

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka, Lappeenranta  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Juho Tella

# **Betoniseinäelementtisaumojen leikkauskestävyys**

Opinnäytetyö 2016

## Tiivistelmä

Juho Tella

Betoniseinäelementtisaumojen leikkauskestävyys, 39 sivua, 4 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2016

Ohjaajat: lehtori Petri Himmi, Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennesuunnittelija Ilkka Uotila, Sweco Rakennetekniikka Oy.

Opinnäytetyössä tutkittiin betonisten seinäelementtien kuormia siirtävien vaakaja pystysaumojen leikkauskestävyyksiä. Tarkoituksena oli tuottaa Excel-pohjaiset laskentatyökalut leikkausmitoitukseen murtorajatilassa. Oleellisinta työssä oli laatia luotettavat laskelmat valituille saumatyypeille Eurokoodin ja Rasmussenin vaarnakaavan mukaisesti.

Työssä käsiteltiin vaijerilenkki-, teräslenkki-, betonivaarna- ja vaarnatappiliitosten toimintaa sekä niiden mitoituksen teoriaa. Opinnäytetyön aineisto sisälsi pääosin standardeja ja suunnitteluohjeita, joiden mukaisesti laskelmat toteutettiin. Saumojen laskennallisen mallinuksen pohjalta voitiin leikkauskestävyyksiä ja niihin vaikuttavia parametreja vertailla.

Excel-laskentatyökalut tarkistettiin rakennesuunnittelija Ilkka Uotilan toimesta ja saatujen tulosten perusteella laadittiin saumatyypeittäin leikkauskestävyystaulukot, sekä ohjeet näiden käyttöön. Tulosten vertailun perusteella vaijerilenkkien Eurokoodin mukainen laskennallinen leikkauskestävyys myötäilee valmistajien ilmoittamia arvoja. Vaijerilenkkiliitos onkin taivuteltavuuden ja työmaateknisten ominaisuuksiensa ansiosta toimivin ratkaisu elementtien pystysaumoissa. Lisäämällä vaijerilenkkisaumoihin teräspinta-alaa, käyttämällä esimerkiksi tuplalenkkejä tai paksumpia vaijereita, voitaisiin vaijerilenkkien kapasiteettia lisätä entisestään. Tällöin työmaateknisesti hankalien teräslenkkien käyttöä saataisiin edelleen vähennettyä. Vaarnatappiliitosten leikkauskestävyyksistä saatiin luotettavampia CEB:n mallinormin mukaisella mitoituksella.

Asiasanat: elementtiliitokset, pystysaumot, vaakasaumat, Eurokoodi, vaijerilenkki, Rasmussen, vaarnatappi

## Abstract

Juho Tella

Shear stability of the precast wall panel's seams, 39 pages, 4 appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural Engineering

Bachelor's Thesis 2016

Instructors: Lecturer Petri Himmi, Saimaa University of Applied Sciences, Mr. Ilkka Uotila, Sweco Rakennetekniikka Oy.

The thesis studied the shear stabilities of the precast wall panels' load-transferring horizontal and vertical seams. The aim was to produce Excel-based calculation tools for calculating shear resistance at ultimate limit state. The essential work was to make reliable calculations according to Eurocode and Rasmussen doweled joint formula, for the selected seam types.

The thesis processed functions of connecting loops, steel loops, doweled concrete seams and doweled joint as well as the theory of the dimensioning. The calculations were conducted according to the data contained mainly in the standards and design manuals. On the basis of the modelling of the seams it was possible to compare shear stabilities and the influence of parameters.

Excel calculation tools were revised by Ilkka Uotila. Based on the obtained results shear resistance tables, calculation tool and instructions were drawn up by seam types. Based on the Eurocode comparison results of the connecting loops the calculated shear resistance is conformed to the values indicated by the manufacturers. In the vertical casting joints the connecting loop is the most viable solution by the flexibility and site practical properties. By adding the steel surface area to the connecting loop seams, for example by using double loops or thicker wire ropes, it is possible to further increase durability. In this case it is possible to further reduce the use of technically difficult steel loops.

Keywords: joint of precast members, vertical casting joints, horizontal casting joints, Eurocode, connecting loop, Rasmussen, doweled joint

## Sisälllys

Tiivistelmä .....	2
Abstract.....	3
Sisälllys.....	4
1 Johdanto.....	5
2 Teoriaa.....	6
2.1 Betonielementtitalon jäykistys.....	6
2.2 Elementtien pystysaumot.....	8
2.2.1 Vaijerilenkkiliitos.....	11
2.2.2 Teräslenkkiliitos.....	13
2.2.3 Betonivaarnasauma .....	14
2.3 Elementtien vaakasaumat ja vaarnatappiliitos .....	15
3 Saumojen mitoitus .....	17
3.1 Pystysaumojen leikkauskestävyydet.....	17
3.2 Vaakasaumojen leikkauskestävyydet .....	19
4 Laskenta .....	20
4.1 Laskennan toteutus.....	20
4.2 Esimerkilaskelmat .....	25
5 Pohdinta.....	30
5.1 Tulosten vertailu valmistajien ilmoittamiin arvoihin.....	30
5.2 Pystysaumojen vertailu ja parametrien vaikutus .....	32
5.3 Vaakasaumojen vertailu ja parametrien vaikutus.....	34
5.4 Laskennan luotettavuus .....	35
5.5 Jatko .....	35
Kuvat.....	37
Kuviot.....	37
Taulukot.....	37
Lähteet.....	39

### Liitteet

Liite 1	Leikkauskestävyydestaulukot
Liite 2	Vaijerilenkkiohje
Liite 3	Vaarnatappiliitosohje
Liite 4	Seinäelementtien vakioliitoksia

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia laskentatyökalut betonisten seinäelementtien pysty- sekä vaakasaumojen leikkauskestävyyksien määrittämiseen. Pystysaumojen leikkausmitoitus tehdään Eurokoodi-pohjaisesti ja vaakasaumojen mitoitus Rasmussenin vaarnakaavaan pohjautuen. Työn tilaajana toimii Sweco Rakennetekniikka Oy.

Tilaajan tavoitteena on saada suunnittelijoiden käyttöön tarkistettut laskentatyökalut ja yleisimpien seinäelementtisaumojen leikkauskestävyystaulukot ohjeineen. Käsiteltävät saumatyypit rajataan vaijerilenkki-, teräslenkki-, betonivaarna- ja vaarnatappiliitoksiin. Kestävyystarkastelut tehdään murtorajatilassa ja laskelmat toteutetaan Excel 2013 -taulukkolaskentaohjelmalla, lisäksi niiden käytettävyys tarkistetaan Excel 2016 -versiolla. Laskennassa sauman tekninen toiminta mallinnetaan, jolloin eri parametreja muuntelemalla voidaan tarkastella niiden vaikutusta sauman kestävyYTEEN.

Opinnäytetyö koostuu laskentatyökaluista sekä kirjallisesta raportista. Raportin teoriaosuudessa käsitellään elementtitalon jäykistämistä, seinäelementtisaumoja osana sitä, sekä tarkasteltavien saumatyyppien toimintaa. Varsinainen laskentao-sio pohjustetaan selittämällä laskennan teoria. Laskenta ei sisällä seinäelementteille kohdistuvien kuormien määrittelyä, eikä teoriaosiossa kerrota tarkemmin alalla yleisesti tiedossa olevien arvojen, kuten teräksien lujuuksien laskemisesta. Laskentatyökalujen toiminta esitetään raportissa esimerkkilaskemin. Tulosten pohjalta luodaan analysointiin tarvittavaa dataa sekä kestävyystaulukot saumatyypeittäin. Laskentatyökalun käyttäjää helpottamaan laaditaan ohjeet pysty- sekä vaakasaumoille. Loppupohdinnassa on keskitytty laskentamenetelmien toiminnan tarkasteluun ja laskentatulosten vertailuun. Esimerkiksi saatuja vaijerilenkkien kestävyysiksiä vertaillaan valmistajien ilmoittamiin kestävyysiksiin. Lopuksi pohditaan mahdollisia jatkotoimenpiteitä ja sitä, miten saumatyyppien kestävyystarkastelua voisi kehittää.

## 2 Teoriaa

### 2.1 Betonielementtitalon jäykistys

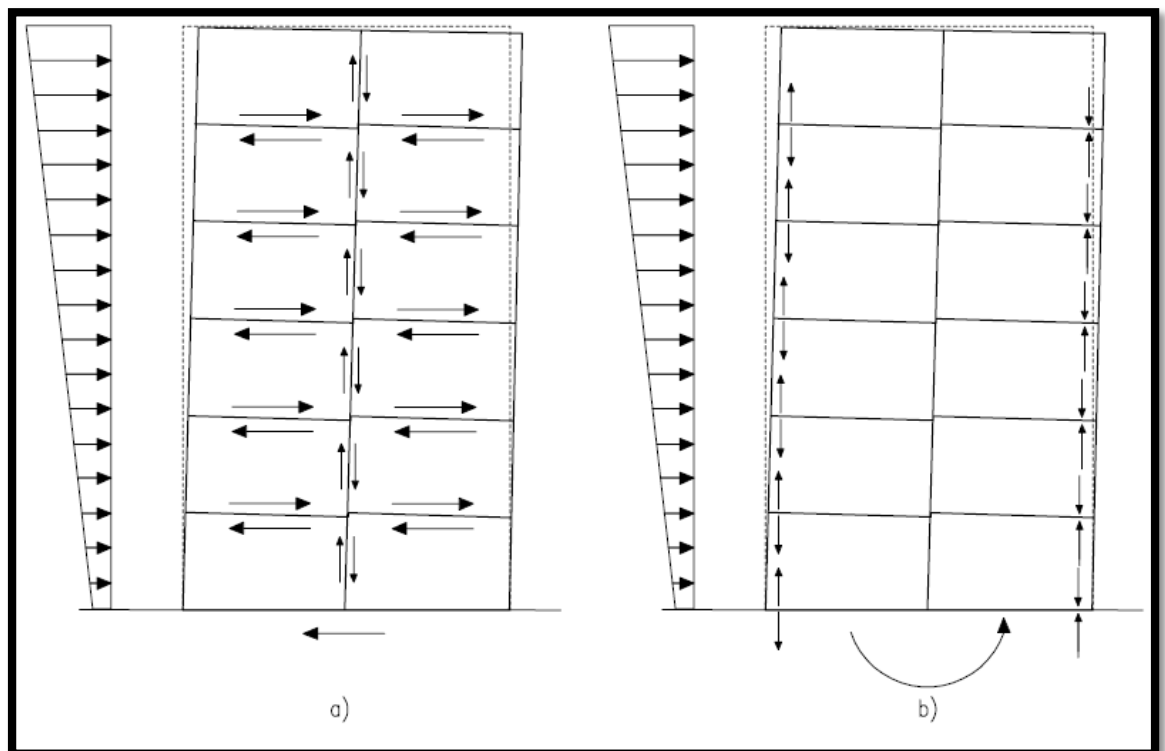
Rakennuksen rungon tehtävänä on siirtää rakennukseen kohdistuvat kuormitukset hallitusti perustuksien kautta maapohjaan. Tämä edellyttää rungon riittävää jäykkyyttä vaakakuormia vastaan. Runkoon vaikuttavia vaakakuormia ovat tuuli-kuorma, lisävaakavoimat, maanpainekuormat, jarrutuskuormat ja työkonekuormat. Merkittävimpiä pystykuormia taas ovat lumikuormat, henkilö- ja tavarakuormat, rakennusosien ja maan massa sekä liikennekuormat. Rakenteisiin kohdistuu lisäksi virumisesta, kutistumisesta, tukien painumisesta ja jännevoimista aiheutuvia pakkovoimia. (1.)

Jäykistäminen voidaan toteuttaa mastojäykistykseenä, kehäjäykistykseenä, ristikojäykistykseenä, levyseinäjäykistykseenä tai niiden yhdistelminä. Mastojäykistäminen jaetaan mastopilari-, mastokotelo- ja mastoseinäjäykistykseen. Tyypillisesti mastoseinäjäykistystä käytetään kantavat seinät -järjestelmässä ja ristikkojäykistystä pilari-palkki-järjestelmässä. Jäykistämistapaa valitessaan rakennussuunnittelijan tulee määrittää rakennuksen jäykistystarve. Jäykistävinä osina toimivat rakennuksen koko runko tai vain tietyt jäykistävät osat, kuten kuormien suuntaiset kantavat seinät. (1.)

Elementtirakennuksen runko jäykistetään yleensä pystysuunnassa betonisilla ulko- sekä väliseinillä, jotka toimivat ulokkeina. Seinät pyritään sijoittamaan siten, että niille saadaan riittävästi pystykuormaa ja seinä on kokonaan puristettu kaikissa kuormitustapauksissa. Mikäli seinään tulee vetoa, on huolehdittava veto-voimien siirtämisestä maapohjaan asti. Vaakasuunnassa, ylä- ja välipohjarakenteissa elementeistä koostuvat laatat voidaan laskennallisesti käsitellä jäykkinä levyinä, jotka välittävät runkoon kohdistuvat vaakakuormat pystysuuntaisille jäykistysosille niiden jäyhyysmomenttien suhteessa. Tarvittaessa rakennus jaetaan liikuntasaumoilla erillisiin lohkoihin, joita tarkastellaan omina kokonaisuuksinaan. Rungon stabiliteettiä katsotaan olevan kunnossa, kun jäykistävien seinien kestävyys on suurempi kuin niihin kohdistuvat rasitukset ja vaakakuormien aiheuttamat siirtymät pysyvät sallituissa rajoissa. Siirtymät on aina tarkasteltava tapaus-

kohtaisesti. Käyttörajatilassa rakennuksen vaakasiirtymien rajatilalle on Eurokoodissa 1993-1-1 annettu arvo  $H/400$ , jossa  $H$  on rakennuksen korkeus (11). Rakennuksen jäykistävät seinät sijoitetaan mahdollisimman symmetrisesti, käyttäen mahdollisimman etäällä toisistaan olevia seiniä. Elementtirungon jäykistäminen on aina suunniteltava vaiheittain, sillä rakenteen jäykkyys on yleensä riittävä vasta kun rungon osien väliset liitokset ovat valmiit. (1.)

Tarvittavan kokonaisjäykkyyden aikaansaamiseksi tulee yksittäisten seinäelementtien muodostaa yhtenäisenä rakenteena toimiva jäykistysseinä. Tämä edellyttää elementtien välisiltä pysty- ja vaakaliitoksilta riittävää kapasiteettia ja kykyä siirtää niille kohdistuvia normaalivoima- ja leikkausrasituksia (ks. kuva 2.1). Asuinkerrostaloissa on luontaisesti sekä palo- ja äänitekniikasta johtuen yleensä paljon poikkisuuntaisia seiniä, jolloin seinien ja liitosten rasitus jää pieneksi ja rakenteet on yksinkertaisempi toteuttaa monoliittisiksi. Toimisto- ja liikerakennuksissa on puolestaan avoimen tilan tarpeen vuoksi tavallisesti vähän jäykistäviä seiniä, tällöin pystysaumoilta vaadittava leikkauskestävyys voi kasvaa yli 100 kN/m, tämä on jopa kaksinkertainen asuinkerrostaloon verrattuna. (2.)



