

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutus
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Sanni Lahtinen

Sokkelielementin suunnitteluohje

Tiivistelmä

Sanni Lahtinen

Sokkelielementin suunnitteluohje, 51 sivua, 1 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutus

Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: tuntiopettaja Heikki Vehmas, Saimaan ammattikorkeakoulu,

teknologiapäällikkö Arto Nieminen, Sweco Rakennetekniikka Oy

projektipäällikkö Petri Tojkander, Sweco Rakennetekniikka Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa sokkelielementeille suunnitteluohje, jonka avulla kyseisten elementtien suunnittelu olisi helpompaa erityisesti uusille ja kokemattomammille suunnittelijoille. Lisäksi ohjeen olisi tarkoitus yhteinäistää sokkelielementtien suunnittelua yrityksen sisällä. Työn tilaajana toimi Sweco Rakennetekniikka Oy.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi hieman betonielementtirakentamisen historiaa maailmalla ja Suomessa. Lisäksi perehdytään erilaisiin sokkelielementtityyppeihin ja niiden yleisimpiin käyttökohteisiin. Elementtien suunnittelun kannalta käydään läpi säilyvyysuunnittelua, valmistustoleransseja, lämmöneristystä sekä pintakäsittelyjä. Yksi tärkeä osa elementtien suunnittelua ovat erilaiset varusteluosat ja nostoelimet, joiden toimintaperiaatteet ja käyttö myös selvitetään.

Suunnitteluohjeen tarkoituksena on, että kaikki sokkelielementin suunnitteluun liittyvä löytyisi yhdestä paketista. Ohjeen tekemistä varten perehdyttiin tarkasti suunnitteluun liittyviin standardeihin ja määräyksiin. Tämän pohjalta saadun tiedon lisäksi, hyödynnettiin hyvin lopputuloksiin johtaneita ratkaisuja. Näin saatiin koottua ohje, josta rakennesuunnittelijan on helppo poimia tarvittavat tiedot sokkelielementin suunnitteluun.

Avainsanat: elementtisuunnittelu, betonielementtirakentaminen, elementtityypit, sokkelielementti, suunnitteluohje, säilyvyysuunnittelu, varusteluosat

Abstract

The purpose of this thesis was to produce a design guide for the plinth elements, which would make the design of these elements easier, especially for new and inexperienced designers. In addition, the manual should aim to harmonize the design of the plinth elements within the company. The work was commissioned by Sweco Rakennetekniikka Oy.

In the theoretical part of the thesis, the history of concrete construction in the world and in Finland is reviewed. In addition, various types of plinth elements and their most common applications are studied. For designing elements, retention planning, manufacturing tolerances, thermal insulation and surface treatments are discussed. An important part of the design of the elements is the various accessories and lifting elements, whose operating principles and use are also explained.

The purpose of making the design guide is that all the design elements of the plinth element could be found in one package. To achieve this, we carefully studied the standards and regulations related to design. In addition to the information obtained on this basis, solutions that led to good results were utilized. In this way, a compiled instruction was obtained from which the structural designer can easily extract the necessary information for the design of the plinth element.

Keywords: element design, concrete element construction, element types, plinth element, design guide, retention planning, accessories

Sisällys

1	Johdanto	5
1.1	Työn tavoite ja tilaajan vaatimukset	6
1.2	Työn rajaukset	6
1.3	Työn sisältö.....	7
2	Elementtirakentaminen	7
2.1	Elementtirakentaminen Suomessa	8
2.2	Määräykset ja ohjeet.....	10
2.3	CE-merkintä.....	12
3	Sokkelielementin suunnittelu	13
3.1	Sokkelielementtityypit	13
3.1.1	Sandwich-sokkelielementti	14
3.1.2	Sokkelin kuorielementti	15
3.1.3	Ontelolaattasokkeli	16
3.1.4	Alapohjapalkit	17
3.2	Suunnitteluperusteet.....	18
3.2.1	Kuormitukset	19
3.2.2	Säilyvyysuunnittelu	19
3.2.3	Toteutusluokka.....	23
3.2.4	Valmistustoleranssit	24
3.2.5	Lämmöneristys.....	28
3.2.6	Pintakäsittelyt	29
3.2.7	Elementtien koot.....	31
4	Varusteluosat.....	32
4.1	Ansaat ja pistokkaat.....	32
4.2	Tartunnat	35
4.3	Kiinnityslevyt ja vemot.....	37
4.4	Vaijerilenkit	39
5	Työturvallisuus.....	40
5.1	Työnaikainen tuenta.....	40
5.2	Nostoelimet	42
6	Suunnitteluohje	45
7	Yhteenvedo ja pohdinta	46
	Lähteet.....	49

Liitteet

Liite 1 Sokkelielementin suunnitteluohje

1 Johdanto

Opinnäytetyön tilaaja Sweco Rakennetekniikka kuuluu Sweco Finland -konserniin, joka työllistää Suomessa noin 2000 työntekijää. Sweco on Euroopan johtava rakennetun ympäristön ja teollisuuden asiantuntija. Yrityksellä on johtava asema kuudella markkina-alueella, joilla se työllistää yhteensä noin 14 500 työntekijää. Rakennesuunnittelijoina työskentelee Suomessa eri paikkakunnilla noin 800 asiantuntijaa.

Sweco Rakennetekniikka toimii kaikilla rakennesuunnittelun osa-alueilla kattaen kaikki materiaalit ja kohdetyypit. Suunnittelun tukena yrityksellä on jo olemassa erinäisiä suunnitteluohjeita, mutta ohjetta sokkelielementtien suunnittelusta ei vielä ole. Ohjeistus elementtien suunnitteluun on tärkeä erityisesti aloitteleville suunnittelijoille ja se myös lisäksi edistää suunnittelun yhtenäisempää linjaa yrityksen sisällä. Ohjeen halutaan myös palvelevan erityisesti teollisuusrakentamisen parissa toimivia suunnittelijoita.

Betonielementtien valmistus on ollut hyvin yleistä jo pitkään. Niiden suunnittelua ja valmistusta ohjaavat kuitenkin useat standardit ja määräykset. Näiden standardien viidakossa suunnittelijaa helpottaa, kun yhteen pakettiin on kerätty suunnittelun pohjana oleva aineisto, josta on helppo poimia tarvittavat tiedot ja hyväksi havaitut vaihtoehdot.

Teollisuusrakentamisessa oman haasteensa suunnittelulle aiheuttavat erilaiset ympäristörasitukset, kuten kemialliset aineet ja kloridit. Näiden vaikutukset erityisesti betonin kestävyys- ja säilyvyyteen ovat huomattavat ja ne tulee ottaa erityisesti huomioon. Tämän työn tarkoituksena onkin helpottaa myös tavanomaisesta ympäristöstä poikkeavaa suunnittelua sokkelielementtien osalta. Kuitenkin työ käsittelee myös asuinrakentamisen osalta sopivia ratkaisuja. Myös lämmöneristykseen liittyvät seikat on otettu huomioon niin teollisuusympäristössä kuin talorakennuksessakin.

1.1 Työn tavoite ja tilaajan vaatimukset

Työn tavoitteena on tehdä toimeksiantajayrityksen olemassa olevien suunnitteluohjeiden linjaa noudatteleva ohjeistus sokkelielementtien suunnitteluun. Tarkoituksena on, että ohje palvelee erityisesti uusia ja kokemattomampia suunnittelijoita. Lisäksi ohjeen tarkoituksena on vastata sokkelielementtien suunnittelussa todettuihin yleisiin epäselvyyksiin ja näin osaltaan edistää yhtenäistä suunnittelua yrityksessä.

Ohjeen lähtökohtana on vastata toimeksiantajayrityksen suunnittelijoiden toteamiin ongelmakohtiin ja huomioihin sokkelielementtien suunnittelussa. Suunnittelijoiden näkemyksiä selvitetään tekemällä kysely kokeneilta yrityksen työntekijöiltä, jotka ovat suunnitelleet lukuisia sokkelielementtejä. Vastauksien pohjalta saadaan yleisimmät suunnitteluun liittyvät osa-alueet, jotka vaativat erityistä huomiota tai tarkempaa selvitystä. Tuotettava suunnitteluohje on siis kokonaisuudessaan yleinen ohje, jossa painotetaan erityistä huomiota vaativia osa-alueita.

Lisäksi käydään läpi määräyksiä ja olemassa olevia ratkaisuvaihtoehtoja, joista kerätään pohdintoja pohjaksi toimivalle ohjeelle. Avataan siis tämänhetkisten standardien vaatimuksia ja ohjeita, jotta lopputulos täyttää voimassaolevat määräykset.

1.2 Työn rajaukset

Työssä erityisesti käsiteltävät asiat on selvitetty suunnittelijoille tehdyn kyselyn ja keskustelujen avulla. Vastaukset pyydettiin pohjautuen seuraaviin kysymyksiin:

1. Mitä asioita toivoisit sokkelielementtien suunnitteluohjeissa olevan?
2. Minkälaisiin ongelmiin olet törmännyt sokkelielementtejä suunniteltaessa?
3. Onko mielestäsi jokin tietty osa-alue tai asia johon sokkelielementin suunnitteluohjeessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota?

Vastauksien pohjalta suunnitteluohjeen tulisi sisältää pääpiirteittäin kaiken sokkelielementtien suunnitteluun liittyvän. Erityisesti toivottiin, että ohjeesta saadaan selville sokkelielementeissä käytettävät eristeet sekä varusteluosat. Niistä toivottiin esimerkkiä tuotenimestä ja ohjeistusta varusteluosien sijoittelusta.

Yksi merkittävä keskusteluissa esille tullut asia oli ohjeistus teollisuusrakentamista koskeviin rakenteisiin. Aiemmat elementtien suunnitteluohjeet eivät juurikaan ota kantaa teollisuusrakentamisessa esiintyviin erityspiirteisiin, kuten ympäristöolosuhteisiin ja eristykseen. Näiden asioiden huomioiminen vaikutti olevan erittäin toivottua.

1.3 Työn sisältö

Suunnitteluohje sisältää erilaiset sokkelielementtityypit sekä niiden yleisimmät käyttökohteet. Työssä selvitetään sokkelielementin suunnitteluprosessin sisältöä peruseriaatteeltaan. Lisäksi perehdytään rakenneosien mitoitukseen ja mitoituksen kulkuun.

Talonrakentamisessa ja teollisuusrakentamisessa on todettu olevan paljon poikkeavuuksia liittyen elementtien vaatimuksiin ja näin ollen myös suunnitteluun. Kyselyissä ja keskusteluissa suunnittelijoiden kanssa suurimmaksi puutteeksi voitiin todeta puutteet teollisuusrakentamista koskevissa suunnitteluohjeissa. Tämän vuoksi jo heti alussa oli selvää, että ohje tehdään palvelemaan erityisesti myös tämän osa-alueen suunnittelijoita.

Ohje kattaa pääpiirteittäin kaiken sokkelielementin suunnitteluun liittyvän, sisältäen tietoa materiaalivalinnoista, varusteluosista, mitoitukseen liittyvistä asioista sekä kiinnityksen yksityiskohdista. Kaikissa osioissa myös selvitetään, mistä tietoa saa lisää. Näin varmistetaan, että suunnittelijan on helpompi etsiä tietoa esimerkiksi erikoistapauksia koskevaan suunnitteluun.

Ohje koskee vain sandwich-sokkelielementtejä ja sokkelin kuorielementtejä. Ontelolaattasokkeliä ja alapohjapalkkia ei itse ohjeeseen ole otettu mukaan.

2 Elementtirakentaminen

1800-luvulla keksittiin Portland-sementti, joka johti betonin käytön yleistymiseen. Ensimmäisiä betonituotteita vuosisadan alkupuolella olivat luultavimmin betoniharkot, joita käytettiin penkereiden ja laitureiden rakentamisessa. 1800-luvun puolivälissä puolestaan keksittiin teräsbetoni. Tämän raudoitetun betonin keksijänä pidetään ranskalaista puutarhuri Joseph Monier`ta, joka kehitti betonisille

kukkavaaseille raudoitusmenetelmän, jota hän sovelsi myöhemmin myös putkiin, siltoihin ja seinälevyihin. (RIL 115 KÄ Betonielementtirakenteet 1977, 16–17.)

Vuoden 1900 Pariisin maailmannäyttelyn jälkeen betonia ruvettiin käyttämään maailmanlaajuisesti rungon rakentamisessa. Yhdysvalloissa valmistettiin ensimmäisiä vesikattoelementtejä, jotka asennettiin teräsristikkokannattajien varaan. Nämä elementit olivat leveydeltään 1200 mm, pituudeltaan 5100 mm ja paksuudeltaan 50 mm. Pennsylvaniassa rakennettiin myös neljäkerroksinen talo, jossa ainoastaan pilarit tehtiin paikallavaluna ja muut osat olivat esivalmisteisia. Muotitiin valettava kiviaines, johon oli lisätty raudoitusta, mahdollisti rakennuksien avarien tilojen ja siltojen rakentamisen uudella tavalla. Elementtirakentamista kokeiltiin Yhdysvaltojen lisäksi myös Euroopassa. Jo vuodesta 1912 lähtien käytettävissä oli toimivia elementtijärjestelmiä, mutta laajempaa käyttöä niille ei, muutamia Saksassa olleita poikkeustapauksia lukuun ottamatta ollut. (RIL 115 KÄ Betonielementtirakenteet 1977, 16–17.)

