumattomasta teräksestä. (Runkorakenteet 24.1.2013)

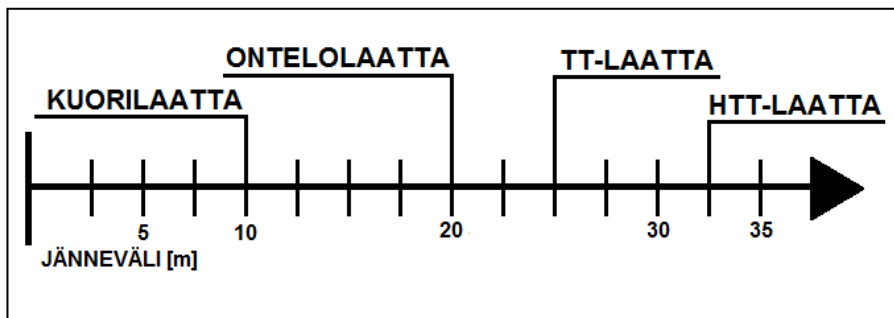
2.1.5 Laatat

Elementtilaattojen käytöllä saavutetaan monia etuja perinteiseen paikallavalettuun laatastoon verrattuna. Tärkeimpiä etuja ovat muotti- ja tuentatyön vähäisyys, rakentamisen nopeus ja työskentelytason aikaan saaminen varhaisessa vaiheessa. Yleisimmät laattatyypit on esitetty Kuvassa 4. (Runkorakenteet 24.1.2013)



Kuva 4: Yleisimmät laattaelementit

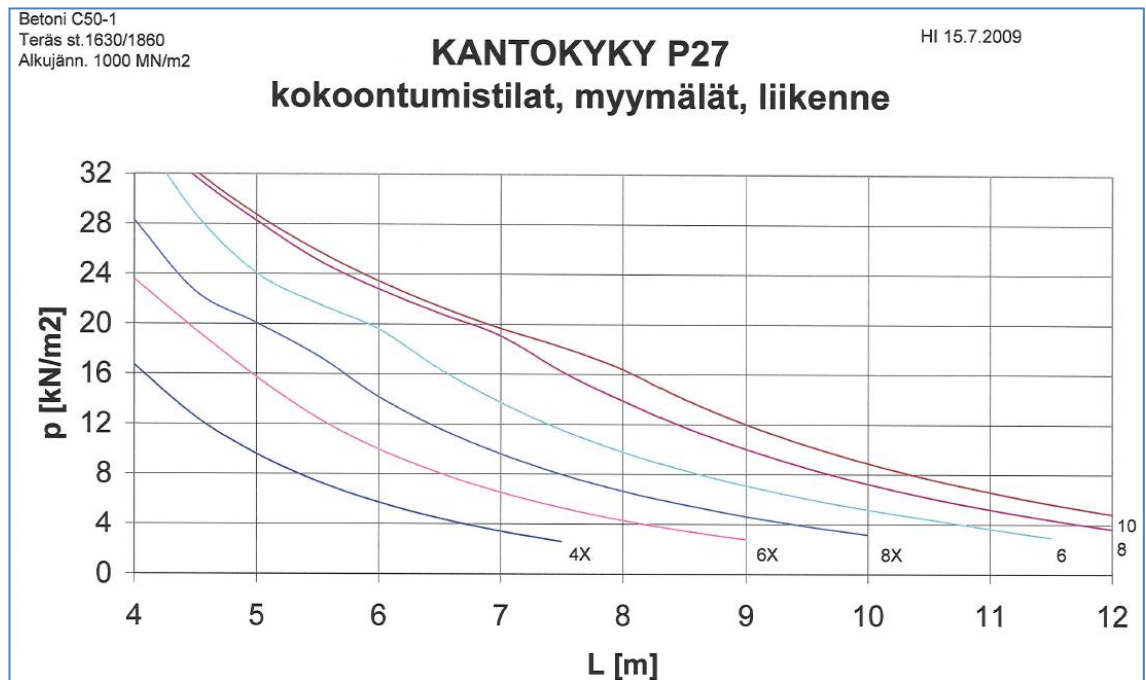
Laattatyypin valintaan vaikuttavat toiminnalliset vaatimukset ja kuormitukset. Laattatyypin valitaan jännevälin, kuormituksen ja äänitekniisten ominaisuuksien lisäksi aukoituksen tarpeen ja arkkitehtuuristen vaatimusten perusteella. Myös palonkestävyys ja työmaan nostokalusto tulee ottaa huomioon laattatyypin valittaessa. Seuraavassa diagrammissa on esitetty laattojen pisimmät jännevälit (Kaavio 1).



Kaavio 1: Laattojen suurimmat jännevälit.

Yleisin betonirunkoisissa rakenteissa käytettävä elementtilaattatyypin on ontelolaatta. Niitä käytetään niin asuin-, liike- kuin teollisuusrakennusten ala-, väli- ja yläpohjissa. Ontelolaatat ovat esijännitetyjä laattaelementtejä, joita on kevennetty laatan pituussuunnassa kulkevilla onteloilla. Ontelolaattojen valmistuksessa käytettävän betonin lujuusluokka on C40...C70. Ontelolaattojen vakiopak-suudet ovat 150, 200, 265, 320, 370, 400 sekä 500 ja vakioleveys 1200 mm ja

niillä voidaan päästä 20 metrin jänneväleihin asti. Ontelolaatan alustava valinta tehdään taulukoiden mukaan, jonka jälkeen punossuunnittelija laskee tarvittavat jännepunokset. Koska punokset ovat jännitettyjä, on punossuunnittelijalla oltava rakentamismääräyskokoelman mukaan AA-luokan pätevyys. Mitoituskäyrässä 3 on esitetty 265 mm paksuisen ontelolaatan mitoitus- ja taulukko. (Runkorakenteet 24.1.2013)



Mitoitustaulukko 3: 265 mm paksuisen ontelolaatan mitoitustaulukko

Ontelolaattojen tukeutuessa joustavan tuen varaan, kuten Deltapalkin, on lisäksi huomioitava siitä johtuva ontelolaatan kapasiteetin heikentyminen tuen reunalla. Yhteisvaikutuksen voi laskea esimerkiksi Flexibl-matalapalkkien tarkistusohjelmalla. Ontelolaattoja rei'ittäessä tulee perehtyä ontelolaattavalmistajien antamiin ohjeisiin. Ontelolaatan katketessa kokonaan voidaan tuennassa käyttää ontelolaattakannakkeita.

Kuorilaatta on ohut, esijännitetty umpilaattaelementti, joka toimii muottina paikalla valettavalle betonille. Lopullisessa tilanteessa kuorilaatta toimii pääraudoituksen sisältävänä liittorakenteena yhdessä päällevalun betonin kanssa. Kuorilaattaelementissä on ansaat, joilla työsauman toimivuus päällevalun betonin kanssa varmistetaan. Ansaita voidaan käyttää myös laattaelementin nostamiseen. Kuorilaattoja käytetään yleisimmin teollisuus- ja asuinrakennuksissa sekä

pysäköintitaloissa. Kuorilaattojen yhteydessä rakennusten runkojärjestelmänä voidaan käyttää kantavat seinät-, pilaripalkki- tai pilarilaatta-järjestelmää. Kuorilaatta soveltuu erinomaisesti käytettäväksi niin betoni-betoni- kuin betoni-teräsiittorakenteen osana. Alapohjissa käytettäviin kuorilaattoihin voidaan kiinnittää lämmöneristys valmiiksi tehtaalla. Kuorilaatan vakioleveys on 1200 mm ja vakiopaksuudet 100, 120 sekä 150 mm. Tarvittaessa voidaan käyttää kavennettuja laattoja. Pintalaatan paksuus vaihtelee välillä 100...200 mm. Myös kuorilaatan mitoitukseen on tehty suunnittelua helpottavia kantavuuskäyriä. Kuorilaatan lopulliset punokset suunnittelee punossuunnittelija. Kuorilaattojen maksimijänneväli on noin 10 metriä. (Runkorakenteet 24.1.2013)

TT-laatat ovat esijännitetyjä teräsbetonielementtejä, joilla päästään pitkiin jänneväleihin. Laatat valmistetaan 50-100 m pitkien jännitysalustojen päällä. Tavallisesti laatat valmistetaan käytetään C40-lujuusluokan betonia. TT-laattoja käytetään kohteissa, joissa vaaditaan sisätiloissa runsaasti vapaata tilaa. Yleisimmin TT-laattoja käytetään teollisuus- ja varastorakennusten yläpohjissa. Muita käyttökohteita ovat suurten myymälärakennusten sekä paikoitustalojen ala-, väli- ja yläpohjat. Vesikaton kallistukset aikaansaadaan käyttämällä tasakorkeita TT-laattoja HI-palkkien kanssa tai käyttämällä harja-TT-laattoja jännitettyjen I-palkkien kanssa.

HTT-laatat ovat esijännitetyjä teräsbetonielementtejä, ja ne valmistetaan 3000 mm leveinä. Harjan kaltevuudet vaihtelevat valmistajan mukaan. Yleisimmät kaltevuudet ovat 1:20 ja 1:40. Harjakorkeudet vaihtelevat kaltevuuden ja jännevälin mukaan 800-1600 mm 100 mm:n porrastuksin. Varminta on tarkistaa tiedot valmistajien tuote-esitteistä tai tehtaalta. Vakiokorkuisten TT- ja HTT-laattojen mitoitukseen löytyy kantavuuskäyriä esimerkiksi betoniteollisuuden sivuilta. Lopulliset punokset laskee punossuunnittelija. (Runkorakenteet 24.1.2013)

Massiivilaattaelementtejä valmistetaan jännitettyinä ja teräsbetonilaattoina. Teräsbetonisia massiivilaatta-elementtejä käytetään yleisesti porrashuoneissa kerrostaso- ja välitasolaattoina. Massiivilaattaelementtien etuna on se, että ne voidaan tehdä ristiin kantavina, kun yleensä elementtilaatat kantavat vain yhteen suuntaan. Elementin liittämiseen käytetään usein teräsputkikannatusta, jossa

kannatusputket on ympäröity neopreenikaistalla. Toinen vaihtoehto on käyttää laattojen kannatukseen tarkoitettuja konsoleita. (Runkorakenteet 24.1.2013)

2.1.6 Porraselementit

Porrassyöksyelementtejä valmistetaan useita erilaisia tyyppejä, jotka soveltuvat eri käyttötarkoituksiin. Porrashuoneiden rakenteellinen toiminta riippuu rakennustyyppistä. Porrashuoneet voivat toimia rakennuksen kantavina ja jäykistävinä osina, tai niiden käyttötarkoitus voi perustua toimimiseen vain poistumistienä ja paloa osastoivana rakennusosana. Monikerroksisissa toimisto- ja liikerakennuksissa porrashuoneita sekä hissikuiluja käytetään jäykistävinä rakennusosina. Tällöin elementtien välisiin liitoksiin syntyy lisärasituksia jäykistyksestä.

Porrashuoneiden elementoinnilla työvoiman tarve työmaalla pienenee ja syntyy aikataulusäästöä nopeamman asennuksen ansiosta. Samalla työjärjestelyt ovat selkeitä ja vältetään työryhmien samanaikaiselta työskentelyltä kohteessa. Elementit valmistetaan sisätiloissa, jolloin valmistus on mittatarkkaa, eikä sääolosuhteilla ei ole niin suurta vaikutusta lopputulokseen. Koska porraselementtien tyypit eroavat mitoiltaan ja liitoksistaan valmistajakohtaisesti, on liittyminen muuhun rakennelmaan tarkistettava tapauskohtaisesti. Ennen lopullista valintaa on syytä tarkistaa valmistajakohtaiset ohjeet. (Runkorakenteet 24.1.2013)

2.1.7 Hissikuilu

Kokoamalla koko hissikuilu valmiista kuiluelementeistä, säästetään työmaalla aikaa asennustöissä perinteiseen rakennustapaan verrattuna. Aikataulusäästö on vielä suurempi verrattuna paikallavalettavaan hissikuiluun. Hissikuilun pohjalle tulee kuppielementti, jonka valmistuksessa käytetään vesitiivistä betonia. Tarvittaessa elementtitoimitukseen voidaan lisätä pohjan RST-kaukalo. Elementin korkeus ja kaukalon syvyys valitaan käytettävän hissityypin mukaan. Alimman kuppielementin päälle kootaan hissikuilu kerroksen korkuisista elementeistä. Maksimikerroskorkeus kuiluelementeille on 3 m, ja suositeltava seinämävahvuus on 150 mm tai 200 mm. Yläpään tulee myös kuppielementti, jonka korkeus vaihtelee hissitoimittajan mukaan. Elementit voivat sisältää tarvittavat varusteet ja LVIS-installaatiot hissien asennusta varten. Asuinkerrostaloissa käytetään usein vakiokokoisia ja -tyyppisiä hissejä. Siksi asuinkerrostaloja varten

on kehitetty vakioitu kuilutyyppejä, ja sen mitat ovat 1650 x 1800 mm. Kuiluelementtien lopullisen suunnittelun tekee valmistajan suunnittelija. Rakenteellinen suunnittelu rajoittuu kuilun mittojen valintaan ja liittyvien rakenneosien liittymien suunnitteluun. Kuiluelementteihin voidaan tarvittaessa lisätä ovipalkki ja oven pieli. Ovipalkin korkeus ja pielen leveys valitaan hissityypin mukaan. (Runkorakenteet 24.1.2013)

2.1.8 Muut elementtirakenteet

Hormielementit voivat olla itsenäisiä elementtejä tai ne voidaan liittää osaksi väliseinää. Itsenäisen hormin ja seinän väliin suositellaan jätettäväksi 20 mm:n asennusvara. Riippuen valmistajasta hormielementit tuetaan yleensä kerroksittain välipohjasta vaarnaliitoksen avulla. Alimman hormielementin tuenta tehdään laatasta päältä. Nykyään valmistetaan myös hormielementtejä, joiden sisälle on valmiiksi asennettu rakennukseen tulevaa talotekniikkaa. Hormielementtien liitos ja niiden sisäisten LVIS-putkitusten yhdistäminen tehdään työmaalla, mutta muuten nousuputkisto sekä haaroitukset ovat elementissä valmiita. Hormielementit ovat yleensä kerroksen korkuisia. Ne asennetaan muun elementtiasennuksen yhteydessä samassa tahdissa kuin rakennuksen pystytys etenee.

Suomessa valmistetaan erilaisia elementtejä, joihin on integroitu kylpyhuoneeseen tulevaa talotekniikkaa. Markkinoilla on tarjolla esimerkiksi valmiita laattaelementtejä, jotka sisältävät viemärit, vesijohdot, lattiakaivon ja lattian lämmityskaapelit. Lattian kallistukset voidaan tehdä laattaelementtiin tai kallistukset voidaan tehdä työmaalla pintalaatalla.

Lisäksi tarjolla on erilaisia tilaelementtejä, joiden avulla koko kylpyhuone voidaan toimittaa yhtenä elementtinä työmaalle. Elementit voivat sisältää koko kylpyhuoneeseen tulevan talotekniikan, pinnat ja kalusteet. Elementeissä pohjalaatta on yleensä betonia. Seinien ja kattojen toteutustapaan on olemassa erilaisia vaihtoehtoja valmistajakohtaisesti. On olemassa rungotaan täysin betonirakenteisia tilaelementtejä ja lisäksi tilaelementtejä, joissa seinät ja katto on toteutettu kevytrakenteisena.

