



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# SISÄJULKISIVUN KIINNITYS- PROFIILIN RAKENNERATKAI- SUJEN KEHITTÄMINEN

TEKIJÄ: Meri Vaskelainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Meri Vaskelainen	
Työn nimi Sisäjulkisivun kiinnitysprofiilien rakenneratkaisujen kehittäminen	
Päiväys	16.4.2019
Sivumäärä/Liitteet	31/2
Ohjaajat Matti Mikkonen, lehtori ja Teppo Houtsonen, tuntiopettaja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Sweco Rakennetekniikka Oy, Jussi Kallioniemi, osastopäällikkö	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön päätavoitteena oli kehittää Sweco Rakennetekniikalle ohjekortti shopfront-rakenteen suunnitteluun. Lisäksi tavoitteena oli laatia eräänlainen katalogi, josta valmiiksi suunniteltuja malleja voidaan esitellä asiakkaalle jo hyvin varhaisessa vaiheessa hanketta. Katalogista suunnittelija voi valita oikeanlaisen profiilin sekä profiilin listattujen hyvien ja huonojen puolien että tulevan seinän koon mukaan. Seinän korkeus ja kehien jakoväli vaikuttavat kehään kohdistuviin kuormiin ja sitä kautta profiilin valintaan, sillä profiili ei saa taipua liikaa kuormituksessa.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosassa on käsitelty shopfront-rakenteen suunnittelua, sekä suunnittelussa huomioon otettavia asioita, kuten kuormia, teräslitoksia ja liitosta betonirakenteeseen ylä- tai välipohjaan. Työssä on esitetty esimerkkilaskuja kehän liitosten suunnitteluun sekä kehän taipumien mitoittamiseen. Näitä liitoksia olivat hitsiliitos ja liitos yläpohjaan. Mahdollisista kehään tulevista ripustuksien kiinnityksistä ei tehty esimerkkejä. Teoriaosassa lähteinä käytettiin kirjallista ja sähköistä aineistoa. Valmiiden mallien katalogin tekemisessä käytettiin Swecon suunnittelijan Jussi Kallioniemen asiantuntijuutta aiheesta.</p> <p>Työn tuloksena valmistuivat sekä ohjekortti että katalogi. Ohjekortin avulla voidaan helposti laskea betoniankkuroinnin kestävyys ja ankkurointisyvyys, mikäli halutaan tutkia tilannetta niin, että teräs murtuu ennen betonia. Katalogi auttaa suunnittelijaa valitsemaan oikeanlaisen profiilin. Katalogi ja ohjekortti ovat luottamuksellisia, joten niitä ei julkaista.</p>	
Avainsanat Shopfront, lasiväliseinä, valoaläpäisevät rakenteet, teräsrakenteet, liitokset, sisäjulkisivu	
Liitteiden osalta luottamuksellinen.	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author Meri Vaskelainen			
Title of Thesis Developing the Structural Solutions for the Attachment Systems of Indoor Facade			
Date	16 April 2019	Pages/Appendices	31/2
Supervisors Mr Matti Mikkonen, Senior Lecturer and Mr Teppo Houtsonen, Lecturer			
Client Organisation Mr Jussi Kallioniemi, Head of department, Sweco Rakennetekniikka Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The main aim of this final project was to develop a guide for designing a shopfront structure and some kind of catalogue, where the ready plans can be shown to the customers in an early phase of the project. In the catalogue the designer can select the right profile according to the need by using the list of good and bad attributes of the profiles and dimensions of the wall. The height of the wall and the spacing of the structure have an influence on the loads exerted to the structure and this way it affects the choice of the profile, too.</p> <p>The theoretical part of the thesis discusses designing the shopfront structure, what has to be taken into account, loads, steel joints and joints to the concrete slab. Some examples for designing the joints were calculated, like welding, joint to the concrete slab and bend of the profile. No examples are given for mountings and their fittings that might be required. Written and electrical material were used as source material for the theoretical part. The know-how of the client Jussi Kallioniemi was used to complete the catalogue as well.</p> <p>As a result of the work the guide and the catalogue were completed. The resistance of concrete anchors and required anchor length can be calculated by using the guide. The catalogue enables the designer to choose the right type of profile. The catalogue and guide are confidential and therefore they are not published.</p>			
Keywords Shopfront, glass partition, light penetrable structures, steel structures, joints, indoor facade			
Appendices are confidential.			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Tausta ja tavoitteet .....	6
1.2	Sweco Rakennetekniikka .....	6
1.3	Lyhenteet ja määritelmät .....	6
2	SHOPFRONTIN KEHÄN SUUNNITTELUUN .....	7
2.1	Väliseinän kuormat .....	7
2.2	Suunnittelussa huomioitavaa .....	7
3	TERÄS .....	9
3.1	Ominaisuudet .....	9
3.2	Työstäminen .....	9
3.3	Vaatimukset .....	9
4	RUUVILIITOS .....	10
4.1	Teoria .....	10
4.2	Kiinnikkeet liitoksessa .....	11
4.3	Kiinnitettävän teräksen peittäminen .....	11
4.4	Mitoitus .....	12
4.4.1	A-luokan liitos .....	12
4.4.2	B-luokan liitos .....	13
4.4.3	C-luokan liitos .....	14
4.4.4	D-luokan liitos .....	14
4.4.5	E-luokan liitos .....	15
5	HITSAUSLIITOS .....	16
5.1	Teoria .....	16
5.2	Mitoitus .....	16
5.2.1	Otsapienahitsi .....	17
5.2.2	Kylkiapienahitsi .....	17
5.2.3	Kaksoispienahitsi .....	18
5.2.4	Päittäishitsi .....	18
6	LIITOS BETONISEEN VÄLI- TAI YLÄPOHJAAN .....	19
6.1	Kiinnitysjärjestelmät .....	19
6.2	Murtumistapoja .....	20

6.3	Kestävyys.....	20
6.3.1	Kestävyys kaukana reunasta .....	20
6.3.2	Yksittäisen kannalisen pulttivaarnan vetokestävyys lähellä reunaa .....	21
6.3.3	Kestävyys hyvin lähellä reunaa .....	22
6.3.4	Ankkurin upotussyvyys .....	22
7	LASKUT .....	24
7.1	Kuormat.....	24
7.2	Vaaka- ja pystyprofiilin jiihiksi.....	24
7.3	Kiinnitys yläpohjaan.....	25
8	TERÄKSEN TAIPUMAT.....	28
8.1	Teoriaa .....	28
8.2	Käsin laskeminen .....	28
8.3	Taipumien mitoitus Frame Analysis -ohjelmaa apuna käyttäen.....	28
9	POHDINTA.....	30
	LÄHTEET .....	31
	LIITE 1: KATALOGI SALASSAPIDETTÄVÄ.....	32
	LIITE 2: SUUNNITTELUOHJE SALASSAPIDETTÄVÄ .....	32

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Tausta ja tavoitteet

Työ tehdään Sweco Rakennetekniikka Oy:lle, jossa työn liitteet ovat merkitsevä osa tavoitetta. Sallassapidettävät liitteet, jotka tulevat vain Swecon omaan käyttöön, sisältävät suunnittelun ohjekortin sekä katalogin teräskehistä, joita voidaan esitellä tilaajalle jo projektin alkuvaiheessa. Teoriaosassa selvitetään terästen liitoksia, liitosta betonirakenteiseen yläpohjaan, Shopfront-rakenteen kuormat ja suunnittelun perusteet. Työ on eräänlainen kehitystyö, jonka avulla voidaan nopeuttaa shopfront-rakenteen suunnittelua.

### 1.2 Sweco Rakennetekniikka

Sweco on asiantuntija, jonka alaa ovat rakennettu ympäristö ja teollisuus. Kansainvälisenä yhtiönä Swecolla on projekteja 70 maassa eripuolilla maailmaa. Aivan pieni yhtiö ei ole kyseessä, onhan sillä 15000 työntekijää, muutoin noin moneen maahan projektien vieminen ei onnistuisikaan. Euroopan johtavana suunnittelun ja konsultoinnin yrityksenä, sen liikevaihtokin on 1.8 miljardia euroa.

Toimialoina ovat rakennetekniikka, talotekniikka, teollisuus, projektinjohto ja rakennuttaminen, arkkitehtuuri ja yhdyskuntasuunnittelu, infrastruktuuri, vesi ja ympäristö, energia, korjausrakentaminen ja asiantuntijapalvelut sekä palvelut taloyhtiöille. Sweco Rakennetekniikka Oy on yksi yhdeksästä Swecon nimen alla toimivasta yhtiöstä.

### 1.3 Lyhenteet ja määritelmät

KRT	Käyttörajatila: tila, jonka ylittämisen jälkeen rakenteelle tai rakenneosalle asetetut käyttökelpoisuusvaatimukset eivät enää täyty
MRT	Murtorajatila: sortumiseen tai muuhun sen kaltaiseen vaurioitumistaan liittyvä tila
EN	Eurooppalainen standardi
NA	National Annex, kansallinen liite
CC-menetelmä	Jossa CC viittaa sanoihin Concrete capacity

## 2 SHOPFRONTIN KEHÄN SUUNNITTELUUN

Shopfront on ikään kuin sisätiloissa oleva, mm. aukotuksensa takia, näyteikkunaa monipuolisempi rakennusosa. Seinämä kiinnitetään kehään, joka on kiinnitetty väli- tai yläpohjaan. Kehän ansiosta järjestelmä on helposti muokattavissa ilman, että välipohjan ja alaslasketun katon välisiin osiin, kuten sähkö- tai iv-vetoihin, tarvitsee koskea.