Kuva 1. Vaakakuormista aiheutuvia voimia elementeistä kootun jäykistysseinän liitoksissa a) leikkausvoimat, b) veto- ja puristusvoimat (1)

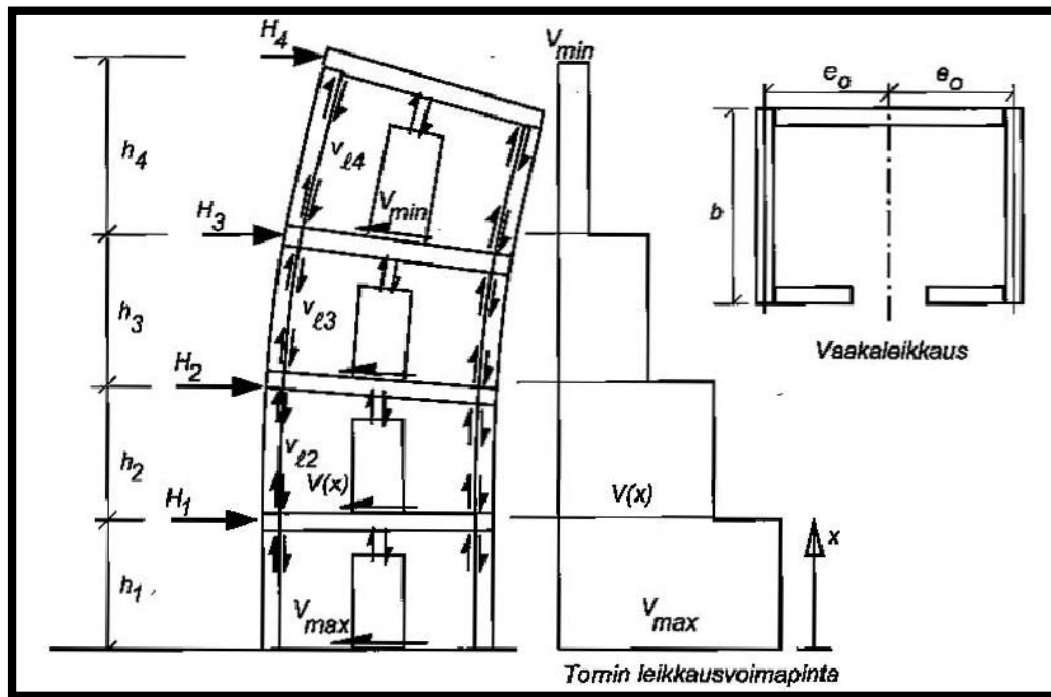
## 2.2 Elementtien pystysaumamat

Tuulikuorma, lisävaakavoima ja muut vaakakuormat aiheuttavat elementtien pystysaumaan leikkausvoimia (ks. kuva 2.3). Kerroskorkeuden kasvaessa suurimmat leikkausvoimat sekä taivutusmomentit kohdistuvat alimpiin kerroksiin. Nämä leikkausvoimat pyrkivät aiheuttamaan liukumia elementtien rajapinnoissa (ks. kuva 2.2). Jotta elementit saadaan toimimaan yhtenäisenä levynä, ne on sidottava toisiinsa kuormia siirtävillä liitoksilla. Yleisimpiä pystysauman liitostyyppöjä ovat vaijerilenkkiliitos, teräslenkkiliitos ja betonivaarnaliitos. Näiden liitosten kapasiteettien ylittyessä voidaan raskaasti kuormitetuissa saumoissa käyttää teräslenkkiä lisäksi sauman lisäprofilointia. Muita käytössä olevia liitostyyppöjä ovat esimerkiksi hitsausliitos ja kuivasaumaliitos. Kuvassa 2.2 esitetään suorakaiteen muotoisen jäykistystornin kokonaisleikkausvoimien  $v_{ij}$  muodostuminen. Leikkausvoimat voidaan laskea likimäärin kaavan 1 mukaan. Kaavan termi  $h_j$  on kerroskohtainen kerroskorkeus,  $H_j$  kerroskohtainen vaakatasoille tuleva kuormitus,  $I$  koko seinän hitausmomentti ja  $S$  tarkasteltavan elementin staattinen momentti sauman suhteen. Mitat  $e_0$  sekä  $b$  ovat kuvan 2.2 mukaiset. (3.)

$$V_{ij} = V_{lj} \times h_j = \left(\frac{H_j}{2} \times \sum_{i=1}^j h_i\right) \times \frac{S}{I} \quad (1)$$

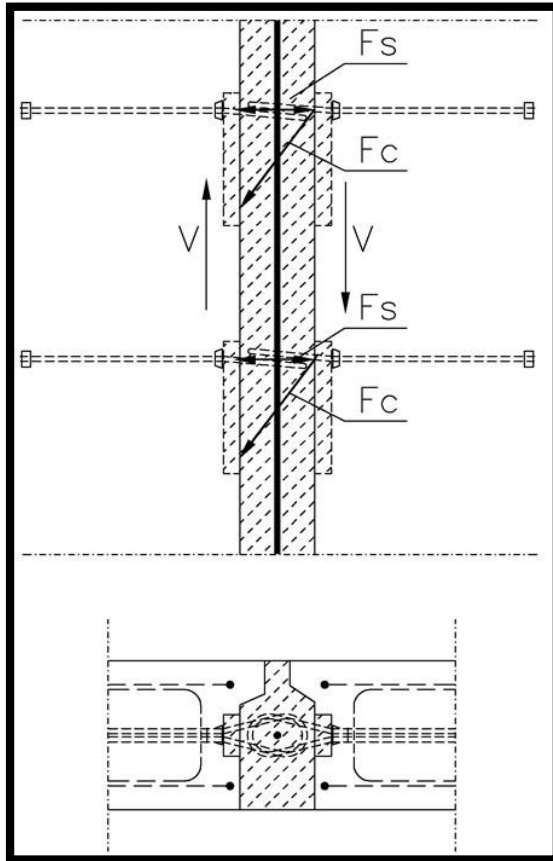
$$\frac{S}{I} = \frac{1}{2e_0 + \frac{2}{3} \times \frac{e_0^2}{b}}$$





Kuva 2. Jäykistystornin elementtien pystyliitoksien leikkausvoimat (3)

Liitosten toiminta perustuu leikkausvoimien vastaanottamiseen saumabetonin ja teräsosan muodostamalla yhteistoiminnalla. Saumassa teräs- ja vaijerilenkit toimivat leikkausraudoituksena ja ne ankkuroidaan täydelle vetolujuudelle sauman ylitse. Ankkurointi toteutetaan lenkkien läpi pujotetuilla harjaterästangoilla. Saumaraudoituksen venyminen tuottaa saumaan poikittaista puristusta ja siitä aiheutuu kitkaa. Teräsenkit toimivat myös sauman vetoraudoituksena, mikäli lenkkien limitysetäisyys on enintään 50 mm (3). Pystysaumat voidaan työmaateknisesti toteuttaa joko pystyvaluna juotosbetonilla tai pystysaumapumppausmenetelmällä. Pumppusaumausta käytettäessä saumojen on oltava auki toiselta puolelta vähintään 60 mm (ks. kuva 2.3).

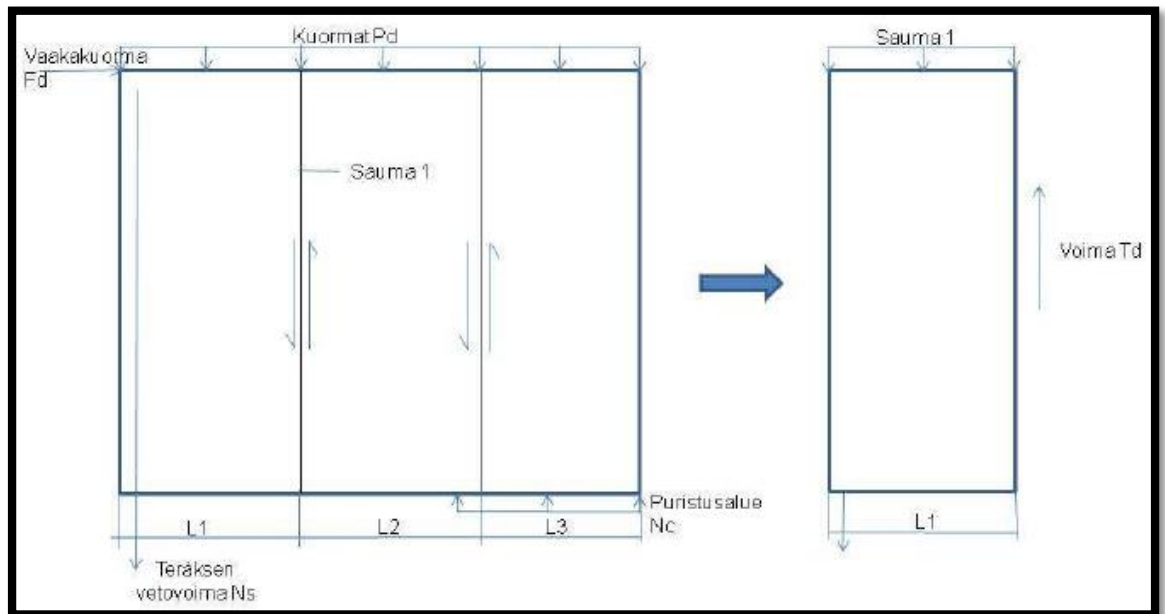


Kuva 3. Elementin pystysaumassa vaikuttavia voimia,  $F_c$  on vino puristuskomponentti,  $F_s$  poikittainen vetokomponentti ja  $V$  pituussuuntainen leikkausvoima (1)

Jäykistyksen aiheuttama leikkausjännityksen mitoitusarvo elementin pystysaumalle voidaan laskea Eurokoodin 2, kohdan 6.2.5 mukaan (ks. kaava 2). Todellisuudessa tämä kaava ei kuitenkaan ole suoraan sovellettavissa jäykistäville seinille, sillä se soveltuu paremmin esimerkiksi liittorakenteiden rajapinnoille. Kaavaan sijoitettavaa momenttivartta  $z$  ei saada laskettua pystysaumojen tapauksessa, joten jännitys on laskettava ylä- ja alareunaan vaikuttavien pystysuuntaisten voimien erotuksena (ks. kuva 2.4). Kaavan 2 termit on selitetty taulukossa 4.1.

$$V_{Edi} = \beta V_{Ed} / (zb_i) \quad (2)$$

$$T_d = N_s + P_d L1 \quad (3)$$

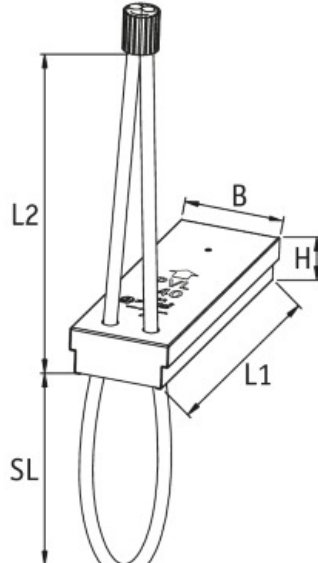


Kuva 4. Saumassa vaikuttavia voimia jäykistävässä seinässä (1)

### 2.2.1 Vaijerilenkkiliitos

Vaijerilenkkiliitos on nykyään yleisin Suomessa käytetty seinäelementtien pystyliitos. Sitä voidaan käyttää kaikissa leikkausvoiman rasittamissa saumatyypeissä vaijerilenkkien kapasiteettien sallimissa rajoissa. Liitoksiin ei saa kohdistua seisimiä tai dynaamisia kuormia eikä vetoa. Vaijerilenkkijärjestelmä koostuu vaarnakotelosta ja korkealujuusteräksisestä vaijerista, joka yhdistetään lenkiksi ankurikappaleena toimivalla puristeholkilla (ks. kuva 2.5). Vaarnakotelot valmistetaan joko pellistä taivuttamalla tai muoviraaka-aineesta ruiskupuristamalla. Taipuisat vaijerilenkit voidaan sijoittaa samaan korkeuteen sauman molemmiin puolin. Joustavuutensa ansiosta ne helpottavat elementtien sekä saumaterästen paikaleen asentamista.

PVL	L1	L2	B	H	SL	wire Ø
PVL 60	160	182	50	22	60	6
PVL 80	160	182	50	22	80	6
PVL 100	160	182	50	22	100	6
PVL 120	160	182	50	22	120	6
PVL 140	200	232	70	32	140	9



Kuva 5. Vaijerilenkin mittapiirros (9)

Pystysaumassa vaikuttava pituussuuntainen leikkausvoima jakaantuu vinoon puristuskomponenttiin ja vaakasuoraan vetokomponenttiin. Vaijerilenkkejä käytettäessä vino puristuskomponentti siirtyy koteloiden sisään sekä niiden väliin muodostuvien betonivaarujen välityksellä liitettäville elementeille puristuksena. Vaakakomponentti taas siirtyy vaijerilenkkien vedolla betoniosalta toiselle. Vetoliitoksen muodostavat vastakkaiset elementtien vaijerilenkit, lenkkien läpi sauman asennettava raudoitustanko ja saumabetoni (ks. kuva 2.3). Jotta kuvattu voimien siirtyminen voi tapahtua, on saumassa tapahduttava muodonmuutos, joka ilmenee yleisimmin halkeiluna betonissa. (4.)

Käytettävien vaijerilenkkien koko määräytyy sauman paksuuden mukaan. Lenkitunnus PVL-60 tulee valmistajan tyyppinimestä sekä vaijerilenkin ulos jäävän osan pituudesta (ks. kuva 2.5). Valmistajasta riippuen vaijerilenkkien valintaan on asetettu hieman erilaiset ohjeet. Tarvittava lenkkien jako ja betonilujuus riippuvat leikkausvoiman suuruudesta. Saumabetonin lujuuden on oltava aina vähintään sama kuin elementin lujuuden, kuitenkin vähintään C 25/30. Saumassa pystyraudoitteena käytettävä pienin suositeltava harjaterästangon halkaisija on 12 mm. Vastaavasti käytettäessä vaijerilenkkejä, joissa lenkin ulos jäävä osa on 140 mm tai enemmän, on suositeltava pienin saumateräs koko T16. Mikäli vaijerilenk-

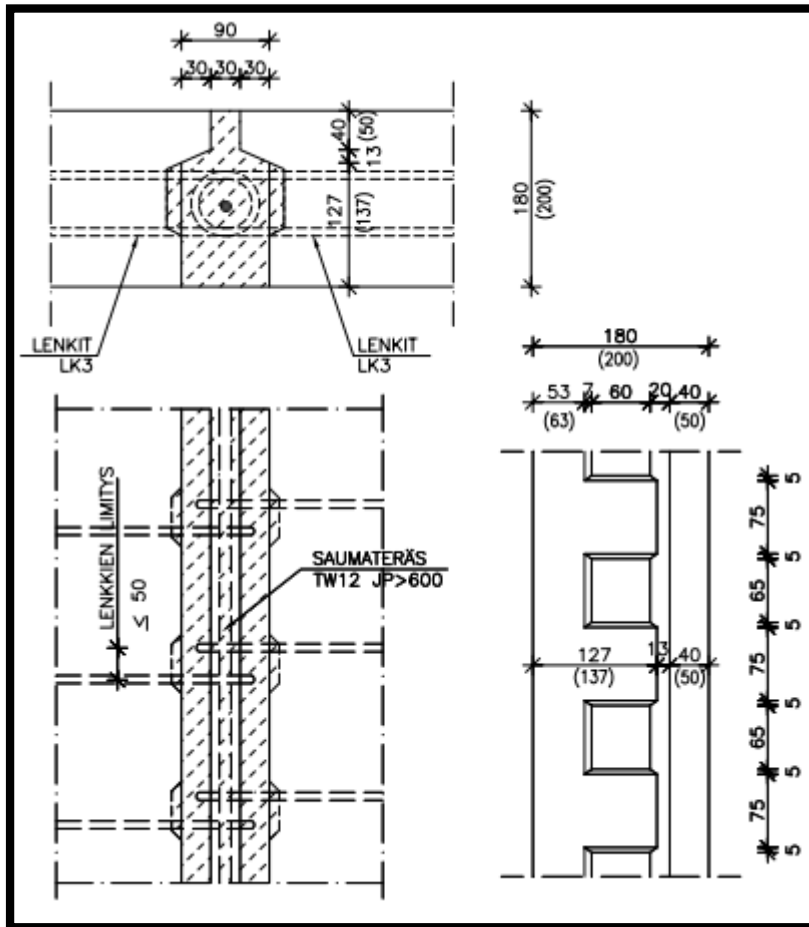
kejä käytetään osastoivissa seinissä, tulee betonipeitepaksuuden olla riittävä, jottei lenkille asetettu lämpötilaraja  $T_{crit}=350$  °C ylity. Normaaleilla elementtipaksuuksilla tämä vaatimus yleensä täyttyy (2).

Minimiraudoitetussa seinässä elementin paksuuden on oltava vähintään 80 mm. Raudoittamattomassa seinäelementissä, taas vaadittu minimipaksuus on 120 mm, jotta vaijerilenkit toimivat täydellä kapasiteetilla (3). Vaijerilenkkien ankkurointi on kaikilla jakoväleillä riittävä, kun seinän paksuus ylittää 150 mm. Betonteollisuus r.y.:n vaijerilenkkiohjeen mukaan raudoitetuissa seinäelementeissä riittää normaalisti minimiraudoitus vaijerilenkkien ankkuroinnin varmistamiseen. Betoniseinän paksuuden ollessa alle 100 mm ja lenkkijaon harvempi kuin 300 mm riittävä rauditus ankkuroinnin varmistamiseksi on 6#150 molemmilla pinnoilla sekä T6-haati lenkkien kohdilla. Käytettäessä vaijerilenkkejä, joiden ulos jäävän lenkin pituus on vähintään 140 mm, tulee seinä olla aina raudoitettu ja lenkkien minimivälin 350 mm. Tällöin seinäelementin minimiraudoitus vaijerilenkkien ankkuroinnin varmistamiseen on 6#150 molemmin puolin + pielihaati/lenkki tai 2 T8/lenkki. Vaarojen irtoamisen estämiseksi tulee vaijerilenkkejä olla vähintään 1000 mm välein. Vaijerilenkkien tihein sallittu jako riippuu lenkkikotelon koosta, mutta on enintään 250 mm. Suositellut seinäelementtien paksuudet ja raudoitukset on määriteltä tarkemmin liitteenä olevassa vaijerilenkkiohjeessa. (4.)