Elementtirakentamista oli siis tutkittu jo ennen toista maailmansotaa. Lopulta sodan tuhojen korjaaminen ja heikko talous tilanne nostivat elementtirakentamisen ratkaisuksi rakentaa mahdollisimman tehokkaasti ja taloudellisesti. Elementtirakentamisessa pyrittiin siihen, että rakennuspaikalla tehtyjen rakennusosien valmistus pyrittiin siirtämään tehtaisiin. Lopputuloksena syntyikin elementtitekniikkaan perustuva massatuotanto, joka oli käytössä sekä Itä- että Länsi-Euroopassa. (RIL 115 KÄ Betonielementtirakenteet 1977, 16–17.)

2.1 Elementtirakentaminen Suomessa

Muun Euroopan tavoin myös Suomessa tutustuttiin sementtiin ja betoniin 1800-luvun puolivälissä. Ensimmäistä kertaa sementtiä on tietävästi käytetty Saimaan kanavan muurirakenteiden rakennustöissä. Aluksi sementti oli tuontitavaraa, mutta käytön yleistyessä aloitettiin kotimaisen Portland-sementin valmistus, ensimmäisenä Keravan Saviolla vuonna 1869. Sementin valmistuksen aloitus oli lähtökohta suomalaisen betonin valmistukselle ja näin ollen myös esivalmisteisten betonituotteiden tuotannolle. Betonia käytettiin aluksi lähinnä vesirakenteisiin,

viemäriputkiin, perustuksiin ja kaivonrenkasiin. Ensimmäisiä esivalmisteisia betonituotteita olivatkin betoniputket, kaivonrenkaat ja harkot. (Hytönen & Seppänen 2009, 14–15.)

1900-luvun alkupuolella Suomessa elettiin teollistumisen ja kaupungistumisen aikaa. Aikakausi vaati rakentamista, jota toteutettiin betonitekniikan avulla. Vuosisadan alkupuoliskolla asuinkerrostalojen puuvälipohjia alettiin korvata teräsbetonisilla rakenteilla ja myös betoniset kantavat pystyrakenteet yleistyivät. Talojen ulkoseinienkin rakentaminen tiilistä koki vähitellen muutosta kevytbetonin kehittämisen myötä. (Hytönen & Seppänen 2009, 16–17.)

Toisen maailmansodan aikana rakennettiin poikkeusoloissa ja vaikka tarve rakentamiselle oli suuri, se oli tiukasti säänneltyä. Betonirakentaminen väheni mutta osaltaan suuntautui uusille alueille armeijan tarpeisiin ja rintamalle. Tämä osaltaan kehitti betonirakentamista, sillä olosuhteet ja vaatimukset olivat uudenlaiset. Itärajan turvaksi rakennettu Salpalinja muodostui maan suurimmaksi rakennustyömaaksi. Suuri osa Salpalinjan kantalinnoitteista rakennettiin teräsbetonista ja niissä kokeiltiin uusia valutekniikoita, joita hyödynnettiin myös sodan jälkeisessä rakentamisessa. Useiden rakennuskohteiden sijaitseminen kohtuullisen välimatkan päässä toisistaan ja runsas betonin tarve sai aikaan sen, että betonin valmistuksessa otettiin käyttöön keskusasemat. Linnoitustöiden vaatimat betonin lujuusvaatimukset johtivat laadun valvonnan kehittämiseen ja lisäksi alettiin kehittää talvibetonointia. (Hytönen & Seppänen 2009, 19.)

Asuinrakentamista varten Suomessa kehitettiin vuosina 1968–1970 avoin BES-järjestelmä, joka perustui kantaviin pääty- ja väliseiniin sekä ei-kantaviin sandwich-ulkoseiniin ja välipohjina käytettäviin pitkälaattoihin. BES-järjestelmä mahdollisti sen, että urakoitsijat pystyivät hankkimaan elementtejä samaan rakennukseen eri toimittajilta, sillä järjestelmässä betonivalmisosat ja niiden liitosdetaljit standardoitiin. Elementtijärjestelmien standardointia jatkettiin 1980-luvulla ja kehitettiin Runko-BES-aineisto. Tämä laajensi järjestelmän käyttöä myös toimitilaja teollisuusrakentamisen puolelle. Järjestelmässä pilari–palkkirungolle koottiin mittajärjestelmä, rakenneosien mitta- ja tyyppisuositukset sekä liitosdetaljit. (Elementtisuunnittelu.fi: Elementtirakentamisen historia.)

Ajan saatossa yleisimpänä betonijulkisivuelementtinä on säilynyt sandwich-elementit, vaikkakin rinnalle tulleet erilaiset kuorielementtiratkaisut ja rapatut julkisivut ovat lisänneet suosiotaan. Elementtirakentaminen on kehittynyt koko ajan. Eristepaksuudet ovat kasvaneet, betonin säilyvyyteen ja kestävyys on kiinnitetty paljon huomiota ja on kehitelty erilaisia pintoja. Betonin pitkäjänteisen kehittämisen ansiosta nykyään on käytössä muun muassa erilaisia väribetonipintoja ja hiottuja sekä graafisia pintoja, joilla rakennettua ympäristöä saadaan elävöitettyä. (Elementtisuunnittelu.fi: Elementtirakentamisen historia.)

2.2 Määräykset ja ohjeet

Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittää rakentamista koskevat yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettelyn ja viranomaisvalvonnan. Laissa säädetään alueiden ja rakennusten suunnittelusta, rakentamisesta ja käytöstä. Tavoitteena on luoda eri väestöryhmät huomioon ottava, sosiaalisesti toimiva, terveellinen, turvallinen ja viihtyisä elinympäristö. Lisäksi pyrkimyksenä on edistää kestävä kehitystä, turvata kansalaisille osallistumismahdollisuus asioiden valmistelussa sekä turvata suunnittelun laatu, asiantuntemuksen monipuolisuus ja avoin tiedottaminen. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.) Laissa määritettyjen vaatimusten lisäksi, on tarkempina asetuksina annettu rakentamisen säännöksiä ja niitä täydentäviä ministeriön ohjeita, jotka on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan (RakMK). (Suomen rakentamismääräyskokoelma.)

Suomen rakentamismääräyskokoelma luotiin 1970-luvun jälkipuoliskolla. Tätä ennen lähes ainoita rakenteita koskevia viranomaissäädöksiä olivat betoninormit ja palomääräykset. Maankäyttö- ja rakennuslain määrittämät olennaiset tekniset vaatimukset koskevat rakenteiden lujuutta ja vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa, ääniolosuhteita sekä energiatehokkuutta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma) RakMK:n sisältämät määräykset ovat velvoittavia ja ohjeet sisältävät hyväksytyjä ratkaisuja. Rakentamismääräyskokoelmaa ylläpitää Ympäristöministeriö ja siihen voidaan koota myös valtion muiden viranomaisten antamia rakentamista koskevia määräyksiä. (Elementtisuunnittelu.fi: Normit ja standardit.)

Betoninormeja on julkaissut Suomen Betoniyhdistys ry tekniset ohjeet sarjassaan vuodesta 1977 lähtien. Ensimmäisenä ilmestyi *by 10 Betoninormit*, jonka jälkeen betoninormeja on julkaistu uusilla sarjanumeroilla suurempien muutosten sitä vaatiessa. Sarjanumeroltaan uusin *by 65* sisältää eurokoodeilla suunniteltujen kantavien betonirakenteiden säilyvyysuunnittelua, valmistusta, laadunvalvontaa ja kelpoisuuden osoittamista koskevat ohjeet. (By 65 Betoninormit 2016, 3.)

Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja. Suomessa tuli voimaan 1.9.2014 ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista ja samalla kumottiin kantavien rakenteiden suunnittelua koskevat rakentamismääräyskokoelman B-osat. Asetuksen mukaan on todettu jäykistävien ja kantavien rakenteiden teknisten vaatimusten täyttyvän, kun rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan eurokoodien ja niiden kansallisten liitteiden mukaan. (Rakennusteollisuus.fi: Eurokoodit ohjaavat suunnittelua.)

Eurooppalaisia standardeja laatii CEN (European Committee for Standardization). CENiä edustaa Suomessa Suomen Standardisoimisliitto, joka vahvistaa standardit Suomessa kansallisiksi SFS-EN-standardeiksi. (Rakennusteollisuus.fi: Eurooppalainen standardointi EN.)

Rakennuslainsäädännön ja -asetusten edellyttämien varmuustaso- ja säilyvyysvaatimusten katsotaan täyttyvän, kun kantavat betonirakenteet on suunniteltu eurokoodien SFS-EN 1990 *Rakenteiden suunnitteluperusteet*, SFS-EN 1991 *Rakenteiden kuormat* ja SFS-EN 1992 *Betonirakenteiden suunnittelu* ja niitä koskevien Suomen kansallisten liitteiden mukaan. Lisäksi betonielementtien toteutuksessa tulee noudattaa betonivalmisosien harmonisoituja tuotestandardeja ja standardia SFS-EN 13369 *Betonivalmisosien yleiset säännöt* sekä kansallisia liitteitä SFS 7016 ja SFS 7026. (By 65 Betoninormit 2016, 7.) Kyseiset kansalliset liitteet käsittävät eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot seuraavasti: SFS 7026 Betonivalmisosat (pilari- ja palkkielementit, ripalaatat, kuorilaatat, perustuselementit, portaat ja seinäelementit) ja SFS 7016 Esijännitetyt ontelolaatat. Betonielementtien suunnittelussa käytettävät standardit on esitetty myös taulukkomuodossa taulukossa 1.

Standardi	Sisältö
SFS-EN 1990	Rakenteiden suunnitteluperusteet
SFS-EN 1991	Rakenteiden kuormat
SFS-EN 1992	Betonirakenteiden suunnittelu
SFS-EN 13369	Betonivalmisosien yleiset säännöt
SFS-EN 7016	Esijännitetyt ontelolaatat
SFS-EN 7026	Betonivalmisosat: pilari- ja palkkielementit, ripalaatat, kuorilaatat, perustuselementit, portaat, seinäelementit

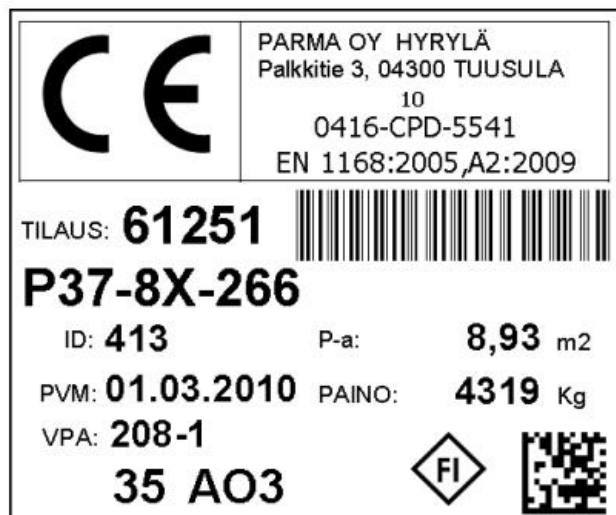
Taulukko 1. Betonielementtien suunnittelussa käytettävät standardit

2.3 CE-merkintä

Vuodesta 2013 asti useimmissa rakennustuotteissa on täytynyt olla CE-merkintä. Se on pakollinen tuotteen ollessa myynnissä Suomessa tai muualla EU:ssa. CE-merkinnällä rakennustuotteen valmistaja osoittaa, että tuotteen keskeiset ominaisuudet on selvitetty siihen sovellettavan harmonisoidun tuotestandardin mukaisesti. (CE-merkintä 2013.)

Harmonisoitu tuotestandardi on CENin laatima CE-merkintään johtava tuotestandardi. Siitä selviää tuoteryhmäkohtaisesti CE-merkinnässä ilmoitettavat tiedot, valmistuksen laadunvalvonnan vaatimukset ja tuotteilta selvitettävät ominaisuudet. Kyseinen tuotestandardi on määritelty rakennustuotteille, jotka tulevat rakennuksen kiinteäksi osaksi. Tällaisia ovat betonielementit, ikkunat, teräsrakenteet ja sahatavara. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki betonielementin CE-merkistä.

Harmonisoiduista tuotestandardeista ja tuotteista, jotka kuuluvat niiden soveltamisalaan, on olemassa neuvontapalvelu HEn Helpdesk, joka löytyy osoitteesta www.henhelpdesk.fi. (CE-merkintä 2013.)



Kuva 1. Esimerkki ontelolaatan yksinkertaistetusta CE-merkinnästä (Skol.teknologiateollisuus.fi)

CE-merkinnän tavoitteena on parantaa rakennustuotteiden vertailukelpoisuutta. Tuotteiden suoritustasoilmoituksia on helppo verrata toisiinsa, kun niiden ominaisuudet ilmoitetaan aina samalla tavalla. CE-merkintä ei kuitenkaan ole laatu-merkki, eikä se yksinään takaa tuotteen käytettävyyttä rakennuskohteessa. Käytettävyys on aina arvioitava erikseen huomioiden aiottu käyttö, paikalliset olosuhteet ja rakentamismääräysten vaatimukset. (CE-merkintä 2013.)