### 2.1 Väliseinän kuormat

Shopfronttiin kohdistuvia kuormia voidaan tutkia kantamattomien väliseinien kuormien kautta. Pystysuunnassa siihen, eikä näin sitä kannattelevaan profiiliinkaan, kohdistu muuta kuormaa kuin mahdolliset ripustukset ja omapaino. Ripustuksina voi esimerkiksi olla ilmanvaihtopuhallin, tai tilan sulkeva laskettava säleikkö.

Koska esittelemäni mitoitustavat perustuvat eurokoodeihin, käyttäisin myös eurokoodin asettamia kuormia, jolloin ne löytyvät myös ympäristöministeriön asetuksista. Kuormia löytyisi RIL-ohjeista, mutta useimmissa kohdissa viitataan kumoutuneisiin rakentamismääräyskokoelmiin, jolloin jää epäselväksi ovatko annetut ohjeet enää käyttökelpoisia. Esitetyt kuormat eivät kylläkään eroa kantamattomina väliseinäinä toimivien rakenteiden kuormien osalta ympäristöministeriön asetuksessa esitettyihin kuormiin.

Ympäristöministeriön asetuksessa, joka koskee kansallisia valintoja rakenteiden tilavuuspainoon, omaa painoon ja rakennusten hyötykuormiin sovellettaessa standardia SFS-EN 1991-1-1, pykälässä 8 kerrotaan kaiteiden ja suojaseinäminä toimivien väliseinien vaakakuormista. Asetuksen taulukon 3 mukaan luokan D (myymälät) väliseinien ja kaiteiden vaakakuormana toimiva viivakuorma  $q_k = 1,0$  kN/m. Tätä asetusta sovelletaan yhdessä standardin SFS-EN 1991-1-1 viimeisimmän voimassa olevan version kanssa. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 4). Shopfront ei kuitenkaan lukeudu tähän, ellei se toimi kuten kaide ja sen rikkoutumisesta aiheutuisi putoamisvaaraa ihmiselle.

Puurakenteiden vanhassa eurokoodissa on kerrottu, että väliseiniin kohdistuu tuulenpaineesta vaakakuormaa  $0,3\text{kN/m}^2$ . Samaa ilmanpaineen kuormaa voidaan käyttää myös shopronrakenteen mitoittamisessa.

### 2.2 Suunnittelussa huomioitavaa

Suunnitteluperusteissa noudatetaan standardia SFS-EN 1990 ja sen kansallisia liitteitä. Teräsrakenteiden mitoituksessa noudatetaan SFS-EN 1993 -standardia ja sen kansallisia liitteitä. Suunnittelussa käytetään vain yhtä järjestelmää. Standardista SFS-EN 1090-2 esitetään myös suunnitteluun liittyviä ohjeita. (Kouhi & Teräsrakenneyhdistys, Eurocode 3 Käsikirja EN 1993-1-1. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. 1-1 Yleiset ja rakennuksia koskevat säännöt. Sovellutusohjeita, taustatietoa, kommentteja, tulkintoja, selvennyksiä, kansallinen liite ja sen taustoja, oppi- ja opetusaineistoa, e, 2015)

Shopfront rakenteen seuraamusluokka voidaan määritellä kuuluvan CC1-luokkaan, sillä rakenteella on vähäiset seuraamukset ihmishenkien menetysten, pienten tai merkityksettömien taloudellisten tai sosiaalisten vahinkojen takia. Rakenteen vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa. Shopfrontin voidaan ajatella olevan sellainen väliseinää ja ikkunaa vastaava rakenne, joihin pääasiassa vaikuttaa vaan ilman paine-eroista aiheutuva sivuttaiskuorma, ja se ei toimi kantavan tai jäykistävän rungon osana.

Suunnittelussa tulee huomioida, että käytetään tuotteita, joissa on CE-merkintä. Mikäli tuotteessa ei ole eurollaista yhdenmukaistettua tuotestandardia CE-merkintää, tai sitä ei ole eurooppalaisen teknisen arvioinnin ETA:n mukaan tarkistettu ja tuotteelle on asetettu viranomaisvaatimuksia, voidaan säännöstenmukaisuus osoittaa tuotehyväksyntälain mukaisella kansallisella hyväksynnällä. (Kouhi & Teräsrakenneyhdistys, Eurocode 3 Käsikirja EN 1993-1-1. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. 1-1 Yleiset ja rakennuksia koskevat säännöt. Sovellusohjeita, taustatietoa, kommentteja, tulkintoja, selvennyksiä, kansallinen liite ja sen taustoja, oppi- ja opetusaineistoa, e, 2015)



### 3 TERÄS

Teräs on yhä tämän aikakauden tärkein käyttömetalli. Terästä on miltei kaikkialla, vaikka rakentaisimme puusta, käytetään terästä muun muassa puuosien liitoksiin. Maailmassa tuotetaan noin 1 300 miljoonaa tonnia terästä vuosittain. Teräs on helposti kierrätettävä materiaali, ja siksi noin 40% tuotettavasta teräksestä on kierrätettyä. Kierrätettävyys säästää energiaa ja malmivarantoja. Teräksiä voidaan luokitella esimerkiksi sen käyttötarkoituksen mukaan: rakenneteräkset, työkaluteräkset, erikoisteräkset ja säänkestävät, hankaavaa kulutusta ja pistoa kestävät teräkset (Teräsrakenneyhdistys.fi)

#### 3.1 Ominaisuudet

Teräksellä on hyviä ominaisuuksia, joita ovat esimerkiksi sen lujuus, sitkeys ja hitsattavuus. Ominaisuuksia säädetään sen koostumuksen ja valmistusprosessin avulla. Teräs on raudan ja hiilen seos. Se eroaa valuraudasta siten, että siinä on alle 1,7% hiiltä, kun taas valuraudan hiilipitoisuus on yli 1,7%. Terästen ominaisuudet vaihtelevat sen valmistukseen käytettyjen seosaineiden mukaan. Puhdasta raudan sulamispiste on noin 1 530°C, mutta seostettujen terästen sulamispiste on 50-100°C alhaisempi. Raudan tiheys on 7 850kg/m<sup>3</sup>, eli lähes 3,5 kertaa tiheämpää kuin betoni. (Teräsrakenneyhdistys.fi)

#### 3.2 Työstäminen

Materiaalina teräs soveltuu hyvin esivalmistukseen. Konepajoilla siitä voidaan valmistaa valmiita rakennneosia, joiden asennus rakennuspaikalla on nopeaa ja tehokasta. Kun rakennneosat ovat standardisoituja ja mittatarkkuus on suuri, tuloksena on järjeistetty teollinen tuotanto. (Stålbbyggnadsinstitutet, 2004 (2008)). Näin ollen teräs sopii hyvin shopfrontrakenteisiin, jolloin saadaan tuotettua ja rakennettua mittatarkka mallin mukainen kehä kohteeseen, jossa paikan päällä ei tarvitse tehdä enää muuta kuin kiinnittää kehä paikoilleen.

Terästä voidaan työstää esimerkiksi valssaamalla. Kuumavalssauksessa teräs on hehkuvan kuumaa, kun taas kylmävalssissa huoneenlämpöistä. Kuumavalssia käytetään pitkän tavaran tekoon, jota on esimerkiksi HEA-profiili. Teräslevyjä muokataan sekä kuuma- että kylmävalssilla.

#### 3.3 Vaatimukset

Teräsrakenteet pystytään luokittelemaan eri toteutusluokkiin rakenteen valmistustarkkuuden mukaan. Luokat, joita käytetään eurokoodi 3:ssa, ovat korkeimmasta laatusasta heikompaan A, B, ja C. Luokka A on hyvin kallis toteutettava. Luokkia A ja B käytetään kohteissa, joihin kohdistuu väsytyskuormia, kun taas C-luokkaa käytetään staattisesti kuormitetuissa rakenteissa.

Standardi EN 1090 koskee teräksen valmistamista ja siinä on kerrottu CE-merkintää koskevia vaatimuksia. Lujuusluokitus ja sitkeystaso tulee ilmetä teräslajissa.

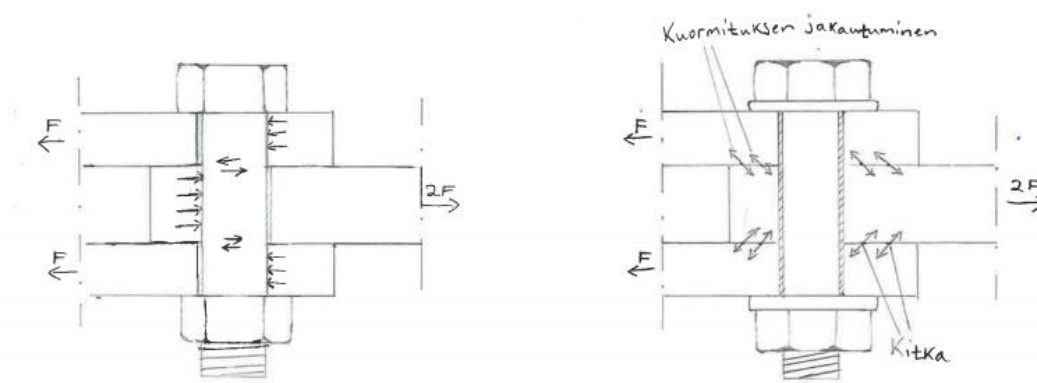
## 4 RUUVILIITOS

### 4.1 Teoria

Ruuviliitokset voidaan jakaa eri luokkiin esimerkiksi Eurokoodin 3-1-8 mukaan seuraavasti:

- A-luokka, leikkausliitos: jossa normaalisti kiristetyt ruuvit, jotka siirtävät leikkausvoimaa kosketuspinnan kautta.
- B-luokka, kitkaliitos: jossa esijännitetyt ruuvit, jotka siirtävät leikkausvoimaa kitkan avulla käyttörajatilassa.
- C-luokka, kitkaliitos: jossa esijännitetyt ruuvit, jotka siirtävät leikkausvoimaa kitkan avulla murtorajatilassa.
- D-luokka, vetoliitos: jossa normaalisti kiristetyt ruuvit, jotka siirtävät vetovoimaa.
- E-luokka vetoliitos: jossa esijännitetyt ruuvit, jotka siirtävät vetovoimaa.