### **2.2.2 Teräslenkkiliitos**

Teräslenkkejä käytetään elementtien pystysaumoissa vaijerilenkkien tapaan siirtämään leikkausvoiman vaakakomponentti betoniosalta toiselle (ks. kuva 2.3). Terästankolenkit ovat yksinkertainen tapa lisätä liitoksen leikkausvoimakapasiteettia, sillä niillä saadaan saumaan paljon teräspinta-alaa. Vaijerilenkit korvaatankin teräslenkeillä lähinnä raskaasti kuormitetuissa liitoksissa, joissa vaijerilenkki ei ole kestävyytensä tai saumaan kohdistuvien rasituksen vuoksi käyttökelpoinen. Työmaa-aikainen asennus kuitenkin rajoittaa teräslenkkien käyttöä, koska tarkkaa sijoitusta vaativat lenkit eivät kestä taivuttelua, vaan ne menettävät kapasiteettiaan jokaisella taivutuksella. Lenkkien sijainti saumassa on määriteltävä tarkasti, sillä riittävän ankkuroinnin varmistamiseksi tulee lenkkien limitys olla alle 50 mm. Teräslenkit vaikeuttavat myös elementtien paikalleen asentamista suoraan ylhäältä päin.

Teräslenkki-liitoksissa voidaan käyttää joko pyörö- tai harjaterästankoja sekä lenkkien lisäksi sauman profilointia eli vaarnausta. Pyöröteräs toimii saumassa yhtä hyvin kuin harjateräs, sillä ankkurointi tapahtuu lenkkien läpi pujotettavalla saumaterästangolla. Pyöröteräslenkkiä käyttö saumoissa on kuitenkin suositeltavaa sen ollessa vähemmän altis vääntelyn aiheuttamalle kestävyysmenetykselle. Tarvittava lenkkikoko ja lenkkijako sekä mahdollisesti käytettävien vaarnausten sijainti määräytyvät liitoksessa vaikuttavien leikkausrasitusten perusteella (ks. kuva 2.6).

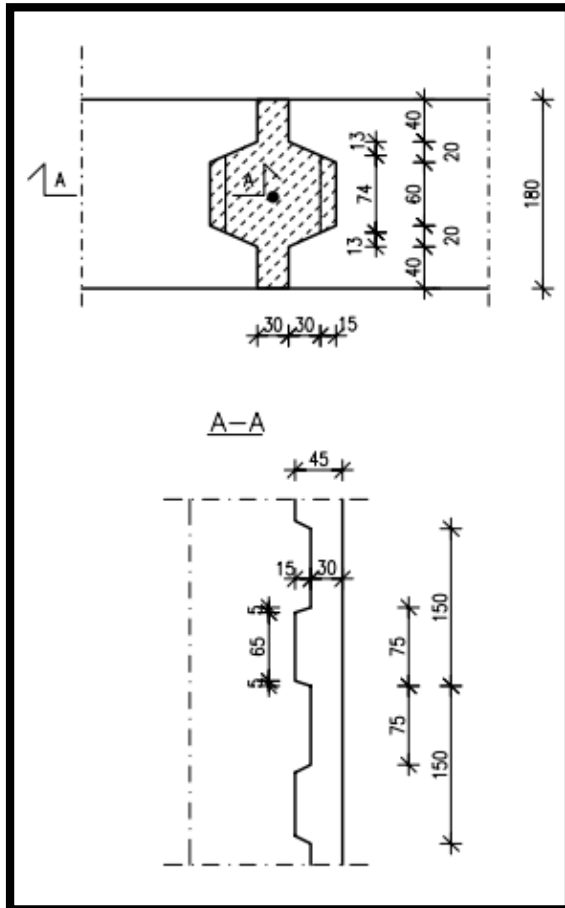


Kuva 6. Kantavien ja jäykistävien väliseinien liitos (betonivaarna + teräslenkit), pystysaumapumppaus (1)

### 2.2.3 Betonivaarnasauma

Kun seinien väliseltä liitokselta vaadittu kapasiteetti on riittävän pieni, voidaan vaarnattua, eli profiloitua pystysaumaa käyttää elementtien liitoksissa myös ilman teräslenkkejä (ks. kuva 2.8). Tällöin elementit sidotaan toisiinsa tyypillisesti vain

elementin kaatumisen estävällä vähimmäisvaijerilenkkimäärällä. Sidontaan riittää tavallisesti kolme vaijerilenkkiä, joiden teräspinta-alaa ei oteta huomioon liitoksen kapasiteettia tarkasteltaessa. Betonivaarnasauman leikkauskestävyys lasketaan Eurokoodin 2, kohdan 6.2.5 mukaan, mikäli betonivaarnasauma täyttää kuvan 3.1 mukaiset ehdot.



Kuva 7. Kantavien väliseinien betonivaarnaliitos (1)

### 2.3 Elementtien vaakasaumat ja vaarnatappiliitos

Seinäelementtien välisen vaakasauman tehtävä on pystysauman tapaan sitoa elementit yhtenäiseksi, jäykäksi levyrakenteeksi. Seinien vaakaliitokset mitoiteetaan leikkausvoimapinnan mukaisille voimille  $V(x)$  (ks. kuva 2.2). Mitoituksessa on lisäksi otettava huomioon liitoksessa vaikuttavat normaalijännitykset, jotka voivat olla vetäviä tai puristavia (3). Vetävät rasitukset pyrkivät avaamaan saumaa, jolloin betonissa ilmenee halkeilua. Samalla ne pienentävät saumassa vaikuttavaa kitkaa.

Vaakaliitokset voidaan toteuttaa käyttämällä seinäkenkiä ja pultteja, jolloin syntyy ankkuroitu, välittömästi kuormia kestävä liitos. Tätä menetelmää käytetään yleensä kun seinäelementtien liitokselta vaaditaan vetokestävyyttä. Leikkausrasitetuissa liitoksissa käytetään normaalisti terästappeja ja niin sanottuja kolottuja elementtejä (2). Tästä liitostyypistä käytetään nimitystä vaarnatappiliitos.



Kuva 8. Seinäkenkä ja jatkospulttiliitos (9)

Vaarnatappiliitos on yleisin seinäelementtien välinen vaakasauman liitostyyppi. Se toimii sokkelielementin ja seinäelementin sekä kahden seinäelementin välisessä saumassa ala-, ylä- ja välipohjan kohdalla. Vaarnatappiliitos on tyypillisesti yhdistetty juotos- ja pulttiliitos, jossa pultit ja juotosbetoni yhdessä toimivat leikkausrasitukselle. Pulttien sijaan raudoituksena voidaan käyttää harjaterästankoja, jotka sijoitetaan alemman elementin yläpintaan, ylemmän elementin kolouksien kohdalle. Saumavalun jälkeen ne muodostavat leikkausrasituksia siirtävän liitoksen. Vaarnatappeja ei ole ankkuroitu sauman ylitse, jolloin ne eivät myöskään täytä ankkurointipituuden vähimmäisarvoa.

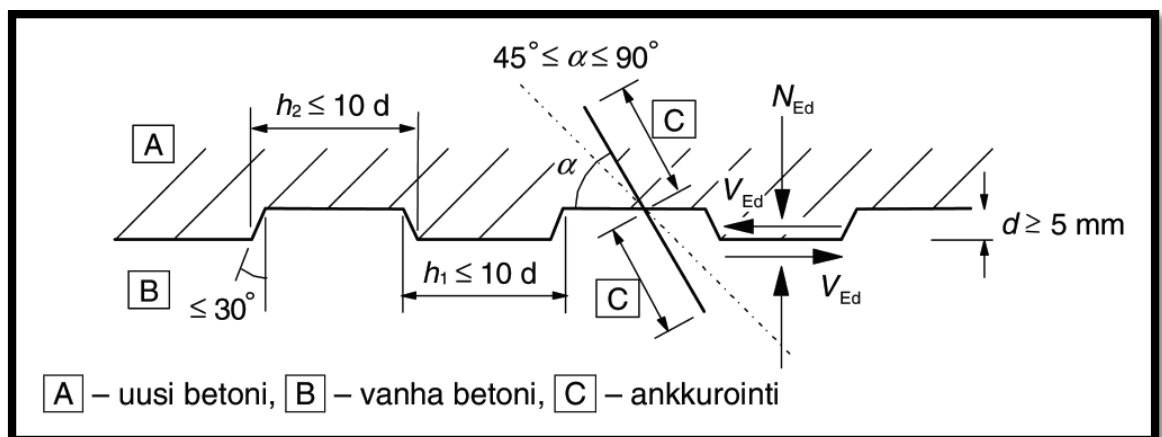


Vaarnatappien leikkausmitoitus tehdään sauman yli siirtyvälle kuormalle. Mitoitus voidaan toteuttaa, joko pystysaumojen tapaan Eurokoodin mukaisesti tai Rasmussenin ja Pruijsiersin teräsvaarnakaavaa soveltaen. Lisäksi lyhyille vaarnatapeille on CEB:n mallinormissa esitetty kaava Rasmussenin kaavaan pohjautuen. Lyhyillä vaarnatapeilla tarkoitetaan leikattuja betonissa olevia terästankoja, jotka eivät kehitä kestävyuden kannalta merkityksellisiä tangon varren vetojännityksiä tai kittavaikutuksia (3.).

### 3 Saumojen mitoitus

#### 3.1 Pystysaumojen leikkauskestävyydet

Eurokoodi 1992-1-1 sisältää betonirakenteiden suunnitteluohjeet. Kohdassa 6.2.5 on esitetty leikkaus eri aikaan valettavien betonien rajapinnassa. Samassa kohdassa on määritelty vaarnasauma, jota laskentakaavat koskevat (ks. kuva 3.1). Pystysaumojen leikkauksen tilaskenta tapahtuu tämän Eurokoodin ohjeen perusteella.



Kuva 9. Eurokoodi 2, betonivaarnasauman ehdot (5)

Sauma luokitellaan rajapinnan karheuden mukaan hyvin sileäksi, sileäksi, karheaksi tai vaarnatuksi, jolloin määrittävät myös laskentakaavan arvot  $c$  ja  $\mu$ . Karheusluokille on Eurokoodissa asetettu omat vähimmäisvaatimuksensa. Vaarnatussa saumassa vaarnan syvyyden tulee olla vähintään 5 mm sekä vaarnojen ja

niiden välien pituuden pienempi kuin 10 kertaa vaarnan syvyys. Sauma on karhea kun siinä on 3 mm uritus noin 40 mm välein. Karhennus voidaan toteuttaa esimerkiksi urapiikkaamalla (ks. taulukko 3.1).

<b>Rajapinnan karheus</b>	<b>c</b>	<b>μ</b>
<u>Hyvin sileä</u> : pinta, joka on valettu teräs-, muovi- tai erikoiskäsiteltyä puumuottia vasten	0,025...0,10	0,5
<u>Sileä</u> : liukuvalettu pinta tai ekstruuderipinta tai tärytyksen jälkeen jälkikäsittelemättä jätetty vapaa pinta	0,20	0,6
<u>Karhea</u> : pinta, jossa on vähintään 3 mm karheus noin 40 mm välein; se saavutetaan urituksella, paljastamalla kiviaines tai muilla menetelmillä, joilla saavutetaan vastaava ominaisuus	0,40	0,7
<u>Vaarnattu</u> : pinta, jossa kuvan 3.1 mukainen hammastus	0,50	0,9

Taulukko 1. Eurokoodin mukainen rajapintojen määrittely (5)

Vaijeri- ja teräslenkki-saumojen leikkausmitoitus tehdään alla olevan kaavan mukaan, kaava antaa liitoksen pinta-ala yksiköllä vaikuttavan leikkauskestävyyden (ks. kaava 4). Vaijerilenkkikotelon muodostama vaarna on yleensä noin 20 mm syvä ja 160 mm pitkä, joten se täyttää vaarnatun sauman minimiehdon. Teräslenkki-sauma on tyypillisesti sileä tai profiloitu, jolloin betonipintaan tehdään elementtitehtaalla vaarnaus. Leikkauskestävyys muodostuu näin ollen leikkauskitkaosasta, betonin lujuudesta riippuvasta osasta ja raudoituksesta riippuvasta osasta. Mikäli saumaan kohdistuu vetovoimaa, raudoituksen vaarnavaikutus muodostaa kestävyyden (2). Käytettäessä pelkkää betonivaarnasaumaa, muodostuu kestävyys betonin lujuudesta riippuvasta osasta ja leikkauskitkaosasta.

$$V_{Rd} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 v f_{cd} \quad (4)$$

$$v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

Eurokoodi antaa mitoitukseen lisäksi seuraavia vaatimuksia. ”Jos sauma voi halkeilla merkittävästi, kertoimen c arvo on 0 sileissä ja karheissa saumoissa ja 0,5 vaarnatuissa saumoissa. Kuormien ollessa väsyttäviä tai dynaamisia taulukon 3.1 kertoimien c arvot puolitetaan”. Mitoituksessa on huomioitava myös käytettävä toleranssiluokka ja sen vaikutus materiaaliosavarmuuslukuihin.

### 3.2 Vaakasaumojen leikkauskestävyydet

Eurokoodi 2 ei sisällä selkeitä ohjeita seinäelementtien vaakaliitosten mitoittamiseen, vaan siinä on esitetty ainoastaan leikkaus kahden eri aikaan valetun betonin rajapinnassa. Niinpä tässä työssä vaarnatappiliitoksen leikkausmitoitus tehdään Rasmussenin ja Pruijsiersin teräsvaarnakaavan mukaan lujuuden funktiona. Terästapin leikkauskestävyyden ominaisarvo vaarnavaikutuksessa saadaan tällöin kaavasta 5. Ominaisarvo muutetaan laskenta-arvoksi jakamalla se liitoksen osavarmuusluvulla  $\gamma_v$ . Lyhyitä vaarnatappeja käytettäessä mitoitusta tapahtuu CEB:n mallinormin mukaisesti (ks. kaava 7). (1.)

$$V_{si,Rk} = 1,35(\sqrt{1 + 9\varepsilon^2} - 3\varepsilon)\phi^2\sqrt{f_{yk}f_{ck,cube}}\sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_s}{f_{sk}}\right)^2} \quad (5)$$

$$\varepsilon = \frac{e_v}{\phi} \sqrt{\frac{f_{ck,cube}}{f_{yk}}}$$

$$\tau_{Rd,cr} = \mu_v \sigma_n b, \quad \delta_s = 0,15\sqrt{\sigma_n}, \quad \sigma_n = \frac{N_{Ed}}{b_s} \quad (6)$$

Teräsvaarnakaava on sovellettavissa, kun mahdolliset murtomekanismit ovat vaarnatapin leikkautuminen ja betonin lohkeamamurto. Vaarnatappiliitoksen kestävyys muodostuu tällöin terästappien leikkauskestävyydestä ja saumaan kohdistuvan puristuksen aiheuttamasta kitkasta. Työsaumapinnat jaetaan CEB:n mallinormin mukaan sileisiin ja karheisiin liittymäpintoihin. Vaikka betonin halkeamapinnat voidaan luokitella karheiksi, tulee mitoitusta tehdä sileälle liittymäpinnalle annetun ohjeen perusteella. Tämä johtuu siitä, että juotosbetonin kulkeutumisesta karhennuksiin ei voida olla varmoja, vaan rajapinnan oletetaan jäävän sileäksi. Puristusvoiman suuruudesta riippuva sauman leikkauskestävyys  $\tau_{Rd,cr}$  lasketaan sileälle liittymäpinnalle kaavalla 5. Pinnan karheuden mukaan määritetään tapin liukuma  $\delta_{s1}$ , joka vaaditaan leikkauslujuuden kehittymiseksi (ks. kaava 6). (3.)

$$V_{sd,Rd} = \frac{1,3}{\gamma_v} \phi^2 (\sqrt{1 + (1,3\varepsilon)^2} - 1,3\varepsilon) \sqrt{f_{cd} f_{yd} (1 - \zeta^2)} \leq \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (7)$$

$$\varepsilon = 3 \frac{e_v}{\phi} \sqrt{\frac{f_{cd}}{f_{yd}}}, \quad \zeta = \frac{\sigma_s}{f_{yd}}$$

## 4 Laskenta

### 4.1 Laskennan toteutus

Laskenta on toteutettu Excel 2013 -taulukkolaskentaohjelmalla. Laskelmat pohjautuvat Eurokoodiin ja ne on tarkastettu Excel 2016 -versiolla esteettömän käytävyyden takaamiseksi. Laskennassa käytetyt merkinnät ja lyhenteet ovat Eurokoodin mukaisia ja alalla yleisesti tunnettuja (ks. taulukot 4.1 ja 4.4).