Markkinoilta löytyy myös elementtirakenteisia väestönsuojia, jotka lyhentävät rakentamiseen kuluvaan aikaan. Elementtirakenteiset väestönsuojat ovat pääosin yhdistelmärakenteita, joissa elementit ja paikallavalu muodostavat yhdessä lopullisen suojarakenteen. Näin ollen rakenneosien liittymät saadaan jäykiksi tai osittain jäykiksi. Väestönsuojan rakenneratkaisu valitaan usein rakennuksen muun rungon rakentamistavan perusteella. (Runkorakenteet 24.1.2013)

2.2 Vakioteräsosat

Elementtejä suunnitellessa käytetään valmistajien valmiita vakioteräsosia. Vakioteräsosia käytetään elementtien valmistuksessa, esimerkiksi kuorien liittämiseen toisiinsa, siirtäessä nostossa ja lopullisessa tilanteessa liitoksissa toisiinsa ja muihin ympärillä oleviin rakenteisiin. Valitun teräsosan saatavuus on hyvä tarkistaa ennen suunnitelmien lähettämistä tehtaalte. Näin voidaan varmistaa se, että puuttuvat tai erikseen tilattavat osat eivät hidasta valmistuksen kulkua. Jotkut elementtitehtaat käyttävät vain tiettyjen valmistajien vakioteräsosia, jolloin suunnitelmia laatiessa on käytettävä vain tietyn valmistajan tuotteita. Tarvittaessa puuttuvat teräsosat voidaan korvata samalla, mutta eri valmistajan valmistamalla teräsosalla. Tällöin vaihdettavan teräsosan kantokyky on tarkistettava. Mikäli kantokyky poikkeaa enintään 5 %, pidetään eri valmistajien tekemiä teräsosia keskenään vaihtokelpoisina ilman eri selvitystä. Listassa 1 on lueteltu eri valmistajien vakioteräsosia ja niiden käyttökohteita. (Liitokset 24.1.2013)

Vakioteräsosa	Esimerkkikäyttökohte
Pilarikengät	Pilarin alapään kiinnitys perustukseen
Seinäkengät	Seinän kiinnitys perustukseen tai alempaan seinään
Piilokonsolit	Pilarin liitos palkkiin
Pilaripultit	Pilarin jatkosliitos
Nostolenkit	Elementtien nosto
Ansaat	Sisäkuoren ja ulkokuoren liittäminen toisiinsa
Vaijerilenkit	Seinäelementtien pystysaumot
Kiinnitysosat	Teräsosan kiittäminen betonielementtiin
Valuankkurit	Nosto tai jälkikiinnitettävät liitokset
Ontelolaattakannakkeet	Ontelolaattojen tuenta
Parvekkeiden liitososat	Parvekkeen liittäminen elementtiin

Taulukko 10: Suomessa käytettyjä vakioteräsosia ja niiden käyttökohteita

Suomessa valmisosia myyvät Peikko, Anstar, Semtu, Pintos, Celsa Steel Service, Emeca, Leimet, R-Group, Salon Tukituote ja Halfen Suomi. Näistä käytetyimmät ovat kolme ensimmäistä. Suurimmat valmistajat ovat tehneet suunnittelijoiden työtä helpottavia ohjelmistoja, joilla valmisosien kestävyys voidaan tarkastaa. Elementtejä suunnitellessa on hyvä käyttää ohjelmistoihin ladattavia valmistajien luetteloita. (Liitokset 24.1.2013)

2.3 Elementtisuunnittelu

2.3.1 Alihankinnan tarjouspyyntövaihe

Alihankinnan tarjouspyyntövaihe muodostuu tarjoajien valinnasta, tarjousten vertailusta, vastuuhenkilöiden ja organisaation arvioinnista ja sopimusneuvotteluista. Tarjouspyyntövaiheen tavoitteena on parhaimman mahdollisen sopimus-kumppanin löytäminen. Tarjouspyyntöasiakirjat laatii pääsääntöisesti kohteen rakennesuunnittelija. Niiden lähtötietoina ovat muun muassa määrällisesti ja laadullisesti riittävän valmiit arkkitehtisuunnitelmat, kuormitustiedot, tyypillisimmät rakenneratkaisut ja perusdetaljit. Tarjouspyyntövaiheessa esitettävien suunnitteluasiakirjojen tulee sisältää ainakin seuraavassa listassa esitetyt asiat (Lista 1). Tarjousvaiheen jälkeen piirustuksiin tulevat muutokset sovitaan erikseen.

Julkisivut ja niiden pintatiedot
Julkisivu- ja runkokaaviot
Rungon jäykistysperiaatteet
Oleelliset leikkaukset
Riittävä määrä tyyppielementtipiirustuksia kuvaamaan koko kohdetta
Mahdolliset erikoisteräsovat
Alustavat reikä- ja varausmäärät

Lista 1: Tarjouspyyntövaiheen tarvittavat lähtötiedot

Elementtisuunnittelijoiden valintaan vaikuttaa hinnan lisäksi suunnittelijoiden kokemus, ammattitaito ja erityisosaaminen sekä toimiston resurssit. Valintaan voi vaikuttaa myös valittavien toimistojen maine, sijainti tai kokemukset edellisistä projekteista. Kilpailun ollessa tiukka voidaan vielä haastatella tarjouksissa mahdollisesti esitetyt suosittelijat. Tätä kautta on mahdollista saada tietoja suunnittelutoimiston toiminnasta sekä asiantuntemuksesta. Ennen lopullista suunnittelutoimiston valintaa pyydetään tarjoajilta selvitystä nimettävistä vas-

tuuhenkilöistä. Suunnittelua johtavan henkilön asiantuntemus ja kokemus on erittäin merkittävä valintakriteeri. Tarjouspyyntövaiheen tuloksena saadaan sopimus tilaajan ja palveluntuottajan välillä. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013; Kiinteistöpalveluiden hankintaprosessi 18.2.2009)

2.3.2 Aloituskatselmukset ja -kokoukset

Kun elementtien toimitussopimus on tehty, pidetään elementtisuunnittelun aloituskatselmus. Aloituskatselmuksen kutsuu yleensä koolle elementtisuunnittelun tilaaja. Jos elementtisuunnittelu on tehty jo ennen elementtien toimitussopimusta, pidetään suunnittelukatselmus, jossa käydään läpi edellä luetellut asiat soveltuvien osien. Katselmuksen koollekutsuja on elementtivalmistaja.

Asennussuunnitelman ja alustavan asennusjärjestyksen tulee olla käytettävissä, kun suunnittelija, valmistaja ja tilaaja päättävät suunnitteluajataulusta. Rakennuskohteen asennusjärjestyksen muuttuessa suunnittelija ja elementtitoimittaja sopivat tarvittaessa elementtien uuden suunnittelu- ja valmistusjärjestyksen ja piirustusten laadinnalle uudet välitavoitteet sekä informoivat asiasta tilaajaa. Asennusaikatauluun tai -suunnitelmaan tulevista muutoksista sovitaan pää- ja asennusurakoitsijan, suunnittelijan ja valmistavan tehtaan kesken.

Elementtisuunnittelun lähtötietojen laatuun ja oikeellisuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Mikäli tarjouspyyntövaiheen suunnitteluasiakirjoihin on tulossa suunnittelun aikana muutoksia, on tästä ennen muutosten tekemistä informoitava elementtitehdasta sekä elementtisuunnittelun tilaajaa. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013)

2.3.3 Pääsuunnittelijan tehtävät

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan talonrakennushankkeessa on oltava pääsuunnittelija, joka huolehtii siitä, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden. Pääsuunnittelijan rooli on johtamispainotteinen, ja hän vastaa rakennusviranomaisille tehtävien asianmukaisesta hoitamisesta hankkeen suunnittelun ja rakennustyön ajan. Pääsuunnittelijan on yhdessä rakennushankkeeseen ryhtyvän kanssa huolehdittava ja varmistettava, että käytettävissä ovat tarvittavat lähtötiedot ja ne ovat ristiriidattomat, ajan tasalla ja

suunnittelijoiden tiedossa, kaikilla suunnittelijoilla on tieto vastuullaan olevista suunnitelmista, suunnitelmien yhteistoiminta on järjestetty ja suunnittelulle on varattu riittävästi aikaa sekä tarvittavat suunnitelmat laaditaan ja todetaan yhteensopiviksi ja ristiriidattomiksi. Talonrakennushankkeessa pääsuunnittelijana toimii yleensä arkkitehti. Kustakin erityissuunnitelmasta vastaava henkilö huolehtii siitä, että suunnitelma täyttää sille asetetut vaatimukset. Jos erityissuunnitelman laatijoita on useita, näistä yhden tulee olla nimetty kyseisen erityisalan kokonaisuudesta vastaavaksi suunnittelijaksi. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013)

2.3.4 Päärakennesuunnittelijan tehtävät elementtisuunnittelussa

Päärakennesuunnittelijan toimesta toteutetaan kokonaisuutena rakennuksen jäykistys ja samalla huomioidaan sen mahdollinen vaikutus elementtien mitoittamiseen. Päärakennesuunnittelija laatii tarvittavat yleissuunnitelmat sekä kuormituskaaviot joista käy ilmi kuormituslähtötiedot. Päärakennesuunnittelija suorittaa myös elementtisuunnitelmien rakenteellisen tarkastuksen siinä laajuudessa, että urakkalaskenta-asiakirjoissa määritelty laatutaso ja rakenteellinen kokonaisuus toteutuvat. Päärakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu myös määrittellä rakenteiden suunnitellun käyttöiän vaatimukset sekä elementtien tyypilliset liitos- ja kiinnitysdetailit. Lähtökohtaisesti pääperiaatteena on, että laskennan tehnyt suunnittelija mallintaa eli suunnittelee myös laskemansa rakenteet ja liitokset. Tehtäviin kuuluu lisäksi pohjarakenteiden ja kantavien rakenteiden yhteistoiminta, rakennuspaikan kuivatus, rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta sekä edellisten tehtävien yhteensovittaminen.

Päärakennesuunnittelijan on esitettävä elementtisuunnitelmat tarvittavassa laajuudessa rakennusvalvontaviranomaisille ennen elementtien valmistuksen aloittamista. Päärakennesuunnittelija toimittaa myös elementtisuunnittelun lähtötiedot sekä työpohjat reikä- ja varustelutietojen merkitsemistä varten LVIS -suunnittelijoille erikseen sovittavan aikataulun mukaisesti. Päärakennesuunnittelijan ja elementtisuunnittelijan tavanomainen työnjako on esitetty vielä luvussa 2.3.5 (Lista 3). (Suunnitteluprosessi 5.2.2013)

2.3.5 Elementtisuunnittelijan tehtävät

Elementtien lopulliset rakenne-, työ- ja mittapiirustukset sekä elementtien sijainti-, kiinnitys- ja liitosdetaljit lujuuslaskelmineen laatii elementtisuunnittelija. Piirustusten ja laskelmien tulee perustua rakennesuunnittelijan urakkalaskentaan tekemiin elementtikaavioihin, tyyppi- ja detailji- ja detailjisuunnitelmiin sekä arkkitehdin ja kohteen erikoissuunnittelijoiden laatimiin työ- ja erikoispiirustuksiin ja sovitustietoihin. Elementtisuunnittelijan kuuluu toimittaa rakennesuunnittelijalle ennen elementtien valmistuksen aloituskatselmusta kyseistä työtä koskevat lujuuslaskelmat, jolloin rakennesuunnittelija esittää ne tarvittavassa laajuudessa rakennusvalvontaviranomaiselle. Elementtisuunnittelija tekee elementtikaaviot ja -luettelot sekä muut mahdolliset erikseen sovitut luettelot. Elementtisuunnittelijan on merkittävä myös paikallavalurakenteisiin liittyvien elementtien tartuntojen detaljit piirustuksiin tai erillisiin detailji- ja kaaviopiirustuksiin.

Päärakennesuunnittelija	Elementtisuunnittelija
Käytettävä mitoitusnormisto	Lähtötietojen yhteensopivuuden varmistaminen
Kokonaisstabiiliteetilaskelmat ja jäykistysvoimia välittävät liitokset.	Elementtien lujuuslaskelmat (murto- ja käyttörajatila, onnettomuusrajatila, palotila)
Rungon työnaikainen kokonaisvakavuus	Jäykistysvoimia välittämättömät liitokset
Kuormitustiedot ja vaatimukset	Kaikki elementtien valmistussuunnitelmat
Reikäti tietojen antaminen ja reikien sijoittelun koordinointi	Elementtien liitos- ja asennusdetaljit
Paikallavalurakenteet	Yksittäisten elementtien asennusaikainen vakavuus ja tuentasuunnitelmat
Tyyppielementit	Turvalaitteiden vaatimat tartunnat
Rakennusfysikaalinen suunnittelu	Elementtikaaviot
Tyypiliitokset	Elementti- ja valutarvikeluettelot
Koordinoi ja yhteensovittaa eri valmisosasuunnittelijoiden työtä	Elementtien vaatimat tartuntasuunnitelmat
Riittävä elementtien rakenteellinen tarkastus	Asennussuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä tarvittaessa

Viranomais hyväksyntä	
Asennussuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä	
Suunnitteluratkaisujen työturvallisuudesta huolehtiminen	
Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje rakenteiden osalta	
Rakenteellisen turvallisuuden riskien arviointi	

Lista 2: Päärakennesuunnittelijan ja elementtisuunnittelijan tavanomainen työnjako (Elementtisuunnittelu.fi)

Todellisissa projekteissa vastaavan rakennesuunnittelijan ja elementtisuunnittelijan tehtäväjako määräytyy lopulta suunnittelusopimuksen mukaan. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013; RAK 95)

2.3.6 Sopimukset ja vastuu

Elementtisuunnittelun suunnittelusopimus tehdään RT 80252:n mukaisella konsulttisopimus-lomakkeella, johon liitetään konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot KSE 95. Sopimuksessa tulee määritellä myös suunnitelmien mahdollista viivästymistä koskevat sanktiot. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013)

Vaihtoehtoisesti elementtisuunnittelusta voidaan sopia Tassu-projektissa tarkistettuna rakennesuunnittelun tehtäväluettelon (RAK 06) mukaan. Tassu-projekti on kiinteistö- ja rakennusalan yhteinen rakennusten turvallisuutta käsittelevä johtoryhmän tekemä hanke, jossa on laadittu ohje rakennushankkeen rakenteellisen turvallisuuden varmistamiseksi. Sen tavoitteena on kehittää betoni- ja teräsraakenteiden suunnittelu- sekä asennusratkaisuja, suunnitteluprosessia ja suunnittelun laatua sekä betoni- ja teräsvalmisosien asentamista ja asennustyön turvallisuutta. (Betoni 20.4.2013)

Elementtien hankintasopimus tehdään Rakennustuotteiden yleisten hankinta- ja toimitusehtojen RYHT 2000-sopimuslomakkeella ja kyseisiä ehtoja käyttäen. Hankintasopimuksessa on otettava huomioon elementtisuunnittelun ja valmistuksen vaatima riittävä aika.

Elementtisuunnittelija vastaa elementtien rakenteellisesta suunnittelusta saamiensa lähtötietojen pohjalta. Elementtisuunnittelija varmistaa myös eri lähtötieto-

jen (mm. RAK, ARK, LVIS) yhteensopivuuden. Vastuu lähtötietojen saannista on elementtisuunnittelun tilaajalla.

Elementtien hankintasopimuksen teon jälkeen tapahtuvat suunnitelmien täydennykset, joilla on vaikutusta elementtitoimittajan aikatauluun tai kustannuksiin, käsitellään sopijapuolten kesken erikseen. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013; KSE 1995; YSE 1990)

2.3.7 Aikataulut ja ohjaus

Elementtirakentamiseen liittyvä erityispiirre on se, että paikallavalurakenteiden suunnitteluun verrattuna suunnittelun vaatima kokonaisaika pitenee. Aikataulua pidentävät erityisesti elementtien liitosten, detaljien ja varustelujen suunnittelu. Toisaalta elementtirakenteiden ansiosta työmaalla tehtävän työn kesto taas lyhenee merkittävästi. Koska aikaa ei voi käyttää rajattomasti, ajankäyttö on aina suhteutettava käytössä olevaan suunnittelupalkkioon. Rajallisessa ajassa on pyrittävä löytämään paras mahdollinen suunnitteluratkaisu. Etukäteen on hyvä suunnitella ainakin karkeasti kunkin suunnittelutehtävän ajankäyttö.

Rakennushankkeen yleisaikataulua laadittaessa muodostetaan tehtäväluettelo, johon kootaan ajallisesti ja taloudellisesti merkittävät eri urakoitsijoiden tehtävät. Näin ollen myös elementtisuunnittelun vaatima aika tulee sovittaa laadittuun yleisaikatauluun. Elementtien tuotantopiirustusten ja luetteloiden valmistumiselle laaditaan lisäksi tarkempi aikataulu, jossa sovitaan tarkat päivämäärät, jolloin piirustukset ovat valmistavalla tehtaalla. Aikataulut vaihtelevat aina eri projekteissa, joten ne on sovittava aina erikseen projektikohtaisesti. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 11) on lueteltu toiminnoittain ohjeelliset ajat aikataulusuunnittelua varten. Ajat ovat viikkoa ennen elementtitoimituksen aloittamista.