Leikkausvoimalla tarkoitetaan voimaa, joka pyrkii leikkaamaan ruuvin eri suuntiin menevillä voimilla. Liitoksiin, joissa leikkausvoima on hallitseva, voidaan käyttää joko leikkausliitosta tai kitkaliitosta. Leikkausliitoksessa liitoksen ruuvit eivät ole niin tiukalla, että ne estäisivät liitettävien osien liikkeitä. Kitkaliitoksessa taas liitoksen esijännitetyt ruuvit ovat niin tiukalla, että aluslevyjen väliin puristetut liitettävät osat aiheuttavat toistensa välille kitkaa, eivätkä näin pääse leikkaamaan ruuvia liikkeellään.



Kuva 1 Vasemmalla leikkausliitos, jossa voimat pyrkivät leikkaamaan ruuvin, ja oikealla kitkaliitos, jossa ruuvi on kiristetty niin tiukalle, että teräslevyjen välille syntyy kitkaa, eivätkä ne pääse leikkaamaan ruuvia. (Vaskelainen, 2019)

Kun liitoksen ruuveihin kohdistuu vetovoimaa, joka dominoi, tehdään liitos esijännitettynä. Tällöin liitos ei pääse avautumaan kuormituksessa.

## 4.2 Kiinnikkeet liitoksessa

Markkinat teräsrakennerruuveille ovat pienet, jolloin valinta käytettävistä ruuveista on tehtävä niiden joukosta mitä on saatavilla.

	Tuote	Lujuusluokka	Standardi	Ruuviliitosluokka
Normaali liitos	Ruuvi	8.8	SS-EN-ISO <sub>4014</sub>	A,D
	Mutteri	8	SS-EN-ISO 4032	A,D
	Aluslevy	-	SS-EN-ISO 7089	A,D
Esijännitty liitos	Ruuvi+mutteri	10.9	EN WI 00185217	B,C,E
	Aluslevy	-	EN WI 00185219	B,C,E

Taulukko 1 Suositeltavat kiinnityselementit teräsrakenteiden ruuviliitoksiin (Jaspart & Weynand, 2016)

Standardissa NA SFS-EN 1993-1-8:3.1.1(3) suositellaan vain lujuusluokkien 8.8 ja 10.9 käyttöä. Standardeissa ei suoraan sanota pienintä sallittua ruuvikokoa, mutta SFS EN 1993-1-3 taulukossa 8.4 on esitetty alarajaksi kokoa M6.

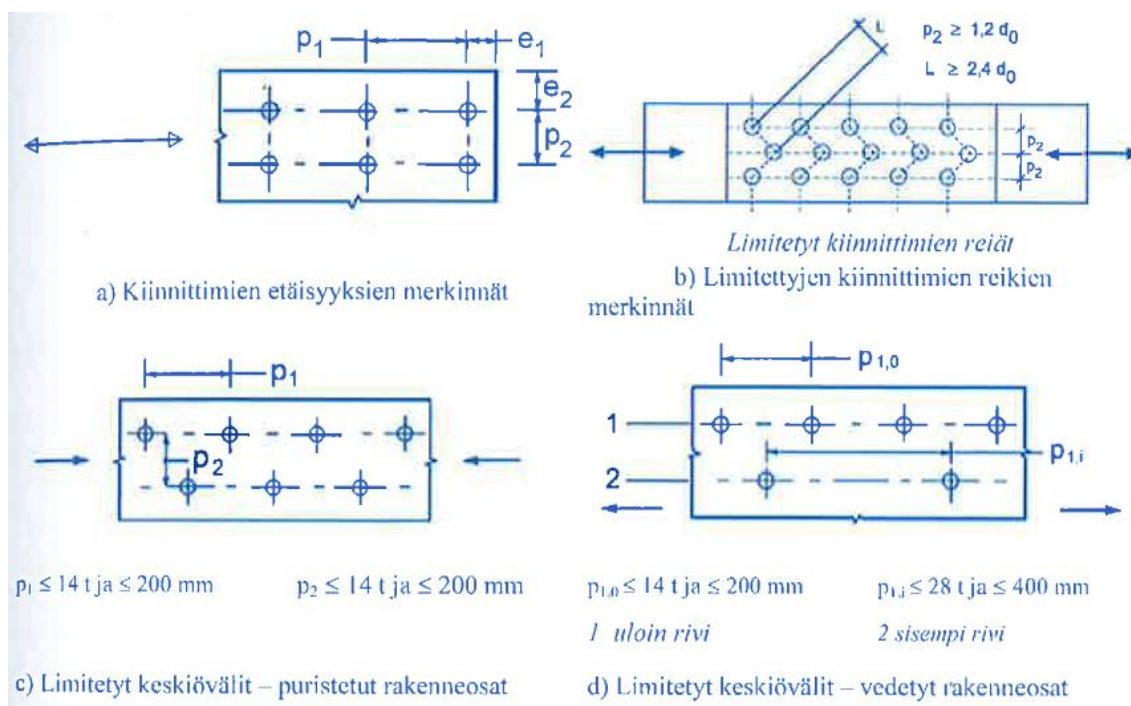
Ruuvistandardisarjassa on esitettyä kaksi ruuvikokoonpanoa (joihin kuuluu ruuvi, mutteri ja aluslaatta), HR-sarja ja HV-sarja. HR on sarja, jossa mutterin korkeus on 0,9d (d on ruuvin halkaisija). Sarja peustuu lähes kokonaan aikaisempiin BS- ja NF-standardeihin. HV-sarjassa mutterin korkeus on 0,8d, ja sen tausta on lähinnä aikaisemmissa DIN-standardeissa. (Kouhi & Teräsrakenneyhdistys, Eurocode 3 Käsikirja EN 1993-1-8. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. 1-8 Liitokset. Sovellutusohjeita, taustatietoja, kommentteja, tulkintoja, selvennyksiä, kansallinen liite jäsentaustoja, oppi- ja opetusaineistoa, esimerkkejä, 2015)

## 4.3 Kiinnitettävän teräksen pettäminen

Kiinnikkeiden kestävyys lisäksi on huomioitava teräksen leikkautuminen ja reunapuristuminen tilanteissa, jossa itse ruuvi kestää kuormituksen, mutta liitettävä teräs repeää tai venyy ruuvin välittämän voiman takia. Tähän liittyen on otettava huomioon liitokseen tehtävän reiän vähimmäispääty- ja reunaetäisyydet  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $e_1$  ja  $e_2$ . (Kouhi & Teräsrakenneyhdistys, Eurocode 3 Käsikirja EN 1993-1-8. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. 1-8 Liitokset. Sovellutusohjeita, taustatietoja, kommentteja, tulkintoja, selvennyksiä, kansallinen liite jäsentaustoja, oppi- ja opetusaineistoa, esimerkkejä, 2015)

etäisyyden	$e_1$	$p_1$	$e_2$	$p_2$
Minimiarvo 1	1,2d <sub>0</sub>	2,2d <sub>0</sub>	1,2d <sub>0</sub>	2,4d <sub>0</sub>
Minimiarvo 2	1,5d <sub>0</sub>	2,5d <sub>0</sub>	1,5d <sub>0</sub>	2,5d <sub>0</sub>

Taulukko 2 Ruuvien väliset, sekä reuna- ja päätyetäisyydet. Minimiarvoa 1 käytetään, kun ruuveilla on normaalit keskinäiset ja reunaetäisyydet. Minimiarvoa 2 käytetään, kun määritetään rakenteiden väsymisluokkaa standardin EN 1993-1-8 mukaan.



Kuva 2 Ruuvien etäisyysmerkintöjä havainnollistava kuva. (Kouhi & Teräsrakenneyhdistys, Eurocode 3 Käsikirja EN 1993-1-8. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. 1-8 Liitokset. Sovellusohjeita, taustatietoja, kommentteja, tulkintoja, selvennyksiä, kansallinen liite jäsenaustoja, oppi- ja opetusaineistoa, esimerkkejä, 2015)

#### 4.4 Mitoitus

##### 4.4.1 A-luokan liitos

Normaalisti kiristetyt ruuvit, joihin kohdistuu leikkausvoimaa. Jos leikkaustaso menee kierteisen osan läpi, niin suunniteltu leikkauslujuus ruuville on:

Kaava 1

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

Jossa:  $\alpha_v = 0,6$  ruuveille luokissa 4.6, 5.6 ja 8.8

$\alpha_v = 0,5$  ruuveille luokissa 4.8, 5.8, 6.8 ja 10.9

$\alpha_v = 0,6$  mikäli ruuvien kierteetön osa on leikkauskohdassa

$f_{ub}$  = ruuvien vetomurtolujuus

$A_s$  = ruuvien poikkileikkaus ilman kierteitä

$\gamma_{M2}$  = ruuvien osavarmuuskerroin, jonka suositeltu arvo on 1,25.