<b>Merkinnät:</b>	
$f_{ck}$	betonin lieriölujuuden ominaisarvo 28 vuorokauden ikäisenä
$f_{cd}$	betonin puristuslujuuden mitoitusarvo
$f_{ctk,0,05}$	betonin ominaisvetolujuus
$\alpha_{ct}$	kansallinen kerroin, jonka avulla otetaan huomioon vetolujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta riippuvat epäedulliset tekijät
$\alpha_{cc}$	kansallinen kerroin, jonka avulla otetaan huomioon puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta aiheutuvat epäedulliset tekijät
$f_{ctd}$	betonin vetolujuuden mitoitusarvo
$\gamma_c$	betonin osavarmuusluku
$f_{yk}$	betoniteräksen myötölujuuden ominaisarvo
$f_{yd}$	betoniteräksen myötölujuuden mitoitusarvo
$\gamma_s$	betoniteräksen tai jänneteräksen osavarmuusluku
$\varphi$	terasosan halkaisija
$A_s$	rajapinnan läpi kulkevan raudoituksen poikkileikkausala
$A_{st}$	raudoituksen poikkileikkausala tarkasteltavalla alueella
$A_t$	betonivaarnan pinta-ala tarkasteltavalla alueella
$A_{it}$	betonivaarnan pinta-ala
$b_i$	betonivaarnan leveys
$h_1$	betonivaarnan pituus
$d$	betonivaarnan syvyys
$k$	lenkkijako
$V_{Edi}$	rajapinnassa vaikuttavan leikkausjännityksen mitoitusarvo
$V_{Ed}$	rakenneosan leikkausvoima
$\beta$	uutta betonia olevan poikkileikkauksen jännitysresultantin ja koko poikkileikkauksen jännitysresultantin suhde joko puristus- tai vetoalueella, molemmat laskettuina samassa kohdassa
$z$	koko poikkileikkauksen sisäinen momenttivarsi
$V_{Rdi}$	rajapinnan leikkaukestävyyden mitoitusarvo rajapinnan leikkaukestävyys
$c$	rajapinnan karheudesta riippuva kerroin
$\mu$	rajapinnan karheudesta riippuva kitkakerroin
$\sigma_n$	rajapintaan kohdistuva, sen leikkausvoiman kanssa samanaikaisesta ulkoisesta normaalivoimasta aiheutuva pienin normaalijännitys, puristus positiivisena ja $\sigma_n < 0,6 f_{cd}$ sekä veto negatiivisena. Kun $\sigma_n$ on vetoa, tulolle $c \cdot f_{ctd}$ käytetään arvoa 0
$\rho$	$A_s/A_t$
$v$	lujuuden pienennyskerroin
$\alpha$	vaijerilenkin kulma ja se rajoitetaan välille $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

Taulukko 2. Laskelmissa käytetyt merkinnät, pystysauma (5)

Laskenta ei sisällä kuormien määrittelyä, vaan pelkän leikkaukestävyyslaskennan. Laskennassa käytettyjen arvojen ja kaavojen reuna- sekä soveltamisedot on esitetty laskentatyökalussa. Pystysauman leikkaukestävyyden tulee täyttää ehto  $V_{Edi} \leq V_{Rdi}$ .

<b>Mitoitusperusteet</b>						
$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$						
$V_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b_i)$						
$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$						

Taulukko 3. Eurokoodin mukaiset mitoitusperusteet, pystysauma (5)

Suomessa käytössä olevat vakiot ja toleranssiluokasta riippuvat materiaalien osavarmuuskertoimet on esitetty alla olevassa taulukossa. Noudatettaessa toleranssiluokkaa 2, käytetään rakenteiden mitoituksessa pienennettyjä materiaali-osavarmuuslukuja. Muussa tapauksessa noudatetaan toleranssiluokkaa 1 (6). Toleranssiluokkia on käsitelty tarkemmin standardissa SFS-EN 13670, betonirakenteiden toteutus.

<b>Materiaaliosavarmuusluvut ja vakiot</b>						
	<u>Toleranssiluokka 2</u>			<u>Toleranssiluokka 1</u>		
$\gamma_c =$	1,35			1,5		
$\gamma_s =$	1,1			1,15		
$\alpha_{ct} =$	1,00					
$\alpha_{cc} =$	0,85					

Taulukko 4. Laskelmissa käytettävät materiaaliosavarmuusluvut ja vakiot murto-rajatilamitoituksessa (5.)

Seinäelementtien pystysaumoja tarkasteltaessa kokonaiskestävyys lasketaan kitkasta, vaarnan kapasiteetista ja teräsosan kapasiteetista, kun kyseessä on teräs-, tai vaijerilenkkiliitos. Kitkan muodostama kapasiteetti on kitkakerroin kertaa saumaan vaikuttava normaalijännitys. Vaarnan ja teräsosan kapasiteetti puolestaan raudoituksen- ja betonivaarnan pinta-alan suhde kertaa teräksen vetolujuus kertaa teräsosan kulmasta riippuva kulmakerroin. Teräsosa toimii saumassa kaksi-leikkeisenä, jolloin sen pinta-ala on kaksi kertaa yhden teräsosan pinta-ala. Yhteen lasketut kapasiteetit kerrotaan vaijerilenkkien lukumäärällä tarkasteltavalla sauman alueella.

Seinäelementtien välisen vaakasauman kokonaisleikkauskestävyys koostuu tappien leikkauskestävyydestä ja kitkan muodostamasta leikkauskestävyydestä. Tappien leikkauskestävyys lasketaan Rasmussenin ja Pruijsiersin teräsvaarna-kaavan tai CEB:n mallinormin mukaan. Vaarnatapin kestävyteen vaikuttavia parametreja ovat betonin ja teräksen lujuudet, vaarnan halkaisija, tangon vetojännitys ja liittymäpintojen välinen halkeamaleveys. Terästangot toimivat saumassa yksileikkeisinä.

Kitkasta aiheutuva lisäkestävyys lasketaan kitkakerroin kertaa vaikuttava puristusjännitys kertaa sauman leveys. Vaarnatapin liukuma, kitkan lisäämä leikkauskestävyys sekä teräsvaarnan kestävyys ovat riippuvaisia saumassa vaikuttavasta jännityksestä. Mikäli saumassa vaikuttaa vetojännitys, ei kitkaa luonnollisesti ilmene. Tällöin liitoksen kestävyys muodostuu ainoastaan terästappien leikkauskestävyydestä. Lisäksi vaarnatangon vetojännitys pienentää tapin kestävyttä. Liittymäpintojen liukumisen aikana halkeama pyrkii avautumaan ja suurirakeisessa halkeamassa tankoon muodostuu aina vetojännitys. Vaakasaumojen leikkauskestävyyden tulee täyttää ehto  $V_{Ed} \leq V_{Rd}$ . Vaakasaumojen laskennassa käytetyt merkinnät on selitetty taulukossa 4.4.

<b>Merkinnät:</b>	
$f_{ck}$	betonin lieriölujuuden ominaisarvo 28 vuorokauden ikäisenä
$f_{cd}$	betonin puristuslujuuden mitoitusarvo
$f_{ck,cube}$	betonin kuutiolujuuden ominaisarvo 28 vuorokauden ikäisenä
$\alpha_{cc}$	kansallinen kerroin, jonka avulla otetaan huomioon puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta aiheutuvat epäedulliset tekijät
$\gamma_c$	betonin osavarmuusluku
$f_{yk}$	betoniteräksen myötölujuuden ominaisarvo
$f_{yd}$	betoniteräksen myötölujuuden mitoitusarvo
$\gamma_s$	betoniteräksen tai jänneteräksen osavarmuusluku
$\varphi$	vaarnatapin halkaisija
$A_s$	vaarnatapin poikkileikkausala
$\gamma_v$	liitoksen osavarmuusluku
$b$	sauman leveys
$s$	sauman pituus
$\sigma_s$	vaarnatapin vetojännitys
$w_i$	liittymäpintojen välinen halkeamaleveys
$N_{ed}$	saumassa vaikuttava normaalivoima
$\sigma_n$	puristusjännitys
$e_v$	leikkausvoiman vaikutuspisteen etäisyys betonin pinnasta
$\delta_s$	leikkauskestävyyttä vastaava vaarnatapin liukuma
$T_{Rd,cr}$	kitkasta aiheutuva leikkauskestävyyden lisäys

Taulukko 5. Laskelmissa käytetyt merkinnät, vaakasauma (3)

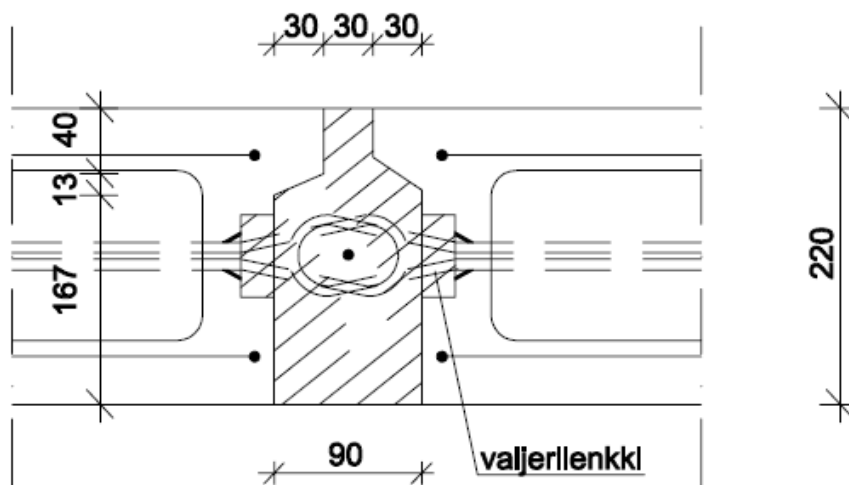
<b>Mitoitusperusteet</b>	
$V_{Ed} \leq V_{Rd}$	
$V_{Rd} = V_{sd,Rd} + T_{Rd,cr}$ tai $V_{si,Rd} + T_{Rd,cr}$	
$V_{sd,Rd} = 1,3 \cdot \Phi^2 / \gamma_v \cdot ((1 + (1,3 \cdot \epsilon)^2)^{0,5} - 1,3 \cdot \epsilon) \cdot (f_{cd} \cdot f_{yd} \cdot (1 - \zeta^2))^{0,5} < A_s \cdot f_{yd} / (3)^{0,5}$	
$\epsilon = 3 \cdot e_v / \varphi \cdot (f_{cd} / f_{yd})^{0,5}$	$\zeta = \sigma_s / f_{yd}$
$e_v = w_i / 2$	
$V_{si,Rd} = V_{si,Rk} / \gamma_v$	
$V_{si,Rk} = 1,35 \cdot ((1 + 9 \cdot \epsilon^2)^{0,5} - 3 \cdot \epsilon) \cdot \Phi^2 \cdot (f_{yk} \cdot f_{ck,cube})^{0,5} \cdot (1 - (\sigma_s / f_{yk})^2)^{0,5}$	
$\epsilon = e_v / \varphi \cdot (f_{ck,cube} / f_{yk})^{0,5}$	
$e_v = w_i / 2$	
$T_{Rd,cr} = \mu_v \cdot \sigma_n \cdot b$	
$\sigma_n = N_{ed} / bs$	
$\delta_s = 0,15 \cdot (\sigma_n)^{0,5}$	

Taulukko 6. Mitoitusperusteet, vaakasauma (3)



## 4.2 Esimerkkilaskelmat

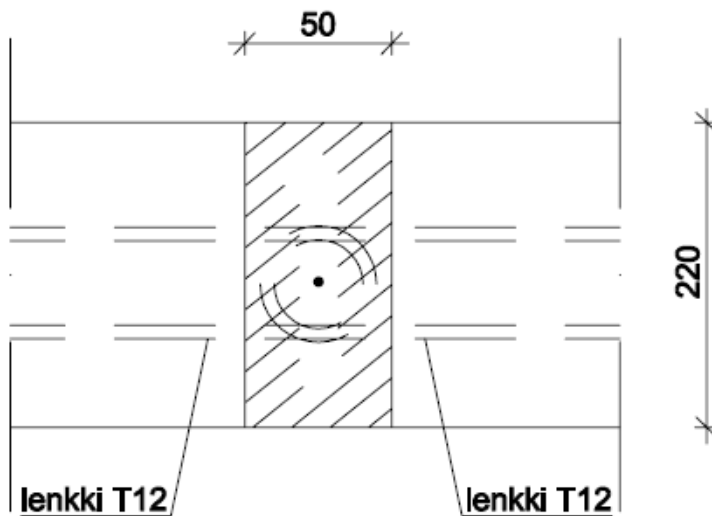
Pystysaumojen esimerkkilaskelmat on laadittu kuvien 4.1, 4.2 ja 4.3 mukaisille saumoille, kantaville ja jäykistävälle väliseinäelementeille, seinäpaksuuksille 220 mm. Laskennassa käytetyt materiaaliosavarmuuskertoimet ovat toleranssiluokan 1 mukaisia ja vaijerilenkkien lujuudet on pienennetty R-Steel vaijerilenkkiohjeen mukaisesti vaijerilenkeille 60 - 120 arvoon  $f_{yk}=805 \text{ N/mm}^2$  ja vaijerilenkeille 140 arvoon  $f_{yk}=827 \text{ N/mm}^2$ . On huomioitavaa, että vaijerilenkkien lujuutena ei käytetä valmistajien ilmoittamaa korkealujuusteräksisen vaijerin lujuutta. Lujuuden pienentäminen perustuu kokeellisesti mitattuihin arvoihin, jolloin vaijerilenkin todellinen kestävyys vastaa edellä mainittuja arvoja. Saumaan vaikuttavien kuormien on huomioitu olevan luonteeltaan väsyttäviä tai dynaamisia, eikä siihen kohdistu vetoa ja se on keskeisesti puristettu. Esimerkkilaskelmien lähtö- ja materiaalitiedot sekä leikkauskestävyydet on esitetty liitostyypeittäin taulukoissa 4.6, 4.7 ja 4.8.