Tehtävä	aika (vk)
Valmisosien tarjouspyyntö	13...18
Toimitussopimus	10...15
Valmisosasuunnittelun aloituskatselmus, arkkitehdin lähtötiedot, aloituskokous, alustava työmaasuunnitelma	12...14
Suunnittelun lähtötiedot	9...14

Valmisosasuunnittelun aikataulu ja aloitus	9...13
Tieto erikoismateriaaleista ja erikoiskuljetuksista	8...10
Elementtikaaviot	8...9
Punossuunnittelu, koe-elementit	6...7
Mallielementtikatselmus	5...6
Valmistuskuvat lohkoittain tehtaalla, valmistuksen aloitus, karkea asennusaikataulu	4...6
Elementtien asennusaikataulu lohko-/ kerrostarkkuudella	3...4
Asennustyön aloituskokous työmaalla	1...2

Taulukko 11: Ohjeellisia aikatauluja aikataulusuunnitteluun

Elementtisuunnittelun lähtötietovaihe on sovitettava rakennus- ja asennusaikatauluihin, asennusjärjestykseen sekä suunnitteluprosessiin siten, että kaikki tarpeelliset tiedot ovat yksiselitteisinä toimitettavissa elementtisuunnittelun edellyttämässä aikataulussa. Suurissa kohteissa voidaan piirustukset lähettää toimituserissä tietyin jaksoin tai lohkoittain. Suunnittelun johtamisen avuksi laaditaan suunnitelma-aikataulu eli piirustusaikataulu, joka on keskeinen johtamisen työkalu kuvaamaan suunnitelmien valmistumisen tarpeesta. Suunnittelun vaatima aika tulee siis sovittaa laadittuun yleisaikatauluun. Suunnitelma-aikataulun tarkoitus on kuvata suunnittelun sisältöä sekä suunnittelun ajoitusta. Toisin sanoen suunnitelma-aikataulu määrittää tarkoin päivämäärät, jolloin arkkitehti-, rakenne- ja mahdolliset erikoissuunnitelmat tulee olla tehtynä sekä valmistavan tehtaan käytössä. Ennen suunnittelu-aikataulun laatimista on sovittava lähtötietojen toimituspäivämäärät sekä milloin LVIS-, reikä- ja varauskierros tehdään. Tässä tulisi huomioida myös elementtien sähköistämisuunnittelun sekä muiden varustusten sijoittelun vaatima aika. Suunnittelijan on ilmoitettava suunnittelun tilaajalle sekä elementtivalmistajalle, jos hän ei saa sovittuja lähtötietoja aikataulun mukaisesti. Ohjeelliset aikataulut on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 12). Viikot ovat aikoja ennen kyseisen elementtiterän toimitusta.

Elementti	aika(vk)
Seinäelementit	6
Ontelolaatat	4...6
Runkoelementit	6

Taulukko 12: Suunnitelmien ohjeellisia aikatauluja

Ajan säästämiseksi on hyvä käyttää mallina jo olemassa olevia vanhoja suunnitelmia. Tällöin ei tarvitse tehdä kaikkea uusiksi alusta saakka ja samalla säästetään arvokasta aikaa. Vanhojen pohjien käyttämisessä on huomioitava virhemahdollisuudet ja kiinnitettävä huomiota siihen, että elementtipiirustuksiin ei jää mitään ylimääräistä tai väärää tietoa vanhoista suunnitelmista. Myös valmiiden detaljikirjastojen käyttö nopeuttaa huomattavasti suunnittelun edistymistä. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013)

2.3.8 Aikataulun ja suunnitelmien valmiusasteen seuranta

Aikataulussa pysymisen varmistamiseksi on noudatettava sovittuja menettelyjä. Toimimalla sovittujen asioiden mukaan voidaan varmistaa, että pysytään myös siinä, mitä on luvattu. Yleisen valvonnan lisäksi aikataulujen toteutumista valvotaan myös suunnittelukokouksissa sekä työmaakokouksissa. Kokouksissa käydään läpi ja tarkistetaan avoimeksi jääneiden asioiden eteneminen ja keskeneräisten suunnitelmien aikataulutilanne sekä tilaajalta saatujen lähtötietojen aikataulussa pysyminen. Suunnittelu-aikataulun toteutumista seuraa projektin vetäjä, ja seuranta tehdään normaalisti kahden viikon välein, joko suunnittelijoiden kokouksissa ja palavereissa tai henkilökohtaisilla yhteydenotoilla. Yksittäisen suunnittelijan tulee pitää huolta siitä, että mikäli käytettävissä oleva suunnittelu-aika ei näytä riittävän, tulee siitä informoida esimiestä hyvissä ajoin. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013)

2.3.9 Suunnitelmien laadinta

Jokaisesta elementistä laaditaan aina elementtipiirustus tunnuksineen, jonka mukaan elementit valmistetaan. Myös pienissä elementtirakenteisissa rakennuskohteissa elementtien valmistusmäärä on suuri, joten myös elementtipiirustuksia on paljon. Elementtien sarjatuotannon kannalta on tehokasta valmistaa samanlaisista elementeistä vain yksi piirustus, jossa kerrotaan valmistettavien elementtien tuotantomäärä. Erityisesti suunnitteluun kuluva työaika vähenee tällöin huomattavasti. Tätä tapaa olisi hyvä noudattaa, kun rakennusprojektissa on useita samanlaisia elementtejä. Elementtien lopulliset tunnuukset voidaan

päättää vasta, kun elementit on käytetty sähkö- ja LVI-suunnittelijoilla ja varmistettu siitä, että mahdolliset varauksetkin ovat samanlaisia.

Toinen tapa toteuttaa suunnitelmat on tehdä jokaisesta elementistä oma piirustuksensa. Tällöin suunnitteluun menee enemmän aikaa ja piirustusten määrä kasvaa huomattavasti. Suuri piirustusten määrä tuottaa myös elementtien valmistavan tehtaan kannalta lisää työtä, sillä tunnuksista ei näe suoraan, mitkä elementit ovat samanlaisia ja siten voidaan valmistaa samalla elementtimuotilla. Kun jokaisesta elementistä on oma piirustus, on sähkösuunnitelmien ja muiden varausten tekeminen on helpompaa, koska suunnitelmat voi tehdä elementti-kohtaisesti. Jos sähkövaraukset ovatkin samanlaisissa elementeissä eri kohdissa, ei tässä tapauksessa niiden erilaisuus aiheuta uutta revisiointia.

Suunnittelu perustuu aina pääsuunnittelijan viimeisimpään revisioon. Koska pääsuunnittelijana toimii yleensä arkkitehti, tulisi arkkitehtisuunnitelmien revisioista pitää tarkkaa lukua. Vanhaan arkkitehtisuunnitelmaan tulee kansilehdelle merkitä selkeästi, että kyseinen piirustus ei ole enää uusin versio. Vanha revisio voidaan merkitä tekstillä tai esimerkiksi diagonaaliviivalla nimiön nurkasta nurkaan.

Jotta kyseisestä rakennuksesta saataisiin selkeä kuva, tulisi arkkitehtisuunnitelmiin perehtyä perusteellisesti jo ennen suunnittelun aloittamista. Mikäli jotain oleellisia lähtötietoja puuttuu, on siitä ilmoitettava välittömästi arkkitehdille ja pyydettyä lisätietoa, kuitenkin sovitun aikataulun puitteissa.

Elementtipiirustuksen tärkein tehtävä on esittää selkeästi kaikki elementin valmistuksessa sekä rakenteen käytössä tarvittavat tiedot. Suunnitelmaa tulee aina miettiä myös toteutuskelpoisuuden ja työjärjestyksen kannalta ja rakennusajan sääolosuhteet tulee ottaa huomioon. Mikäli urakoitsijat ovat jo tiedossa suunnitteluvaiheessa, toteutustapoja olisi hyvä käydä läpi yhdessä rakennuttajan ja urakoitsijan kanssa.

Lopulliset elementtipiirustukset valmistetaan aina suunnittelijan laatiman mallielementtipiirustuksen ja tämän työselityksen mukaan. Mallipiirustusten on siis syytä olla selkeitä ja helposti luettavia, eikä niitä saisi piirtää liian tukkoon. Selvyyden vuoksi jokainen asia pyritään esittämään vain kertaalleen. Näin välty-

tään ristiriitaisuuksilta ja samalla piirustusten korjaaminen tai muokkaaminen helpottuu. Suunnitelmista täytyy aina tehdä niin paljon leikkauksia ja detaleja, että rakenne kokonaisuudessaan tulee käytyä läpi. Suunnitelman voi katsoa olevan valmis silloin, kun itse osaisi rakentaa kyseessä olevan rakennelman suunnitelmien avulla. Elementtipiirustuksessa on aina myös reunatekstit. Reunateksteissä tulisi löytyä ainakin seuraavassa listassa olevat tiedot (lista 3). (Suunnitteluprosessi 5.2.2013)

Suunniteltu käyttöikä
Elementin paino
Betonin lujuusluokka lopussa, muotteja purettaessa ja elementtejä siirtäessä
Rasitusluokat
Betonipeite ja sallittu mittapoikkeama
Toleranssit/ mittatarkkuus
Teräksien merkinnät ja niiden jatkospituudet
Elementin pinakäsittelyt
Elementin sijainti ja katsomissuunta
Paloluokka
Käytetyt materiaalit
Hitsiluokka
Ohje nostosta ja sallittu nostokulma

Lista 3: Reunatekstien tiedot

Elementtipiirustuksen laatiminen käynnistyy yleensä sen geometrian määrittelystä. Elementtien muoto määräytyy sen sijainnista, korkoasemasta, liittymistä sekä mahdollisista aukoista ja syvennyksistä. Elementin geometria tulee piirtää totuudenmukaisena, eikä esimerkiksi elementtien mittoja saa korjata vain mittaviivaa muokkaamalla. Kuvien selkeyttämiseksi on hyvä käyttää eri viivan paksuuksia. Elementtien tärkeimmät viivat, kuten reunaviivat ja aukkojen kohdat tulisi piirtää selvemmällä ja samalla paksummalla viivalla. Selvyyden ylläpitämiseksi taaempaan olevat rakenteet tai esimerkiksi mittaviivat voidaan piirtää ohuemmalla viivalla. Yksityiskohtaisemmat ohjeet on esitetty esitystapaohjeessa (RT 15-10635).

Elementtejä katsotaan normaalisti rakennuksen julkisivuun nähden sisältä ulospäin. Lopullisen elementin katsomissuunnan määrää elementtitunnuksen lukusuunta. Pilarien katsomissuunnan osoittaa taas merkintänuoli. Elementtipiirustuksessa elementtiä katsotaan aina muottiin päin eli samoin päin kuin se valmistetaan tehtaalla. Kaikkien elementtityyppien osalta esitetään leikkauspiirustukset, sekä merkitään piirustuksiin leikkausnuolet. Leikkausnuolet ovat aina alhaalta ylöspäin tai oikealta vasemmalle. Leikkauksia tehdään niin monta, että koko elementistä saadaan yksiselitteinen käsitys

Elementin päämitat esitetään mittaviivoilla siten, että mittaviivan alku- ja loppupää ovat selvästi luettavissa. Piirustuksessa mittaviivat tulisi esittää selvästi ja niitä tulisi olla tarpeeksi jotta vältetään turhilta laskutoimituksilta sekä samalla vähentämään tuotannossa tapahtuvien virheiden riskiä. Elementin vaakasuorat päämitat tulee aina esittää erikseen sekä ulko- että sisäkuorelle. Myös ulko- ja sisäkuoren suhde toisiinsa tulee aina esittää mittalukuna. Pystysuoran päämitan lisäksi tulee elementtisuunnitelmassa esittää myös elementin todelliset korkeusasemat, sekä ala- että yläreunassa. Elementin korkeus esitetään yleensä vain elementtipiirustuksen leikkauksessa. Pääsääntöisesti aukkojen, eli ovien ja ikkunoiden, mitat esitetään siten, että mittaviiva on sillä puolen elementtiä, jonka puolen kuoren aukosta on kysymys. Suositeltavaa on käyttää betonielementtirakenteiden aukoissa mittaa, joka on moduulimitta + 20 mm. Ovien ja ikkunoiden aukot esitetään aina elementtisuunnitelman vaaka- ja pystyleikkauksessa. Reikien vaatima lisäraudoitus olisi hyvä tutkia aina tapauskohtaisesti.

Aukkojen ja syvennyksien lisäksi elementteihin tulee aina varusteluosia noston, tuennan tai kiinnitysten seurauksena. Varusteluosat ovat usein elementtityyppi-kohtaisia, ja niiden käyttö riippuu rakennuksen rungosta sekä liitoksista. Varusteluosia käyttäessä on aina noudatettava tuotetoimittajien ohjeita ja mahdollisia lisäraudoituksia.

Piirustuksissa esitetään BY 38-1 mukaiset materiaali- ja terästaulukot, ellei suunnittelusopimuksessa toisin mainita. Terästaulukoiden laadinnassa on kiinnitettävä huomiota raudotteiden mahtumiseen muottiin ottamalla mitoituksessa huomioon erityisesti mittatoleranssit ja terästen taivutussäteet.

Lopulliset tuotantopiirustukset tulostetaan yleensä A3:lle tai suuremmalle paperikille. Pienempiä paperikokoja, kuten A4:sta, käytetään silloin, kun esitetään vakiotyyppisiä elementtejä, kuten ontelo- tai kuorilaattoja. Piirustuksen ei ole pakko mahtua yhteen A3:lle, vaan tarvittaessa voi olla useitakin sivuja esittämään tiettyä elementtiä. Tällöin tulisi käyttää sivunumerointia. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013)

2.3.10 Elementtisuunnittelun työkalut

Elementtisuunnittelulle tyypillistä on dokumenttien suuri määrä. Myös aikataulut ovat usein hyvin kireät. Elementtien suunnitteluun käyttämiin ohjelmistoihin on hyvä perehtyä, sillä asianmukaisilla ohjelmistoilla voidaan parantaa työn tehokkuutta ja laatua. Elementtien suunnittelemiseen käytetään nykyisin CAD-pohjaisia ohjelmistoja, joista yleisempiä on AutoCAD, ScaleCAD ja CADS Planner House. Suunnittelussa on hyvä käyttää apuna valmistajien tuotekirjastoja, jotka mahdollistavat todellisten tuotetietojen hyödyntämisen suunnittelussa.

Kuten muussakin suunnitteluprosessissa on myös elementtisuunnittelussa hyödynnetty mallinnusta. Suomessa suosituin rakenteiden suunnittelussa käytetty mallinnusohjelma on Tekla Structures. Elementtejä mallintaessa etuna on se, että elementtien koot ja muodot saadaan helpommin ja inhimilliset virheet saadaan minimoitua. Vaikka kohdetta mallintaessa suunnittelun työmäärä lisääntyy, betonielementtien suunnittelu- ja valmistusprosessien kestoa on mahdollista lyhentää. Aikataulun lyheneminen perustuu elementtitehtaan tuotannon karkeasuunnitteluun, jossa erikoistarvikkeiden, kuten peruspulttien, seinä- ja pilarikenkien, tartuntalevyjen, ruostumattomien osien, LVI-läpivientien sekä erikoisten sähkötarvikkeiden tilaus voidaan tehdä tietomallista saatavien luetteloiden perusteella. Luetteloista elementtitoimittaja saa myös elementtien tyypit, määrät ja dimensiot. Näin elementtien lopullisten valmistuskuvien lähettäminen tehtaalle voidaan laskea totutusta kuudesta viikosta jopa kolmeen viikkoon. (Suunnitteluohjelmat 7.2.2013; jcad.fi 24.1.2013; tekla.com 5.4.2013)

2.3.11 Työselostukset

Betonivalmisosarakentaminen on pitkälti teknisiltä ratkaisuiltaan vakioitu. Tämän vuoksi on myös työselostuksen laadinnassa hyvä käyttää vakioitua mallia.