Jos leikkasutaso on kohdassa, jossa ei ole kierteitä on kaava silloin muotoa:

Kaava 2

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$$

Jossa: A = ruuvien halkaisija kierteettömältä osalta.

Näitä kaavoja tulee käyttää ainoastaan silloin kun ruuveja käytetään rei'issä, joiden nimellisvälys, joka on annettu standardissa EN 1090-2, on 1mm M12 tai M14 ruuveille, 2mm M16 tai M24 ruuveille ja 3mm M27 ja sitä paksummille ruuveille. Ruuvien leikkauslujuuksia saa myös valmiina taulukoista ja valmistajilta. (Jaspart & Weynand, 2016)

#### 4.4.2 B-luokan liitos

Esijännitetyt ruuvit liitoksessa, jossa on leikkausvoimaa käyttörajatilassa laskettuna. Suurin kuorma, joka voidaan siirtää esijännitetyssä ruuviliitoksessa kitkan avulla, on suunniteltu liukuvastus murtorajatilassa  $F_{s,Rd}$ . Tämä voima riippuu ruuvin esijännityksestä  $F_{p,C}$  ja kitkakertoimesta, tai liukukertoimesta puristetuissa levyissä. Liukuvastus voidaan laskea luokkien 8.8 ja 10.9 pulteille seuraavasta kaavasta:

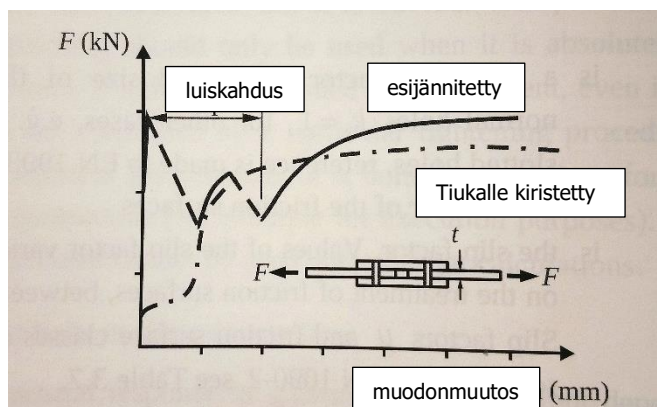
Kaava 3

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M3}} F_{p,C}$$

Jossa:  $k_s$  = reiän muodon ja koon muuntokerroin. Tavallisille rei'ille arvo on 1, muissa tapauksissa kuten raoissa, arvo päätetään standardin EN 1993-1-8 mukaan  
 $n$  = kitkapintojen määrä  
 $\mu$  = liukukerroin. Arvot vaihtelevat 0,2 ja 0,5 välillä riippuen pintojen pintakäsittelystä.  
 $\gamma_{M3}$  = ruuvin lujuuden osavarmuuskerroin EN 1993 1-8  
 $F_{p,C}$  = ruuvin esijännitys

Täytyy kuitenkin huomioida, että mikäli sovellettu kuorma ylittää suunnitellun liukuvastuksen, niin liitos muuttuu kantavan tyyppin liitokseksi. (Jaspart & Weynand, 2016)

Kokoamisen helpottamiseksi ruuvien rei'issä on välystä suhteessa ruuvin kokoon. Kantavan tyyppin liitoksissa reikien vällykset aiheuttavat liuskahduksia, mitkä johtavat epämuodostumiin, jotka on esitetty Kuva 3 Pistekatkoviivalla on esitetty esijännittämättömän ruuvimuodonmuutos liitokseen kohdistuvan kuormituksen kasvaessa ja mustalla viivalla esijännitetyn. Kun ruuvin reiässä on välystä ja kitka ei enää tietyssä pisteessä riitä pitämään liitosta kasassa, pääsee liitettävät levyt luiskahtamaan ruuvia vasten, jolloin ruuviin pääsee syntymään muodonmuutosta. Kuva 3 Pistekatkoviivalla on esitetty esijännittämättömän ruuvimuodonmuutos liitokseen kohdistuvan kuormituksen kasvaessa ja mustalla viivalla esijännitetyn. Kun ruuvin reiässä on välystä ja kitka ei enää tietyssä pisteessä riitä pitämään liitosta kasassa, pääsee liitettävät levyt luiskahtamaan ruuvia vasten, jolloin ruuviin pääsee syntymään muodonmuutosta..



Kuva 3 Pistekatkoviivilla on esitetty esijännittämättömän ruuvinmuodonmuutos liitokseen kohdistuvan kuormituksen kasvaessa ja mustalla viivalla esijännitetyn. Kun ruuvin reiässä on välystä ja kitka ei enää tietyssä pisteessä riitä pitämään liitosta kasassa, pääsee liitettävät levyt luiskahtamaan ruuvia vasten, jolloin ruuviin pääsee syntymään muodonmuutosta. (Stålbbyggnadsinstitutet, 2004 (2008))

Huomio että liukuvastus laskee, jos ruuvi on altistettu myös ulkopuoliselle vetorasitukselle koska ulkopuolinen rasitus vähentää sulkuvoimaa. Jos kitkaliitos on altistettu sovelletulle vetovoimalle,  $F_{t,Ed,ser}$  tai  $F_{t,Ed,ser}$  leikkausvoiman  $F_{v,Ed}$  tai  $F_{v,Ed,ser}$  lisäksi, pyrkivät ne tuottamaan luistoa. Suunniteltu liukuvastus ruuviakohden tulee laskea seuraavalla kaavalla:

Kaava 4

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s n \mu (F_{p,c} - 0.8 F_{t,Ed,ser})}{\gamma_{M3}}$$

#### 4.4.3 C-luokan liitos

Esijännitettyjen ruuvien lujuus altistettuna leikkausjännitykselle murtorajatilassa laskettuna:

Kaava 5

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu (F_{p,c} - 0.8 F_{t,Ed})}{\gamma_{M3}}$$

#### 4.4.4 D-luokan liitos

Normaalisti kiristettyjen ei esijännitettyjen ruuvien vetolujuuden määrittäminen liitoksessa, jossa on vetovoimaa:

Kaava 6

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

Jossa:  $k_2 = 0,63$  uppokantaisille ruuveille tai  
0,9 muissa tapauksissa

Lujuudet löytyvät myös taulukkoarvoina.

#### 4.4.5 E-luokan liitos

Esijännitetyt ruuvit liitoksessa, jossa on vetovoimaa. Tämän liitostyyppin ruuvit mitoitetaan samalla kaavalla kuin luokassa D, eli tarkastellaan ruuvien vetokestävyyttä  $F_{t,Rd}$ , Kaava 5.

## 5 HITS AUSLIITOS

Hitsausta voidaan käyttää esimerkiksi profiilien välisissä liitoksissa ja profiilia tehdessä. Kun teräsprofiili hitsataan, se saadaan räätälöityä juuri tarkoitusta vastaavaksi. Teräsprofiilin hitsaaminen on kuitenkin kallista, joten voi olla järkevämpää käyttää valmista profiilia, jota löytyy varastoista, vaikka siinä olisikin haluttua enemmän terästä ja sitä kautta tulee ikään kuin materiaalihukkaa. Kalliiseen hintaan vaikuttaa myös se, ettei hitsatut palkit ole varastotavaraa. Välipohjien matalapalkit kuten deltapalkit, ovat hitsattuja profiileja, joita käytetään tilan säästämiseksi esimerkiksi välipohjarakenteissa. (Teräsrakenneyhdistys.fi)

### 5.1 Teoria

Hitsausliitokset ovat yleisimpiä liitostyyppisiä teräsrakenteissa. Hitsauksessa terästä sulatetaan paikallisesti yleensä valokaaren avulla, jolloin perusaine ja siihen syötettävä lisäaine liittyy kaksi teräskappaletta yhteen. Teräsrakenteissa käytetään yleisimmin kahta hitsityyppiä, pienahitsiä ja päitäishitsiä.

### 5.2 Mitoitus

Pienahitsissä hitsattavien kappaleiden väliin jää Eurokoodi 3:n mukaan 60-120 asteen kulma. Kappalet voidaan hitsata yhteen joko niin, että niiden väliin jää railo tai niin, ettei railoa jää.

Pienahitsin mitoitusarvo pituusyksikköäkohti saadaan kaavasta:

Kaava 7 hitsin kestävyden mitoitusarvo

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} a$$

jossa:

Kaava 8 hitsin leikkauslujuuden mitoitusarvo

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{3}}$$

jossa:  $f_u$  = heikomman liitettävän osan nimellinen vetomurtolujuus

$\beta_w$  = lujuuskerroin käytettävälle teräsmateriaalille

$\gamma_{Mw}$  = 1,25

Otsa- ja kylkipienahitsissä on tarkastettava, että hitsin pituus on vähintään 40mm sekä 6 a. Mikäli hitsi on pidempi kuin 150 a, on hitsin kestävyden mitoitusarvoa pienennettävä kertoimella  $\beta_{Lw}$ , joka saadaan kaavasta:

Kaava 9 hitsi on pidempi kuin 150a

$$\beta_{Lw} = 1,2 - 0,2 \frac{L_w}{150a} \leq 1$$



Kaava 10 hitsi on pidempi kuin 1,7m

$$\beta_{Lw} = 0,6 \leq 1,1 - \frac{L_w}{17} \leq 1,0$$

joissa:  $L_w$  = hitsin pituus

### 5.2.1 Otsapienahitsi

Seuraava yksinkertaistettu kaava, joka on johdettu kaavoista Kaava 7 ja Kaava 8, antaa hitsille var-  
malla puolella olevan a-mitan.