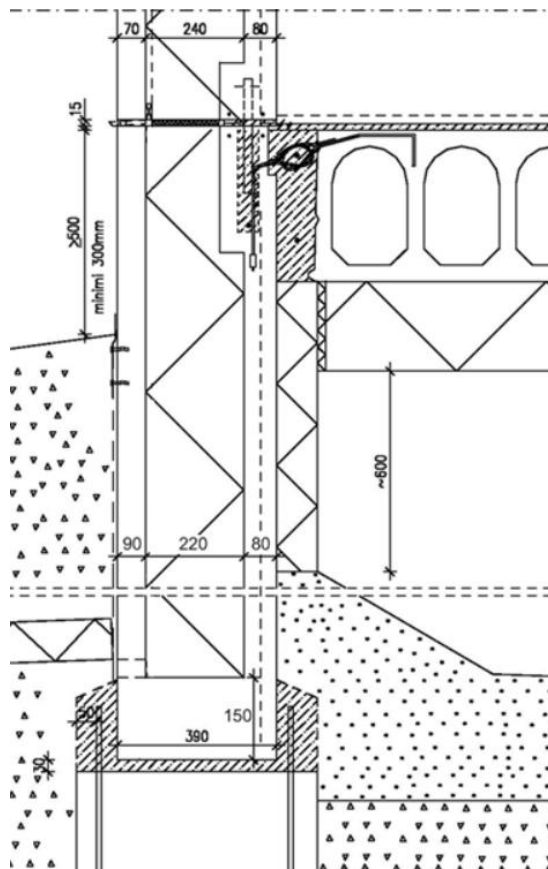
3 Sokkelielementin suunnittelu

3.1 Sokkelielementtityypit

Sokkelielementtejä valmistetaan Sandwich-elementteinä, kuorielementteinä, eristämättöminä sokkelipalkkeina sekä ontelolaattoina. Elementtityypin valintaan vaikuttaa rakennustyyppi ja sokkelin ympäröivät rakenteet.

3.1.1 Sandwich-sokkelielementti

Sandwich-sokkelielementti koostuu betonisesta sisä- ja ulkokuoresta, joiden välissä kulkee eriste. Kyseinen elementtityyppi soveltuu käytettäväksi kaikissa rakennustyypeissä. Rakenteen paksuudet valitaan niin, että riittävä lujuus ja lämmöneristys saavutetaan. Lisäksi tulee huomioida toimivat rakennedetaljit yläpuolisten rakenteiden kanssa. Yläpuolisen seinätyypin mukaan on olemassa niille soveltuvia erilaisia sokkelityyppejä. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki sandwich-sokkelielementistä.



Kuva 2. Sandwich-sokkelielementti (Elementtisuunnittelu.fi: Sokkelielementit)

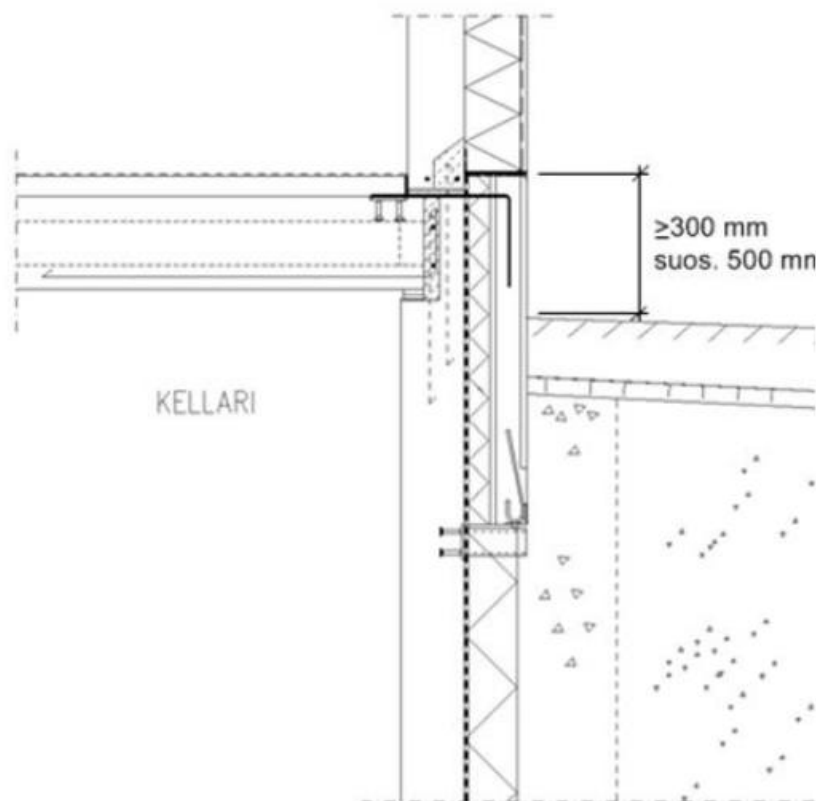
Ensisijaisesti sokkelin ja seinäelementin sisäpinnat tulisi pitää samassa tasossa. Jos kuitenkin sisäpinnat joudutaan sijoittamaan eri tasoon, täytyy huomioida, että seinien kuorien kuormitus siirtyy sokkelien kuorille. Tällöin tulee myös huomioida, että elementtien välinen tappi-kololiitos on mahdollista toteuttaa.

Sandwich-sokkelielementit tuetaan rakenteen mukaan, joko seinänturoiden tai pilarianturoiden päältä. Jos tuenta on pilarianturoilla, mitoitetaan elementti toimimaan palkkina. (Elementtisuunnittelu.fi: Sokkelielementit.)

3.1.2 Sokkelin kuorielementti

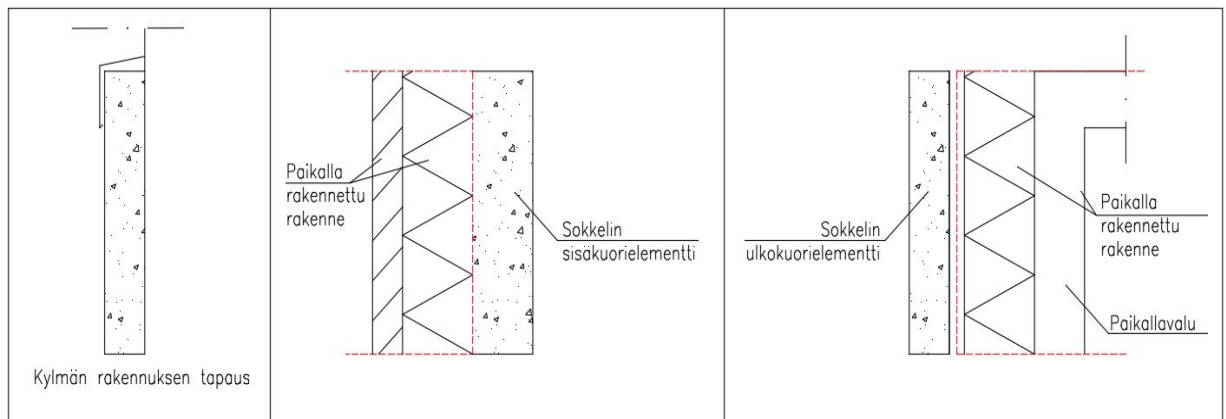
Sokkelin ulkokuorielementtiä käytetään yleisimmin kellarillisissa rakennuksissa, jolloin näkyvää ulkokuorta ei tarvitse viedä perustuksille asti. Tällöin yleensä sokkelikuori kannatetaan konsoleilla kellarin seinäelementistä ja kannatukseen käytetään ruostumattomia teräsputkia tai T-teräsprofieileja.

Elementin mitat määräytyvät ympäröivien rakenteiden mukaan. Korkeuteen vaikuttaa maanpinnan korkeus ja yläpuolisen sauman sijainti. Alareunan tulisi olla vähintään 300 mm maanpinnan alapuolella. Kuoren paksuus määräytyy elementin pituuden mukaan, mutta suositeltava maksimipaksuus on 90 mm. Kuorielementin alueella oleva eristepaksuus määräytyy yläpuolisen seinän paksuuden mukaan. Kuvassa 3 on esitetty sokkelin kuorielementti kellarillisessa rakennuksessa. (Elementtisuunnittelu.fi: Sokkelielementit.)



Kuva 3. Sokkelin kuorielementti kellarillisessa rakennuksessa (Elementtisuunnittelu.fi)

Kuorielementit voivat olla joko sisä- tai ulkokuorielementtejä. Lisäksi, kun kyseessä on kylmä rakennus, voi kuorielementti olla vain itsenäisenä elementtinään. Sisäkuorielementin tapauksessa on kuoren kylmän puolen rakenteet eristeineen tehty paikalla rakennettuna eli rakennuksessa on tällöin esimerkiksi erillinen julkisivumuuraus. Ulkokuorielementti puolestaan asennetaan paikalla rakennettujen rakennuksen lämpimän puolen rakenteiden ulkopuolelle. Ulkokuorielementtejä käytetään esimerkiksi väestönsuojien ulkopuolelle. Erilaiset kuorielementti tapaukset on esitetty kuvassa 4.

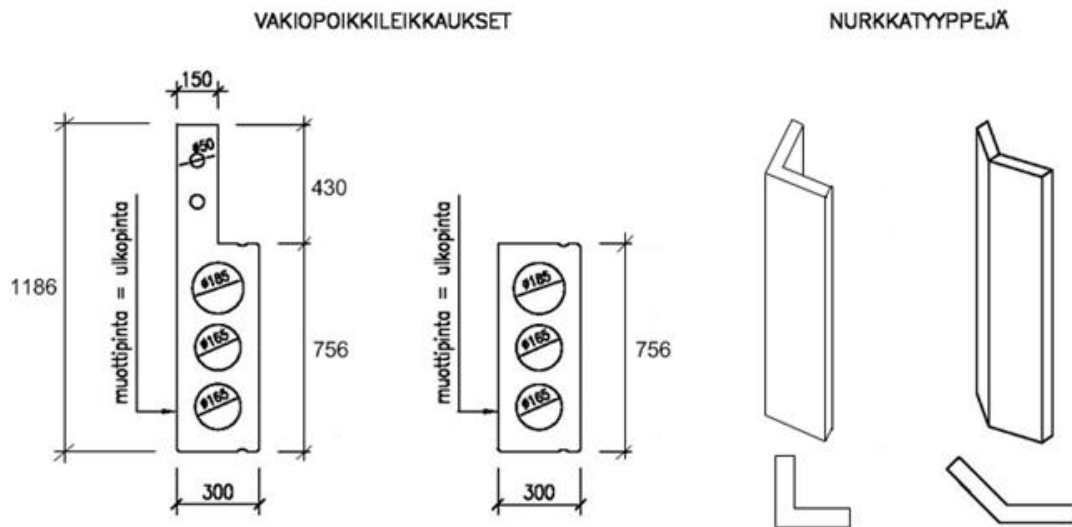


Kuva 4. Erilaiset kuorielementti tapaukset

3.1.3 Ontelolaattasokkeli

Ontelolaattasokkelin yleisin käyttökohde on paalutetut pientalo- ja rivitalokohteet. Ontelolaattasokkeli mahdollistaa jopa 12 metrin jännevälit, ja elementti on mahdollista saada joko eristettynä tai eristämättömänä.

Kun ontelolaattoja käytetään sokkelina, tulee nurkissa käyttää erillistä nurkkapalaa tai nurkat täytyy muotittaa ja valaa työmaalla. Ontelolaatta sokkelin vakiopoikkileikkaukset ja nurkkatyypit on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Ontelolaattasokkelin vakiopoikkileikkaukset ja nurkkatyypit (Elementtisuunnittelu.fi: Sokkelielementit)

Ontelolaattasokkelin tapauksessa rakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu:

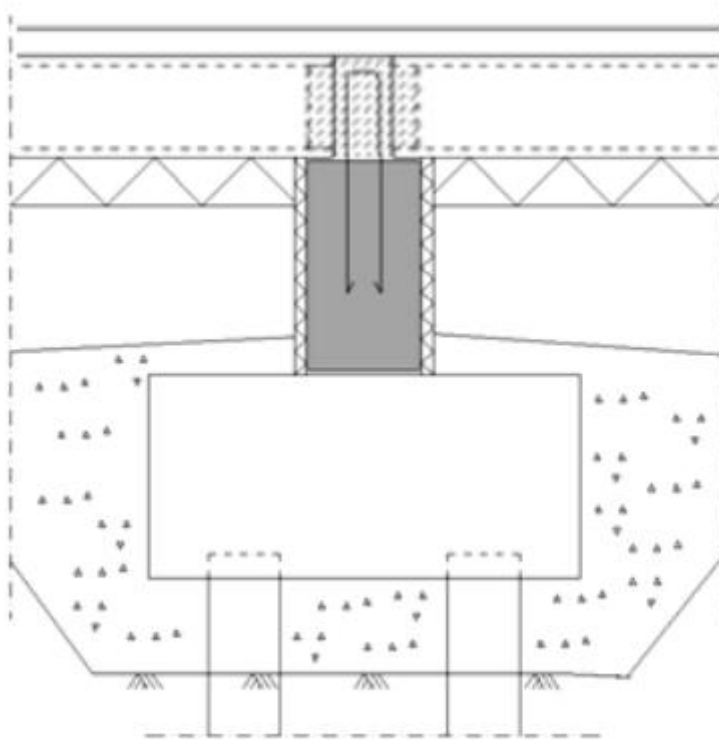
- oikeanlaisen sokkelityypin valinta
- perustamistavan määrittäminen
- kuormitusten määrittäminen
- tasojen yksityiskohtaisten mittapiirustusten tekeminen ja niihin liittyvien detaljien tekeminen
- elementtien mittapiirustusten tekeminen
- elementtikaavion ja elementtiluettelon tekeminen
- elementtien asennussuunnitelman laatiminen.