Elementtipiirustuksia tehdessä tulisi betonielementtityöselitys käydä tarkkaan läpi, sillä elementtipiirustuksissa ei saa olla rakennusselostuksista poikkeavaa tietoa. Betonivalmisosarakenteiden työselostuksessa annetaan yleiset vaatimukset, kuten tiedot ympäristö- ja paloluokasta ja näiden vaikutukset kuten suoja betonipeitteen paksuus esitetään piirustuksissa. Työselostuksen liitteenä voidaan esittää luettelo elementtityypeistä. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013)

2.3.12 Tiedonsiirto ja yhteistyö

Onnistuneen suunnitteluvaiheen läpivienti vaatii kaikilta suunnitteluun osallistuvilta mahdollisimman hyvää ja sujuvaa yhteistyötä. Erityisesti informaation kulun eri osapuolten välillä on oltava sujuvaa. Suunnittelun seuraamisen helpottamiseksi on hyvä asettaa välitavoitteita ja pitää suunnitelmakatselmuksia. Tiedonsiirron menettelytavoista sovitaan aina hankekohtaisesti sopimuksessa tai viimeistään suunnittelun aloituskatselmuksessa. Tiedot siirretään sovitussa muodossa siten, että vastaanottaja pystyy niitä tehokkaasti hyödyntämään. Joillain betonielementtitehtailla on käytössä omia Excel-pohjia joista tieto siirretään suoraan tuotantoon ja tällöin olisi tärkeää käyttää juuri näitä tiettyjä pohjia.

Yhteistyö perustuu yhteisesti hyväksytyjen aikataulujen ja toimintatapojen noudattamiseen. Toteutusvaiheessa on tärkeää hallita muutoksia ja pitää kaikki suunnittelijat ajan tasalla uusista muutoksista. Näin ollen myös tiedonsiirtoon ja kommunikointiin on hyvä panostaa. Elementtitehtaan ilmoitettua mahdollisesta omasta tai suunnittelijan virheestä tai ristiriidasta on molempien osapuolten toimittava tilanteen vaatimalla nopeudella. Mikäli muutokset valmistuspiirustuksiin tehdään elementin valmistuksen jälkeen tai elementin valmistuksen kannalta liian myöhään siten, että aiheutetaan esimerkiksi muottimuutoksia tai muuten poiketaan suunnitteluajataulusta, käsitellään tästä aiheutuneet kustannukset ja aikatauluvaikutukset sopijapuolten kesken erikseen. (Suunnitteluprosessi 5.2.2013)

2.4 Mahdollisuudet ja kehitysnäkymät

Kuten rakennesuunnittelussa, on myös elementtisuunnittelussa alettu hyödyntämään mallinnusta. Mallinnuksen etuna on se, että tulosteet ja näkymät tuotetaan samasta tietomallista. Yhden tiedon päivittäminen mallissa muuttaa tiedot

tarvitsemiin piirustuksiin, simulaatiohin, mallinäkyymiin ja mahdollisiin laskelmiin. Mallinnusta käyttäessä virhemahdollisuus elementtisuunnittelussa pienenee, kun muodot ja elementin varausten paikat saadaan täsmällisesti oikeaan paikkaan.

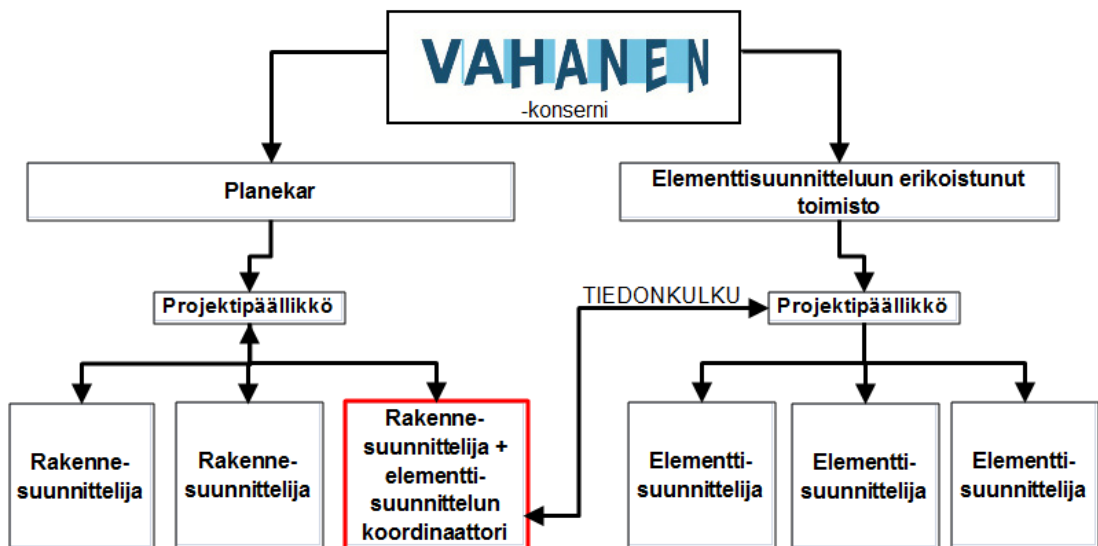
Aikaisemmin elementtien mallinnuksen haasteena oli yksittäisten elementtipiirustusten tulostaminen mallista. Vaikka mallista saatiin elementin todellinen muoto, jouduttiin lopulliset elementtipiirustukset viimeistelemään CAD-ohjelmilla. Mallinnuksen kehittyessä piirustus voidaan nykyään käsitellä kokonaan mallinnusohjelmalla. Lisäksi esimerkiksi Tekla Structures -ohjelmaan löytyy lisäosia helpottamaan elementtien mallinnusta. Tekla Structures -ohjelmalla onnistuu kaiken tyyppisten elementtien mallinnus. Mallintaminen onnistuu Suomi-ympäristössä niille tehdyillä omilla komponenteilla. Mallista saatavien raporttien on suunniteltu vähentävän piirustuksista tehtävien määrälaskennan tarvetta. Raportteja voidaan hyödyntää tarjouslaskennassa, elementtivalmistajan ja urakoitsijan välisissä sopimuksissa sekä tuotannon suunnittelussa tarvikkeiden ennakkotilauksessa. Loppulaskennassa määrätietoja voidaan käyttää toteutuneen ja tarjottujen määrien vertailuun. Eräs esimerkkikohde on Espoossa sijaitseva Derby Business Park, jossa koko suunnittelu on toteutettu käyttämällä vain mallinnusta. Derby Business Park käsittää kolme kahdeksankerroksista toimistorakennusta sekä erillisen pysäköintitalon. Kohteen kokonaislaajuus on 39 100 kerrosneliömetriä. Ensimmäinen rakennuksista valmistui elokuussa 2012 ja viimeisen on määrä valmistua kesällä 2013. (Tekla 5.4.2013; Saarinen M.)

Rakennuksen ja rakentamisen tietomallinnus on tehokkain keino toimittaa kaiken tyyppiset betonielementit oikeaan aikaan oikeaan paikkaan. Tietomallin avulla suunnittelu liitetään suoraan osien valmistukseen ja projektinhallintaan. Tekla Structures voidaan integroida tuotannonohjausjärjestelmiin (ERP) ja elementtien automaattiseen valmistukseen.

Mallien ja mallitiedon hyödyntäminen tulee varmuudella entisestään yleisty-mään. Haasteina ovat mallin omistusoikeudet, mallinluovutus sopimukset, vastuut mallitietojen oikeellisuudesta ja mallitiedon asema sopimuksessa. (Tekla 5.4.2013)

3 Suunnittelun alihankinta konserniverkostossa

Tässä luvussa käsitellään vain rajattua erikoistapausta, jossa opinnäytetyön tilaaja tarjoaa koko rakennesuunnittelu-urakkaa, sisältäen myös elementtisuunnittelun. Tapauksessa elementtisuunnittelu toteutetaan aliurakkana toisessa, samassa konsernissa toimivassa insinööritoimistossa. Koska elementtien suunnittelun toteuttava toimisto tekee käytännössä vain elementtien piirtämisen, on kantavien rakenteiden ja liitosten mitoitus tehtävä oman toimiston sisällä. Näin ollen tiedot kantavien rakenteiden tarvitsemista teräsmääristä ja muut mitoitus-tiedot tulee lähettää lähtötietojen mukana. Toimistojen välinen yhteys ja tiedonkulkukaavio on esitetty seuraavassa kaaviossa (Kaavio 2).



Kaavio 2: Toimistojen välinen yhteys

Kuten kaavio kertoo, molemmat toimistot kuuluvat Vahanen-konserniin ja niillä on omat projektipäällikkönsä ja suunnittelijansa. Suunnittelu-urakan alkuvaiheessa nimetään molemmista toimistoista omat projektipäällikkönsä ohjaamaan toimistonsa suunnittelijoita. Yksi Planekarin rakennesuunnittelijoista on lisäksi nimetty elementtisuunnittelun koordinaattoriksi, joka on elementtisuunnittelun alkaessa yhteydessä elementtisuunnittelijoiden projektipäällikköön, joka taas välittää tiedon elementtisuunnittelijoille. Projektin muutokset sekä muu tiedonkulkukäytännön kulkee näiden kahden henkilön välillä, ja he välittävät tiedon eteenpäin tarvitseville tahoille.

3.1 Toimintamallin analysointi

Toimintamallia lähdettiin toteuttamaan miettimällä mahdollisia ongelmakohtia ja kriittisiä tilanteita, jotka voisivat hidastaa tai tuoda epävarmuutta projektin läpivetämisessä. Ongelmakohtia pyrittiin löytämään edellisten projektien ja kokeneiden työntekijöiden kokemuksen pohjalta. Ongelmakohtia tehtiin lista ja kohdat pyrittiin huomioimaan toimintamallia tehdessä ja kehittäessä. Pohditut ongelmat on lueteltu seuraavassa listassa.

- Elementtisuunnittelu aloitetaan/joudutaan aloittamaan liian aikaisin muiden suunnitelmien valmiusasteeseen nähden.
- Tilaajasta johtuvat muutokset aiheuttavat uudelleen suunnittelua.
- Varustuspiirustus ei toimi.
- Arkkitehtisuunnitelmien taso on heikko, ei ole otettu ja/tai ei haluta ottaa kantaa arkkitehtisuunnitteluun kuuluviin detaljeihin ja asia jää rakennesuunnittelun ratkaistavaksi
- Perusratkaisun suunnittelu ei ole onnistunut, joudutaan kesken elementtisuunnittelun palaamaan perusmäärityksiin
- Työmäärä aliarvioidaan, esim. toistuvuutta ei ole niin paljon kuin alkuvaiheessa on arvioitu.
- Muutoksia tulee liian myöhään eikä tieto muutoksista välity kaikille osapuolille.
- Tehdään liian hyvää laatua tarpeeseen nähden.
- Arkkitehtisuunnittelu tuottaa liian haastavia ratkaisuja elementeille (jäykistys, pielet, jne).
- Rakennuttaja tai urakoitsija varaa liian lyhyen ajan elementtisuunnittelulle.
- Toimitaan jostain syytä väärin lähtötietojen varassa (syytä voi olla rakennuttaja, muut suunnittelijat tai oma virhe).
- Tarkastuksen vaatimaa aikaa ja resurssia ei ole huomioitu.
- Sisäinen projektinhallinta ei ole kunnossa; kuka tekee, mitä, milloin (projekttilomake, aloituspalaveri).
- Väärinymmärrys: välitetty viesti/info ymmärretään toisin vastaanottajan puolella.

- Hankkeen osapuolet eivät ole sitoutuneet yhteiseen tavoitteeseen, ko. projekti on ”jonon hännillä”.
- Tekninen osaaminen on riittämätöntä.
- Väärät henkilöt ovat joutuneet tekemään elementtisuunnittelua, vrt. oikea henkilö oikeassa paikassa.
- Ei ole ollut vakiintuneita toimintatapoja ja prujuja/ mallisuunnitelmia.
- Asiat ovat vain vastuuhenkilön pääkopassa, eikä kukaan muu tiedä asiasta mitään.
- Tehdyistä hankkeista ei ole opittu, eikä ole pystytty kehittämään ko. alueen toimintaa.

Ongelmakohtien kitkemisessä pääprioriteetti on kohdistettava sellaisiin kohtiin, jotka ovat todennäköisiä ja samalla seuraus on suuri ja haitallinen. Todennäköisyyden ja seurauksen ollessa pieni voidaan riski olettaa olevan merkityksetön. Seuraava taulukko selventävä ja helpottaa riskiarviointia (Taulukko 13).

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

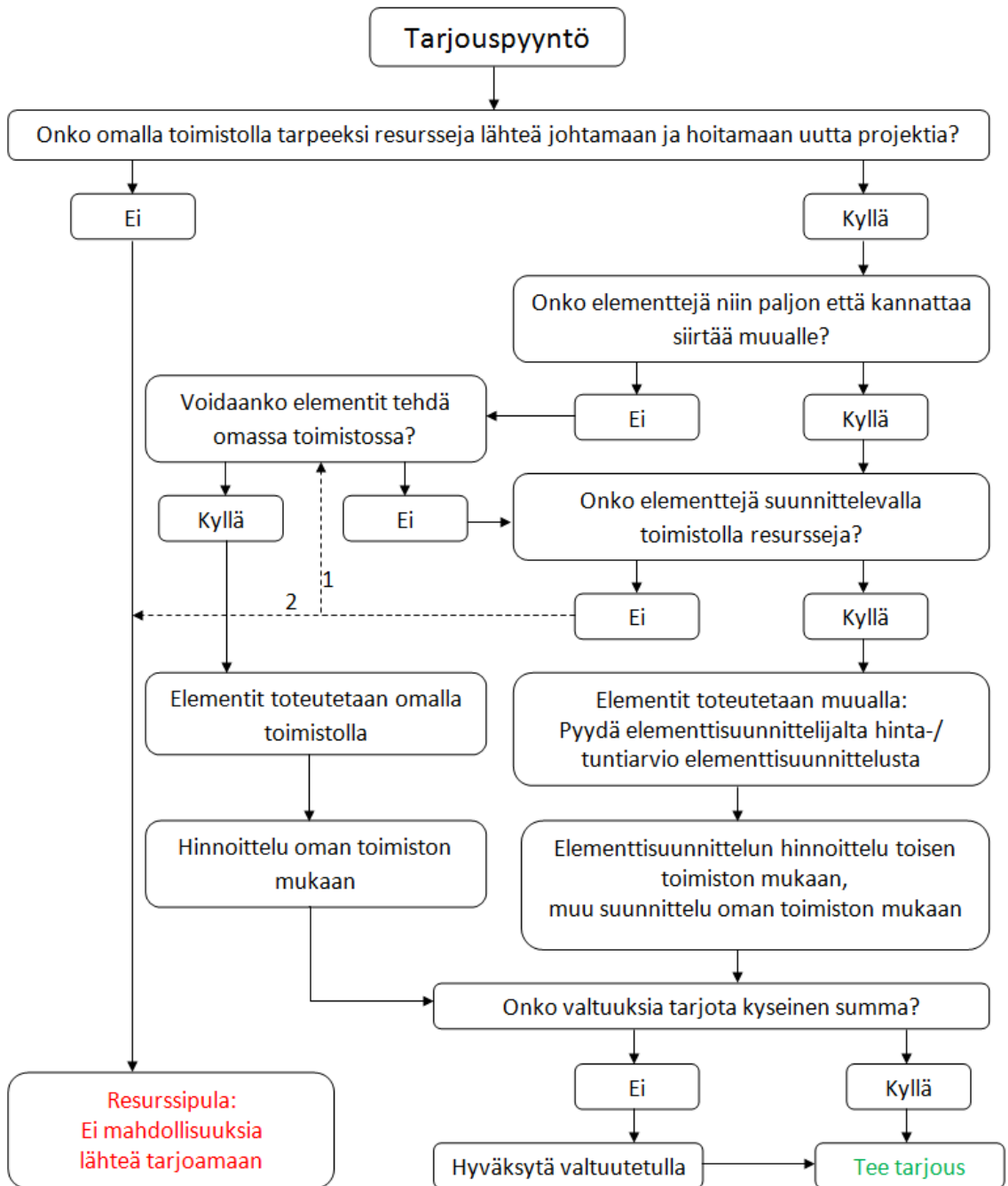
Taulukko 13: Riskiarviointi

3.2 Toimintamallin vaiheittainen määrittely ja sisältö

3.2.1 Tarjous- ja hankintavaihe

Koska elementtisuunnittelu siirretään konsernin sisällä toiselle toimistolle, jää normaalista käytännöstä poiketen elementtisuunnittelun kilpailuttaminen pois. Elementtisuunnittelun hinnan pitäisi näin olla ainakin jollakin tarkkuudella sovittu ja huomioitu jo projektin tarjousvaiheessa. Tästä johtuen tarjousvaiheessa tulisi oman toimiston lisäksi huomioitava elementtisuunnittelun toteuttavan toimiston aikataulut ja resurssit. Molempien toimistojen tulisi sitoutua tarjouksessa käsiteltyihin ehtoihin ja aikatauluihin. Mahdollisista uusista elementtisuunnitteluun liittyvistä projekteista olisi hyvä ilmoittaa elementtisuunnittelun toteuttavaan toimis-

toon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Elementtisuunnittelun toteuttavan toimiston resurssien ollessa tarvittavan ajan varattuna voidaan pohtia myös sitä, että elementtisuunnittelu toteutetaan omassa toimistossa. Tällöin on otettava huomioon sopivien resurssien saatavuus ja ajan sekä kustannusten mahdollisimman tehokas käyttö. Tarjouksen kokonaissummasta riippuen tulee huomioida myös konsernin sisäiset ohjeet siitä, kuka saa tarjota minkäkin hintaisia tarjouksia. Tarjouksen summan ylittäessä konsernin ohjeissa määritellyt hinnat on tarjous hyväksyttävä valtuutetulla toimihenkilöllä. Tarjouksen tekemistä helpottava kaavio on esitetty seuraavassa kaaviossa (Kaavio 3).