Kaava 11 yksinkertaistettu laskentamalli

$$a \geq \frac{F_{sd} \beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{3}}{L_w f_u}$$

joissa:  $F_{sd}$  = hitsattavaan kappaleeseen vaikuttava voima

$\beta_w$  = lujuuskerroin käytettävälle teräsmateriaalille

$\gamma_{Mw}$  = 1,25

$L_w$  = hitsin pituus

$f_u$  = heikomman liitettävän osan nimellinen vetomurtolujuus

### 5.2.2 Kylkiapienahitsi

Kylkiapienahitsillä on sama yksinkertaistettu laskukaava kuin otsapienahitsillä. Kuitenkin yleisessä ta-  
pauksessa, jossa kuormittavan voiman resultantti vaikuttaa liitettävien osien tasossa ja muodostaa  
kulman  $\alpha$  hitsin pituusakselin suhteen, jolloin jännityskomponenteille saadaan erilaiset seuraavat lau-  
heet hitsille:

Kaava 12

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_{sd} \sin \alpha}{a L_w \sqrt{3}}$$

Kaava 13

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{sd} \cos \alpha}{a L_w}$$

joissa:  $\alpha$  = hitsattavan sivun ja voiman F väliin jäävä kulma

Tällöin a-mitan mitoitus ehdoksi saadaan

Kaava 14

$$a \geq \frac{F_{sd} \beta_w \gamma_{Mw}}{L_w f_u} \sqrt{2 \sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}$$

### 5.2.3 Kaksoispienahitsi

Tilanteessa, jossa rakenneaineessa vaikuttaa reunajännitys  $\sigma_z$  ja leikkausjännitys  $\tau_{yz}$  saadaan vaaditulle a-mitalle:

Kaava 15

$$a \geq \frac{\beta_w \gamma_{Mw} t}{2 f_u} \sqrt{2 \sigma_z^2 + 3 \tau_{yz}^2}$$

jossa:

Kaava 16

$$\sigma_z = \frac{M_d}{\frac{t h^2}{6}}$$

Kaava 17

$$\tau_{yz} = \frac{3 v_{sd}}{2 t h}$$

### 5.2.4 Päittäishitsi

Oikein tehdyn hitsin edellytykset ovat, että hitsi ja perusaine ovat yhteen sopivat. Liitoksen kestävyden laskut perustuvat täten railon pinta-alaan, joka on myös lähellä tunkeuman alaa. Päittäishitsityyppejä on kahden laisia täysi- ja osapäittäishitsi, joissa tyyppi riippuu tunkeuman syvyydestä. Täyshitsissä kestävyden laskut eivät ole tarpeen, sillä hitsin on oltava vähintään yhtä kestävä kuin perusaineksen, ja tunkeuman paksuuskin on sama kuin liitettävien osien paksuus. Päittäishitsi voidaan ajatella vaikuttavan samalla tavalla, kuin perusmateriaalin korvaaminen. (Jaspart & Weynand, 2016)

Osittaisen päittäishitsin kestävyden laskeminen tehdään samalla tavalla, kuin syvän tunkeuman pienahitsille. Osittaisen päittäishitsin tunkeuman syvyys ei saisi olla suurempi kuin tunkeuman, joka voidaan saavuttaa yhdenmukaisesti hitsaamalla. A-mitan ei sallita olla pienempi kuin 3mm tai  $t/5$ , jossa  $t$  on hitsattavan materiaalin ainepaksuus. Päittäishitsissä a-mitta on enintään hitsattavan teräksen paksuus, eli mittaus taapahtuu paksuuden suunnassa. (Jaspart & Weynand, 2016)

## 6 LIITOS BETONISEEN VÄLI- TAI YLÄPOHJAAN

Tässä työssä käsiteltävään yläpohjaan kiinnitettävään rakenteeseen kohdistuu vain vetokuormitusta, joten siksi betonikiinnikkeiden käsittelyssä leikkaskuormitetut kiinnikkeet on rajattu työn ulkopuolelle.

Liitokset betonilaattaan tapahtuu erilaisilla ankkureilla ja kiinnikkeillä. Ankkureiden avulla voidaan siirtää suuriakin veto ja leikkausvoimia. Laatan alapuolelle kiinnittäessä suurin osa voimista on veto-voimia. Suunnittelussa on huomioitava, että kiinnikkeen kestävyys on sisällytetty riittävä varmuus, joka on liitettävien osien kestävyys varmuutta suurempi. Oikean kestävyys saavuttaminen vaatii asentajalta ammattitaitoa ja suunnittelijan onkin oltava varma, että kiinnikkeen käyttäjällä on riittävät tiedot asennuksen tekemiseen. (Leskelä & Suomen Betoniyhdistys Ry, 2006)

Mitoitusmenetelmät perustuvat tehtyihin vetokokeisiin, joista saatuja tuloksia on sovitettu kestävyysvaikuttaviin parametrien funktioihin. Murtuminen tapahtuu, joko betonissa tai ankkurin teräksessä. Teräksen murtuminen on kestävyys yläraja ja sen alle jäävät arvot ovat betonin murtumisen arvoja. Kestävyys vaikuttavat tärkeimmät tekijät ovat ankkurin tehollinen pituus  $h_{ef}$  ja betonin lujuus  $f_{ck}$ . Betonin murtumiseen perustuvaa arvoa käytetään kestävyys perusarvona, kun ankkurin sijainti ei vaikuta liitoksen lujuuteen, eli tällöin ankkuri on riittävän kaukana betonin vapaista reunoista ja muodostuva murtopinta ei ylety sen reunaan saakka. (Leskelä & Suomen Betoniyhdistys Ry, 2006)

### 6.1 Kiinnitysjärjestelmät

Eriaiset järjestelmät ovat joko betoniin valettavia, tai kovettuneeseen betoniin asennettuja. Mikäli ankkurit valetaan betoniin, asennetaan teräsovat muottiin, jolloin raudoitukset voidaan asettaa haluttu, eikä törmäämisiä synny. Kovettuneeseen betoniin kiinnikkeet asennetaan joko porattuun reikään tai iskuenergialla kiinnittämällä, jolloin käytetään suoraa asennusta ampumalla kiinnike betoniin. Voimansiirto perustuu joko kitkaan, vaarnautumiseen tai tartuntaan, joka on kemiallinen. (Leskelä & Suomen Betoniyhdistys Ry, 2006)

<b>porattavia ankkureita</b>	<b>valettavia ankkureita</b>
levittyvät ankkurit	kannalliset pultit (sileä tai harjatanko)
kiilautuvat ankkurit	kierretangot
tartunta-ankkurit (kemiallisia)	ankkuroidut urakiskot
levittyvät tartunta-ankkurit	
kiilautuvat tartunta-ankkurit	
betonituuvit	

Taulukko 3 Ankkurityyppejä. (Leskelä & Suomen Betoniyhdistys Ry, 2006)

## 6.2 Murtumistapoja

Vedettyjen ankkureiden murtumistapoja on kaikkiaan viisi. Murtumiseen vaikuttaa esimerkiksi ankkurin sijainti, sekä sen upotussyvyys. Ankkurin kestävyys vaikuttaa sekin, onko laatta johon se kiinnitetään vedetty vai puristettu.

**Betonin halkeamismurrossa** betoniin tulee halkeama kiinnikkeen kohdalle, jolloin kiinnike pääsee irtomaan.

**Betonin ulosvetomurrossa** ankkuri vetää mukaansa kimpaleen betonia eli betoni pottää. Irronnut betoni on ikään kuin kartion muotoinen, ja tämä murto on kaikkein yleisin.

**Teräksen murrossa** kiinnikkeen vetolujuus menee äärimmilleen ja kiinnike pottää.

**Reunan lohkeamismurrossa** ankkuri on asennettu liian lähelle laatan reunaa ja sen reuna lohkeaa, ja ankkuri irttaa. Tämä murtotyyppi on saman tyylinen kuin ulosvetomurto, ja siksi myös yleinen.

**Ankkurin tartuntamurrossa** ankkurin tartunta pottää ja se pääsee irtomaan betonista.

Halkeamat kulkevat aina ankkureiden kohdalla, sillä ne ohjaavat halkeamia, toimivat halkeamia ohjaavina osina. Siksi betonin halkeilu sisältyy ankkuroinnin kestävyysmitoitaviin kaavoihin. Jos halkeilevaa betonia, jossa sen halkeamat ovat 0,3-0,4mm, verrataan halkeilemattomaan betoniin, niin ankkurin mitoituskestävyys on 30% alhaisempi. Ankkurin tyyppi vaikuttaa siihen, kuinka se toimii halkeilevassa betonissa. Siksi kemialliseen tartuntaan perustuvia ankkureita ei tule käyttää ollenkaan vedettynä. Vedettyinä käytetyistä jälkiasennetusta ankkureista parhaimpia ovat kiristettävät kiilautuvat ankkurit.