Lopullinen elementtien suunnittelu puolestaan tehdään valmistajan suunnittelijan toimesta. (Elementtisuunnittelu.fi: Sokkelielementit.)

3.1.4 Alapohjapalkit

Alapohjapalkkielementtejä käytetään rakennuksen keskivaiheilla tuulettuvien, kantavien alapohjien yhteydessä. Yleensä palkit ovat suorakaidepalkkeja ja laastaston ja palkin välille on mahdollista muodostaa liittovaikutus.

Palkkien mitat määräytyvät alapohjan laataston tukipintojen vaatimusten sekä alapohjalta tulevan kuormituksen mukaan. Taloudellisin vaihtoehto on valita mitat yleisten palkkien mittasuositusten mukaan. Kuvassa 6 on esitetty suorakaidepalkki alapohjapalkkina. (Elementtisuunnittelu.fi: Sokkelielementit.)



Kuva 6. Alapohjapalkkina käytettävä suorakaidepalkki (Elementtisuunnittelu.fi)

3.2 Suunnitteluperusteet

Suunnitteluperusteilla huomioidaan rakenteelta vaadittavia ominaisuuksia. Vaatimukset liittyvät rakenteen ulkonäköön, säilyvyyteen ja vakauteen.

Elementtien suunnittelussa tulee huomioida voimassa olevat määräykset, ohjeet ja standardit. Sokkelielementtejä koskevat erityisesti seuraavat suunnittelustandardit:

- SFS-EN 1992-1-1 Betonirakenteiden suunnittelu
- SFS-EN 206 Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus
- SFS-EN 13369 Betonivalmisteiden yleiset säännöt

- SFS-EN 14992 Betonivalmisosat. Seinäelementit

3.2.1 Kuormitukset

Standardin SFS-EN 1990 mukaan kuormat tulee jakaa vaikutusajan perusteella pysyviin kuormiin (G), muuttuviin kuormiin (Q) ja onnettomuuskuormiin (A). Lisäksi alkuperän perusteella välittömiksi tai välillisiksi kuormiksi, vaikutuskohdan vaihtelun perusteella kiinteiksi tai liikkuviksi sekä kuorman luonteen tai rakenteen vasteen perusteella staattisiksi tai dynaamisiksi.

Elementin elinkaaren aikana siihen kohdistuu erilaisia rasituksia ja voimia. Näitä syntyy esimerkiksi muotista irrottamisen, nostojen, kuljetuksen, tuulen, maanpaineen ja lämpötilavaihteluiden aiheuttamana. Näin ollen elementtiin kohdistuu siis erilaisia voimien yhteisvaikutuksia. Tämä tulee huomioida suunnittelussa, jotta saavutetaan kaikilla kuormitusyhdistelmillä riittävä rakenteen kantavuus ja kestävyys.

3.2.2 Säilyvyysuunnittelu

Säilyvyysuunnittelussa määritellään suunnittelukäyttöikä ja rasitusluokat. Lisäksi määritellään betonin laatuparametrit, sallittu halkeamaleveys, raudoituksen betonipeite ja rakennemitat niin, että suunnittelukäyttöikään liittyvät vaatimukset täyttyvät. Rakenteen tulee täyttää sen lujuutta, käyttökelpoisuutta ja stabiiliutta koskevat vaatimukset suunnitellun käyttöiän ajan niin, ettei se menetä merkittävästi käyttökelpoisuuttaan ja ettei tarvita kohtuutonta ennalta-arvaamatonta ylläpitoa.

Käyttöikä

Suunnittelukäyttöikä on käytännössä ajanjakso, jonka rakenne kestää ilman korjaustarvetta edellyttäen, että rakennetta huolletaan säännöllisesti kunnossapitosuunnitelmien mukaan.

Suomessa rakennuksen primääristen kantavien rakenteiden suunnitelluksi käyttöikäksi suositellaan yhtä korkeampi luokka, kun rakennuksen suunnittelukäyttöikä on korkeintaan 50 vuotta. Toisin sanoen, tavallisessa rakennuksessa, jossa

suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta, valitaan kantavan rungon ja perustusten suunnittelukäyttöikäksi 100 vuotta.

Käyttöikään liittyvät vaatimukset voidaan selvittää taulukkomitoituksella tai laskennallisella mitoituksella. Laskennallista mitoitusta voidaan soveltaa, kun suunnittelukäyttöikä on 50...200 vuotta. Mitoitus perustuu kansainvälisen standardin ISO 15686 periaatteelle. Taulukkomitoitus voidaan toteuttaa rakenteille, joiden suunnittelukäyttöikä on 50 tai 100 vuotta. (BY65 Betoninormit 2016.)

Rasitusluokat

Rasitusluokat määritetään rakenteelle ympäristöolosuhteiden mukaan. Ne on esitetty standardin SFS-EN 1992-1-1+A1+AC taulukossa 4.1. Seuraavassa on esitetty rasitustekijät, joiden mukaan oikea rasitusluokka valitaan:

- Ei korroosion tai rasituksen riskiä (X0)
- Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio (XC1...XC4)
 - XC1 = kuiva tai pysyvästi märkä ympäristö
 - XC2 = märkä, harvoin kuiva ympäristö
 - XC3 = kohtalaisen kostea ympäristö
 - XC4 = märkä ja kuiva vaihtelevat
- Kloridien aiheuttama korroosio (XD1...XD3)
 - XD1 = kohtalaisen kostea ympäristö
 - XD2 = märkä, harvoin kuiva ympäristö
 - XD3 = märkä ja kuiva vaihtelevat
- Merivedessä olevien kloridien aiheuttama korroosio (XS1...XS3)
 - XS1 = kosketuksissa ilman kuljettaman suolan kanssa, mutta ei suorassa kosketuksissa meriveteen
 - XS2 = Pysyvästi veden alla
 - XS3 = Vuoroveden ja roiskeen vyöhykkeellä
- Jäätymis-/sulamisrasitus (XF1...XF4)
 - XF1 = kohtalainen vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita
 - XF2 = kohtalainen vedellä kyllästyminen ja jäänsulatusaineet
 - XF3 = suuri vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita
 - XF4 = suuri vedellä kyllästyminen ja jäänsulatusaineet tai merivesi

- Kemiallinen rasitus (XA1...XA3)
 - XA1 = vähän aggressiivinen kemiallinen ympäristö
 - XA2 = kohtalaisen aggressiivinen kemiallinen ympäristö
 - XA3 = hyvin aggressiivinen kemiallinen ympäristö

Raudoituksen betonipeite

Raudoituksen betonipeitteen nimellisarvo lasketaan seuraavasti:

$$c_{nom} = c_{min} + (\Delta c_{dev}) \text{ mm,}$$

jossa

c_{min} = betonipeitteen vähimmäisarvo

Δc_{dev} = mittapoikkeama

Mittapoikkeama Δc_{dev} on yleensä 10 mm, mutta elementtien osalta voidaan käyttää pienempää mittapoikkeamaa, kuitenkin minimissään 5 mm, jos se tehdään sisäisen laadunhallintajärjestelmän mukaan on perusteltua.

Betonipeitteen vähimmäisarvolla varmistetaan teräksen tartunta, säilyvyys eli suoja korroosiota vastaan sekä palonkestävyys. Tartunnan varmistamiseksi vähimmäisarvon tulee olla vähintään yhtä suuri kuin raudoitustangon halkaisija tai vaihtoehtoisesti tankonipun ekvivalentti halkaisija. Säilyvyyden kannalta vähimmäisarvo määräytyy ympäristöolosuhteiden mukaan ja nämä arvot on esitetty taulukossa 2. Palonkestävyyden mukaan asetetut vähimmäisarvot on puolestaan esitetty taulukossa 3.

Betoniepiteen vähimmäisarvo vaatimus $c_{min,dur}$ (mm) eri ympäristöolosuhteissa							
Kriteeri	Rasitusluokka standardin SFS-EN 1992-1-1 taulukon 4.1 mukaan						
	X0	XC1	XC2	XC3, XC4	XD1, XS1	XD2, XS2	XD3, XS3
Betoniteräs	10	10	20	25	30	35	40
Jänneteräs	10	20	30	35	40	45	50
100 vuoden suunniteltu käyttöikä	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5

Huomautus 1. Tartuntajänteille, joiden pitkäaikainen jännitys käyttörajatilassa on korkeintaan 400 N/mm^2 , sovelletaan betoniteräkselle asetettuja vaatimuksia.

Huomautus 2. Betoniepiteen vähimmäisarvoa voidaan pienentää 5 mm, mikäli betonin lieriölujuus on vähintään 10 MPa suurempi kuin säilyvyyden kannalta vaadittava vähimmäislieriölujuus.

Huomautus 3. Betoniepiteen vähimmäisarvo vaatimukset koskevat myös jänneterästen ankureita ja valuun asennettavia metalliosia ellei niitä ole korroosiosuojattu rasitusluokkaa vastaavasti.

Huomautus 4. Betonin säilyvyyden tulee myös muilta osin täyttää 100 vuoden käyttöikävaatimus, mikäli rakenteen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta

Taulukko 2. Vaadittava betoniepiteen vähimmäisarvo $c_{min,dur}$ säilyvyyden kannalta (Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakenteiden lujuus ja vakaus)

Standardipalonestävyys	Vähimmäismitat (mm)			
	Seinän paksuus / keskiöetäisyys			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä betoniepiteen paksuus on määräävä.

Taulukko 3. Kantavien betoniseinien vähimmäismitat ja keskiöetäisyyden vähimmäisarvot palonestävyyden mukaan (SFS-EN-1992-1-2 + AC)

Elementtipiirustuksiin tulee merkitä raudoituksen betonipeite ja sallittu mittapoikkeama.

3.2.3 Toteutusluokka

Toteutusstandardissa SFS-EN 13670 on esitetty betonirakenteiden valmistusta koskevat laatuvaatimukset. Standardi koskee työmaatöitä ja betonielementtejä, joita ei valmisteta yhdenmukaistettujen tuotestandardien mukaan. Erillisen tuotehyväksynnän mukaan valmistettujen betonielementtien toteutusstandardissa esitetyt toteutusluokat koskevat vain elementtien asentamista työmaalla.

Toteutusluokka valitaan seuraamusluokkien (CC1, CC2 ja CC3) sekä rakenteen toteutukseen ja käyttöön liittyvien riskitekijöiden perusteella. Taulukossa 4 on esitetty seuraamusluokat ja kuormakertoimet.

Seuraamusluokka (CC)	Seuraamus	Kuormakerroin K_{FI}
CC3	Suuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	$K_{FI}=1,1$
CC2	Keskisuuret seuraamukset	$K_{FI}=1,0$
CC1	Vähäiset seuraamukset	$K_{FI}=0,9$

Taulukko 4. Seuraamusluokat ja kuormakertoimet

Toteutusstandardin sisältämiä toteutusluokkia on kolme. Tarkastustaso on alhaisin luokassa 1 ja vaativin luokassa 3. Toteutusluokkaa 1 voidaan käyttää vain seuraamusluokan CC1 rakenteille ja mitoituksessa saadaan käyttää korkeintaan betonin lujuusluokkaa C20/25. Toteutusluokkaa 2 voidaan käyttää seuraamusluokkien CC1 ja CC2 rakenteille ja kun lujuusluokka on korkeintaan C50/60. Toteutusluokka 3 tulee valita seuraamusluokan CC3 rakenteille. Lisäksi toteutusluokkaan 3 kuuluvat korkealujuusbetonista valmistettavat rakenteet sekä raken-

teet ja rakenneosat, joiden toteutus katsotaan erityisen vaativaksi tai joiden valmistaminen niiden rakenteellisen toiminnan varmistamiseksi edellyttää erityistä huolellisuutta.

3.2.4 Valmistustoleranssit

Standardissa EN 13369 esitetään toleranssivaatimukset poikkileikkaukselle ja raudoituksen sijainnille. Suomessa käytetään yleensä kantaville betonielementeille standardissa esitettyjä tiukennettuja vaatimuksia. Taulukossa 5 on kyseisen standardin tiukennetut vaatimukset.

<i>h</i> tai <i>b</i> (mm)	Tiukennetut toleranssit	
	mm	
	Poikkileikkauksen mitta $\Delta h, \Delta b$ mm ¹⁾	Raudoituksen sijainti Δc mm
≤ 150	±5	±5
400	±10	±10
≥ 2 500	+25	+20/-10

Väliarvot saadaan lineaarisesti interpoloimalla.
+ Δc on raudoitusterästen tai ankkurijänteiden keskiarvo poikkileikkauksessa tai yhden metrin matkalla (esim. laatoissa ja seinissä).