Kaavio 3: Tarjouksen tekeminen huomioiden elementtejä suunnitteleva toimisto

3.2.2 Sopimukset ja vastuu

Vaikka elementtisuunnittelusopimus tehdään konsernin sisäisten toimistojen välillä, on sopimukseen kiinnitettävä huomiota. Sopimuksia tehdessä olisi hyvä käyttää samoja sopimus pohjia kuin edellisissä projekteissa. Kun sopimus pohja on jo kertaalleen käyty läpi, on seuraavissa projekteissa sopimuksessa olevat asiat helpompi sisäistää ja yhteistyö sujuu jouhevammin. Sopimuksessa on esi-

tettävä ainakin työn hinta, laajuus, aikataulut ja yhteyshenkilöt. Sopimuksessa käytetään tuntihintaista sopimusta, jossa on kattohinta. Myös sopimusmallia tullaan tulevaisuudessa kehittämään ja räätälöimään tarpeeseen sopivaksi. Sopimuksia tehdessä tulisi aina muistaa, että vain sopimuksessa olevia asioita voi vaatia.

3.2.3 Lähtötiedot

Lähtötietoja on oltava enemmän kuin tavanomaisessa projektissa, sillä tässä tapauksessa elementtisuunnittelun toteuttava toimisto ei itse mitoita elementtejä. Normaalien tietojen, kuten detaljisuunnitelmien sekä aukko-, mitta-, materiaali-, väri- ja mahdollisten laattajakotietojen lisäksi lähtötiedoissa on käytävä ilmi myös kantavien rakenteiden raudoitukset ja muut mitoitustiedot. Suunnittelun lähtökohtana on, että ennen elementtien valmistumisen aloittamista rakennuksen staattiset laskelmat sekä päädetaljit on tehtynä. Detaljeja kuitenkin täydennetään aina suunnitelmien edetessä. Lähtötiedoissa lähetetään mallielementit jokaisesta elementtityypistä ja niistä on käytävä ilmi elementtien tarkemmat tiedot kuten käyttöikä, betonin lujuus, rasitusluokat, raudoitus, nostoelimet sekä valmisosien valmistajat (Peikko, Semtu, Anstar). Elementtisuunnittelua ohjaava henkilö tarkastaa, että mallisuunnitelmien taso vastaa sovittua tasoa. Mahdolliset muutos- ja korjaustoimenpiteet ilmoitetaan elementtisuunnittelijalle, joka tekee tarvittavat muutokset mallisuunnitelmiin. Elementtien suunnittelu voidaan aloittaa siinä vaiheessa, kun elementtisuunnittelun ohjaaja on todennut mallisuunnitelmien olevan laadultaan tilausta vastaavat. Lähtötiedoissa tulisi lähettää myös tasokuvat, rakenneleikkaukset sekä mahdolliset elementtikaaviot ja -luettelot. Elementtisuunnittelijoille on lähetettävä myös tieto siitä mikä on elementtien suurin sallittu koko ja paino. Muistilista lähetettävistä tiedoista ja piirustuksista on työn liitteenä (Liite 1).

3.2.4 Suunnittelu- ja toteutusvaihe

Suunnittelijoiden tehtävistä on tehtävä selvä jako eli mitä kukin tekee, varsinkin nyt kun suunnittelussa on mukana useita eri suunnittelutoimistoja ja suunnittelijoita on useampia. Näin vältetään muun muassa päällekkäiseltä työltä ja samalla pyytään paremmin sovitussa aikataulussa.

Elementtisuunnittelun edetessä elementtisuunnittelun ohjaaja valvoo jatkuvasti suunnittelun kulkua ja etenemistä. Sujuvan etenemisen varmistamiseksi elementtisuunnittelijoiden tulisi tehdä itsevalvontaa ja siten huolehtia omasta suorituksestaan. Suunnittelun seuraamisen helpottamiseksi on hyvä asettaa välitavoitteita ja pitää tarvittaessa suunnitelmakatselmuksia. Ohjaavan henkilön tulisi puuttua poikkeamiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta häiriöt ja laatuvirheet saadaan ehkäistyä mahdollisimman tehokkaasti. Näin kustannukset sekä aikataulut saadaan pysymään sovitussa rajoissa.

3.2.5 Tiedonkulun varmistaminen

Tiedonkulun oikeellisuus ja ajantasaisuus varmistetaan aktiivisella yhteydenpidolla. Uusista tiedoista ja päivitetyistä piirustuksista on ilmoitettava elementtien suunnittelijoille mahdollisimman pian. Näin elementtisuunnittelu saadaan kulkemaan mahdollisimman sujuvasti ja muutoksiin kuluva aika saadaan minimoitua. Päivitetyt suunnitelmat tallennetaan omalle palvelimelle, josta elementtejä suunnitteleva toimisto voi käydä ne katsomassa ja tarvittaessa hakemassa omalle palvelimelle. Jos elementtisuunnittelu on käynnissä samanaikaisesti kuin muu rakennesuunnittelu, olisi elementtejä suunnittelevan toimiston seurattava aktiivisesti päivitettäviä suunnitelmia rakenteista. Kiireellisistä muutoksista voidaan ilmoittaa puhelimitse. Ilmoitettavista päivityksistä olisi hyvä lähettää lisäksi kirjallisesti tieto toiselle toimistolle esimerkiksi sähköpostin välityksellä.

Kysymyksiä esiintyessä tai päivitettyjen piirustusten saapuessa ollaan ensisijaisesti yhteydessä sopimuksessa nimettyyn yhteyshenkilöön. Yhteyshenkilö on yleisimmin elementtisuunnittelun koordinaattori sekä elementtisuunnittelun projektipäällikkö. Jos yhteyshenkilö on lomalla tai ei ole muuten tavoitettavissa, on vastakkaiselle suunnittelutoimistolle ilmoitettava henkilö, johon voidaan tarpeen tullen olla yhteydessä. Yleensä tämä on elementtisuunnittelun varaprojektipäällikkö. Kyseisen henkilön tulisi olla ajan tasalla projektin tilanteesta ja etenemisestä.

Ongelmien ilmentyessä voidaan pitää yhteisiä kokouksia ja katselmuksia, joissa käydään läpi, miksi ongelmia on ilmennyt ja miten ne saadaan ratkaistua tehokkaasti sekä miten samat ongelmat voitaisiin tulevaisuudessa välttää.

3.3 Projektinhallinta

Koska elementtisuunnittelua tehdään tässä tapauksessa toisessa maassa, tiedonsiirron hitauden vuoksi oli tiedostojen sijainnista sovittava erikseen. Aiempien käytäntöjen perusteella on nähty toimivaksi ratkaisuksi se, että kun elementtejä piirretään, tiedostot ovat elementtisuunnittelua tekevän toimiston omalla palvelimella. Kun piirustukset on saatu valmiiksi, ne siirretään tilaajan palvelimelle, jossa ne pysyvät projektin loppuun asti. Tarvittaessa siirron jälkeen tulevat muutokset tehdään etäyhteydellä tilaajan palvelimella. Näin voidaan varmistaa että elementtejä ei suunnitella samanaikaisesti kahdessa paikassa.

3.3.1 Aikataulu- ja kustannuseuranta

Suunnittelu-aikataulun toteutumista seuraa elementtisuunnittelun ohjaaja. Henkilön ollessa toisessa toimistossa, elementtien suunnitelmien valmistumista voi seurata etäyhteydellä toisen toimiston palvelimelta. Elementtien valmistumisen etenemisestä voidaan keskustella myös henkilökohtaisilla yhteydenotoilla. Yhteydenotot hoidetaan mieluiten yhteyshenkilöiden kautta. Lisäksi yksittäisen suunnittelijan tulee pitää huolta omasta ajankäytöstään ja siitä, miten hän pysyy itse aikataulussa. Mikäli käytettävissä oleva suunnittelu-aika ei näytä riittävän, tulee siitä informoida esimiestä hyvissä ajoin. Näin mahdolliseen ongelmaan voidaan varautua hyvissä ajoin ja samalla ongelma voidaan välttää esimerkiksi resursseja lisäämällä.

3.3.2 Muutokset

Muutokset ilmoitetaan yhteyshenkilölle mahdollisimman pian. Kiireellisissä muutoksissa voidaan käyttää puhelinta, mutta sovittu asia on aina varmistettava lisäksi sähköpostilla tai muulla kirjallisella tavalla. Näin molemmat osapuolet varmistuvat sovituista asioista ja myöhemmin mahdollisten ristiriitojen selvittely on helpompaa. Sen mukaan millaisesta muutoksesta tai lisäyksestä on kyse, siitä voidaan selvyuden varmistamiseksi lähettää myös luonnos tai periaatekuva. Elementtisuunnittelua ohjaavan henkilön on oltava muutoksista aina ajan tasalla, vaikka projekteja olisikin useampia.

Jos muutokset tulevat sen jälkeen kun elementtipiirustukset ovat lähteneet jake- luun, on muutokset merkittävä piirustukseen ja nimiöön. Tämän lisäksi myös elementtiluettelo on päivitettävä. Suunnittelija hyväksyy päivitettyt piirustukset kuittauksellaan.

3.4 Suunnitelmien sisältö

3.4.1 Piirustukset

Valmiiden elementtipiirustusten tulisi vastata samaa tasoa kuin mallielementtien piirustukset ovat. Näin ollen mallielementtien suunnittelemiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Perustaso on esitetty mallielementissä, joka on tämän työn liitteenä. Tarvittaessa vaativissa kohteissa, kuten teollisuuskohteissa, tasoa voi- daan nostaa. Tällöin myös mallielementit on tehtävä vaatimusten mukaisesti.

Jokaisesta elementistä laaditaan oma elementtipiirustus, jossa esitetään kaikki elementin valmistuksessa tarvittavat tiedot. Elementtipiirustuksissa ei saa olla rakennusselostuksista poikkeavaa tietoa. Piirustukset tehdään mallielementtien mukaisesti A1-arkkikokoon.

Mitat esitetään siten, että valmistuksessa vältetään hankalilta laskutoimituksilta. Elementtien päämittojen on oltava selvästi näkyvissä. Samalla jaolla olevien osien mitoitus yksinkertaistetaan esittämällä vain ensimmäisen ja viimeisen osan etäisyys reunasta. Välille jäävä mitta ilmoitetaan $n \times k = L$. Esimerkiksi 1200 mm jaolla olevien neljän tartuntateräksen välille jäävä mitta ilmoitetaan $3 \times 1200 = 3600$.

Elementtien detaljit esitetään sopivassa mittakaavassa elementtipiirustuksessa. Esimerkiksi valmisosien liittymistä olisi hyvä piirtää detaljit. Jos muuta ei ole so- vittu, elementeissä käytetään saman valmistajan valmisosia kuin on malliele- mentissä. Lisäksi näkyviin pintoihin tehtävät viisteet on merkittävä piirustuk- seen. Esimerkiksi 10x10 mm viiste merkitään V10.

Suunnitelmat tehdään AutoCAD-ohjelmalla, ja piirustukset toimitetaan DWG- muodossa. Tiedostojen käsittelyn helpottamiseksi samantyyppiset elementit tulisi piirtää samaan tiedostoon. Jokaiselle elementille on kuitenkin tehtävä oma layout, jotta se on sellaisenaan valmis tulostettavaksi.

3.4.2 Elementtiluettelot

Valmistettavista elementeistä laaditaan elementtiluettelo, jossa näkyvät elementtien tunnuksot, päämitat, määrät, aukot ja painot. Esimerkki seinäelementtiluettelosta on liitteenä. (Liite 3). Urakkalaskentaan tehtävä elementtiluettelo tehdään mallielementtien yhteydessä, joten se tehdään oman toimiston sisällä. Myöhemmin, kun lopulliset elementtipiirustukset valmistuvat, päivitetään myös elementtiluettelo. Elementtiluettelon päivittäminen kuuluu urakkasopimuksessa määrätylle toimistolle.

3.4.3 Elementtityyppiluettelo

Elementtityypeistä tehdään tarvittaessa lista, jossa listataan jokaisesta elementtityypistä tarvittavat tiedot. Tietoja ovat elementin kuoren tai pinnan betoniluokka, pintakäsittely, käyttöikä, rasitusluokat, betonipeitepaksuudet sekä sallittu mittapoikkeama. Luettelossa mainitaan myös elementin nostolenkit, viisteet sekä käytettävä rauditus. Esimerkki luettelosta on liitteenä (Liite 4).

3.4.4 Työselostus

Elementtityöselostus on oltava jo urakkalaskennassa. Kuten kaikki muutkin urakkalaskentaan tarvittavat asiakirjat, myös elementtityöselostus tehdään oman toimiston sisällä. Elementtityöselityksen vakioitumisesta johtuen on pohjana hyvä käyttää valmiita mallipohjia. Malli löytyy esimerkiksi elementtisuunnittelun sivuilta (elementtisuunnittelu.fi). Riippumatta siitä, kuka työselityksen tekee, tulisi elementtisuunnittelusta vastaavan henkilön ja kokenen rakennesuunnittelijan käydä se ennen toimittamista läpi ja varmistaa, ettei se ole ristiriidassa olevien suunnitelmien kanssa. Työselostuksen liitteenä on hyvä esittää luettelo elementtityypeistä.

3.5 Elementtien tarkastus

Kun elementtisuunnitelmat valmistutuvat, ne tarkistetaan vähintään elementtisuunnittelusta vastaavan henkilön toimesta. Ensimmäisillä kerroilla tarkistus on hyvä käydä läpi kokeneen suunnittelijan kanssa. Ennen varsinaisen tarkastamisen aloittamista lähtökohtana on se, että suunnitelma on valmis. Näin säästetään aikaa ja samalla pystytään paremmin suunnitellussa aikataulussa. Tarkas-

tamisessa kannattaa kiinnittää huomiota erityisesti elementin geometriaan, aukkoihin, varauksiin, raudoituksiin sekä kiinnityksessä ja tuennassa tarvittaviin varusteisiin. Aukkojen koot tulisi tarkistaa arkkitehdin ikkuna- ja ovikaavioista. Tarkastamisen apuna voi käyttää arkkitehdin julkisivupiirustuksia, joista voidaan tarkastaa muun muassa geometrian oikeellisuus. Tarkistaessa elementtejä on syytä varmistaa, että käytössä on viimeisin revisio arkkitehdin suunnitelmista. Elementtien tarkistuksen avuksi on tehty lista, jota täydennetään aina tarpeen tullen (Liite 2). Kun elementtien suunnittelija sekä tarkastaja ovat ne kuittauksellaan hyväksyneet, on myös muistettava huolehtia piirustusten jakelusta eteenpäin sovitussa aikataulussa sekä sovitussa muodossa. Kun tämän jälkeen piirustuksiin tulee muutoksia, on ne merkittävä muutosnuolella ja ennen elementti-
tehtaalle lähettämistä on ne hyväksyttävä taas suunnittelijalla sekä tarkastajalla.