## 6.3 Kestävyys

Kaikista tunnetuimpia kestävyysarviointimenetelmiä ovat, CC-menetelmä, jossa kiinnikkeen ympärille muodostetaan pyramidi, jonka koko riippuu kiinnikkeen betoniin upotetun osan pituudesta ja kartiomenetelmä, jossa kiinnikkeen ympärille muodostetaan todennäköisin murtuma-alue, 45 asteen kartio. Näillä menetelmillä tarkastellaan vain betonin murtumiskestävyttä, joka on 75% tehdyistä kokeista johdettujen arvojen keskiarvosta. (Leskelä & Suomen Betoniyhdistys Ry, 2006)

### 6.3.1 Kestävyys kaukana reunasta

Laskuissa oletetaan, että betoni murtuu ennen kuin teräkseen tulee murtumaa. Liitoksen oletetaan olevan kaukana reunasta, kun ruuvien etäisyys reunaan on suurempi tai yhtä suuri, kuin 1,5x upotussyvyys, ja kun ruuvien etäisyydet toisistaan ovat suuremmat tai yhtäsuuret kuin 3x upotussyvyys. Kaava 18 ankkurin kestävyysperusarvo:

$$N_{Rd.c}^0 = \frac{k_1}{\gamma_{Mc}} \sqrt{f_{ck.cube}} h_{ef}^{1,5}$$

Jossa:  $k_1 = \beta_c k_{N}$ , tai ankkurin tyypistä ja ominaisuuksista riippuva kerroin, joka on esitettyinä ankkurin tyyppihyväksynnässä.

$$\beta_c = 1, \text{ kun betoni ei ole halkeillut}$$

$$= 0.7, \text{ kun betonissa on haleamia}$$

$$k_N = 10.1 \text{ kitka-ankkureille, ruuvit kuuluat tähän}$$

$$= 11.2 \text{ kiilautuville ankkureille}$$

$$= 12.9 \text{ kannallisille pulttivaarinoille}$$

$$f_{ck.cube} = \text{betonin lujuus}$$

$$\gamma_{Mc} = \gamma_{inst} \text{ kiinnityksen osavarmuusluku, joka perustuu betonin murtumiseen}$$

$$\gamma_{inst} = 1, \text{ kun asennuksen varmuus on hyvä}$$

$$= 1,2 \text{ kun varmuus on tavallinen}$$

$$= 1,4 \text{ kun varmuus on alhainen mutta kuitenkin hyväksyttävä. Näitä}$$

arvoja löytää myös kiinnikkeen valmistajan tyyppihyväksynnistä.

$$h_{ef} = \text{ankkurin upotetun osion pituus}$$

Concrete cone and splitting failure				
Effective embedment depth	$h_{ef}$	[mm]		42
Factor for	Cracked	$k_1 = k_{cr,N}$	[-]	7,7
	Non-cracked	$k_1 = k_{ucr,N}$	[-]	11,0

Kuva 4 Esimerkki erään ruuvinvalmistajan tyyppihyväksynnän osasta, jossa  $k_1$  on merkattu haljenneelle betonille, cracked,  $k_{cr,N}$  ja ei haljenneelle betoilille, uncraced,  $k_{ucr,N}$ . (Tyyppihyväksyntä Hiltin HUS3-H-ruuviankkurille, 2019)

### 6.3.2 Yksittäisen kannalisen pulttivaaran vetokestävyys lähellä reunaa

Kaava on voimassa, kun  $c_1 \leq \frac{h_{ef}}{2}$  jolloin vapaasta reunasta murtuu pala ja murtokartiota ei synny.

Kaava 19 liitoksen kestävyys lähellä reunaa

$$N_{Rd.cd}^0 = 11,5 \beta_c \frac{c_1}{\gamma_{Mc}} \sqrt{A_h} \sqrt{f_{ck.cube}} h_{ef}^{1,5}$$

Jossa:  $c_1 =$  pultin etäisyys vapaasta reunasta

$A_h =$  pultin kannan kuormituspinta-ala, joka saadaan kaavasta  $\frac{\pi}{4} (d_h^2 - d_0^2)$ , missä

$d_h =$  kanna halkaisija ja  $d_0 =$  pultin halkaisija

### 6.3.3 Kestävyys hyvin lähellä reunaa

Ankkuri on hyvin lähellä reunaa silloin kun etäisyys vaikuttaa murtokartion muodostumiseen. Tällöin reunaetäisyydet ovat  $0,5h_{ef} < c_{1,2} < 1,5h_{ef}$ . Myös tilanteessa, jossa useamman ankkurin kiinnitysvälin ankkurien välit  $s < 3h_{ef}$ , vetokestävyys lasketaan Kaava 20 liitoksen kestävyys hyvin lähellä reunaa 20 käyttäen, joka on verrannollinen peruskestävyyden kaavaan 18.

Kaava 20 liitoksen kestävyys hyvin lähellä reunaa

$$N_{Rd,c} = \psi_1 \psi_2 \frac{A_N}{A_{N0}} N_{Rd,c}^0$$

Jossa:  $\psi_1$  = sovituskertoin, joka ottaa huomioon, ettei kuormitus jakaannu tasan ankkuriryhmän kaikkien ankkureiden kesken =  $\psi_{11} \psi_{12}$

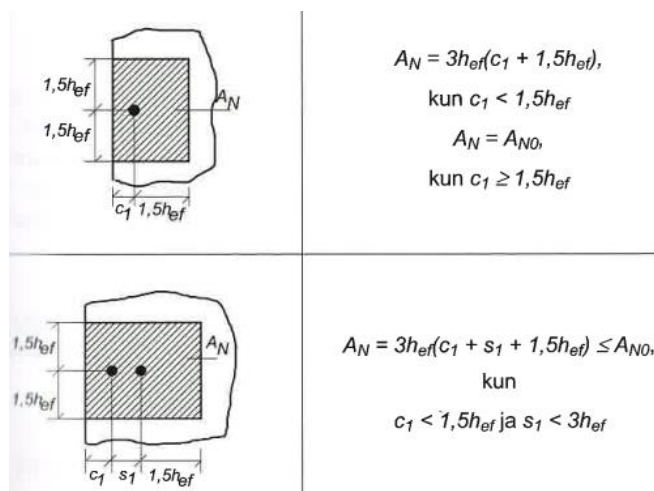
$$\psi_{1i} = \frac{1}{1 + \frac{2e_{Ni}}{3h_{ef}}}, \text{ jossa } e_{Ni} \text{ on epäkeskisyyden suunnassa } i$$

$\psi_2$  = sovituskertoin = 1, kun  $c_1 \geq 1,5h_{ef}$

$$= 0,7 + 0,3 \frac{c_1}{1,5h_{ef}} \leq 1, \text{ kun } c_1 < 1,5h_{ef}$$

$c_1$  = reunaetäisyys ankkurista lähimpään reunaan

$A_N$  = murtokartion projektiopinta-ala betonin pinnassa



Kuva 5 Murtokartion projektiopinta-ala. (Leskelä & Suomen Betoniyhdistys Ry, 2006)

$A_{N0} = 9h_{ef}^2$  joka on projektiopinta-ala tapauksessa, jossa reuna ei vaikuta kestävyuteen.

### 6.3.4 Ankkurin upotussyvyys

Ankkurin upotussyvyyttä selvittäessä otetaan huomioon ankkuriteräksen vetolujuus sekä Kaava 19 mukaan laskettu betonin vetokestävyyden perusarvo. Kaava on avattu kirjasta By 201.

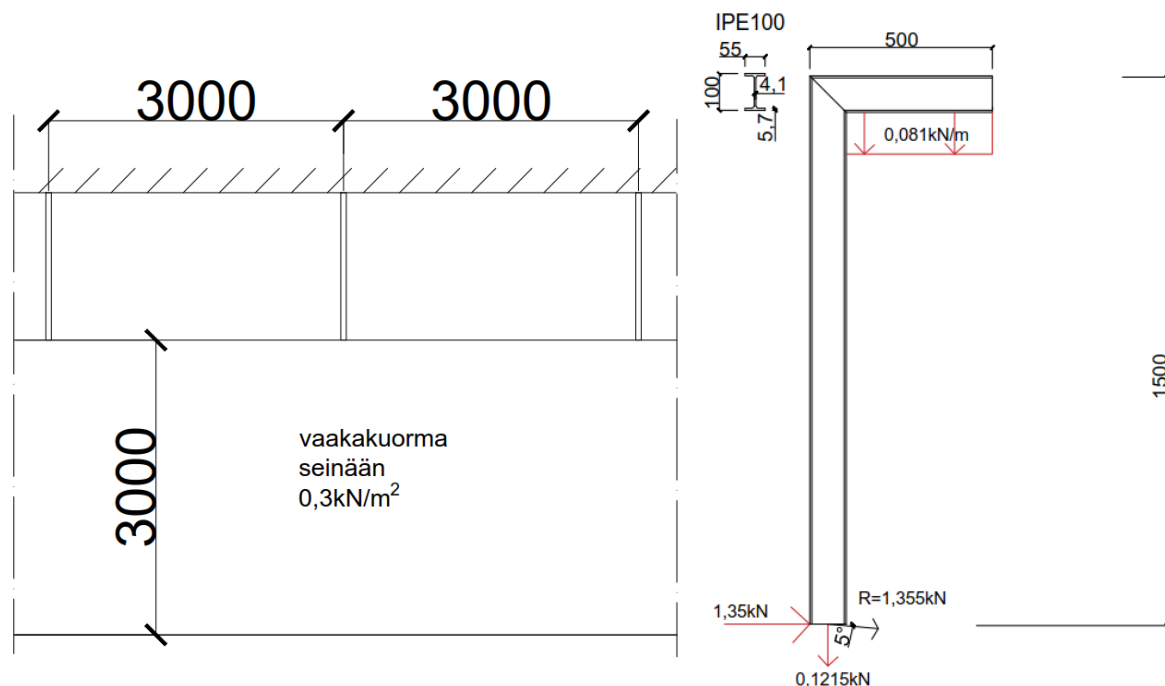
Kaava 21 ankkurin upotussyvyys

$$h_{ef} \geq \left( \frac{1,25 A_s f_{uk}}{\gamma_{Ms} \frac{\beta_c k_N}{1,5} \sqrt{f_{ck}}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Jossa:  $A_s$  = ankkurin pinta-ala  
 $f_{uk}$  = ankkurin teräksen vetolujuus. Jollei arvoa ole saatavilla voidaan olettaa  $\approx 1,2f_{yk}$   
 $\gamma_{Ms}$  = osavarmuusluku teräksen murtumisen suhteen  
 $f_{ck}$  = betonin lujuus

## 7 LASKUT

Laskuissa käsitellään esimerkkitapausta, joka on kuvattu alla. Kehän teräs on laadultaan S355. Ja kiinnittämisessä yläpohjaan käytetään Hiltin Hus3 ruuvia. Yläpohjan betoni on laadultaan C30/37.