Kuva 10. Esimerkkilaskelmassa käytetty vaijerilenkkiliitos

Vaijerilenkkiliitoksen EC mitoitus, lähtötiedot							
$N_{Ed} =$	0 kN/m	Vaijerilenkki:	PVL-100	Kotelon leveys:	50 mm	Vaarnan kulma:	0°
Seinän paksuus:	220 mm	$A_s$	14,9 mm <sup>2</sup>	Kotelon pituus:	160 mm	lenkkijako:	300 mm
$b_1 =$	180 mm	Lenkin kulma	90°	Kotelon syvyys:	20 mm		
<b>Betoni</b>	C25/30		<b>Teräs</b>	6x19+IWS 1770 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yk}$	805	N/mm <sup>2</sup>		
$f_{cd}$	14,17	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yd}$	700	N/mm <sup>2</sup>		
$f_{ctk0.05}$	1,80	N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_s$	1,15			
$f_{ctd}$	1,20	N/mm <sup>2</sup>					
$\alpha_{cc}$	0,85						
$\alpha_{ct}$	1						
$\gamma_c$	1,50						
Leikkausvoiman laskentakestävyys							
c	0,25	kuormat väsyttäviä tai dynaamisia					
$\mu$	0,9	rajapinta vaarnattu					
$V_{Rd} =$	116,6	kN/m					
$V_{Rd,max} =$	688,5	kN/m					

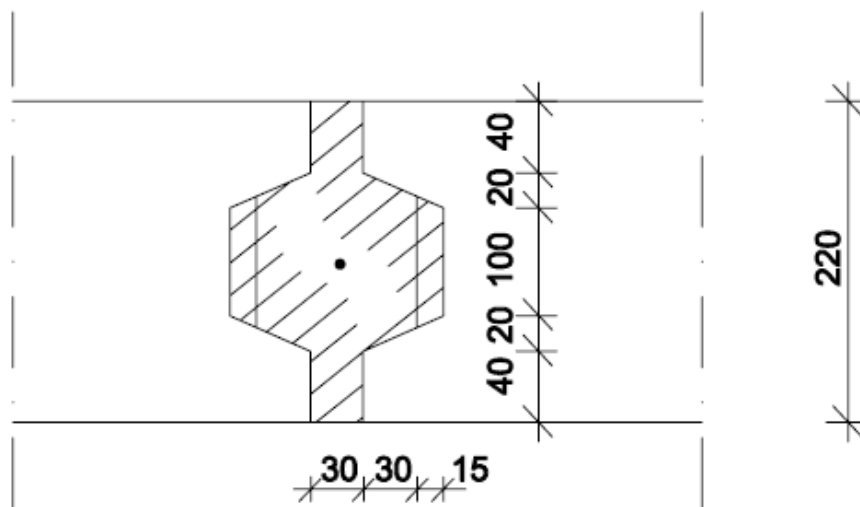
Taulukko 7. Eurokoodin mukainen esimerkkilaskelma, vaijerilenkkiliitos



Kuva 11. Esimerkkilaskelmassa käytetty teräslenkkiliitos

Teräslenkkiituksen EC mitoitus, lähtötiedot					
$N_{Ed} =$	0 kN/m	Teräslenkki:	B500B	Lenkin halkasija:	12 mm
Seinän paksuus:	220 mm	$A_s$	113,1 mm <sup>2</sup>	Lenkkijako:	300 mm
$b_i =$	220 mm	Lenkin kulma	90°		
<b>Betoni</b>	C25/30		<b>Teräs</b>		
$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yk}$	500	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	14,17	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yd}$	435	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.05}$	1,80	N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_s$	1,15	
$f_{ctd}$	1,20	N/mm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cc}$	0,85				
$\alpha_{ct}$	1				
$\gamma_c$	1,50				
Leikkausvoiman laskentakestävyys					
$\zeta$	0,10	kuormat väsyttäviä tai dynaamisia			
$\mu$	0,6	rajapinta sileä			
$V_{Rd} =$	235,0	kN/m			
$V_{Rd,max} =$	841,5	kN/m			

Taulukko 8. Eurokoodin mukainen esimerkkilaskelma, teräslenkkiitys



Kuva 12. Esimerkkilaskelmassa käytetty betonivaarnasauma

<b>Betonivaarnasauman EC mitoitus, lähtötiedot</b>		
Ned=	0 kN/m	
Seinän pak	220 mm	
b <sub>i</sub> =	140 mm	
<b>Betoni</b>	C25/30	
f <sub>ck</sub>	25	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>cd</sub>	14,17	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctk,0.05</sub>	1,80	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctd</sub>	1,20	N/mm <sup>2</sup>
α <sub>cc</sub>	0,85	
α <sub>ct</sub>	1	
γ <sub>c</sub>	1,50	
<b>Leikkausvoiman laskentakestävyys</b>		
c	0,50	kuormat väsyttäviä tai dynaamisia
μ	0,9	rajapinta vaarnattu
V <sub>Rd</sub> =	42,0	kN/m
V <sub>Rd,max</sub> =	535,5	kN/m

Taulukko 9. Eurokoodin mukainen esimerkkilaskelma, betonivaarnasauma

Vaakasaumojen esimerkkilaskelmat on laadittu kantavalle ja jäykistävälle väliseinäelementille, jonka paksuus on 220 mm. Laskennassa käytetyt materiaali-osavarmuuskertoimet ovat toleranssiluokan 1 mukaisia. Vaakasaumojen esimerkkilaskelmissa käytetyt lähtö- ja materiaalitiedot, sekä tulokset on esitetty laskentamenetelmittäin taulukoissa 4.9.1 ja 4.9.2. Liitoksen osavarmuuslukuna on tässä käytetty arvoa 1,20.

Vaarnatappiliitoksen mitoitus, Rasmussenin kaava, lähtötiedot					
$N_{Ed} =$	100 kN/m	Terästappi:	A500HW	Tapin halkasija:	20 mm
Seinän paksuus:	220 mm	$A_s$	314,2 mm <sup>2</sup>	Tappijako:	1200 mm
$b =$	220 mm				
<b>Betoni</b>	C25/30		<b>Teräs</b>		
$f_{ck,cube}$	30	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yk}$	500	N/mm <sup>2</sup>
Leikkausvoiman laskentakestävyys					
$\sigma_s$	0	N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_n$	0,455	N/mm <sup>2</sup>			
$\mu_v$	0,40	liittymäpinta sileä			
$\delta_s$	0,1	mm			
$w_i$	0,13	mm			
$e_v$	0,065	mm			
$\gamma_v$	1,20	liitoksen osavarmuusluku			
$\varepsilon$	0,001				
$\tau_{Rd,cr} =$	40,1	kN/m			
$V_{si,Rd} =$	55,0	kN			

Taulukko 10. Rasmussenin kaavan mukainen esimerkkilaskelma, vaarnatappiliitos

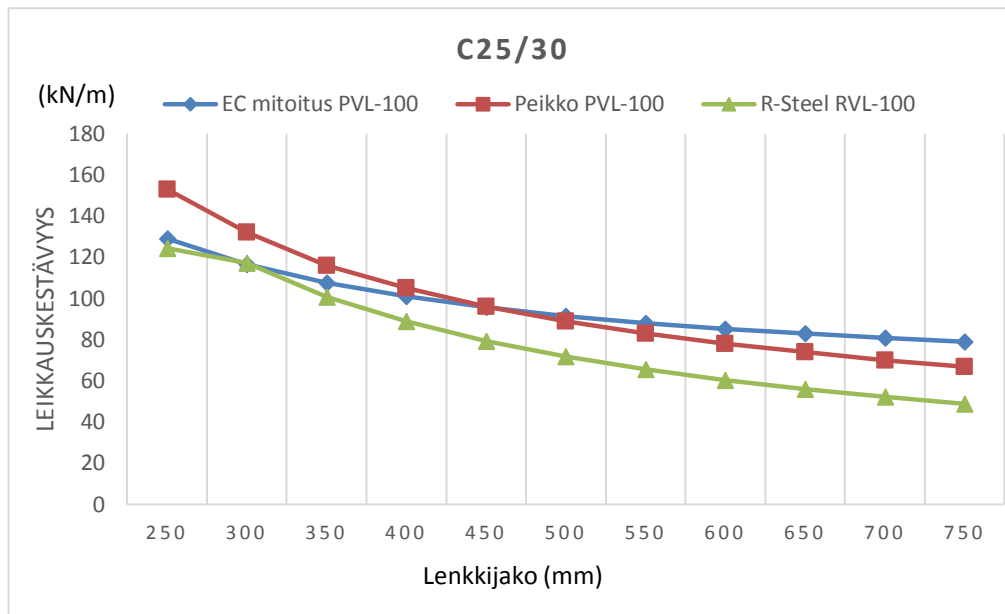
Lyhyiden vaarnojen mitoitus, CEB:n mallinormi, lähtötiedot					
$N_{Ed} =$	100 kN/m	Terästappi:	A500HW	Tapin halkasija:	20 mm
Seinän paksuus:	220 mm	$A_s$	314,2 mm <sup>2</sup>	Tappijako:	1200 mm
$b =$	220 mm				
<b>Betoni</b>	C25/30		<b>Teräs</b>		
$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yk}$	500	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	14,17	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yd}$	435	N/mm <sup>2</sup>
$\alpha_{cc}$	0,85		$\gamma_s$	1,15	
$\alpha_{ct}$	1				
$\gamma_c$	1,50				
Leikkausvoiman laskentakestävyys					
$\sigma_s$	0	N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_n$	0,455	N/mm <sup>2</sup>			
$\mu_v$	0,40	liittymäpinta sileä			
$\delta_s$	2	mm			
$w_i$	0,95	mm			
$e_v$	0,48	mm			
$\gamma_v$	1,20	liitoksen osavarmuusluku			
$\epsilon$	0,01				
$\zeta$	0,00				
$\tau_{Rd,cr} =$	40,1	kN/m			
$V_{si,Rd} =$	27,1	kN			
$V_{Rd} =$	63,3	kN/m			

Taulukko 11. CEB:n mallinormin mukainen esimerkkilaskelma, lyhyiden vaarnojen vaarnatappiliitos

## 5 Pohdinta

### 5.1 Tulosten vertailu valmistajien ilmoittamiin arvoihin

Vaijerilenkkiliitoksen Eurokoodi- mitoituksen sekä Peikon ja R-Steelin käytöselosteiden mukaiset leikkauskestävyydet esitetään alla olevassa kuvaajassa (kuvio 5.1). Kuvaaja havainnollistaa lenkkijaon vaikutusta leikkauskestävyyteen, kun betonin lujuusluokka on C25/30.



Kuvio 1. Laskennasta saatuja, sekä valmistajien ilmoittamia leikkauskestävyyden arvoja

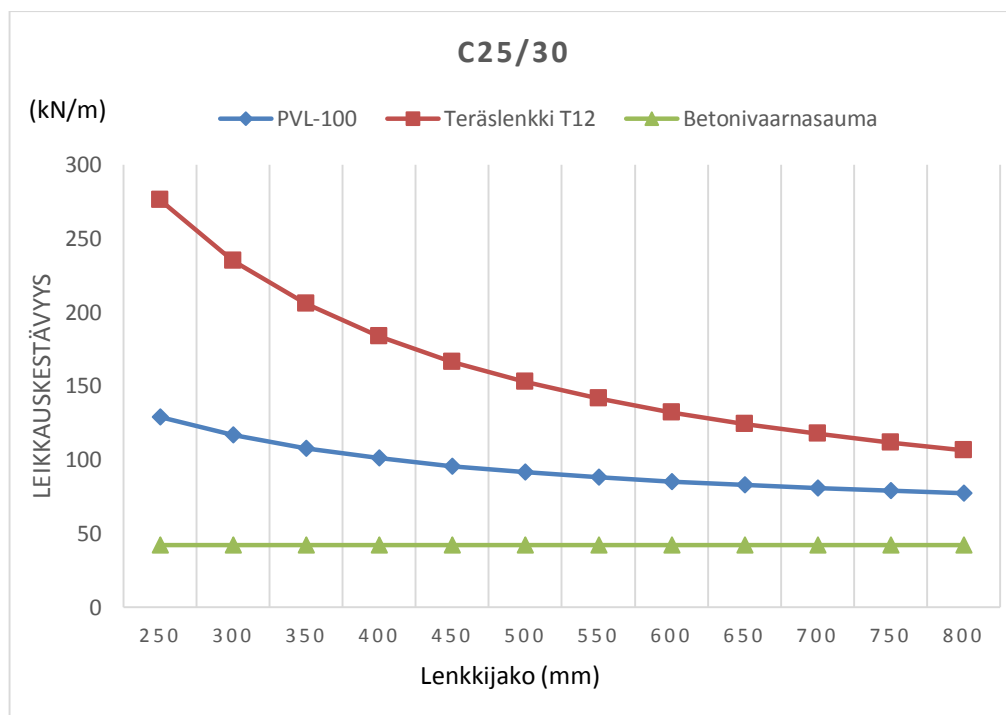
Tuloksista huomattavaa on mitoituksesta tuotettujen laskenta-arvojen eroavaisuudet valmistajien ilmoittamiin leikkauskestävyyksiin verrattuna. Laskenta antaa lenkkijakoon k500 asti käyttöselosteiden arvoihin verrattuna varmallalla puolella olevia tuloksia, mutta maksimikeskiöetäisyyksillä kestävyudet ylittyvät noin 15 - 35 prosentilla. Peikon sekä R-Steelin ilmoittamat arvot myötäilevät toisiaan ja erot valmistajien välillä voivatkin lähinnä johtua erilaisista vaarnakoteloiden dimensioista. Lisäksi valmistajien ilmoittamat leikkauskestävyydet ovat pääosin kokeellisesti saatuja arvoja, jolloin vaijerilenkki ei toimi ankkuroinnistaan huolimatta koko lujuudella. Lujuuden heikkeneminen voi johtua vaijerin venymisestä tai vaarnakotelon irtoamisesta. Tällöin myös valmistajien väliset kokeellisesti mitatut vaijeriden lujuudet vaihtelevat ja tässä työssä käytetyn lujuuden valinta hankaloituu. Se selittääkin mielestäni poikkeamia laskennasta saaduissa leikkauskestävyyden arvoissa.

Käyrien muodosta voidaan myös vahvistaa käsitystä siitä, että kun mitoituksen tuottamat tulokset perustuvat laskentakaavaan, eivät ne täysin vastaa todellisia kestävyksiä. Eurokoodi-mitoituksella laskettujen kestävyksien muodostaman käyrän kulmakerroin aiheutuu mielestäni edellä mainituista seikoista. Tärkeim-

pänä tekijänä kulmakertoimen muodostumiseen pidän laskennassa käytettyä vaijerilenkin lujuuutta. Myös käytettyjen kuormitusten tyyppi voi vaikuttaa kulmakertoimeen, sillä luonteeltaan väsyttävien ja dynaamisten kuormitusten käyttö aiheuttaa kertoimen  $c$  puolittumisen. Laskentatyökalun avulla saadut tulokset ovat kuitenkin mielestäni käyttökelpoisia, kunhan lopullinen lenkkivalinta tehdään valmistajien käyttöselosteiden mukaisesti.

## 5.2 Pystysaumojen vertailu ja parametrien vaikutus

Kuviossa 5.2 esitetään vaijerilenkkiliitoksen PVL-100, teräslenkkiliitoksen T12, sekä betonivaarnasauman leikkauskestävyyksiä seinäpaksuudella 220 mm, kun betonin lujuusluokka on C25/30.

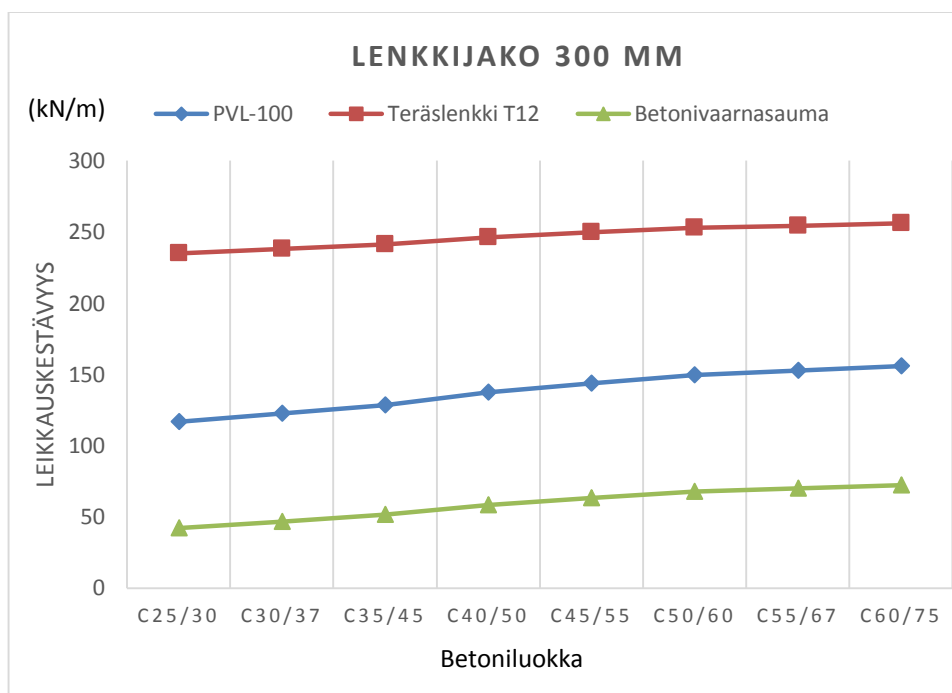


Kuvio 2. Eurokoodi-mitoituksesta saatuja pystysaumojen leikkauskestävyyksiä

Laskennan tulokset vastaavat odotuksia, jolloin varsinkin alle puolen metrin lenkkijaoilla teräslenkkiliitoksen kestävydet ovat huomattavasti vaijerilenkkiliitosta suurempia. Paljon teräspinta-alaa sisältävät teräslenkkiliitokset ovat tällöin kapasiteetiltaan noin 55 - 40 prosenttia kestävämpiä. Betonivaarnasauman kestävyys on luonnollisesti vain betonin lujuudesta riippuvainen, joten se on käyttökelpoinen liitostyyppi vain matalasti, alle 50 kN/m, kuormitetuilla saumoilla (ks. kuvio 5.3). On huomattavaa, että varsinkin suurilla lenkkijaoilla vaijerilenkkiliitos



on varteen otettava vaihtoehto teräslenkkiliitokselle myös raskaammin kuormite-  
tuissa saumoissa. Kapasiteettien eroavaisuuden ollessa noin 30 prosenttia.  
Niinpä suurilla lenkkijaoilla voitaisiin vaijerilenkkejä käyttää kaksinkertaisena,  
mikäli seinän paksuus sen sallii. Tällöin työmaateknisesti hankalien teräslenk-  
kien käyttöä voitaisiin vähentää, saavuttamalla vastaavat kestävyudet tuplalen-  
keillä. Toisaalta käytettäessä teräslenkkejä on teräspinta-alaa yksinkertaista  
kasvattaa millä tahansa lenkkijaolla, jolloin myös sauman kestävyttä saadaan  
kasvatettua kohti haluttua tasoa lenkkijaosta riippumatta. Tällöin on mietittävä  
kustannustehokkain ratkaisu.