3.6 Varaukset ja sähköistys

LVIS-suunnittelijat merkitsevät reikä- ja varaustiedot päärakennesuunnittelijan toimittamiin työpohjiin ja toimittavat piirustukset elementtisuunnittelijoille. Suunnitelmissa täytyy olla LVIS-suunnittelijan nimikirjoitus sekä päivämäärä ja piirustukset tulisi olla toimitettuna eteenpäin elementtisuunnittelijoille erikseen sovitun aikataulun mukaisesti.

Varauksen sattuessa aukkojen kohdalle, on syytä ottaa LVIS-suunnittelijaan yhteyttä ja kysyttävä varauksen mahdollista siirtämistä parempaan kohtaan elementissä. Päärakennesuunnittelijan tehtävä on tarkastaa, onko kyseiset varaukset rakenteellisesti mahdollisia. Elementtikuvat on tarkastettava aina ennen kuin ne lähetetään eteenpäin varausten ja sähköistyksen jälkeen.

3.7 Lopetus ja jälkiarviointi

Elementtisuunnittelu päättyy, kun sovitut elementtisuunnitelmat ovat sopimuksen mukaisesti tehty ja tarkistettu. Suunnittelun loputtua tehdään suunnittelun kulusta ja etenemisestä yhteenveto, jota voidaan seuraavassa projektissa käyttää pohjana aikataulun suunnitteluun ja kustannusten arvioimiseen. Tilaisuuden tarkoituksena on selvittää, onko elementtitoimitus toteutunut sovitulla tavalla. Lopuksi on suositeltavaa järjestää palautepalaveri, jossa tulisi käsitellyksi muun muassa toimituksen ja suunnittelun onnistumiset ja kehittämisen

kohteet. Paras hyöty palaverista saadaan, kun siihen osallistuvat kaikki elementtien toimitukseen osallistuneet henkilöt. Elementtisuunnittelijoiden ollessa ulkomailla, jälkiarviointi on paras hoitaa etäyhteydellä esimerkiksi pikaviestintäsovelluksen, kuten Lyncin, kautta. Erityisesti tärkeää on käsitellä ne asiat, jossa kehittämistä tuntuu olevan.

4 Pilottiprojekti

Tässä työssä pilottiprojektilla tarkoitetaan sellaista projektia, joka toimii kokeiluna uuden tavan käyttöön ottamisessa. Projektin kulkua seurataan tarkasti, ja sen edetessä tehdään havaintoja toimintatavan toimivuudesta. Samalla pyritään huomioimaan kaikki mahdolliset ongelmatilanteet ja löytämään niihin yksinkertaiset ja yleispätevät ratkaisut.

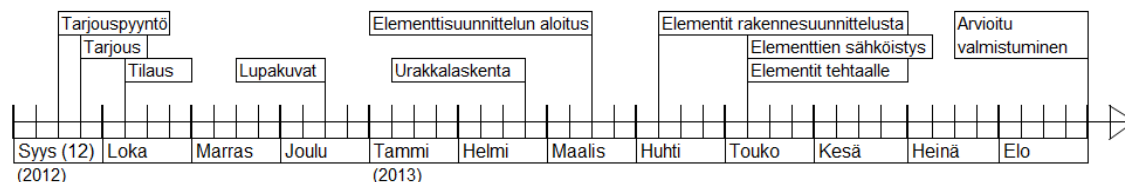
4.1 Projektin tiedot

Pilottiprojektina toimi Etelä-Suomeen tuleva kaupparakennus, jossa on kauppatalaa, varastoja, kylmiö, paistopiste sekä sosiaalitilat. Rakennus on perustettu paaluperustuksin. Kantava alapohja tukeutuu kantavien sokkelielementtien lisäksi paalujen varaan. Sokkelit ja betoniset ulkoseinät ovat sandwich-rakenteisia. Kaupparakennuksessa on lisäksi liittopilareihin tukeutuvia Thermisol-elementtiseiniä sekä lasiseiniä. IV-konehuoneen välipohja on toteutettu ontelolaatoilla, ja ne tukeutuvat kantavien ulko- ja väliseinien varaan. Muut väliseinät ovat elementtirakenteisia, ei-kantavia teräsbetoniseiniä. Yläpohja on pääsääntöisesti toteutettu teräsristikoiden päälle tuetuilla kantavilla profiilipelleillä. Teräsristikot tukeutuvat teräsbetoni- tai liittopilarien varaan. Elementtirakenteisena rakennuksessa on toteutettu sokkelit, ulko- ja väliseinät sekä osa pila-reista. Kohteessa on myös kuorielementtejä. Elementtien kappalemäärät on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 14).

Elementit	Määrä
Sokkelit	35
Ulkoseinät	27
Väliseinät	14
Pilarit	12
Kuorielementit	51

Taulukko 14: Pilottikohteen elementtien kappalemäärät

Projekti käynnistyi rakennesuunnittelun osalta lokakuussa 2012, ja rakennuksen on määrä valmistua elokuussa 2013. Projektin yleispiirteinen aikataulu on esitetty seuraavassa kaaviossa (Kaavio 4).



Kaavio 4: Projektin yleispiirteinen aikataulu

4.2 Pilottiprojektin tarkoitus

Pilottiprojektin tarkoitus on kokeilla toimintamallin soveltuvuutta ja toimivuutta käytännössä. Lisäksi tarkoitus on rakentaa yhteistoimintaa näiden kahden insinööritoimiston välillä ja saada kokemusta elementtisuunnittelun siirtämisestä aliorakkana konsernin sisällä. Pilottiprojektissa seurataan tarkasti suunnittelu-prosessia ja tehdään havaintoja kyseisen toimintamallin toimivuudesta. Pilottiprojektin rakennus soveltuu hyvin tähän kokeiluun, koska siinä elementtien määrä ei ole suuri, mutta elementtityyppejä on kuitenkin useampia. Näin saadaan tietoa toimiston soveltuvuudesta erityyppisten elementtien piirtämiseen ja käsittelemiseen.

4.3 Toiminnan kehittäminen

Toimintatapaa lähetettiin soveltamaan henkilökohtaisella kontaktilla, eli tutustumalla elementtisuunnittelua harjoittavaan suunnittelutoimistoon. Tutustumisen yhteydessä käytiin läpi asioita ja työtapoja: miten he ovat edellisiä projekteja tehneet ja miten he ovat tottuneet töitä tekemään. Nämä työtavat ja tottumukset pyrittiin sopeuttamaan määriteltyyn toimintatapaan. Kyseisellä tutustumiskerralla esiteltiin myös tässäkin opinnäytetyössä oleva pilottiprojekti ja sovittiin alustavia työjärjestelyitä ja -tapoja.

4.3.1 Tiedonkulun varmistaminen

Tiedonkulun eteneminen varmistettiin pilottiprojektissa yhteyshenkilöiden aktiivisella yhteydenpidolla. Lähtötiedoissa esiintyvistä ristiriidoista otettiin yhteyttä elementtisuunnittelua ohjaavaan henkilöön, joka varmisti tiedon paikkansapitävyyden ja välitti sen eteenpäin elementtisuunnittelijoille. Yhteyksissä oltiin useimmiten puhelimella, sillä se tuntui luontevammalta. Sovitut asiat varmistettiin vielä sähköpostilla ja yhteystyö sujui ongelmitta. Toimitettavan tiedon ajantasaisuuden varmistaminen on helpompaa, kun itselle tulleet lähtötiedot, kuten arkkitehti- ja LVI- suunnitelmat, on järjestelmällisesti dokumentoitu ja omissa kansioissaan. Kun päivitettyt suunnitelmat saapuvat omalle toimistolle, tulisi myös muille suunnittelijoille omassa toimistossa tiedottaa päivityksistä. Näin varmistetaan myös se, että elementtisuunnittelua ohjaava henkilö saa tarvitsemansa tiedon ja se lähetetään eteenpäin elementtisuunnittelijoille.

Kommunikointi toimistojen välillä toteutui sovitusti ja asiat keskusteltiin sopimuksessa määriteltyjen yhteyshenkilöiden kautta. Yhteyshenkilöt olivat hyvin tavoitettavissa eikä varalle tarvinnut nimetä muita henkilöitä.

4.3.2 Projektinhallinta

Kuten aiemmin oli todettu, tiedonsiirron hitauden vuoksi tiedostojen sijainnista sovittiin erikseen. Kun elementtejä piirrettiin, tiedostot olivat elementtisuunnittelua tekevän toimiston omalla palvelimella ja kun ne valmistuivat, ne siirrettiin tilaajan palvelimelle, jossa ne pysyivät projektin loppuun asti. Siirron jälkeen tuli joitain uusia päivityksiä, mutta niiden pienen määrän vuoksi ne päätettiin toteuttaa itse oman toimiston sisällä. Tiedostojen sijaintiin liittyen ei tässä projektissa tullut ongelmia.

4.3.3 Aikataulu- ja kustannusseuranta

Suunnittelu-aikataulun toteutumista seurasi elementtisuunnittelua ohjaava henkilö. Valmistumista seurattiin etäyhteydellä toisen toimiston palvelimelta, sillä elementtejä suunniteltiin toisessa toimistossa. Elementtien valmistumisen etenemisestä keskusteltiin myös henkilökohtaisilla yhteydenotoilla. Yhteydenotot hoidettiin yhteyshenkilöiden kautta. Seurannassa ongelmaksi havaittiin aikatau-

lu, sillä samaan aikaan oli käynnissä muita projekteja, eikä valvomiseen ja piirustuksien etenemisen seuraamiseen riittänyt aikaa. Kustannukset pysyivät hallittuina sopimukseen määritellyn kattohinnan ansiosta.

4.4 Muutokset

Kun elementtipiirustuksia tehtiin, toisessa toimistossa vältyttiin suurilta muutoksilta, joten päivitettyjä piirustuksia ei tarvinnut sinne lähettää. Elementteihin tuli suunnittelun aikana kuitenkin joitain lisäyksiä sekä tarkennuksia ja tieto välittyi suunnittelijoille yhteyshenkilöiden välityksellä. Tiedon välitykseen käytettiin sähköpostia ja tiedon perille pääseminen varmistettiin lisäksi puhelimella.

Joitain pieniä muutoksia tuli vielä sen jälkeen, kun elementtipiirustukset oli jo siirretty omalle palvelimelle. Päivitysten vähäisen muutostarpeen vuoksi, piirustukset päivitettiin itse oman toimiston sisällä.

4.5 Elementtien tarkastus

Ennen kuin elementtien piirustukset lähetettiin tehtaalle, ne käytiin läpi yhdessä kokeneen suunnittelijan kanssa. Elementteihin tehtiin muutamia lisäyksiä. Esimerkiksi aukollisiin elementteihin lisättiin nostonaikaisten rasiusten takia teräksiä. Myöhemmässä tarkastelussa elementteihin jouduttiin tekemään vielä joitain parannuksia ja täydennyksiä, jolloin elementtitehtaalle lähetettiin päivitetty ja revisoidut elementtipiirustukset. Näistä puutteista opittiin se, että elementtisuunnittelun toteuttavaa toimistoa tulisi seuraavan projektin alkuvaiheessa tiedottaa ja opastaa hieman enemmän. Näin tarkastukseen ja sen jälkeiseen elementtien päivittämiseen kuluva aika saadaan lyhenemään.

4.6 Yhteenveto

Elementeistä saatiin muutaman päivityksen jälkeen vaatimusten mukaiset piirustukset, jotka voidaan lähettää eteenpäin sähkö- ja LVI-suunnittelijoille. Suunnittelun edetessä tiedonsiirto toimi hyvin puhelimen ja Lync-ohjelman välityksellä. Tarvittavat tiedot saatiin jaettua eteenpäin, ja kysymyksiin sekä suunnitelmissa oleviin ristiriitoihin saatiin päivitettyä voimassaoleva tieto. Sovitut asiat varmistettiin sähköpostin välityksellä, jolloin molemmille osapuolille jäi kirjallinen tieto sovituista käytännöistä ja asioista. Yhteistyö sujui hyvin ja tiedotukset sekä

sovitut asiat käytiin yhteyshenkilöiden välityksellä. Sovituista ja vielä tehtävistä asioista pidettiin listaa, jota päivitettiin suunnitelmien edetessä. Muistutukset listassa pitivät huolen siitä, että tarvittava tieto siirtyi eteenpäin ja kaikki olivat projektin kulusta ajan tasalla. Samalla projekti saatiin etenemään hallitusti. Aikaisemmin todetut, mahdollisesti projektin kulkua hidastavat tilanteet, saatiin pilottiprojektissa melko hyvin karsittua. Suuria ongelmakohtia ei esiintynyt, mutta työn tekemistä hidasti hieman se, että joitain täydennyksiä jouduttiin tekemään vielä myöhäisessä vaiheessa, kun elementtien suunnittelu oli jo käynnissä. Työn seisauksia ei kuitenkaan tullut ja työ saatiin tehtyä kerralla kunnolla.

Koska teräsbetonipilareita oli vain muutama erilainen, pilarielementit päätettiin suunnitella kokonaan omassa toimistossa. Muutaman erilaisen pilarin siirtämistä toiseen toimistoon ei nähty kustannuksellisesti ja ajallisesti tarpeelliseksi. Pilarien piirtämiseen kului vähemmän aikaa kuin olisi mennyt siihen, että tarvittavat lähtötiedot olisi lähetetty toiselle toimistolle, jossa pilarit olisi piirretty. Kustannukset ylittyivät hieman, mikä johtunee siitä, että projektia tehdessä asioita tehtiin ensimmäistä kertaa eivätkä raamit olleet yhteneväisiä keskenään. Tulevaisuudessa, kun toiminta kehittyy entisestään ja siitä muokkautuu toimiva ja yhtenäinen kokonaisuus, saadaan kustannuksia vielä vähennettyä. Aikatauluihin asetetut välitavoitteet ja puskurivarat varmistivat sen, aikataulutus pysyi sille asetetuissa rajoissa ja elementtipiirustukset saatiin ajoissa elementtitehtaalle.

5 Johtopäätökset

Elementtisuunnitteluprosessin sujuvan läpiviemisen periaatteena on se, että koko ketju, (arkkitehdin) lähtötiedoista aina elementtien valmistamiseen tehtaalla, toimii jouhevasti. Lähtötietojen ja muiden prosessin kulkuun vaikuttavien tietojen on tällöin oltava siellä ja siihen aikaan, missä niitä tarvitaan. Kun tarvittavat tiedot ovat oikeaan aikaan oikeassa paikassa, ei suunnitelmia lähdetä tekemään oletusten perusteella ja samalla mahdollisesti väärin. Suunnittelu saadaan pysymään aikataulussa ja kustannukset kurissa, kun kaikki suunnittelijat ovat riittävässä määrin yhteydessä keskenään ja lähettävät tarvittavat asiakirjat sekä suunnitelmat sopimusten ja sovittujen aikataulujen mukaisesti niitä tarvitseville. Kun tiedot tulevat omalle toimistolle, on myös otettava huomioon se, että

suunnitteluprosessi toimii myös omassa toimistossa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kun asiakirjat ja piirustukset ovat järjestelmällisesti omilla paikoillaan ja ne omat suunnitelmat tehdään yhdenmukaisesti, eikä aikaa kulutettiin ja tuottamattomiin kohtiin kuluteta aikaa. Toimistolla työmukavuus ja samalla työn tehokkuus paranee, kun kaikki tekevät yhteistyötä ja jakavat tietoa sekä osaamista muille.