Taulukko 5. Raudoituksen sijainnin valmistustoleranssit (SFS-EN 13369, liite C)

Lisäksi seinäelementeille on esitetty standardissa SFS-EN 14992 kaksi mittatarkkuusluokkaa, jotka ovat A ja B. Näistä luokka A on tiukempi. Luokkaa B sovelletaan kaikille elementeille, ellei toisin ole ilmoitettu. Taulukoissa 6 ja 7 on esitetty näiden kahden luokan vaatimukset.

Luokka	Sallittu poikkeama
A	±10 mm
B	±15 mm

Taulukko 6. Aukkojen ja kiinnikkeiden sijaintitoleranssit (SFS-EN 14992)

Luokka	Sallittu poikkeama				
	Mitattava pituus				
	0...0,5 m	0,5 m...3 m	> 3 m...6 m	> 6 m...10 m	> 10 m
A	±3 mm ^a	±5 mm ^a	±6 mm	±8 mm	±10 mm
B	±8 mm	±14 mm	±16 mm	±18 mm	±20 mm

^a ±2 mm pienille verhouselementeille.

Taulukko 7. Mittojen toleranssit (SFS-EN 14992)

Julkaisussa Betonielementtien toleranssit 2011 on esitetty käytettäväksi suositellut valmistustoleranssit taulukko muodossa. Taulukon Normaaliluokka ottaa huomioon tiukennetut poikkileikkauksen toleranssivaatimukset. Standardissa esitetty luokka A on joltain osin kansallista Erikoisluokkaa tiukempi. Kun julkisivulta vaaditaan parempaa mittatarkkuutta, suositellaan tuotevaatimuksissa käytettäväksi kansallista Erikoisluokkaa. Taulukko 8 on julkaisusta Betonielementtien toleranssit 2011 ja siinä on esitetty seinäelementtien poikkileikkauksen valmistustoleranssit.

Mittauksen kohde	Valmistustoleranssit [mm]	
	Normaaliluokka	Erikoisluokka
	SFS-EN14992	
	Luokka B	
<hr/>		
Pituus (L), korkeus (H)		
– väliseinä ja sisäkuori	±10	±8
– ulkokuori	±8	±5
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±2
Paksuus (b)		
– sandwichin kok.paksuus	±8	±5
– sandwichin sisäkuori	-5; +10	-5; +10
– väliseinä	±5	±5
– sisä- ja ulkokuorielementti	±5	±5
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±3
Ristimittojen ero ($s_1 - s_2$) ²⁾		
– väliseinä	15	12
– sisäkuori	15	12
– ulkokuori	12	8
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±3
Sivun käyryys (a)		
– sandwich- ja kuorielementit	±8	±5
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±2
– ovet ja ikkunat (a_1)	±5	±3
Kierous (u)		
– väliseinä, sandwich, ulkokuori ja sisäkuori	±15	±10
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±3
Teräspiilokonsolit	Pilariementtien mukaan	
Teräsosat ja reiät (t)		

- sijainti pinnan suunnassa		
- väliseinä	±15	±10
- sandwich, sisäkuori, ulkokuori	±10	±10
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±5
- sijainti syvyysuunnassa		
- väliseinä, sandwich, sisä- ja ulkokuori	±5	±5
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±5
- kiertymä	L/50	L/50
Sähköasiat (t)		
, sijainti pinnan suunnassa	±15	±10
, sijainti syvyysuunnassa	+5; -10	±5; -10
, rasiaryhmän kiertymä	±t/50, enintään 4	±t/50, enintään 4
, reikien koko	±10	±5
Ovet ja ikkunat		
, joka suunnasta (e, h, l)		
- väliseinä	±15	±15
- sandwich	±10	±8
- sisäkuori	±8	±5
- ulkokuori	±8	±5
, kulmien sijainnin ero $ e_1 - e_2 $		
- väliseinä, sandwich, sisäkuori	10	8
- ulkokuori	5	5
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	3
Elementin käyristymä (d) ³⁾		
- väliseinä, sandwich, ulkokuori ja sisäkuori	L/400	L/600
- pienet julkisivulevyt	-	L/600
Pinnan tasomaisuus ⁴⁾		
- 0,2 m	4	2
- 3m	10	5

¹⁾ L ja H ≤ 1,5 m

²⁾ Ei soveltu vinoille seinille.

³⁾ Muille kuin betonipintaisille elementeille sallittu käyristymä määritellään suunnitelmissa erikseen.

⁴⁾ Poikkeama mittapisteiden välillä, joka on korkeintaan 0,2m tai 3m.

Laattapintaiset seinäelementit:

Mitta	Tiililaattapinta		Klinkkeri- tai luonnonkivilaattapinta	
	Normaaliluokka	Erikoisluokka	Normaaliluokka	Erikoisluokka
Sauman leveys ja syvyys (mm)	± 3	±2	±2	±1
Laattojen hammastus pinnan tasossa (mm)	4	3	3	2
Pinnan käyryys ja aaltoilu (mm/1,5m)	5	3	5	3

Taulukko 8. Seinäelementtien poikkileikkauksen valmistustoleranssit (Betonielementtien toleranssit 2011)

3.2.5 Lämmöneristys

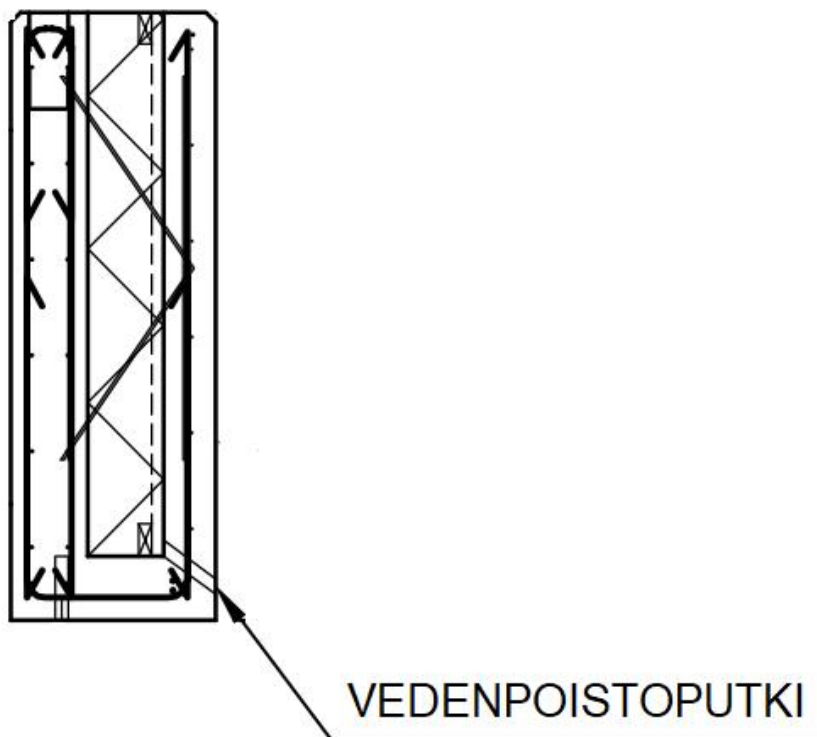
Rakennuksen lämpöhäviö tarkoittaa rakennuksen vaipan, ilmavaihdon ja vuotoilman yhteenlaskettua lämpöhäviötä. Kyseinen lämpöhäviö voi olla enintään yhtä suuri kuin vertailuarvoilla rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö. Lämpöhäviölle asetettu vaatimus on erilainen rakennuksen lämpimillä ja puolilämpimillä tiloilla. Seuraavassa on esitetty sokkelielementtejä koskevat lämpöhäviön vertailuarvot:

- Maata vasten olevan rakennusosan lämmönläpäisykertoimen vertailuarvo lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennukselle on 0,16 W/(m²K).
- Maata vasten olevan rakennusosan lämmönläpäisykertoimen vertailuarvo puolilämpimälle tilalle sekä siirtokelpoiselle rakennukselle on 0,24 W/(m²K).

Lämmöneristeenä sokkelielementeissä käytetään yleensä uritettua EPS 80S-eristettä, XPS- tai PUR-eristettä. Teollisuuskohteissa eristeen paksuus voi olla tavanomaista lämmintä tilaa ohuempi. Syynä on se, että tuotantolaitokset tuottavat lämpöä ja ohuemmalla eristepaksuudella vältytään tilan erilliseltä jäähdyttämiseltä.

Talonrakentamisessa sokkelielementeille tyypillisiä eristepaksuuksia on 180 mm, 220 mm ja 240 mm. Teollisuusrakentamisessa puolestaan voidaan käyttää puolilämpimissä tiloissa 145 mm ja 150 mm eristepaksuuksia sekä lämpöä tuottavissa rakennuksissa 120 mm ja 145 mm eristepaksuuksia.

Sandwich-sokkelielementissä lämmöneristeen alareunaan tulee tehdä vedenpoistoputket. Putket ovat halkaisijaltaan 20 mm ja ne tulee sijaita esimerkiksi 1500 mm etäisyydellä toisistaan. Vedenpoistoputket takaavat rakenteen oikeanlaisen kosteusteknisen toiminnan. Kuvassa 7 on esitetty vedenpoistoputki sandwich-sokkelielementissä.



Kuva 7. Vedenpoistoputki sandwich-sokkelielementissä

3.2.6 Pintakäsittelyt

Yleensä elementtien pinnat valetaan vaakatasossa olevaa teräsmuottia vasten, jolloin saadaan aikaan laaja sileä pinta ilman muottisiteiden jälkiä. Tehtaissa on kuitenkin mahdollista käyttää lähes kaikkia muottijärjestelmiä ja muottimateriaaleja halutun pinnan tai kuvioinnin saavuttamiseksi.

Pinnat jaetaan neljään luokkaan: AA, A, B ja C. Luokat asettavat omat vaatimuksensa myös käytettävälle muottiratkaisulle ja muottimateriaalille, mikä tulisi huomioida jo suunnitteluvaiheessa.

Luokkaa AA tulisi käyttää vain erityiskohdissa tai -pinnoissa. Tämän luokan pinnoille voidaan asettaa vaatimuksia myös tietystä toteutustavasta, pintakuviosta, muottimateriaalista muottisiteiden sijoittelusta. Luokan AA pintoja voi olla esimerkiksi merkittävässä julkisissa rakennuksissa.

Luokka A vastaa vaatimuksiltaan puhtasvalupintoja. Esteettinen vaatimus ei täyty, jos pintaa joudutaan muotin jäljiltä piikkaamaan tai paikkaamaan. Luokan A pintoja ovat arkkitehtoniset betonipinnat yleensä.

Luokan B pintojen ulkonäölle ei aseteta suuria vaatimuksia tai niille muuten sallitaan luokkaa A pienemmät vaatimukset. Luokan B pintoja ovat esimerkiksi kellarin seinät ja maan peittoon osittain jäävät rakennuksen ulkopuoliset betonipinnat.

Luokan C pinnat ovat yleensä täysin näkymättömiin jääviä pintoja, kuten perustukset.

Pintojen eri luokkia kuvataan pintakoodilla, joka koostuu useammasta osasta riippuen luokiteltavista pinnan laatutekijöistä. Seuraavassa on esitetty joitakin betonipintojen pääkoodeja:

- MUO Muottia vasten valettu pinta
- MUK Kuvioitua muottia vasten valettu pinta
- THI Teräshierretty pinta
- TEL Telattu pinta
- S Pinta suojataan pinnoitteella tai impregnointiaineella
- PESH Hienopesty pinta
- TIIP Tiililaattapinta (poltetut tiilet)

Lisäksi koodilla voidaan ilmaista haluttu väribetonipinta, kuten valkoinen VAL, musta MUS, punainen PUN

Pintakoodi voi siis muodostua useasta erillisestä pääkoodista, kuten:

MUK-AA-E-S Kuvioitua muottia vasten valettu AA-luokan pinta (harmaa), josta tehdään malli. Pinta suojataan pinnoitteella.

(BY40 Betonirakenteiden pinnat 2003.)

3.2.7 Elementtien koot

Elementtien maksimikokoon vaikuttaa suurelta osin käytettävä nostokalusto. Seinäelementeillä maksimipituus on yleensä 8–9 metriä, mutta suunnittelussa on huomioitava, ettei elementin paino tule liian suureksi käytettävissä olevaan nostokalustoon nähden. Luonnonkivipintaisella elementillä ulkokuoren suositeltava maksimipituus on 3500 mm. Sandwich-elementissä sisäkuori on mahdollista tehdä pidempänä, jolloin ulkokuoreen tehdään katkaisu.

EU- ja ETA-valtioissa rekisteröity ajoneuvo tai ajoneuvoyhdistelmä tarvitsee erikoiskuljetusluvan, mikäli asetetut vapaat mittarajat ylittyvät. Tämä tulee ottaa huomioon suunniteltaessa elementtejä. Vapaat mittarajat tulee tarkistaa Ely-keskuksesta. Tällä hetkellä kyseiset mittarajat kuorma-autolla kuljetettaville elementeille ovat

- pituus 12 metriä
- leveys 4 metriä
- tiellä yleisesti sallittu korkeus 4,40 metriä.