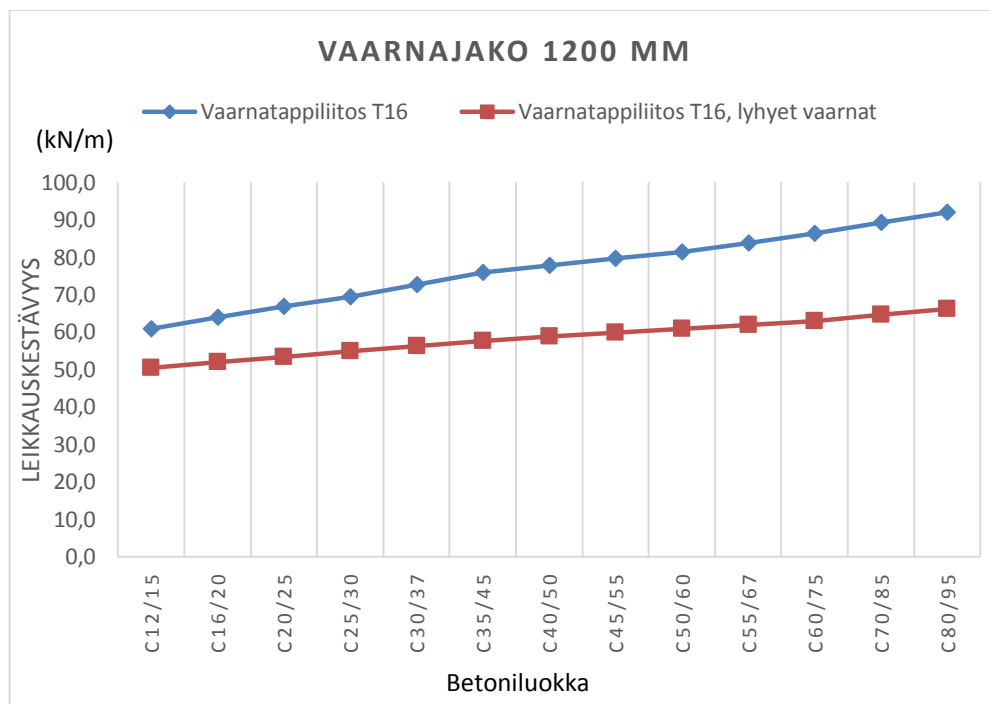
Kuvio 3. Betonin lujuuden vaikutus pystysaumojen leikkauskestävyyteen seinä-  
paksuudella 220 mm

Lisäämällä betonin lujuutta, voidaan pystysaumojen leikkauskestävyyksiä kas-  
vattaa. Käyristä nähdään, että tällöin saumojen kestävydet kasvavat lähes line-  
aarisesti (ks. kuvio 5.3). Leikkauskestävyyden lisääminen muuntamalla sauma-  
betonin lujuutta on mielestäni kannattavaa vaijerilenkkiliitoksissa, jolloin käyttä-  
mällä esimerkiksi kaksi lujuusluokkaa suurempaa saumabetonia saavutetaan  
vastaava kestävyys kuin tihentämällä lenkkijakoa 100 mm. Nostamalla betonin  
lujuusluokkaa edelleen voidaan tuottaa merkittäviäkin lujuuden kehityksiä. Tällöin

suunnittelijan on kuitenkin punnittava tapauskohtaisesti, onko vaadittava lujuuden lisäys kannattavampaa tehdä muuntelemalla lenkkijakoa vai betonin lujuutta. Teräslenkkiiliitoksissa betonin lujuusluokan nosto lisää kestävyyttä merkittävästi vähemmän suhteessa vaijerilenkkiiliitokseen, jolloin betonin lujuuden käyttö kapasiteettia kehittävänä parametrina ei ole järkevää. Tämä johtuu siitä, että betonin lujuuden vaikutus koko sauman kestävyyteen on melko pieni. Teräslenkkiiliitoksessa betonin lujuuden nosto yhdellä lujuusluokalla aiheuttaa 2 - 4 kN/m leikkauskestävyyden kasvun. Vastaavat lukemat vaijerilenkkiiliitoksella ovat 3 - 9 kN/m ja betonivaarnasaumalla 2 - 7 kN/m (ks. kuvio 5.3).

### 5.3 Vaakasaumojen vertailu ja parametrien vaikutus

Vaarnatappiliitoksen leikkauskestävyys Rasmussenin ja Pruijsiersin teräsvaarna-kaavan ja lyhyiden vaarnojen menetelmän mukaan vaarnatappijaolle k1200 on esitetty kuviossa 5.4. Muuttujana kuvaajassa toimii betonin lujuus, vaarnatangon halkaisija on 16 mm ja seinän paksuus 220 mm.



Kuvio 4. Laskennasta saadut leikkauskestävyyden arvot, kun  $N_{ed}=100$  kN/m

Rasmussenin vaarnakaava antaa betonin lujuusluokasta riippuen 20 - 30 prosenttia suurempia leikkauskestävyyksiä verrattuna lyhyiden vaarnojen menetelmällä laskettuihin arvoihin. Tämä johtuu laskentakaavojen eroavaisuuksista ottaa

huomioon tapin liukuma, sillä kitkan vaikutus huomioidaan molemmissa menetelmissä samoin. Betonin lujuuden kasvu lisää vaakasauman leikkauskestävyyttä enemmän käytettäessä Rasmussenin vaarnakaavaa. Erot tässä eivät ole suuria ja molemmilla menetelmillä kestävyys kehittyy lähes lineaarisesti. Rasmussenin kaavaa hyödyntäen voidaan yhdellä betonin lujuusluokan nostamisella saavuttaa keskimäärin 2,6 kN/m kestävyuden lisäys. Lyhyiden vaarnojen menetelmää käytettäessä saavutetaan vastaavasti keskimäärin 1,4 kN/m kestävyuden lisäys. CEB:n mallinormissa esitetty lyhyiden vaarnojen menetelmä pohjautuu Rasmussenin ja Pruijsiersin teräsvaarnakaavaan ja on pidemmälle kehitetty versio. Lyhyiden vaarnojen menetelmällä saadaan lisäksi pienempiä kestävyksiä, jolloin se on mielestäni turvallisempi ja luotettavampi tapa mitoittaa betoni seinäelementtien välisiä vaakasaumoja. Mitoitukseen vaikuttava tekijä on luonnollisesti myös liitoksen osavarmuusluku, jolle on sovittava laskennassa käytettävä arvo.

#### **5.4 Laskennan luotettavuus**

Laskennan luotettavuuden ja varmuuden arvioimiseksi on pohdittava aiemmin tässä työssä mainittuja seikkoja, sekä niiden vaikutuksia laskennalliseen kestävyteen. Laskentaan ja mitoitukseen liittyvät epävarmuustekijät, kuten lujuuden määrittäminen tai kitkan huomioiminen aiheuttavat luonnollisesti epävarmuutta myös tuloksien luotettavuuden suhteen. Tuotetut vaaka- ja pystysaumojen leikkauskestävyydet vastaavat kuitenkin suuruusluokiltaan kokemukseen pohjautuvia liitostyyppien kapasiteetteja. Laskennallisia kestävyksiä ei tässä tapauksessa voida vertailla kokeellisesti mitattuihin kestävyksiin muissa, kuin vaijerilenkkisaumoissa. Niinpä luotettavuuden arviointi perustuukin aiemmin tehtyihin mitoituksiin, eikä täsmällistä varmuutta todellisuutta vastaavista kestävyyksistä saada.

#### **5.5 Jatko**

Mikäli vaijerilenkkisaumojen mitoitusta haluttaisiin laskennallisesti tarkentaa, tulisi mielestäni toteuttaa kestävyyskokeita. Tällöin eri valmistajien vaijerilenkkien todelliset lujuudet saataisiin määritettyä. Toiseksi vaijerilenkkien ja koteloiden kiinnityksiin tulisi kiinnittää huomiota tai tarkastella laskennassa vaijerin venymää. Kun käytössä olisi edelleen luotettavimmat laskentamenetelmät, voitaisiin

vaijerilenkkijärjestelmää kehittää suuremmille kapasiteeteille. Tämä mahdollistaisi teräslenkkiliitoksista luopumisen suurilta osin. Tähän liittyen myös kaksinkertaisia vaijerilenkkejä käytettäessä tulisi saada varmuus, millaisia kestävyksiä niillä todellisuudessa saadaan aikaan. Leikkauskestävyyttä ei voida laskea kertomalla taulukoista saatuja arvoja kahdella.

Käytettäessä Eurokoodin mukaista vaarnattua saumaa, olisi mielestäni aiheellista kehittää laskentaa siten, että myös yli 5 mm syvennykset voitaisiin huomioida. Nyt 20 mm syvä vaarnakotelo ei urituksen syvyydelle asetetun ehdon täytyttyä anna laskennassa lisäkestävyyttä, eikä esimerkiksi teräslenkkiliitoksen yhteydessä käytetylle betonivaarnalle saada todellisia kestävyksiä. Laskennallisesti vaarناus menee ikään kuin hukkaan. Niinpä tulisi mielestäni tutkia myös laskentamenetelmää, jolla yhdistetyn teräslenkkiliitoksen ja betonivaarnasauman leikkauskestävyys voitaisiin laskea.

Varsinkin vaijerilenkkisaumoissa tulisi tutkia tarkemmin, kannattaako kestävyden kasvattamiseksi käyttää ennemmin betonin lujuuden kasvatusta vai lenkkin tihentämistä. Valinta tapahtuu tapauskohtaisesti, mutta sitä voitaisiin tarkastella etenkin kustannuksia arvioimalla ja tätä kautta saumaa optimoimalla. Vaakasaumojen mitoituksessa olisi kehitettävää kitkan huomioimisessa. Laskenta perustuu nyt työsauman mukaisiin kaavoihin, joilla kitkan vaikutusta arvioidaan. Kaavoja voidaan kyllä hyödyntää vaakasaumojen leikkauskestävyysslaskennassa, mutta tässä on mielestäni ristiriita, sillä vaarnatappiliitosta ei ole ankkuroitu sauman ylitse.

## Kuvat

- Kuva 1. Vaakakuormista aiheutuvia voimia elementeistä kootun jäykistysseinän liitoksissa a) leikkausvoimat, b) veto- ja puristusvoimat, s. 7 (1.)
- Kuva 2. Jäykistystornin elementtien pystyliitoksien leikkausvoimat, s. 8 (3.)
- Kuva 3. Elementin pystysaumassa vaikuttavia voimia,  $F_c$  on vino puristuskomponentti,  $F_s$  poikittainen vetokomponentti ja  $V$  pituussuuntainen leikkausvoima, s.9 (1.)
- Kuva 4. Saumassa vaikuttava voima jäykistävässä seinässä, s. 10 (1.)
- Kuva 5. Vaijerilenkin mittapiirros, s. 11 (9.)
- Kuva 6. Kantavien ja jäykistävien väliseinien liitos (betonivaarna + teräslenkit), pystysaumapumppaus, s. 14 (1.)
- Kuva 7. Kantavien väliseinien betonivaarnaliitos, s. 15 (1.)
- Kuva 8. Seinäkenkä ja jatkospulttiliitos, s. 16 (9.)
- Kuva 9. Eurokoodi 2, betonivaarnasauman ehdot, s. 17 (5.)
- Kuva 10. Esimerkkilaskelmissa käytetty vaijerilenkkiliitos, s. 25
- Kuva 11. Esimerkkilaskelmassa käytetty teräslenkkiliitos, s. 26
- Kuva 12. Esimerkkilaskelmassa käytetty betonivaarnasauma, s. 27

## Kuviot

- Kuvio 1. Laskennasta saatuja, sekä valmistajien ilmoittamia leikkauskestävyyden arvoja, s. 31
- Kuvio 2. Eurokoodi-mitoituksesta saatuja pystysaumojen leikkauskestävyyksiä, s. 32
- Kuvio 3. Betonin lujuuden vaikutus pystysaumojen leikkauskestävyyteen seinäpaksuudella 220 mm, s. 33
- Kuvio 4. Laskennasta saadut leikkauskestävyyden arvot, kun  $N_{ed}=100$  kN/m, s. 34

## Taulukot

- Taulukko 1. Eurokoodin mukainen rajapintojen määrittely, s. 18 (5.)
- Taulukko 2. Laskelmissa käytetyt merkinnät, pystysauma, s. 21 (5.)
- Taulukko 3. Eurokoodin mukaiset mitoitusperusteet, pystysauma, s. 22 (5.)
- Taulukko 4. Laskelmissa käytettävät materiaaliosavarmuusluvut ja vakiot murtorajatilamitoituksessa, s. 22 (5.)
- Taulukko 5. Laskelmissa käytetyt merkinnät, vaakasauma, s. 24 (3.)
- Taulukko 6. Mitoitusperusteet, vaakasauma, s. 26 (3.)
- Taulukko 7. Eurokoodin mukainen esimerkkilaskelma, vaijerilenkkiliitos, s. 26
- Taulukko 8. Eurokoodin mukainen esimerkkilaskelma, teräslenkkiliitos, s. 27
- Taulukko 9. Eurokoodin mukainen esimerkkilaskelma, betonivaarnasauma, s. 28

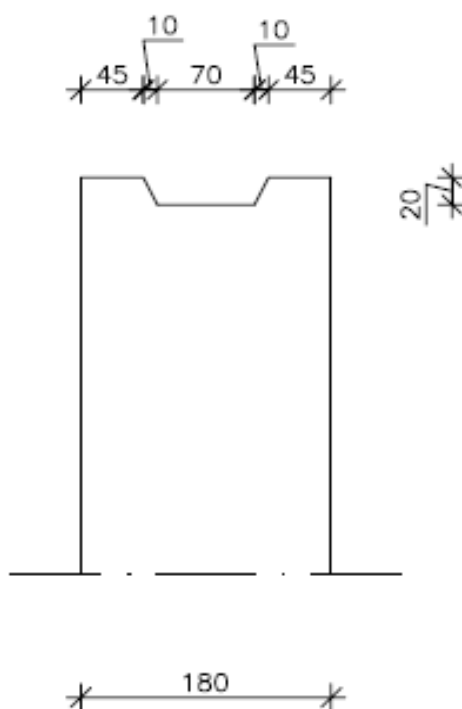
Taulukko 10. Rasmussenin kaavan mukainen esimerkkilaskelma, vaarnatappiliitos, s. 29  
Taulukko 11. CEB:n mallinormin mukainen esimerkkilaskelma, lyhyiden vaarnojen vaarnatappiliitos, s. 30

## Lähteet

1. Betonteollisuus r.y. Betonirakentaminen <http://www.elementtisuunnittelu.fi/>. Luettu 10.1.2016.
2. Voutilainen M. 2009. Vaarnalengkien Eurocode-mitoitus. Saimaan AMK. Opinnäytetyö.
3. Leskelä, M V. 2008. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2008. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y.
4. Betonteollisuus r.y. 2012. Vaijerilenkkiohje
5. SFS-EN-1992-1-1 2015. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
6. SFS-EN 13670 2010. Betonirakenteiden toteutus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
7. by60, EC 2 Suunnitteluohje. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y.
8. Semtu. VS-vaarnalengkien käyttö- ja suunnitteluohje.
9. Peikko Finland Oy. 2012. PVL-vaijerilenkki.
10. R-Group Finland Oy. R-Steel RVL-vaijelenkki.
11. SFS-EN-1993-1-1 2014. Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki Suomen Standardisoimisliitto

	Sisäkkö PYSTYSAUMAN VAARNAURA	
Suunnittelija	Työn nro	
	Päiväys	Tekijä
DV061		

mittakaava 1:5

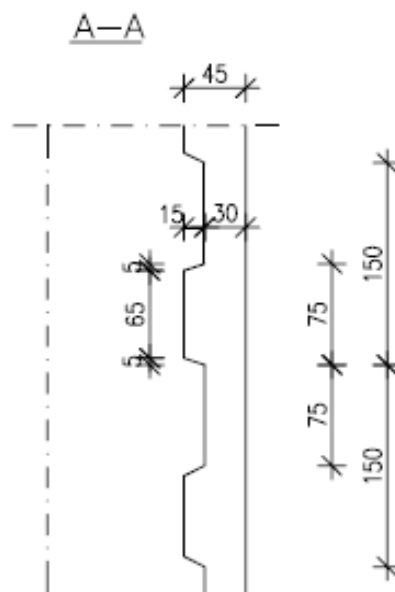
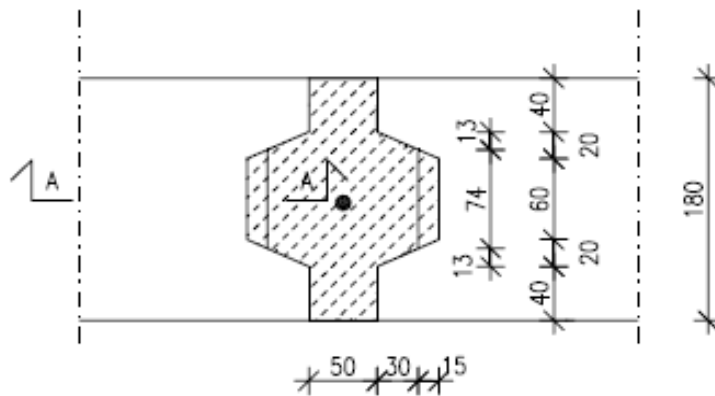


MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.