Kuvat 6 ja 7 seinää vaakakuormille tukeva kehä ja mitat.

## 7.1 Kuormat

Koska seinä tukeutuu lattiaan, tulee vaakakuormaa kehälle puolikkaan seinän korkeudelta eli 1500mm matkalta ja vaakasuunnassa mitta on kehien välin mitta, eli 3000mm. Tällöin saadaan laskettua kehän päähän vaakakuormasta aiheutuva pistekuorma, joka on kuormitus ala x neliökuorma  $= 1,5 \times 3\text{m} \times 0,3\text{kN/m}^2 = 1,35\text{kN}$

Määritetään ensin hitsille leikkaus- ja vetovoima, sekä momentti resultanttivoimaa apuna käyttäen.

$$R = \sqrt{1,35^2 + 0,1215^2} = 1,355\text{kN}$$

Resultantin kulma:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{0,1215}{1,35} = 5,14^\circ$$

$$V_{sd} = \cos 39,86^\circ * 1,35\text{kN} = 1,04\text{kN}$$

$$N_{sd} = \cos 50,14^\circ * 1,35\text{kN} = 0,87\text{kN}$$

$$M_{sd} = 1,5 * 0,87\text{kN} = 1,305\text{kNm}$$

## 7.2 Vaaka- ja pystyprofiilin jiiirihitsi

Hitsiin kohdistuvien voimien, ja sitä kautta hitsin a-mitan laskeminen Kaava 16, Kaava 17Kaava 15:

$$\sigma_z = \frac{M_d}{\frac{th^2}{6}}$$



$t = 4,1\text{mm}$  (profiilin kapein kohta, uuma)

$h = \sqrt{100^2 + 100^2} = 141\text{mm}$  (jiirin pituus)

$$\sigma_{z1} = \frac{1,305 * 10^6 \text{Nmm}}{\frac{4,1\text{mm} * 141^2\text{mm}}{6}} = 96,1 \text{ kN/mm}^2$$

$$\tau_{z1} = 0$$

$$a \geq \frac{\beta_w \gamma_{Mw} t}{2 f_u} \sqrt{2\sigma_z^2 + 3\tau_{yz}^2}$$

$$a \geq \frac{0,9 * 1,25 * 4,1}{2 * 510} \sqrt{2 * 96,1^2} = 0,64\text{mm}$$

$$\sigma_{z2} = 0$$

$$\tau_{yz} = \frac{3 v_{sd}}{2 th}$$

$$\tau_{z2} = \frac{3}{2} * \frac{1,04 * 10^3 \text{N}}{4,1\text{mm} * 141\text{mm}} = 2,7 \text{ kN/mm}^2$$

$$a \geq \frac{0,9 * 1,25 * 4,1}{2 * 510} \sqrt{2 * 5,16^2} = 0,02\text{mm}$$

Molemmissa laskuissa hitsien paksuus jäi reilusti alle 3mm vähimmäishitsin. Sillä kyseessä päätäishitsi, ja liitettävien uuman tai laippojen paksuus on pieni, hitsin a-mitan on oltava vähintään liitettävien levyjn paksuuden verran eli, 4,1mm uuman ja 5,7mm laipan kohdalla. Mikäli liitoskohdan paksuus olisi yli 6mm, voisi liitoksen tehdä osapäittäishitsinä, jolloin molemmille puolille levyjä tulisi vähintään 3mm hitsi.

### 7.3 Kiinnitys yläpohjaan

Kiinnittämisessä yläpohjaan käytetään Hiltin 8mm HUS3-H ruuvia, tällöin saadaan ruuvin materiaalin ominaisuudet Hiltin HUS-ruuvin tyyppihyväksynnästä, jossa kerrotaan tarkat tiedot tuotteelle.

**Table A2: Materials**

Part	Designation	Material	
HUS3 screw anchor (all types in Table A1)	Size 6 all lengths	$f_{yk} \geq 745 \text{ N/mm}^2$ , $f_{uk} \geq 930 \text{ N/mm}^2$	
	Size 8 all lengths	$f_{yk} \geq 695 \text{ N/mm}^2$ , $f_{uk} \geq 810 \text{ N/mm}^2$	
	Size 10 all lengths	$f_{yk} \geq 690 \text{ N/mm}^2$ , $f_{uk} \geq 805 \text{ N/mm}^2$	
	Size 14 all lengths	$f_{yk} \geq 630 \text{ N/mm}^2$ , $f_{uk} \geq 730 \text{ N/mm}^2$	
		Carbon steel Rupture elongation $A_5 \leq 8\%$	

Kuva 8 HUS3 ruuvien materiaaliominaisuudet.

Liitoksen kestävyys, kun ruuvityypin upotussyvyys on 40mm:

$$N_{Rd.c}^0 = \frac{k_1}{\gamma_{Mc}} \sqrt{f_{ck.cube}} h_{ef}^{1,5}$$

$$k_1 = 7,7 \text{ (Hiltin oma arvo, kun betoni on halkeillut)}$$

$$f_{ck.cube} = 37 \text{ MN/m}^2$$

$$\gamma_{Mc} = \gamma_{inst} = 1,5 \text{ (Hiltin oma arvo)}$$

$$h_{ef} = 40 \text{ mm}$$

$$N_{Rd.c}^0 = \frac{7,7}{1,5} \sqrt{37} * 40^{1,5} = 7899 \text{ N}$$

Tälle ankkurille, kyseisellä betonilla antaisin varmuudeksi 7,5kN. Hiltin sivuilla on laskettuna arvo C20/25 betonille ja siitä laskettuna tulokseksi tulisi 6493N, josta Hilti on taulukossaan antanut varmuuden 6kN. Tästä päätellen cc-menetelmän kaava toimii siis hyvin kyseisen ankkuroinnin laskemiseen.

Tämä kaava on vähän ylimääräinen tässä tapauksessa, kun tiedetään käytettävän kiinnikkeen tehollinen upotussyvyys. Mutta jos sitä ei tiedettäisi, niin näin se laskettaisiin. Upotussyvyys ankkurin teräksen kestävyteen nähden:

$$h_{ef} \geq \left( \frac{1,25 A_s f_{uk}}{\gamma_{Ms} \frac{\beta_c k_N}{1,5} \sqrt{f_{ck}}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Jossa:  $A_s = 48,4 \text{ mm}^2$

$$f_{uk} = 810 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{Ms} = 1,4 \text{ (Hiltin oma arvo)}$$

$$\beta_c = 0,7$$

$$k_N = 7,7, \text{ (Hiltin oma arvo)}$$

$$f_{ck} = 37 \text{ MN/m}^2$$

$$h_{ef} \geq \left( \frac{1,25 * 48,4 * 810}{1,4 \frac{0,7 * 7,7}{1,5} \sqrt{37}} \right)^{\frac{2}{3}} = 136mm$$

Tällä kaavalla voidaan siis laskea, mitä upotussyvyyttä pultti vaatisi, jos odotetaan, että liitos pettää ruuvista, eikä betonista. Näillä ruuvien ja betonin ominaisuuksilla ankkurointi vaatisi 136mm upotussyvyyden, jotta betoni kestäisi ruuvien koko kapasiteetin.

## 8 TERÄKSEN TAIPUMAT

### 8.1 Teoriaa

Teräsrakenteita mitoittaessa, kestävyuden lisäksi tutkitaan taipumat. Taipumien vähentämiseksi voidaan käyttää esikorotettuja rakenteita, jossa esimerkiksi palkkiin on tehty esitaivutus pysyvistä kuormista aiheutuvan taipuman verran, vastakkaiseen suuntaan, normaalilinjan yläpuolelle. Esimerkiksi teräspalkin taipuma saa yleisesti olla  $L/200$ . Shopfrontrakenteen tapauksessa rakenteeseen kohdistuu useimmiten vaakakuormia, joten rakenteen kestävyys mitoitetaan vaakataipumalle, jossa enimmäisarvona on yleensä käytetty  $L/150$  arvoa.

### 8.2 Käsien laskeminen

Taipuma tapauksessa, jossa tuki on vain toisessa päässä, tässä tapauksessa profiilin yläpäässä, voidaan laskea kaavalla:

Kaava 22 taipuma

$$v = v(0) = \frac{FL^3}{3EI}$$

jossa:        F=voima  
               L=palkki pituus  
               E=kimmomoduuli  
               I=jäyhyysmomentti.