Kun kokemusta jaetaan nuoremmalle ikäpolvelle ja kun nuorempi ikäpolvi tuo uutta tietoa toimistolle, saadaan toimiston kokonaisosaamista lisättyä ja sitä kautta parannettua kustannustehokkuutta ja kilpailukykyä. Kuten yleisesti suunnittelussa, myös elementtisuunnittelussa on piirustusten tarkastuksessa hyvä hyödyntää toimiston monipuolista ja laaja-alaista osaamista. Kokeneemmillä suunnittelijoilla on vankkaa käytännön kokemusta ja nuoremmilla enemmän uutta teknologista osaamista, joita molempia voidaan hyödyntää kaikissa hankkeissa. Erityisesti elementtien tarkastus, ennen tuotantoon menemistä, tulisi tehdä yhdessä kokeneen suunnittelijan kanssa ja siihen pitäisi käyttää resursseja. Vaikka tarkistamiseen kuluisi paljon aikaa, on se silti edullisempaa kuin lähteä korjaamaan viallisia tai puutteellisia elementtejä myöhemmin.

Riskien hallinnan kannalta pilottiprojektiksi oli järkevää valita pienehkö projekti, mikä mahdollisti sen, että työtä ja projektin kokonaisuutta oli helpompi seurata. Haittapuolena tästä voidaan todeta, että projekti oli sen verran pienikokoinen, että toimintamallin toimivuudesta suuremmissa hankkeissa ei aivan lopullisia johtopäätöksiä voinut tehdä. Tarvittaessa etenemistä helpottavia työohjeita, mallisuunnitelmia, sopimuksia ja tarkastuslistoja tullaan täydentämään ja muokkaamaan, kun niissä huomataan puutteita tai täydennyksiä vaativia kohtia.

Toimintamallissa tärkeään rooliin nouseekin elementtisuunnittelun koordinaattori, joka käytännössä vastaa alihankintasuunnittelun onnistumisesta tilaajaosapuolena. Elementtisuunnittelun koordinaattorin työmäärää sopeutetaan hankkeen laajuuden ja vaativuuden mukaan. Koordinaattorin rooli korostuu hankkeen vaativuuden ja laajuuden lisääntyessä, ja suuremmissa projekteissa tulee tälle resurssoida enemmän aikaa ja projektinhallintaan joutuu yleisestikin panostamaan enemmän. Yhden henkilön roolin korostuessa on tämän pidettävä tarkkaa ja selvää seuranta sovituista asioista ja elementtisuunnitelmien valmi-

usasteesta, jotta tarpeen tullen varahenkilö voi hänen tilallaan tehokkaasti toimia. Näin ollen sovitut asiat on aina dokumentoitava selvästi ja niin että muutkin voivat tietoja tarpeen tullen käyttää.

Elementtisuunnitteluprosessi tulee vahvistumaan opinnäytetyön tilaajan toimistossa. Elementtisuunnittelun toimintatapa tullaan tulevaisuudessa pitämään pilottiprojektin kulkuun perustuen pitämään yksinkertaisena ja selkeänä. Erilaiset tarkastus- ja muistilistat ovat luonteeltaan avustavia työkaluja, eikä niitä ole tarkoitettu orjallisesti noudatettavaksi ainoaksi työohjeeksi. Prosessin tärkeimpänä peruseriaatteena on, että ennen alihankintatyön aloitusta varmistetaan, että lähtötietosuunnitelmien valmiusaste on tarpeeksi korkea ja elementit saadaan tehtyä kunnolla ja kerralla. Valmiusaste on usein riittävä niihin aikoihin, kun projekti menee urakkalaskentaan. Urakkalaskennan jälkeen rakenteisiin ei yleensä enää tule suuria muutoksia, joten myös elementteihin vaikuttavat muutokset pysyvät vähäisinä. Kun urakkalaskenta-asiakirjat lähtevät urakkalaskentaan, on rakenteiden ja liitosten oltava niin lopullisia, että tarvittavat asiakirjat voidaan lähettää lähtötietoina elementtejä suunnittelevalle toimistolle, jossa piirretään sopimuksenmukaiset elementit.

Pilottiprojektissa huomattiin myös se, että hyvin pieniä projekteja ei ole kustannuksellisesti ja ajallisesti järkevää tilata alihankintana. Aika, joka kuluisi sopimusten solmimiseen, lähtötietojen valmistelemiseen ja seurantaan on kuitenkin niin suuri, että lähes samoilla resursseilla saadaan pienen kohteen elementit suunniteltua. Tulevaisuudessa yhteistyö tulee olemaan helpompaa, kun yksi pienempi kohde on yhdessä jo tehty ja työntekijät ovat hieman jo tutustuneet toisiinsa. Seuraavissa suuremmissa kohteissa elementtisuunnitteluun erikoistunut toimistoa tullaan kuitenkin todennäköisesti käyttämään.

Taulukot

Taulukko 1: Perustuselementtien tunnuksset, s 7

Taulukko 2: Pilarielementtien tunnuksset, s 8

Taulukko 3: Seinäelementtien tunnuksset, s 8

Taulukko 4: Palkkielementtien tunnuksset, s 8

- Taulukko 5:Laattaelementtien tunnuksset, s 8
- Taulukko 6:Parveke-elementtien tunnuksset, s 9
- Taulukko 7:Porraselementtien tunnuksset, s 9
- Taulukko 8:Hissikuiluelementtien tunnuksset, s 9
- Taulukko 9:Erikoiselementtien tunnuksset, s 9
- Taulukko 10: Suomessa käytettyjä vakioteräsosia ja niiden käyttökohteita, s 22
- Taulukko 11: Ohjeellisia aikatauluja aikataulusuunnitteluun, s 28
- Taulukko 12: Suunnitelmien ohjeellisia aikatauluja, s 29
- Taulukko 13: Riskiarviointi, s 39
- Taulukko 14: Pilottikohteen elementtien kappalemäärät, s 47

Kuvat

- Kuva 1: Suorakaidepilarin suositeltavat poikkileikkaukset, s 12
- Kuva 2: Pyöreän betonielementtipilarin vakiopoikkileikkaukset, s 12
- Kuva 3: Erilaisia palkkityyppejä, s 14
- Kuva 4: Yleisimmät laattaelementit, s 17

Mitoutustaulukot

- Mitoutustaulukko 1: Esimerkki teräsbetonipilarin kantavuudesta, s 13
- Mitoutustaulukko 2: HI-palkkien kantavuuskäyrät, s 15
- Mitoutustaulukko 3: 265 mm paksuisen ontelolaatan mitoitustaulukko, s 18

Kaaviot

- Kaavio 1: Laattojen suurimmat jännevälit, s 17
- Kaavio 2: Toimistojen välinen yhteys, s 37
- Kaavio 3: Tarjouksen tekeminen huomioiden elementtejä suunnitteleva toimisto, s 40
- Kaavio 4: Projektin yleispiireinen aikataulu, s 48

Listat

Lista 1: Tarjouspyyntövaiheen tarvittavat lähtötiedot, s 23

Lista 2: Päärakennesuunnittelijan ja elementtisuunnittelijan tavanomainen työnjako, s 26

Lista 3: Reunatekstien tiedot, s 32

Lähteet

RT 16-10660. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, YSE 1998

RT 13-10574. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot KSE 1995. (1995)

RT 17-10721. Rakennustuotteiden yleiset hankinta- ja toimitusehdot, RYHT 2000

RT 10-10577. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK 95

RT 15-10635. Esitystapaohjeet

Betoni- ja teräsvalmisosien asennusehdot 10.2.2009. Rakennustuoteteollisuus RTT ry

Rakennusteollisuus RT ry:n sisäiset urakoinnin sekä urakoitsijan ja materiaali-toimittajan väliset pelisäännöt 19.9.2006

Saarinen M. 2013. Derby Business Park on tietomallintamisen taidonnäyte. Betoni 1/2013, 48-53.

Suikka, A. Betonivalmisosien suunnittelu, toimitusten ja asennuksen ohjaus. Betonikäsikirja 2006

YPA2; Kiinteistöpalveluiden hankintaprosessi 18.2.2009

www.rakennusteollisuus.fi

<http://www.cads.fi/fi/Tuotteet/Arkkitehti-%20ja%20rakennesuunnittelu/K%C3%A4ytt%C3%B6tarkoitus/Elementtisuunnittelu/> (Luettu 24.1.2013)

http://www.jcad.fi/tuotteet/rakentaminen/jcad_cd.html (Luettu 24.1.2013)

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/suunnitteluohjelmat> (Luettu 7.2.2013)

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet> (Luettu 24.1.2013)

www.elementtisuunnittelu.fi/fi/liitokset(Luettu 24.1.2013)

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi> (Luettu 5.2.2013)

<http://www.betoni.com/ajankohtaista/2005/10/31/tassu-projekti-kehittaa-rakenteellista-turvallisuutta> (Luettu 20.4.2013)

<http://www.pk-rh.com/startti-riskienhallintaan/mita-riskienhallinta-on/riskien-suuruuden-arviointi/riskien-suuruuden-arviointi.html> (Luettu 5.5.2013)

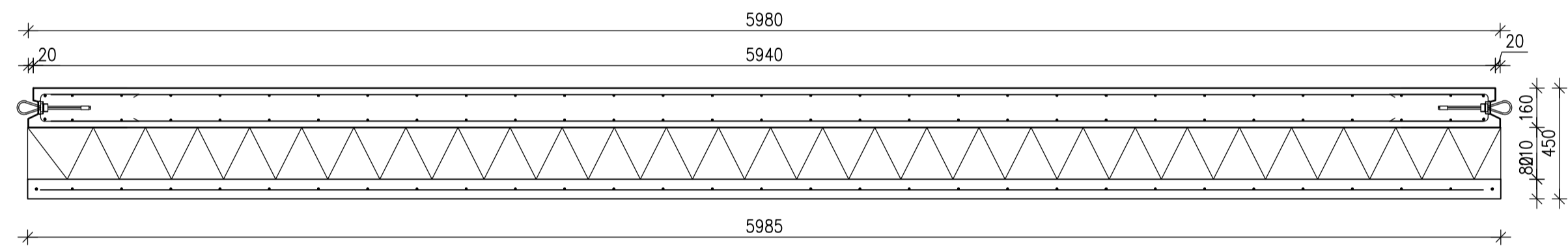
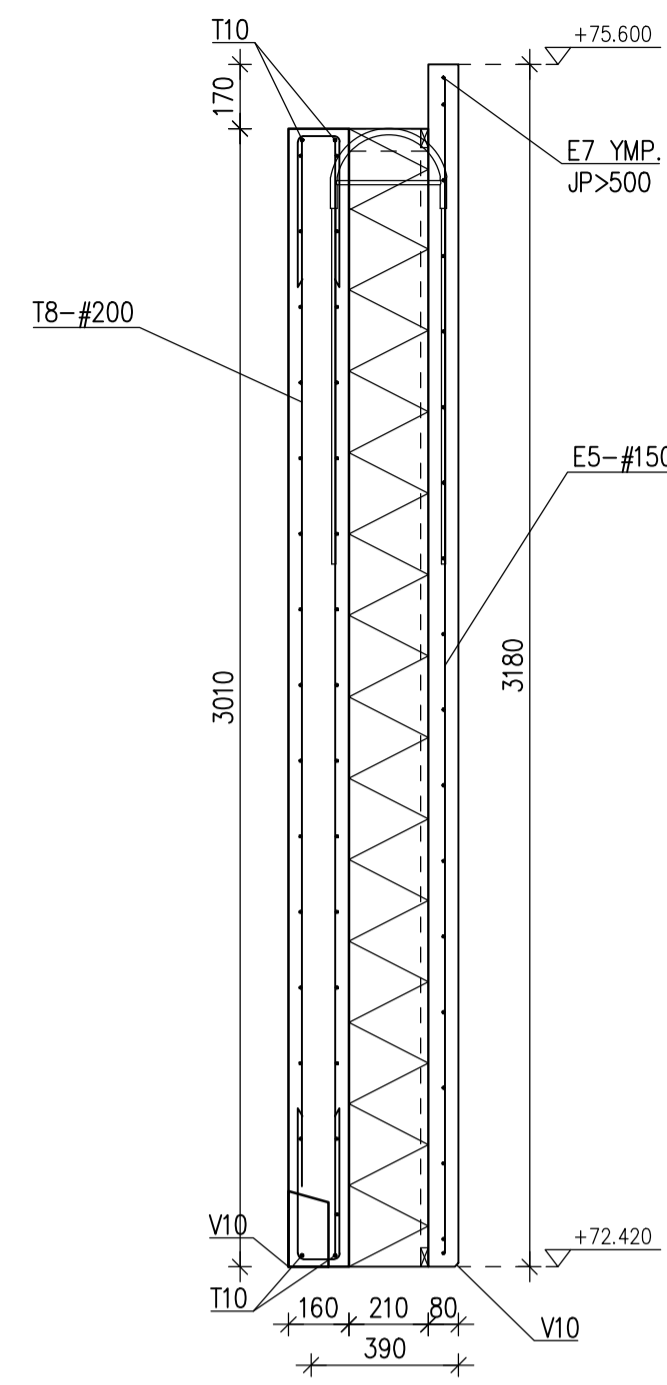
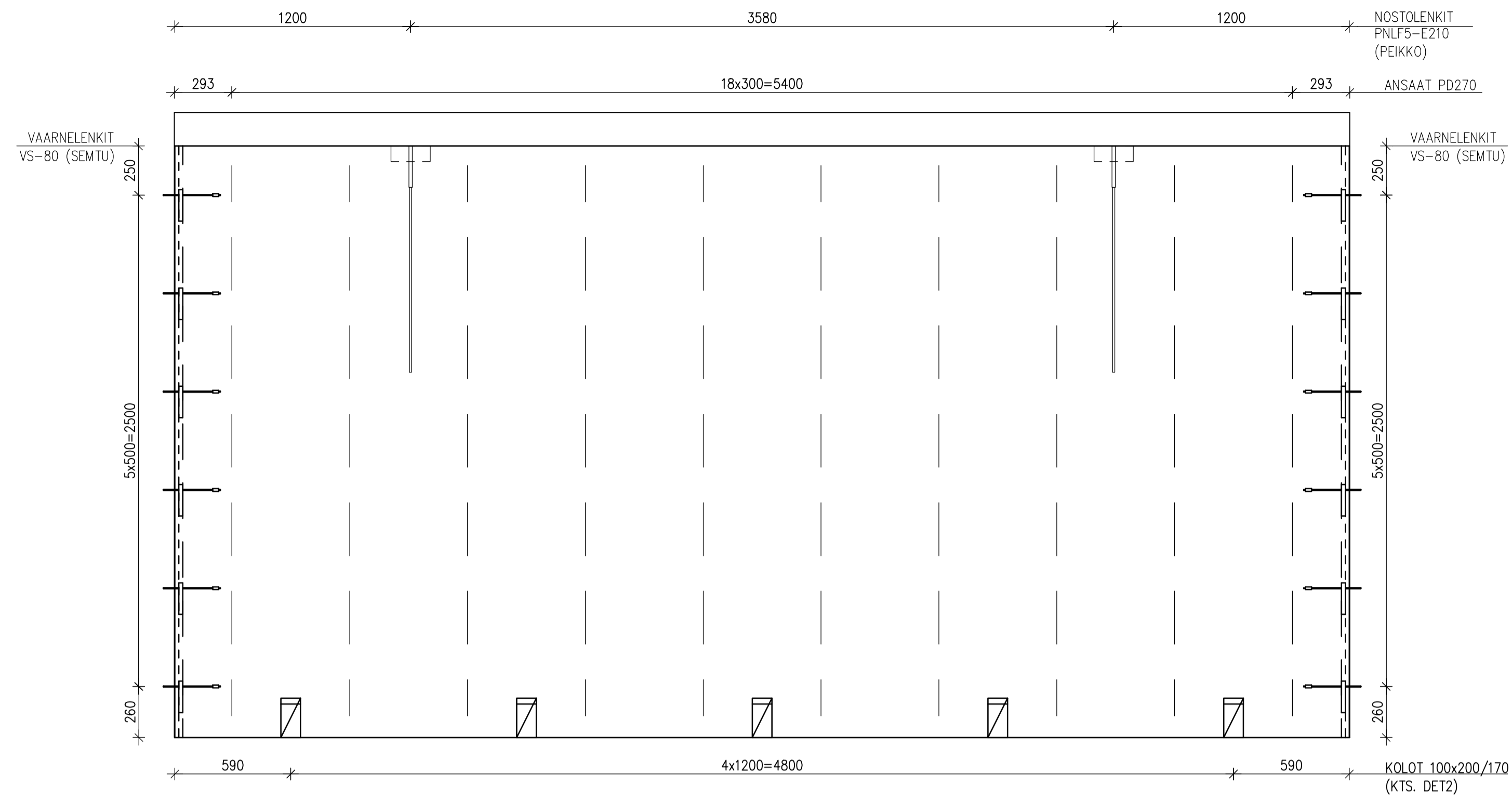
<http://www.tekla.com/fi/solutions/building-construction/precast-fabricators-detailers/Pages/Default.aspx> (Luettu 5.4.2013)