Jos rakennekorkeus vaatii korkeampia elementtejä kuin on sallittu, tulee elementti suunnitella käännettävänä, jolloin nostolenkit tulee suunnitella myös elementin sivuille. Elementin korkeudessa huomioidaan myös nostolenkit ja ulkonevat tapit.

Sokkelielementtien paksuuteen vaikuttaa yläpuolinen seinärakenne ja lisäksi palonkestävyys. Kantavien betoniseinien vähimmäispaksuus palonkeston suhteen on esitetty taulukossa 2. Lisäksi taulukossa 9 on esitetty ei-kantavien osastoivien seinien vähimmäispaksuus.

Standardipalonkestävyys	Seinän vähimmäispaksuus (mm)
1	2
EI 30	60
EI 60	80
EI 90	100
EI 120	120
EI 180	150
EI 240	175

Taulukko 9. Ei-kantavien osastoivien seinien vähimmäispaksuus (SFS-EN-1992-1-2 + AC)

4 Varusteluosat

Varusteluosat ovat elementteihin yleensä ennen betonin kovettumista asennettavia osia. Niiden avulla saadaan siirrettyä erilaisia rasituksia oikein ja hallitusti, niin rakenteen sisällä kuin ympäröiviinkin rakenteisiin nähden. Varusteluosia ovat esimerkiksi erilaiset sideraudoitteet ja elementin kiinnitykseen liittyvät osat.

4.1 Ansaat ja pistokkaat

Sandwich-elementtinä valmistettavissa sokkelielementeissä käytetään ansaita ja pistokkaita. Ne ovat sideraudoitteita, joiden avulla betonikuoret liitetään toisiinsa. Kuvassa 8 on esitetty palkkiansas ja pistokkaat.



Kuva 8. Diagonaaliانسas, palkkiansas ja pistokkaat (Peikko: PD-diagonaaliانسas tekninen käyttöohje)

Ansas on rakenteeltaan yksikerroksinen ristikko, joka muodostuu ruostumattomista diagonaaleista ja paarteista. Eri valmistajilla on omia erityisesti mataliin rakenteisiin, kuten matalille sokkelielementeille, sopivia ansaita.

Pistokkaat ovat yksittäisiä sideraudoitteita, joita käytetään yhdessä ansaiden kanssa. Ne rajoittavat kohtisuorassa ulkokuorta vastaan tapahtuvaa muodonmuutosten aiheuttamaa liikettä.

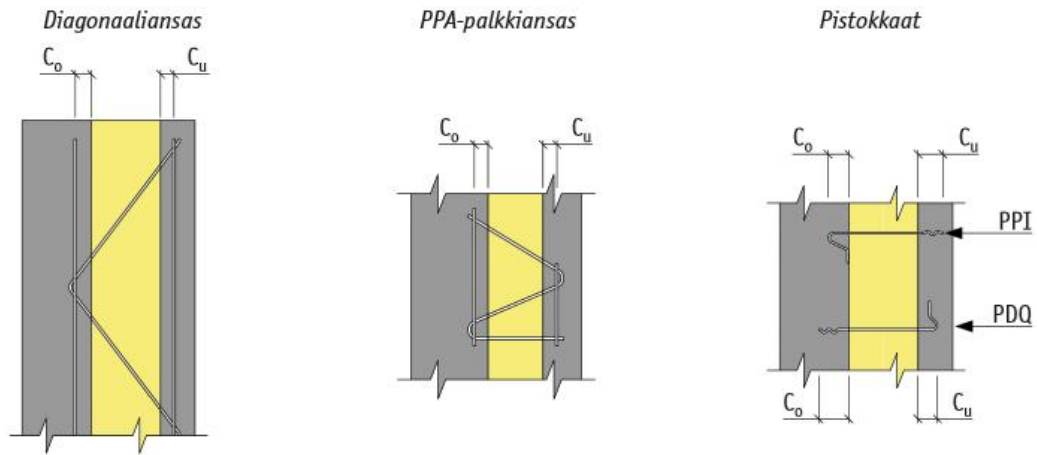
Ansaat ja pistokkaat siirtävät rasituksia ja voimia, jotka syntyvät elementin elinkaaren aikana. Ulkokuori on yleensä ripustettu kantavaan sisäkuoreen ja ulkokuoren omapainosta syntyy pysyviä pystysuuntaisia voimia elementtiin. Nämä voimat siirtyvät ansaiden diagonaalien sekä lämmöneristeen puristuskapasiteetin kautta kantavalle sisäkuorelle.

Sandwich-sokkelielementissä sisä- ja ulkokuoret ovat yleensä eripaksuiset, ja näin ollen altistuvat erilaisille kosteuspiitoisuuksille. Tällöin myös kuivumiskutistumisesta aiheutuvat muodonmuutokset ovat erilaiset. Kuivumiskutistumisesta aiheutuvia muodonmuutosten haittavaikutuksia rajoitetaan diagonaaliansaiden avulla. Samalla estetään kahden betonikuoren välisen rajapinnan liukuminen. Betonielementin sisä- ja ulkokuoren sisäisistä kosteuseroista aiheutuvia muodonmuutoksia voidaan rajoittaa asentamalla ansaita ja pistokkaita elementin reunaluueille.

Tuuli aiheuttaa elementin pintaan kohtisuoraan kohdistuvaa tasaista jatkuvaa painetta ja imua. Diagonaalit vastustavat imuvoiman aiheuttamaa vetokuormitusta.

Lineaarinen lämpötilanmuutos aiheuttaa kesällä betonikerroksen laajenemista ja talvella supistumista (erityisesti ulkokuoreessa), diagonaaliansaat vastustavat näitä muodonmuutoksia ja kuorien liike-eroja.

Ansaat ja pistokkaat asennetaan tasavälein lämmöneristelevyjen väliin ja ne ankkuroidaan sandwich- elementin molempiin kuoriin. Ansaan korkeuteen vaikuttaa eristepaksuus ja vaadittu ankkurointisyvyys. Suositeltava korkeus saadaan lisäämällä eristepaksuuteen betonipeite ankkurointia varten. Betonipeitteen tulee olla vähintään 25 mm. Kuvassa 9 on esitetty ansaiden ja pistokkaiden betonipeitteet.



Sideraudoitteen tyyppi	Ankkurointisyvyys (c_o/c_u)	Betonin minimilujuusluokka ankkuroinnin kannalta
Diagonaaliansas	$\geq 25/25$	$\geq 20/25^*$
PPA-palkkiansas	$\geq 35/35$	$\geq 20/25^*$
PPI-pistokas	$\geq 40/50$	$\geq 25/30$
PDQ-pistokas	$\geq 50/40$	$\geq 25/30$

*Betonin minimilujuus ennen muotista irrottamista oltava $f_{ck}=16\text{MPa}$

Kuva 9. Ansaiden ja pistokkaiden betonipeite minimilujuusluokan mukaisesti (Peikko: PD-diagonaaliansas tekninen käyttöohje)

Ansaiden ja pistokkaiden sijoittelu elementtiin on seuraavanlainen:

- Vaakasuunnan reunaetäisyys (R): 100 - 300 mm
- Pistokkaiden reunaetäisyys (S): ≤ 150 mm
- Pystysuunnan etäisyys (V): $c_{\min,dur} \leq V \leq 200$ mm
- Suositeltava keskiöetäisyys (c/c): 100 – 600 mm (vastaa yleensä lämmöneristelevyjien leveyttä)

Kuvassa 10, on havainnollistettu tarkemmin sideraudoitteiden sijoittelu. Ja taulukossa 10 on esitetty ansaiden ja pistokkaiden valmistustoleranssit.

Vaarnatappiliitos on yhdistetty juotos- ja pulttiliitos. Pultit ja juotosbetoni toimivat liitoksessa yhdessä leikkausrasitukselle. Harjaterästankoja voidaan käyttää pulttien sijaan. Ylemmässä elementissä on koloukset, joiden kohdalle harjateräkset tai pultit sijoitetaan alemman elementin yläpintaan. Sauma valetaan, jolloin muodostuu leikkausrasituksia siirtävä liitos.

Vaakaliitos voidaan toteuttaa myös käyttämällä seinäkenkiä ja pultteja. Seinäkenkä järjestelmä koostuu seinäkengästä, ankkurointipultista ja aluslevystä. Seinäkengät valetaan elementin alaosaan yhdessä pää- ja lisäraudoituksen kanssa. Ankkurointipultit valetaan joko perustuksiin (seinä-perustusliitos) tai alemman elementin yläosaan (seinä-seinäliitos). Liitos muodostetaan kiinnittämällä ankkurointipultit seinäkenkiin muttereilla ja aluslevyillä. Kotelot ja sauma juotetaan seinän alapuolella juotosmassalla. Kuvassa 11 on esitetty seinäkengällä toteutettu seinäliitos.



Kuva 11. Seinäkengät ja ankkurointipultit seinäliitoksessa (Peikko: SUMO-seinäkenkä tekninen käyttöohje)

4.3 Kiinnityslevyt ja vemot

Kiinnityslevyt ovat teräsosia, jotka asennetaan ennen betonin kovettumista. Rakenteelliset hitsit tehdään hitsaamalla teräslevyyn, ja kiinnityslevyltä kuormat siirtyvät betonirakenteelle tartuntojen avulla. Kiinnityslevyt siirtävät taivutusmomentin ja normaali- sekä leikkausvoiman aiheuttamia rasituksia. Kuvassa 12 on esitetty kiinnityslevy. Kiinnityslevyjen avulla elementit voidaan muun muassa kiinnittää pilareihin hitsaamalla. Kyseisestä liitoksesta on esitetty esimerkki kuvassa 13. Rakenteeseen tulee tehdä lisäraudoitus kiinnityslevyjä varten. Lisäraudoituksesta annetaan tarkat ohjeet eri valmistajien ohjeissa.



Kuva 12. Peikon Welda kiinnityslevy (Peikko.fi)

4.4 Vaijerilenkit

Vaijerilenkit ottavat vastaan sauman pituussuuntaisia leikkausvoimia. Pystysuuntaista leikkausta välittävä liitos syntyy vaijerilenkkiparin, niiden silmukoihin pujoitetun harjateräs tangon ja sauman betonivalun yhdistelmästä.

Vaijerilenkki muodostuu teräsvaijerilenkistä ja vaarnakotelosta. Se asennetaan seinäelementin saumanalueelle ennen betonin kovettumista. Vaijerilenkkejä on saatavilla eri lenkkipituuksilla, joista yleisimmät ovat 60, 80, 100, 120 ja 140 mm.

Vaijerilenkkejä, joiden lenkkipituus on 140 mm, käytetään lähinnä jäykistävien seinien liitoksissa, kun liitoksissa vaikuttaa suuret voimat. Lenkkipituuksilla 60 – 120 mm saumaan asennettavan betoniterästangon halkaisija on $\varnothing 12$ ja lenkkipituudella 140 mm tangon halkaisija on $\varnothing 16$.

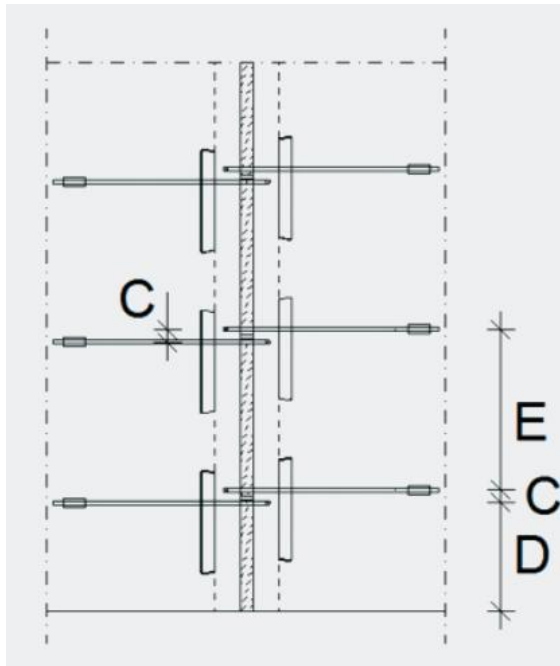
Vaijerilenkin valintaan vaikuttaa elementin paksuus ja saumaleveys. Sopivuus eri saumoille ja elementtipaksuuksille vaihtelee valmistajien mukaan.

Vaarnalennkiliitoksen kestävyys vaikuttaa saumabetonin lujuus ja vaijerilenkien lukumäärä. Leikkauskapasiteetti lenkkien osalta vaihtelee eri valmistajilla, joten se on tarkastettava valmistajan ohjeista.

Taulukossa 11 on esitetty vaijerilenkkien minimietäisyydet, jotka on havainnollistettu kuvassa 15.