	Sisältö KANTAVIEN VÄLISEINIEN LIITOS (BETONIVAARNA)	
Suunnittelija	Työn nro	DV502
	Päiväys	

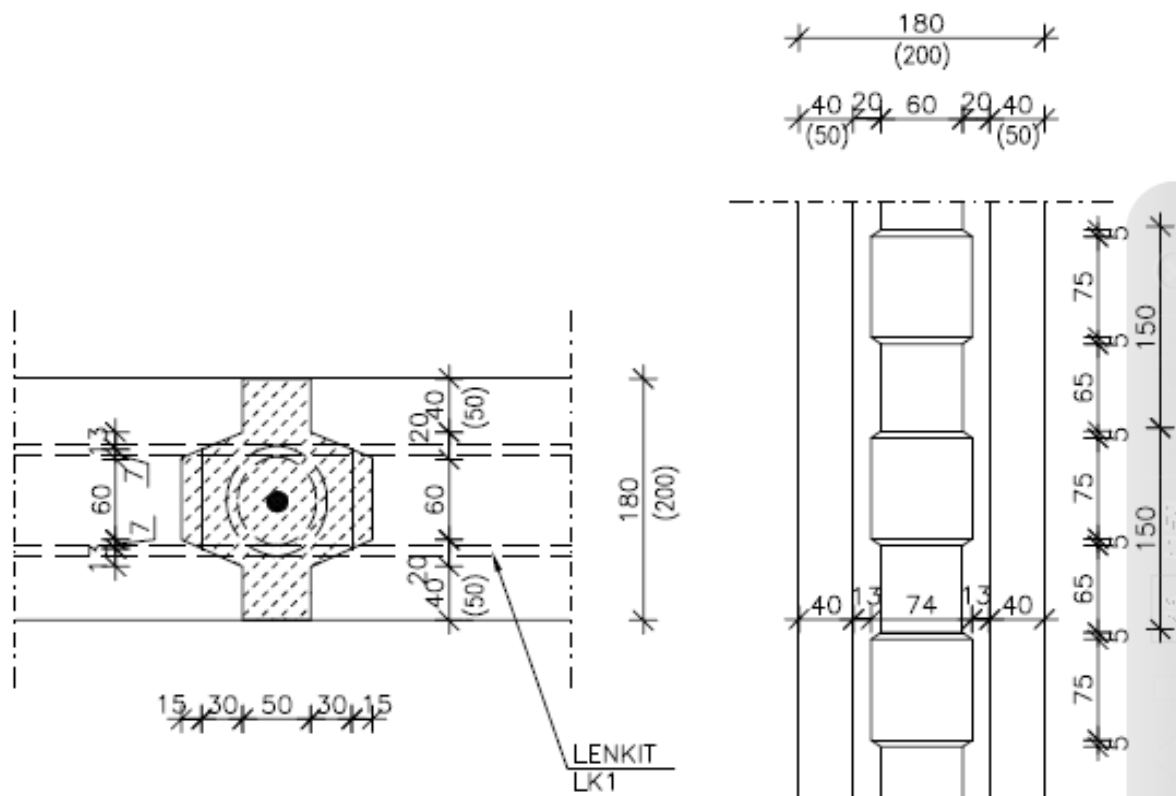
mittakaava 1:5



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.

	Sisältö KANTAVIEN JA JÄYKISTÄVIEN VÄLISEINIEN LIITOS (BETONIVAARNA + LENKIT) PYSTYVÄLU	
Suunnittelija	Työn nro	DV503
	Päiväys	

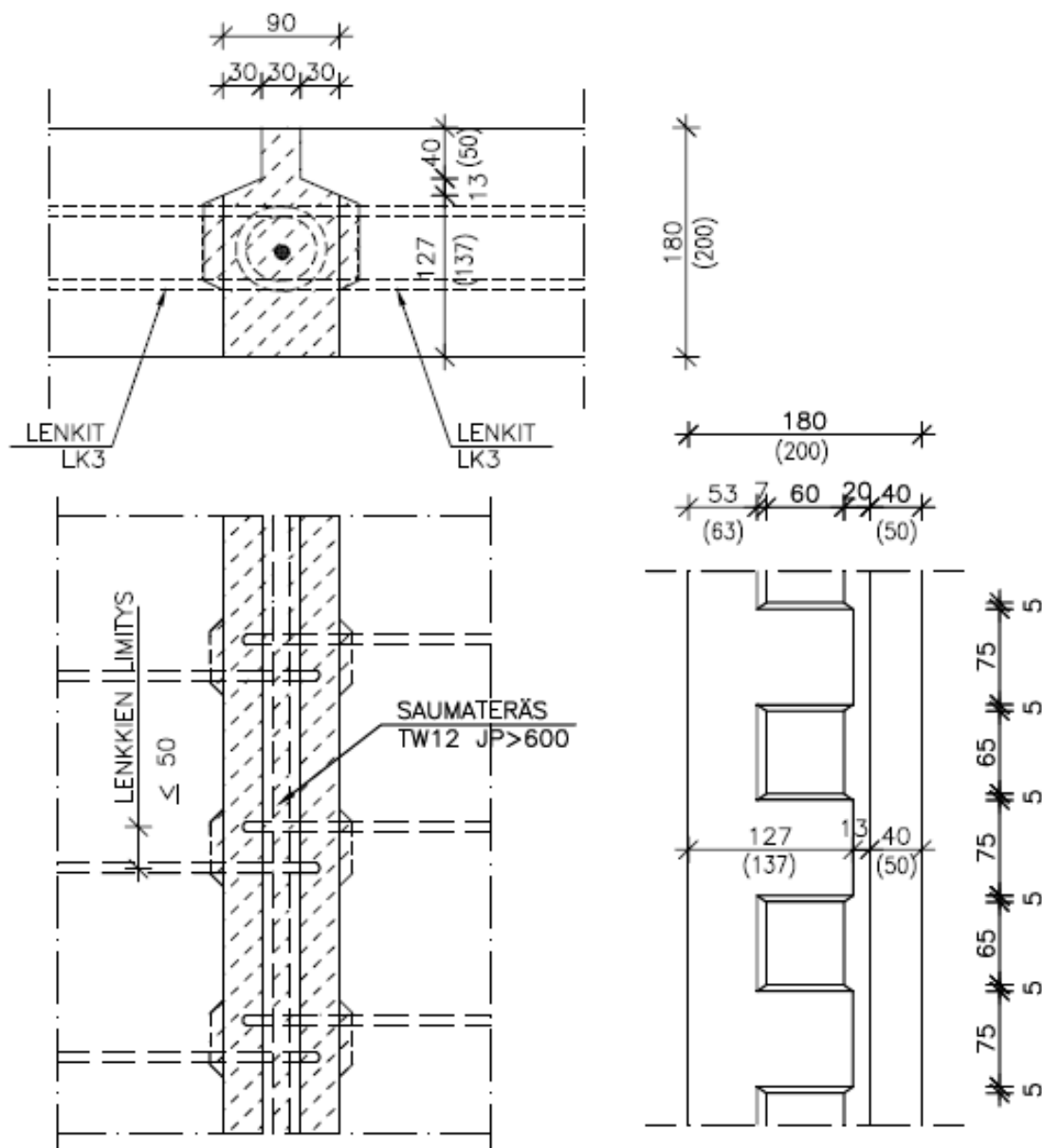
mittakaava 1:5



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.

	Sisältö KANTAVIEN JA JÄYKISTÄVIEN VÄLISEINIEN LIITOS (BETONIVAARNA + LENKIT) PYSTYSAUMAPUMPPAUS	
Suunnittelija	Työn nro	DV504
	Päiväys	

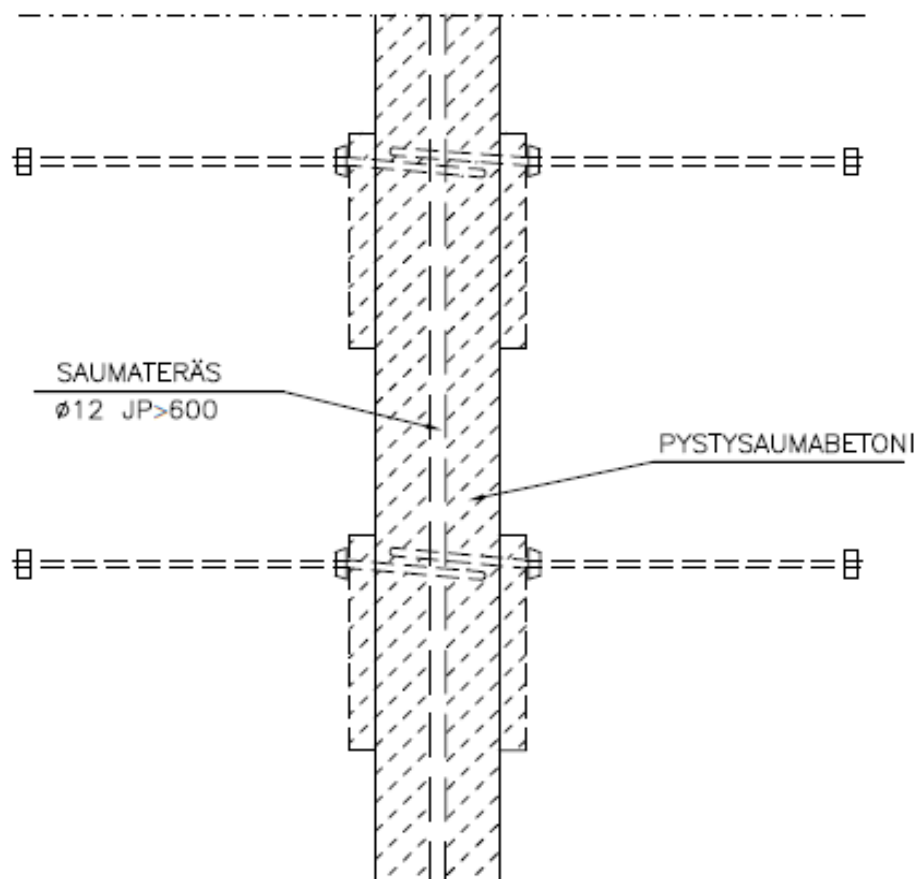
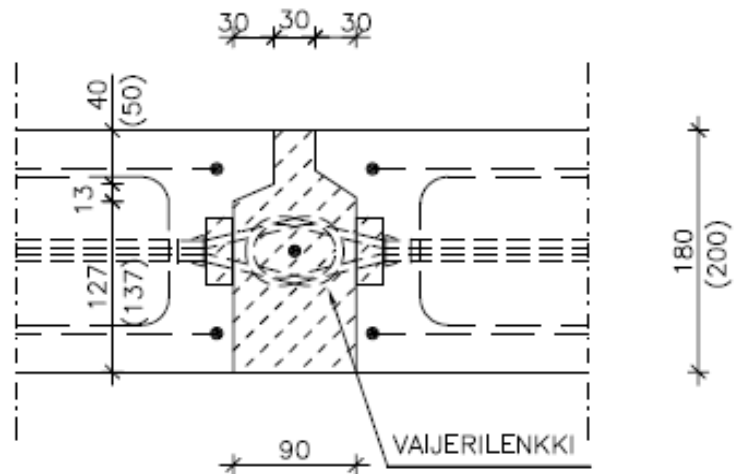
mittakaava 1:5



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.

	Sisältö JÄYKISTÄVÄT SEINÄT, BETONIVAARNA, VAIJERILENKIT	
Suunnittelija	Työn nro	
	Päiväys	Tekijä
	DV507	

mittakaava 1:5

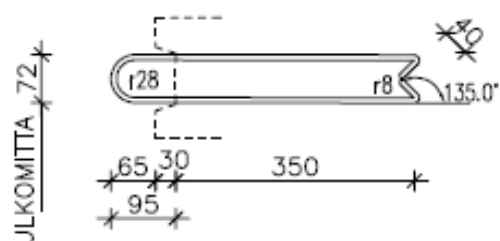


	Sisältö SEINÄELEMENTTIEN LENKKILIITOSTEN TERÄSVAARNAT	
Suunnittelija	Työn nro	DV508
	Päiväys	

mittakaava 1:10

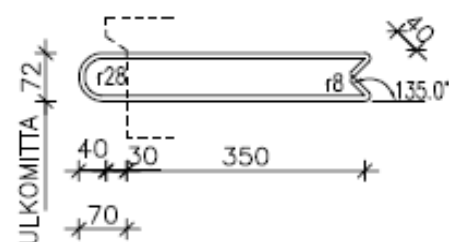
LK1

TERÄS Ø8 S235JR



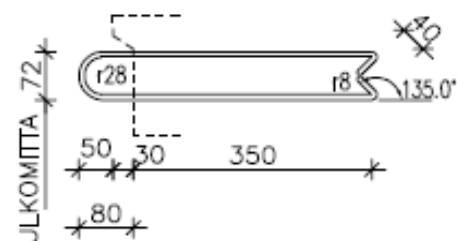
LK2

TERÄS Ø8 S235JR



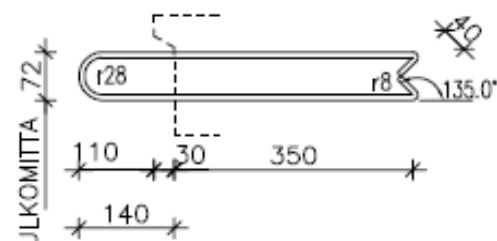
LK3

TERÄS Ø8 S235JR



LK4

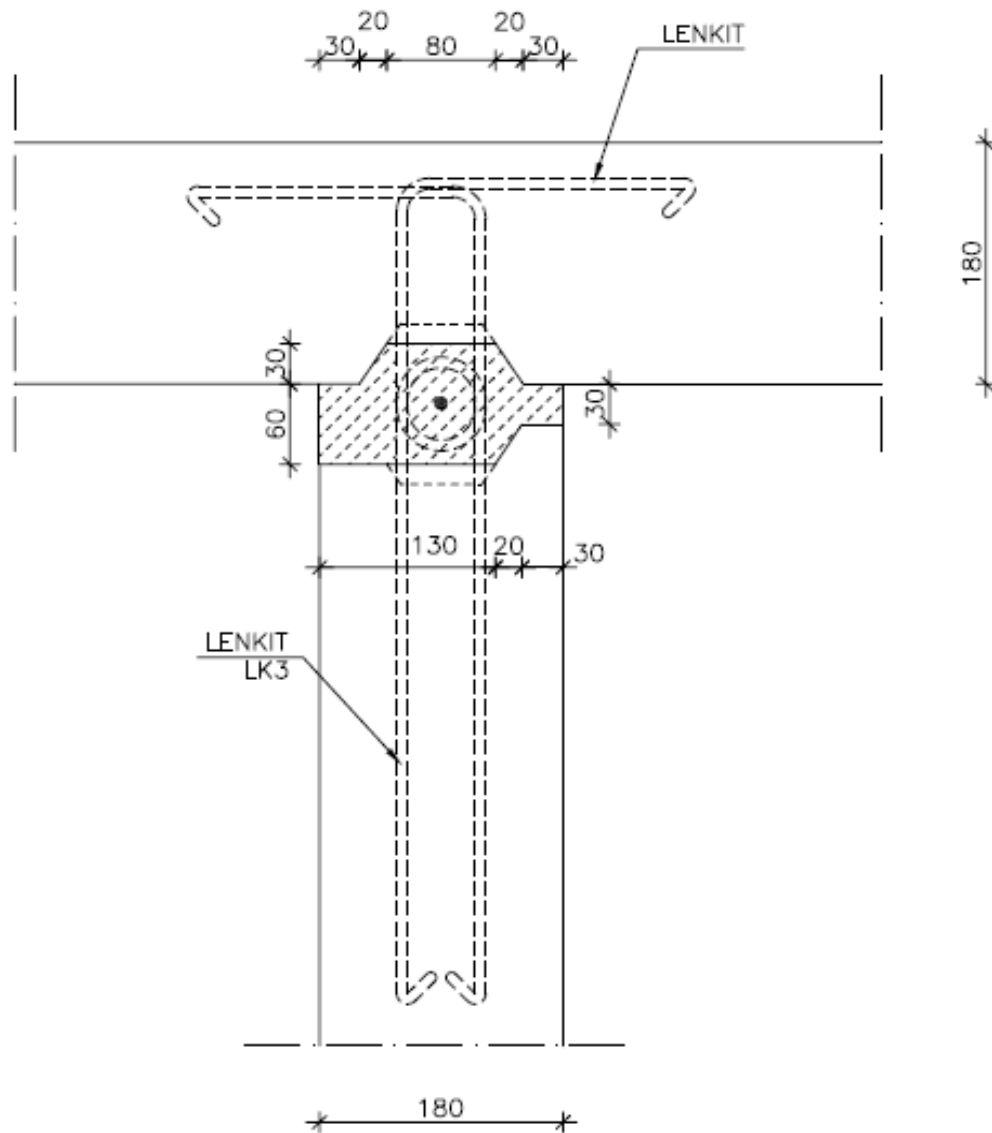
TERÄS Ø8 S235JR



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.