Esimerkin kehän pystyosan taipuma voidaan siis laskea seuraavasti:

$$\begin{aligned} F &= 1,35 \text{ kN} \\ L &= 1,5 \text{ m} \\ E &= 2,1 \cdot 10^{11} \text{ N/mm}^2 \\ I &= 171 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

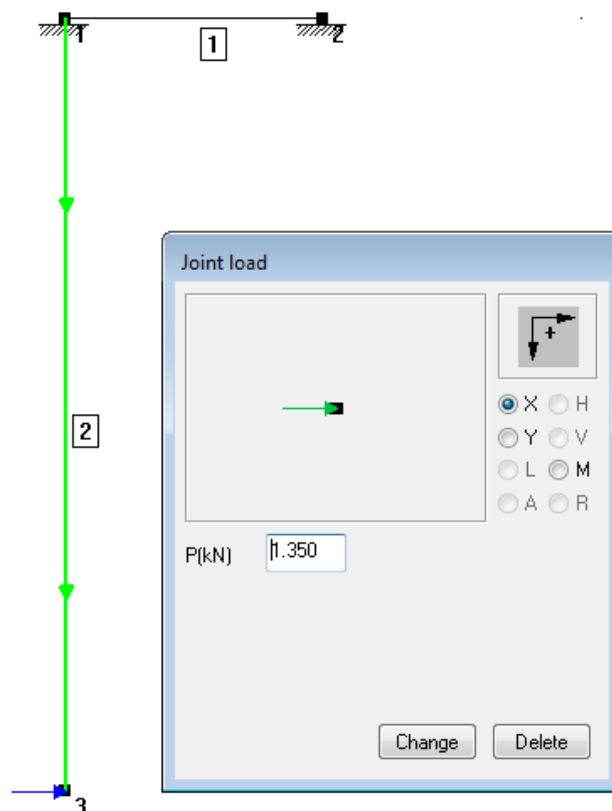
$$v = v(0) = \frac{1,35 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot (1,5 \cdot 10^3 \text{ mm})^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \text{ N/mm}^2 \cdot 171 \cdot 10^4 \text{ mm}^2} = 4,2 \text{ mm}$$

Taipuma on sallittu, käyttöaste taipuman suhteen on 42%. Vastaus tarkastetaan vielä seuraavassa luvussa mitoitusohjelmaa apuna käyttäen.

### 8.3 Taipumien mitoitus Frame Analysis -ohjelmaa apuna käyttäen

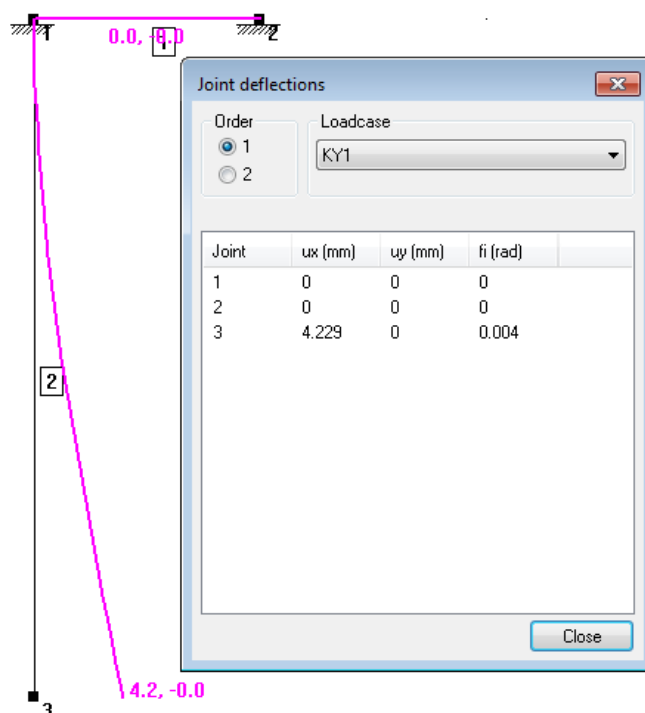
Frame Analysis ohjelmalla mitoitettaviin teräsrakenteisiin käytetään standardisoitua eurocodin mukaista tietokantaa. Näin mallinnettavien rakenteiden omat arvot (kuten omapaino) ovat samat kuin muissa laskennoissa.

Ensin valitaan poikkielikkaus, rakenteen geometria ja lopuksi materiaali. Seuraavaksi lisätään kuormitukset. Tein ilmanpaineelle ja omapainolle omat loadcaset, joihin kuormat sijoitin.



Kuva 9 Sinisellä näkyy ilman virtauksista aiheutuva vaakakuorma pistekuormana.

Seuraavaksi tein kuormitusyhdistelyn, jossa yhdistettynä omapaino, sekä ilmapirtauksen kuorma. Laskennan jälkeen ilmeni, että taipumaa profiilin alapäässä tulee 4,2mm, joka on tässä tapauksessa reilusti alle sallitun 10mm:n, taipuma on siis sallittu. Eli IPE100 profiili on riittävä.



Kuva 10 tulosten tarkastelu. Pisteessä 3 taipuma on 4,2mm.

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena syntyi teoriaosa, jossa kerrotaan yleisesti teräksestä ja erilaisista liitoksista, pohditaan ja lasketaan liitokset esimerkkikohteen perusteella. Tämän lisäksi myös suunnitellut katalogi ja ohjekortti näkivät päivänvalon ja ne julkaistaan mahdollisesti yrityksen sisällä.

Työhön perehtyessä tietous liitoksien osalta kasvoi. Erityisesti pidin betonikiinnikkeiden osiosta, jossa yhdistyi teräksen kestävyys sekä betonin lujuus ja kestävyys. Loppujen lopuksi kantaville väliseinille ei löytynyt vaakakuormitusta mistään, joten vanhemmasta tietolähteestä tullut tieto pysyi nyt ikään kuin "hiha-arvona". Oletuksena kuitenkin on, että korkeaan seinään kohdistuu isossa kauppakeskudessa jonkin näköisiä ilmavirtauksista johtuvia vaakakuormia.

Katalogia tehtäessä excel pohjalle, ilmeni muutamia käyttöongelmia, jotka ratkesivat koulukaverien apua käyttäen. Nykyisin tiedän siis myös enemmän siitä, kuinka excelpohjaa voi käyttää luovemmin ja osaan itse kehittää paremmin ideoita, kuinka laskentataulukko voisi toimia ja millainen tehtävästä taulukosta voisi tulla, kun tietää lisää sen "piilotetuista" ominaisuuksista.

Kaiken kaikkiaan olen tyytyväinen opinnäytetyöprosessiin ja sen tuloksiin.

## LÄHTEET

- Jaspart, J.-P.;& Weynand, K. (2016). *Design of Joints in Steel and Composite Structures*. ECCS-European Convention for Constructional Steelwork.
- Kouhi, J.;& Teräsrakenneyhdistys. (2015). *Eurocode 3 Käsikirja EN 1993-1-1. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. 1-1 Yleiset ja rakennuksia koskevat säännöt. Sovellutusohjeita, taustatietoa, kommentteja, tulkintoja, selvennyksiä, kansallinen liite ja sen taustoja, oppi- ja opetusaineistoa, e*. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys Ry.
- Kouhi, J.;& Teräsrakenneyhdistys. (2015). *Eurocode 3 Käsikirja EN 1993-1-8. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. 1-8 Liitokset. Sovellutusohjeita, taustatietoja, kommentteja, tulkintoja, selvennyksiä, kansallinen liite jäsena taustoja, oppi- ja opetusaineistoa, esimerkkejä*. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys Ry.
- Leskelä, M. V.;& Suomen Betoniyhdistys Ry. (2006). *BY 210 Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2005*. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- Stålbyggnadsinstitutet, (. H. (2004 (2008)). *Teräsrakentaminen*. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.
- Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. (2001). *Valoaläpäisevät rakenteet. RIL 198-2001*. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. (2002). *Rakenteiden kuormitusohjeet. RIL 144-2002*. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- Teräsrakenneyhdistys.fi. (ei pvm). *Teräsrakenneyhdistys*. Haettu 8. 2 2019 osoitteesta [http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/terasrakenneollisuus/teras-materiaalina/terasta-ja-rautaa/Tyyppihyväksyntä\\_Hiltin\\_HUS3-H-ruuviankkurille](http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/terasrakenneollisuus/teras-materiaalina/terasta-ja-rautaa/Tyyppihyväksyntä_Hiltin_HUS3-H-ruuviankkurille). (13. 3 2019). Noudettu osoitteesta [https://www.hilti.fi/medias/sys\\_master/documents/h74/h2d/9371430322206/ETA-13-1038-for-HUS3-H-C-HF-A-I-I-Flex-P-PS-PL-screw-anchor-ETAG-13-1038-Option-1-Approval-document-ASSET-DOC-2900836.pdf](https://www.hilti.fi/medias/sys_master/documents/h74/h2d/9371430322206/ETA-13-1038-for-HUS3-H-C-HF-A-I-I-Flex-P-PS-PL-screw-anchor-ETAG-13-1038-Option-1-Approval-document-ASSET-DOC-2900836.pdf)
- Vaskelainen, M. (2019). *Teräslitostyypit*. Kirjoittajan omat kokoelmat, Kuopio.
- Ympäristöministeriö. (07. 11 2016). *Ympäristöministeriön asetus rakenteiden tilavuuspainoa, omaa painoa ja rakennusten hyötykuormia koskevista kansallisista valinnoista sovellettasessa standardia SFS-EN 1991-1-1*. Noudettu osoitteesta FINLEX: [www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/42822](http://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/42822)

LIITE 1: KATALOGI SALASSAPIDETTÄVÄ

LIITE 2: SUUNNITTELUOHJE SALASSAPIDETTÄVÄ