Lenkkipituus (mm):	60 - 120	140
Keskiöetäisyys (E)	250	350
Reunaetäisyys (D)	100	200
Keskiöetäisyys (C)	≤ 20	≤ 20

Taulukko 11. Vaijerilenkkien minimietäisyydet



Kuva 15. Vaijerilenkkien minimietäisyydet

5 Työturvallisuus

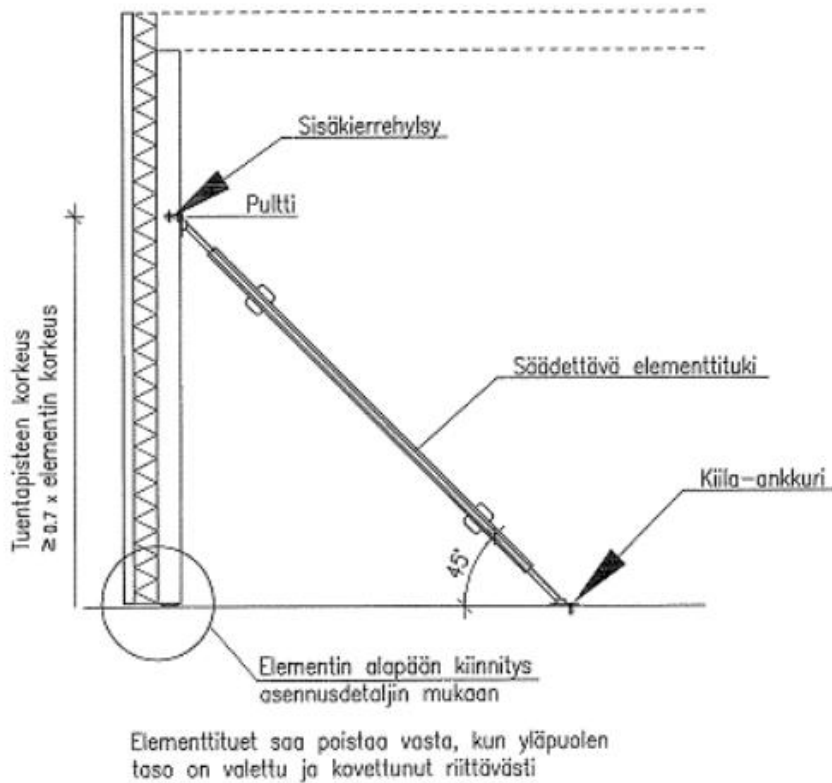
Elementtien suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota tietenkin myös työturvallisuuteen. Suunnittelijan tulee varmistaa, että elementtiin suunnitellaan asianmukaisesti nostoelimet ja osat työaikaista tuentaa sekä kuljetusta ja varastointia varten.

5.1 Työaikainen tuenta

Joissakin tilanteissa on mahdollista kiinnittää elementti lopullisesti paikalleen jo asennusvaiheessa. Tällöin käytetään esimerkiksi kiinnityslevyjä, joiden avulla elementti hitsataan kiinni lopullisesti ympäröiviin rakenteisiin. Kuitenkaan aina ei ole mahdollista toteuttaa elementin lopullista kiinnitystä jo asennuksen aikana, jolloin tulee käyttää elementille asennuksen aikaista tuentaa.

Työaikaista tuentaa käytettäessä, tulee elementit tukea asennusvaiheessa vähintään kahdella säädettävällä elementtituella. Väliaikaisen tuennan kiinnitystä varten tulee elementtiin suunnitella sisäkierrähylsyjen paikat, joihin elementtituet voidaan kiinnittää pulttien avulla. Tuentapisteiden tulee sijaita elementin paino-

pisteen yläpuolella niin, että ne ovat vähintään korkeudella $0,7 \times$ elementin korkeudesta. Elementtituet saadaan poistaa vasta, kun elementti on kiinnitetty lopullisesti paikalleen. Kuvassa 16 on esitetty elementin väliaikainen tuenta säädettävällä elementtituella.



Kuva 16. Elementin tuenta säädettävällä elementtituella (Elementtisuunnittelu.fi)

Elementtien asennustyö tulee toteuttaa niin, että rakenteellinen vakavuus säilyy kaikissa asennustyön vaiheissa. Toteutuksesta vastaavien tulee laatia elementtien asennussuunnitelma, jota varten he tarvitsevat suunnittelijalta tiedot elementtien asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä. Väliaikaisen tuennan osalta tulee suunnitelmissa esittää vähintään seuraavat asiat:

- väliaikaisten tukien käyttö ja purkuajankohta sekä niiden kiinnityskohdat ja tavat
- tukien kiinnitys alapäässä
- vaatimukset liitoksien lujuuden kehitykselle ja seurannalle
- sallitut asennustoleranssit

- selvitys hitsausmenetelmistä ja niiden tarkastuslaajuudesta sekä kylmissä ja kosteissa olosuhteissa hitsauksen vaatimukset. (Elementtisuunnittelu.fi: kuljetus ja nostot.)

5.2 Nostoelimet

Elementtejä tulee voida käsitellä helposti ja turvallisesti myös kuljetuksen, siirtojen ja asennuksen aikana. Näin ollen elementissä olevilta nostolenkeiltä ja -ankureilta vaaditaan riittävää varmuutta paikallisten murtumien suhteen.

Nosto-osien sijainti tulee suunnitella niin, että ne ovat riittävän kaukana elementin ja sen aukkojen reunoista. Näin varmistetaan riittävä betonipeite estämään halkeiluvoimien vaikutukset. Lisäksi elementin rauditus tulee olla suunniteltu niin, ettei nosto-osa voi murtua hauraasti irti betonista.

Sokkelielementeissä ja muissa julkisivuelementeissä tulee huomioida elementin ulkokuoren rauditus. Nosto-osien materiaalin tulee olla samaa materiaalia, kuin ulkokuoren rauditus. Eli ulkokuoren raudituksen ollessa ruostumatonta materiaalia, tulee myös nosto-osien olla ruostumattomia.

Nosto-osan vallinnassa tulee kiinnittää huomiota sallittuihin nostovoimiin ja noston suuntaan. Valmistajien ohjeista tulee tarkastaa nosto-osan soveltuvuus elementtiin.

Nosto-osan suunnitteluun vaikuttavat nosto- ja haarakulma. Lenkkeihin kohdistuva rasitus riippuu haarakulman suuruudesta. Kuvassa 17 on esitetty nosto- ja haarakulma. Haarakulman ei suositella olevan yli 90 astetta, mutta ehdottomana maksimina on kuitenkin 120 astetta. Valmistuksessa tulee ottaa huomioon, jos kulma ylittää 90 astetta. Lenkin vetovoima on seuraava:

$$F=V / \cos (\beta/2),$$

jossa V on lenkissä vaikuttava vertikaalireaktio

Kaava voidaan kirjoittaa yksinkertaisempaan muotoon merkitsemällä:

$$z= 1 / \cos (\beta/2),$$

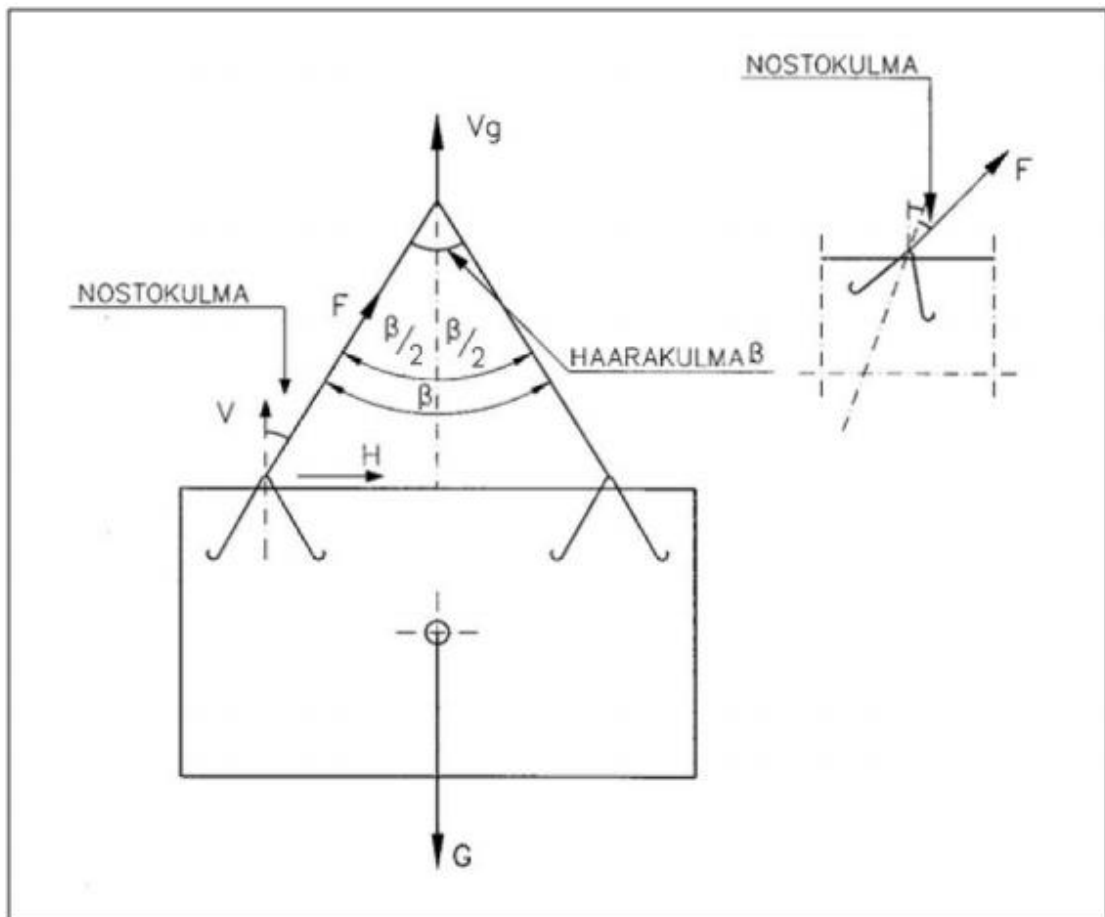
ja näin ollen vetovoima:

$$F = V * z$$

Taulukko 12 sisältää vakion z arvoja eri haarakulmille.

β	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°
z	1,00	1,01	1,03	1,08	1,15	1,26	1,41	1,64	2,00

Taulukko 12. Vakion z arvoja eri haarakulman suuruuksille (Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit)

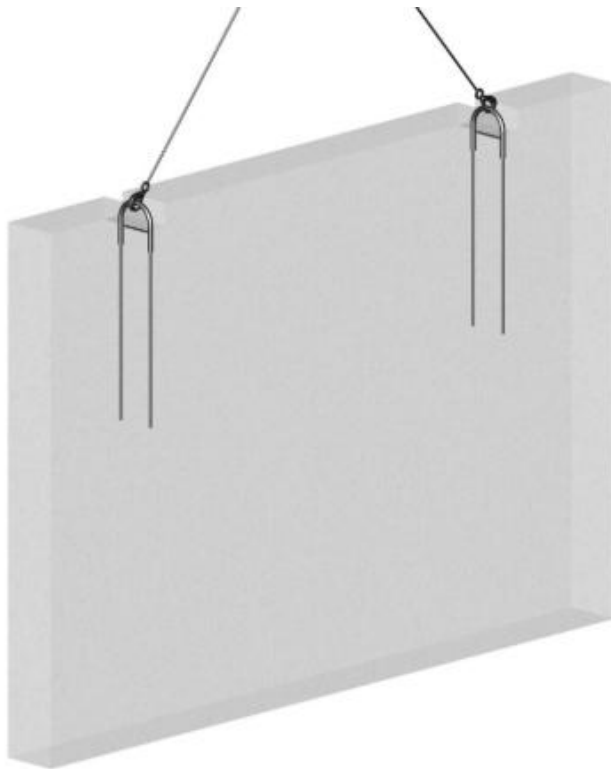


Kuva 17. Haara- ja nostokulma (Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit)

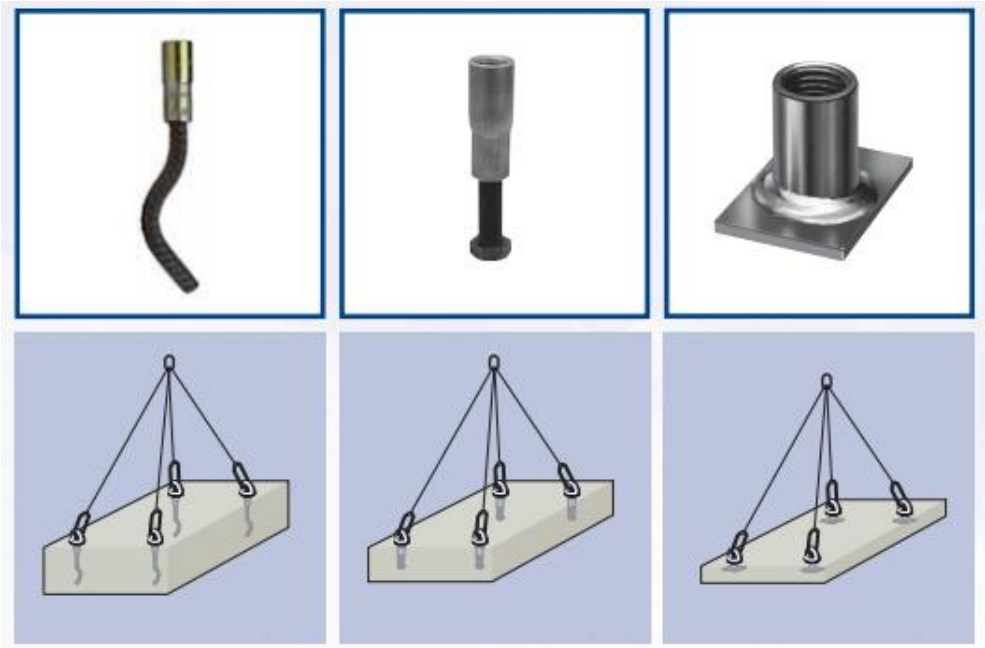
Suunnitelmiin tulee merkitä elementin painopisteen sijainti. Jos lenkit eivät sijaitse elementissä symmetrisesti painopiste akselin suhteen, jakautuu kuorma

lenkeille epätasaisesti. Nostettaessa nostopalkilla, tulee nostopalkin ripustuskorvakon sijaita painopisteakselilla. Tämän vuoksi tulee suunnitelmista selvittää elementin painopisteen paikka. (Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2008)

Nostolenkkejä käytettäessä tulee ne katkaista asennuksen jälkeen. Näin vältetään haitalliselta kylmäsillalta sandwich-elementeissä sekä muutoin nostolenkin aiheuttamasta jännityksestä elementissä. Kuvassa 18 on esitetty esimerkki nostolenkeistä. Nostoankkurit ovat puolestaan nosto-osia, jotka koostuvat erillisestä betoniin pysyvästi jäävästä osasta ja irrottavasta nosto-osasta. Kuvassa 19 on nostoankkureita. Nostoankkureita suositellaan käytettäväksi erityisesti silloin, kun nostopiste jää lopullisessa rakenteessa näkyville ja säärasituksille alttiiksi. Kun elementti on asennettu paikalleen, nostoelin irrotetaan ja asennuskolo tulpataan.