Lähtötiedot
elementtisuunnittelijoille

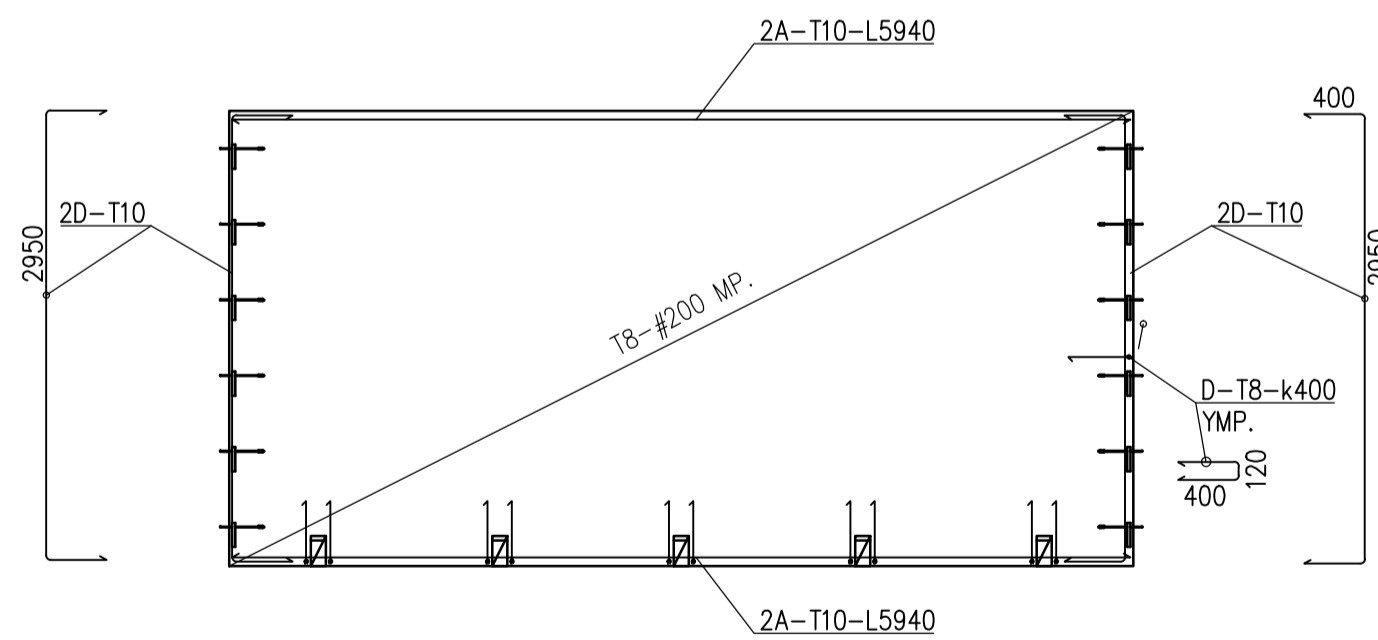
Liite 1

Mallielementit (kaikista elementtityypeistä)	Materiaalitiedot Väritiedot Aukkotiedot Mahdolliset laattajakotiedot Detaljit (smyygit, viisteet...)
Muut piirustukset	Rakennetyypit Elementtien liitosdetaljit Yleisleikkaukset Välipohjaleikkaukset Yläpohjaleikkaukset Perustusleikkaus (korot + sokkelielementtikaavio) Tasopiirustukset kerroksittain (korot + seinäelementtikaavio) Julkisivut joka suunnasta (elementtien naamakuvat)
Liittyvät dokumentit	Betonelementtityöselitys Elementtiluettelot Elementtityyppiluettelo (Liite 4) Elementtien max koko ja paino

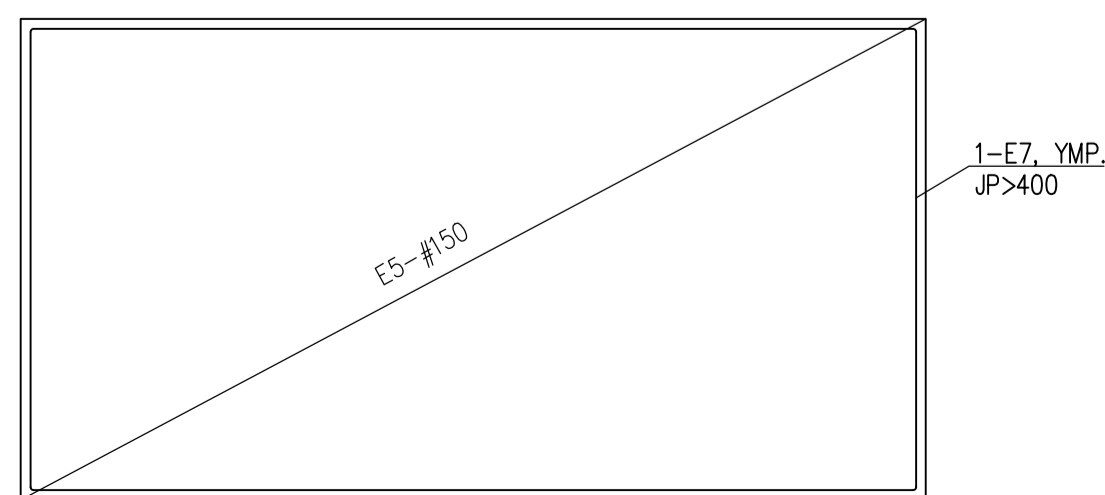
Elementtisuunnitelmien tarkistuslista	Huom!
Sisä- ulkokuoren ja eristeen mitat	
- paksuus, pituus, leveys	Valmistustoleranssit, asennusvarat
- kuorten ja eristeiden välinen tasoero/ porrastus	
- elementtien maksimikoot (kuljetus)	Huomioitava ulos tulevat tartunnat ja muut osat
Aukot	
- koko ja sijainti	Ikkunan /oven koko +20 mm
- pielidetallit	
- kiinnitysosat (sahatavara karmikulmat...)	
- valmistustoleranssit	
Sisä- ulkokuori	
- raudoitus (teräslaatu)	Yleensä; ulkokuori RST, sisäkuori A500HW
- ansaat/ haat	Reunaehdot, hakojen teräslaatu
- rasitusluokat	
- betonin lujuus	
- betonipeitepaksuus	Rasitusluokkien mukaan
- pintavaatimukset	Muottipinta, teräshierto.. muu
Eriste	
- tyyppi	
- uritukset, kokoojaurat	
Tartunnat	
- sijainti, reunaetäisyydet	Valmistajakohtaisia
- tyyppi	Ruostumattomat, sinkityt, mustat teräkset
- koko	
- liittyminen kiinnitettäviin elementteihin	Varaus / kolo liittyvässä elementissä
Konsolit, varusteet	
- korkeus, sopivuus liittyvään elementtiin	vastakappaleet yhtenevät
Nostolenkit	
- sijainti, kapasiteetti	Elementin noston aikainen rasitus (erit. pilarit)
- nostokulma	Kapasiteetin kulman suurentuessa
Detallit	
- tuuletus, kokoojaura	
- vedenpoisto	Sokkelit ja ja ulkoseinät
- smyygit	
- lenkit	
- viisteet	Näkyt pinnat, vakioviisteet



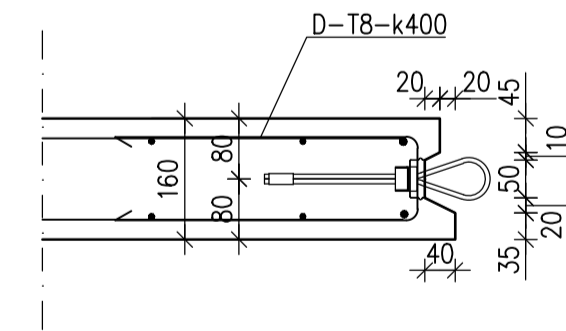
RAUDOITUS SISÄKUORI (1:50)



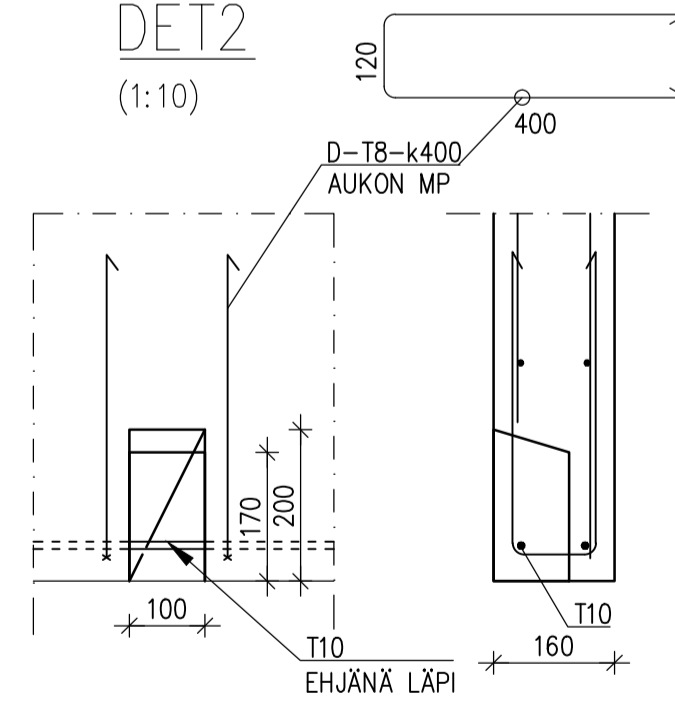
RAUDOITUS ULKOKUORI (1:50)



DET1 (1:10)

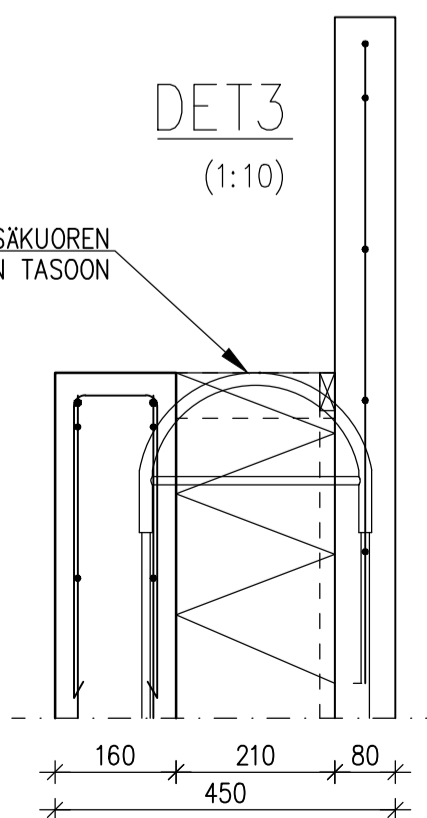


DET2 (1:10)



DET3 (1:10)

NOSTOANKKURI SISÄKUOREN KANSSA SAMAAAN TASOON



RAUDOITTEIDEN TAIVUTUSTYYPIT			
A	B	C	D
E	G	H	J
K	N	R	U
W	Z	O	XA
XE	X	Y	
TERÄKSEN MERKINTÄ			
T12	TERÄKSEN HALKAISUJA 12 mm, T= BETONITERÄS A500HW		
1006-T12-100	10 KPL, TAIVUTUSMUOTO U, POS. NO 6 - T12 - KESKINÄINEN ETÄISYYS 100		
6A8-T32-L12000-200	6 KPL, TAIVUTUSMUOTO A, POS. NO 8 - T32 - PITUUS 12000 mm - KESKIN. ETÄISYYS 200 mm		

ELEMENTTI: PAINO: 110 kN
BETONITILAVUUS: 4,4 m²

BETONI: C30/37
RUNKOINEN SUURIN RAEKOKO 16 mm
BETONILUJUUDEN OLTAVA VÄHINTÄÄN MUOTTEJA PURETTAESSA 26 MN/m²
ELEMENTTIÄ SIIRRETTÄESSÄ 26 MN/m²
ELEMENTTIÄ ASENNETTAESSA 26 MN/m²

SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ: 50 vuotta

RASITUSLUOKKA: SISÄKUORI: XC1 (LÄMPIMÄT SISÄTILAT)
ULKOKUORI: XC3, XC4 JA XF1

TERÄS: T = A500HW
K = B500K
E = B600KX (1.4301)
S=235JRG2
J = St 1800/1600

ANSAAT: ANSAIDEN c/c -VÄLI ≤ 600 mm
REUNAETÄISYYS 100-300 mm
ANSAIDEN ETÄISYYS YLÄ- JAALAREUNASTA 100...200 mm
PIENIN SALLITTU c/c 100mm

TERÄSTEN BETONIPEITE: SISÄKUORI: 20 mm
ULKOKUORI: 35 mm
SALLITTU MITTAPOIKKEAMA 10mm

LÄMMÖNERISTE: KIVIVILLA, URITETTU JA URASUOJATTU
URAT MYÖS ELEMENTIN YLÄ- JA ALAREUNOISSA
SEKÄ LÄMMÖNERISTELEVYJEN JÄTKÖKSISÄ

MITTATARKKUUS: SBK:N JULKAISU: BETONIELEMENTTIEN TOLERANSSIT, NORMAALI LUOKKA
HUOM! TERÄKSISTEN RAKENNEOSIEN SIAJANNIN MITTATARKKUUS ± 5 mm

VIISTEET: 10x10 mm MERKITYSSÄ KULMISSA (v)

PINTAKÄSITTELY: MUOTTIPINTA: SILEÄVALU HARMAA
SISÄPINTA: TERÄSHIERTO HARMAA

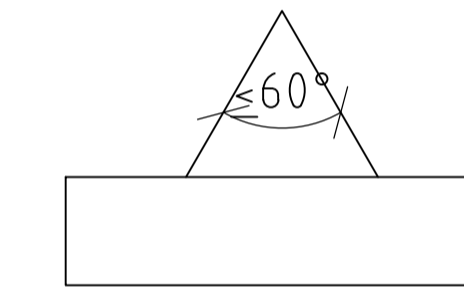
PALOLUOKKA: R 30

ELEMENTIN SIAJINTI: ELEMENTTIKAAVIO PIIR. NO: 1119-4001

HUOM: ELEMENTTIÄ SAA NOSTAA VAIN NOSTOLENKKIEN KOHDALTA JA KULJETTAA SYRJÄLLÄN SISÄKUOREN VARASSA.
ELEMENTIN SAA KÄÄNTÄÄ VAIN NOSTOLENKKIEN VARASSA
ELEMENTIN KATSOMISSUUNTA KS.ELEMENTTIKAAVIO 1119-4001

VALMISTUSMÄÄRÄ: 1 KPL

ELEMENTIN NOSTO



Tunnus	Lukumäärä	Muutos	Piiritys	Päiväys
Kaupunginosa / Kylä		Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisen merkintä
Rakennuksen numero (RATU1) / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset				
Rakennusvaihe			Piirustaja	Juokseva no
UUDISRAKENNUS			RAKENNEPIIRUSTUS	
Vastava rakennusmittelija (nimi, tutkinto, allekirjoitus)				
NIMI				
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö	Mittakaava
KOHDE			MALLIELEMENTTI	1:20
KOHDE 2			SANDWICH-ELEMENTTI S-002	1:10
OSOITE			KANTAVA	
PST. NRO. KYLÄ			Suunnitteluala	Työnumero
RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE			RAK	NRO
PÄIVÄYS			Piirustuksen numero	Tiedosto
SUUNNITTELIJA			S-002	
PÄIVÄYS			MALLIELEMENTTI	
PIIRITÄJÄ			S-002.dwg	
TARKASTAJA				