Kuva 18. Peikon PNLF nostolenkit (Peikko.fi)



Kuva 19. Semtun nostoankkureita (Semtu.fi)

6 Suunnitteluohje

Suunnitteluohje sisältää standardeista saadun tiedon ja hyväksi havaittujen periaatteiden pohjalta kootun paketin sokkelielementtien suunnitteluun. Ohjeeseen on kerätty taulukkomuotoon käytettäväksi suositeltavat materiaalit ja tarvikkeet kokoineen ja ominaisuuksineen. Jokaiseen osioon on myös tehty maininta, mistä standardista tai lähteestä tietoa voi saada tarvittaessa lisää. Erityisesti on huomioitu teollisuusrakentamista, mutta ohje pätee myös talonrakennukseen. Ohjeet on jaoteltu erikseen sandwich-sokkelielementille ja sokkelin kuorielementeille.

Suunnitteluohjeen osiossa elementtien ominaisuudet, on esitetty elementille suositeltavat ominaisuudet eri tapauksissa. Suositukset on jaettu perustapaukseen ja tehdasympäristöön. Arvoja on annettu lujuusluokalle, rasitusluokalle, terästen suojaetäisyyksille, paloluokalle, suunnitellulle käyttöiälle, raudotteiden tyypille, toleranssiluokalle ja pintakäsittelylle. Lisäksi on määritetty käytettävät kuorien paksuudet.

Eristeiden valintaa varten tehtiin Dof-lämpö-ohjelmalla kokeiluja eri eristeillä. Muuntelemalla eristepaksuutta saatiin optimoituja, kuinka paljon ja minkälaista eristettä tarvitaan, jotta saavutetaan tarvittava lämpöhäviölle asetettu vaatimus

erilaisiin tiloihin. Näin ohjeeseen on koottu kahden eri eristeen tarvittavat määrät lämpimälle, puolilämpimälle ja lämpöä tuottavalle rakennukselle. Lisäksi samaan taulukkoon on merkitty eristepaksuuteen sopiva ansas valinta.

Nostolenkit valittiin sekä sandwich-sokkelielementille, että sokkelin kuorielementille. Valinnat ovat kahdelta eri valmistajalta ja ohjeessa on näiden valmistajien taulukot eri nostolenkkityypeistä ja niiden kapasiteeteista. Lisäksi on kerrottu, kuinka nostolenkki tulee nimetä suunnitelmiin.

Elementin kiinnityksestä ympäröiviin rakenteisiin on ohjeessa esitetty taulukko, jossa on ohjeistettu, mitä kiinnitysosaa tulisi käyttää. Kiinnitysosan valinnan kriteeriksi on asetettu elementin sijainti maanpintaan nähden. Kiinnitysosina ovat vemot, kiinnityslevyt ja vaijerilenkit. Lisäksi on kerrottu kiinnikkeiden määrä elementin korkeuteen nähden.

Lopuksi on, muistutuksen omaisesti, annettu ohjeita muista piirustuksissa esitettävistä tiedoista, kuten elementin paino, painopisteen sijainti, kuljetustuet ja nostokulmat.

7 Yhteenveto ja pohdinta

Betonielementtien suunnittelu vaatii laajaa perehtymistä betoniin materiaalina, sen säilyvyyteen, kestävyys ja käyttäytymiseen eri olosuhteissa. Lisäksi elementit sisältävät myös muita materiaaleja ja osia, joiden tunteminen on tärkeää, jotta voidaan tuottaa kokonaisuudessaan hyvin yhdessä toimivia rakenteita. Elementin liittyminen muihin rakenteisiin vaatii erilaisten liitosten toiminnan käsittämistä ja oikeanlaisten kiinnitysosien tuntemista ja valintaa. Vaikka on olemassa paljon hyväksi havaittuja toteutusmuotoja, on jokainen rakentamiskohde yksilöllinen ja näin ollen vaatii myös elementtien sopivuuden tarkastelua ja huolella suunniteltuja ratkaisuja.

Elementtien suunnittelu ensimmäistä kertaa voi tuntua erittäin haastavalta. Eikä suunnittelijalla välttämättä ole vielä edes kunnollista käsitystä siitä, mitä kaikkea elementtien suunnittelussa tulee ottaa huomioon. On tärkeää, että apua saa ko-

keneilta suunnittelijoilta ja tietää, mistä hakea tarvittavat tiedot suunnittelun kulkuun. Kun on olemassa avustavia ohjeita suunnittelun tukena, on helpompi edetä suunnittelussa.

Oman haasteensa suunnittelijalle luovat myös erilaiset ympäristöt, joihin elementtejä suunnitellaan. Suunniteltaessa kerrostalon elementtejä ei useinkaan jouduta pohtimaan samanlaisia rasiuksia ja toteutusmuotoja kuin suunniteltaessa teollisuusrakennusta. Sama pätee myös päinvastoin. Tämä on suunnittelijalle tärkeä asia tiedostaa ja myös huomioida työssään, jos hän joutuu suunnittelemaan rakenteita kohteisiin, joista hänellä on vähemmän kokemusta. Täytyy myös muistaa, että ohjeita ja apua usein saa kysyessään, mutta saatua informaatiota täytyy myös osata suodattaa sekä tietää, mistä hakea varmistusta ongelmatilanteissa. Tärkeimpänä on pitää mielessä, että suunnitellun rakenteen tulee täyttää sille määritetyt vaatimukset ja määräykset sekä se, onko rakenne on mahdollista ylipäätään toteuttaa.

Itselleni suunnitteluohjeen tekeminen avasi hyvin elementtisuunnittelun maailmaa. Aiempaa kokemusta minulla ei juurikaan elementtirakentamisesta ollut, joten uutta tietoa tuli paljon. Huomasin, kuinka paljon elementtien suunnitteluun liittyy erilaisia standardeja ja määräyksiä, joita täytyikin ohjeen aikaansaamiseksi käydä kunnolla läpi. Oli mielenkiintoista kuulla kokeneempien suunnittelijoiden mielipiteitä erilaisista ratkaisuista ja heidän näkemyksiään ongelmallisista kohdista elementtien suunnittelussa.

Opin myös paljon elementteihin tulevista varusteluosista ja niiden toiminnasta. Aikaisempi kokemukseni varusteluosista oli vain se, että olin työmaalla nähnyt niitä elementeissä mutta en tiennyt sen tarkemmin niiden toimintaperiaatteista. Myös eri valmistajat tulivat työtä tehdessä paremmin tutuiksi.

Itseäni tekemäni ohje varmasti auttaa tulevaisuudessa paljon, mutta toivon siitä olevan apua yrityksen muillekin suunnittelijoille. Toivon myös, että ohje tulevaisuudessa yhtenäistäisi sokkelielementtien suunnittelua ja näin ollen myös suunnittelusta tulisi entistä jouhevampaa.

Työn lopputuloksena tehtyä suunnitteluohjetta on tarkoitus päivittää ajan myötä. Kun ohjetta pääsee käytännössä käyttämään useampi suunnittelija, tulee varmasti eteen asioita, joita ohje voisi vielä sisältää lisää tai mitä sieltä tulisi muuttaa. Toki myös koko ajan tulee muutoksia standardeihin ja muihin suunnitteluun liittyviin ohjeistuksiin, jolloin on myös päivitettävä kyseistä yrityksen sisäistä suunnitteluohjetta.

Lähteet

Betonielementtien nostolenkit ja ankkurit. 2010. Tampere: Betoniteollisuus ry.

Betonielementtien toleranssit 2011. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

By 40-2003 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.

By 65 Betoninormit 2016. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.

By 211 Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja – osa 1 2013. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.

Elementtisuunnittelu.fi: Elementtirakentamisen historia.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>. Luettu 17.3.2018.

Elementtisuunnittelu.fi: Kuljetus ja nostot
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/rakenteellinen-toiminta/kuljetus-ja-nostot?term=asennuksen%20aikainen%20tuenta>. Luettu 26.1.2018

Elementtisuunnittelu.fi: Normit ja standardit.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/normit-ja-standardit>. Luettu 19.3.2018.

Elementtisuunnittelu.fi: Sokkelielementit.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/perustukset-ja-vaestonsuojat/sokkelielementit>. Luettu 1.8.2018

Hytönen, Y. & Seppänen, M. 2009. Tehdään elementeistä. Helsinki: SBK-säätiö

PD-diagonaaliansas tekninen käyttöohje 2015.
https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/_F-ceQ/JLx-jxLAWLCu4U0JePR4vg/AnsaatjaPistokkaatFI09-2015.pdf. Luettu 08.11.2018

Peikko.fi a.
<https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/pnlf-nostolenkki/>. Luettu 09.11.2018

Peikko.fi b.
<https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/welda-kiinnityslevy/>. Luettu 15.04.2019

PVL-vaijerilenkki tekninen käyttöohje 2016.
https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/p_TvIw/vA88xO1mvRVFsBu7RRVo8Q/PVL-vaijerilenkkiFI8-2016.pdf. Luettu 08.11.2018

Rakennusteollisuus.fi: Eurokoodit ohjaavat suunnittelua.
<https://www.rakennusteollisuus.fi/Rakennusteollisuus-RT/Maaraykset-ja-standardisointi/Eurokoodit-ohjaavat-suunnittelua/>. Luettu 20.4.2018.

Rakennusteollisuus.fi: Eurooppalainen standardointi EN.
<https://www.rakennusteollisuus.fi/Rakennusteollisuus-RT/Maaraykset-ja-standardisointi/Eurooppalainen-standardisointi-EN/>. Luettu 20.4.2018.

Rakennusteollisuus.fi: Kansalliset standardit SFS.
<https://www.rakennusteollisuus.fi/Rakennusteollisuus-RT/Maaraykset-ja-standardisointi/Kansalliset-standardit-SFS/>. Luettu 20.4.2018.

Rakennusteollisuus.fi: Määräykset ja standardisointi.
<https://www.rakennusteollisuus.fi/Rakennusteollisuus-RT/Maaraykset-ja-standardisointi/>. Luettu 20.4.2018.

RIL 115 KÄ Betonielementtirakenteet 1977. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.

RIL 202-2011. Betonirakenteiden suunnitteluohje. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Semtu.fi 2016.
<https://www.semtu.fi/application/files/5115/2189/4600/Pfeifer-kierrejarjestelma-esite-2016.pdf>. Luettu 15.04.2019

Semtu.fi 2016.
<https://www.semtu.fi/fi/tuotteet/kiinnitysosat/valuankkurit>. Luettu 15.04.2019

Sfs.fi: CE-merkintä 2013.
<https://www.sfs.fi/files/307/ce-merkinta2013.pdf>. Luettu 25.01.2019

SFS-EN 206:2014 + A1:2016: Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 08.11.2018

SFS-EN 1990 + A1 + AC: Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 21.01.2019

SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC: Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 08.11.2018

SFS-EN 13369:2018: Betonivalmiskosten yleiset säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 08.11.2018

SFS-EN 14992 + A1: Betonivalmiskosat. Seinäelementit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 08.11.2018

Skol.teknologiateollisuus.fi.
https://skol.teknologiateollisuus.fi/sites/skol/files/CE_menettelyohje.pdf. Luettu 15.04.2019

SUMO-seinäkenkä tekninen ohje 2015.

https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/LDa7Tw/7bl_q9vSge-sCfTyPMNDjg/SUMO-seinakenkaFI-02-2015.pdf. Luettu 23.1.2019

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.

Suomen rakentamismääräyskokoelma.

http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma. Luettu 26.3.2018.

CE-merkintä 2013:

http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkinta. Luettu 25.01.2019

Sokkelielementin suunnitteluohje (ei julkaista)