	Sisältö KANTAVIEN JA JÄYKISTÄVIEN VÄLISEINIEN LIITOS, (BETONIVAARNA + LENKIT), PYSTYSAUMAPUMPPAUS	
Suunnittelija	Työn nro	DV513
	Päiväys	

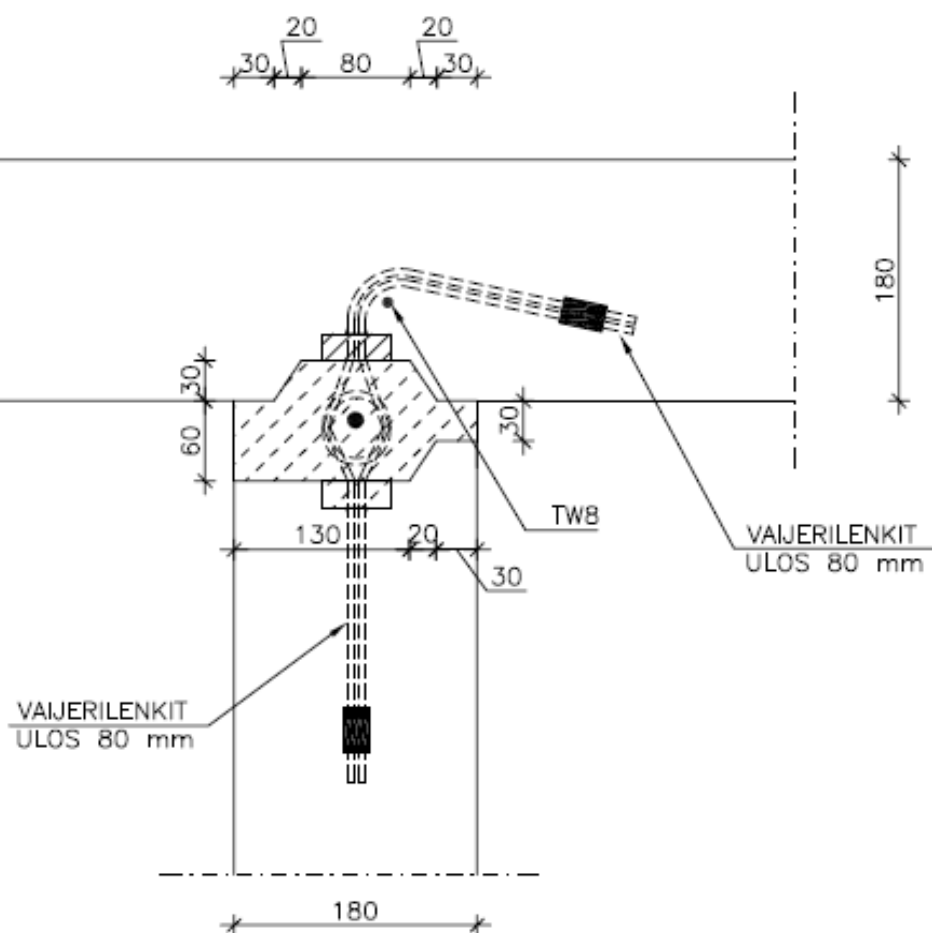
mittakaava 1:10



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.

	Sisältö KANTAVIEN JA JÄYKISTÄVIEN VÄLISEINIEN LIITOS, (BETONIVAARNA + VAJERILENKIT) PYSTYSAUMAPUMPPAUS	
Suunnittelija	Työn nro	DV514
	Päiväys	

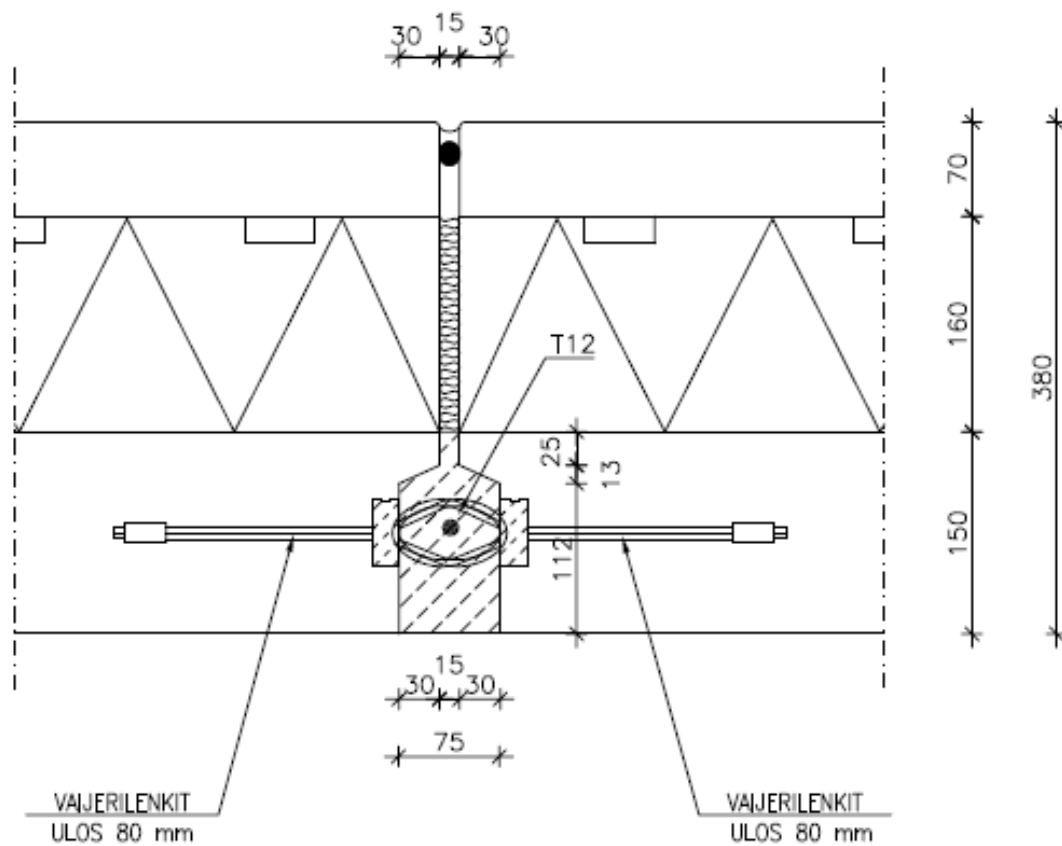
mittakaava 1:5



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.

	Sisältö		DS501
	KANTAVIEN ULKOSEINÄELEMENTTIEN LIITOS, BETONIVAARNA + VAJERILENKIT		
Suunnittelija	Työn nro		
	Päiväys	Tekijä	

mittakaava 1:5

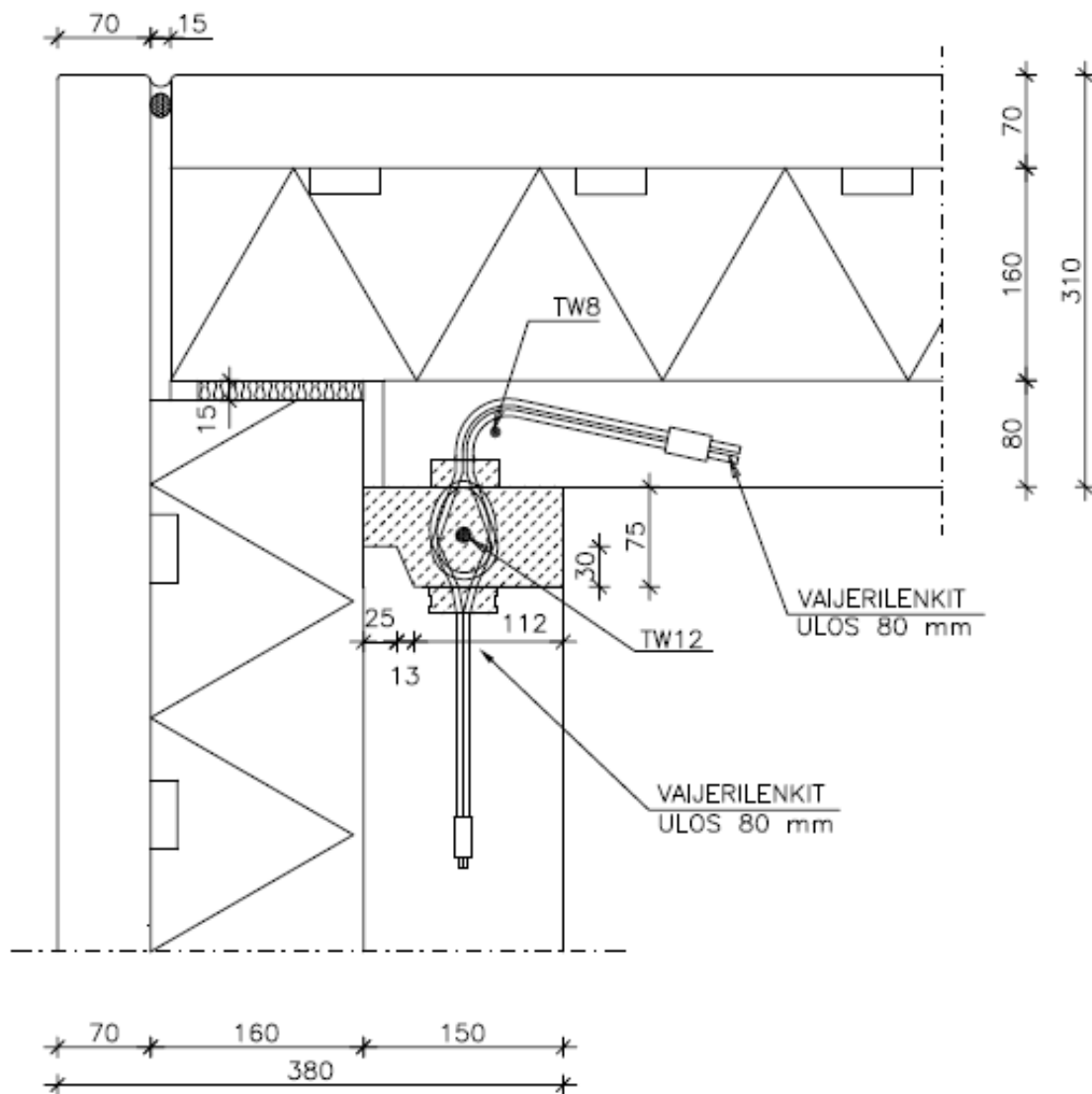


MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.



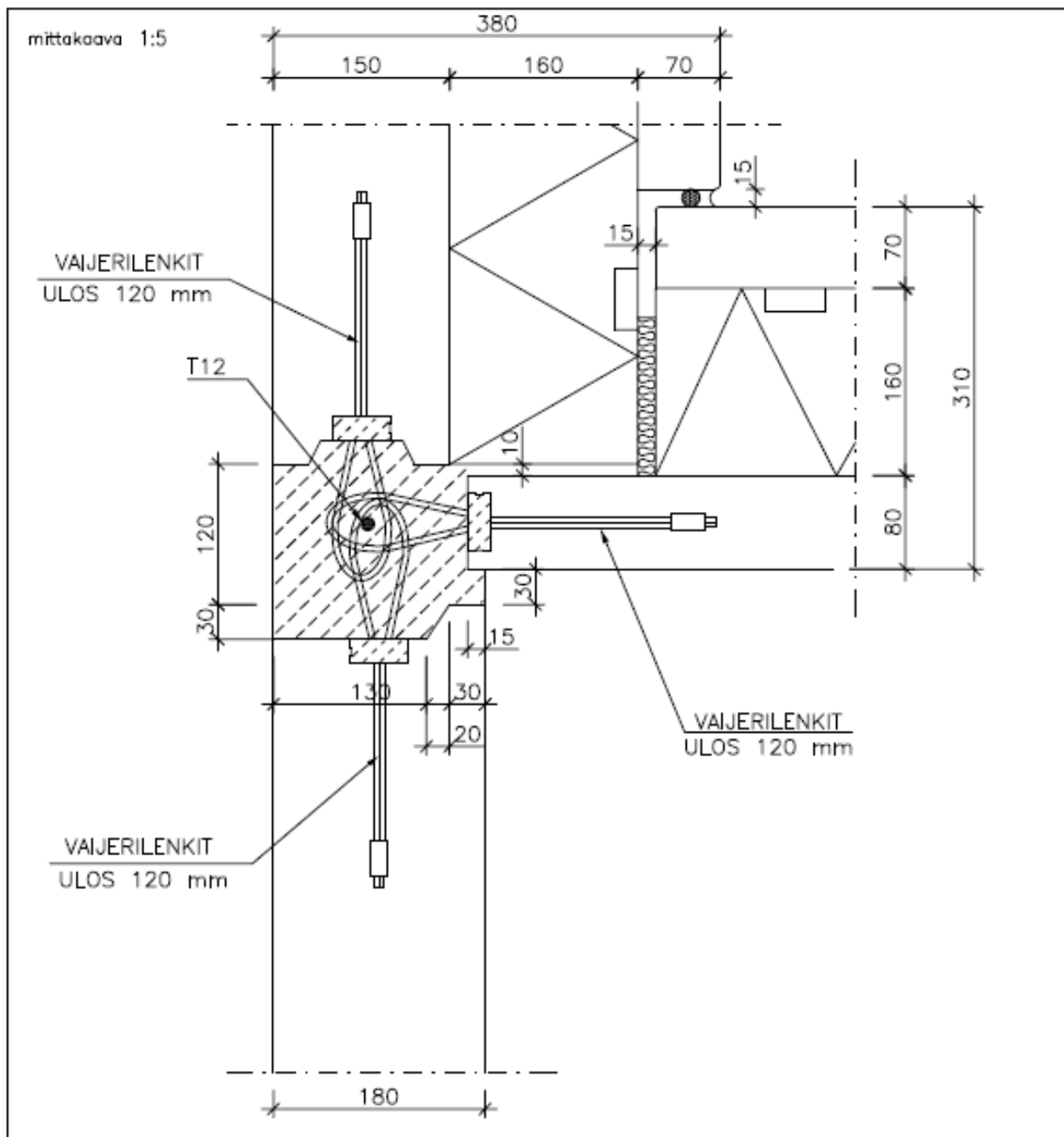
		Sisältö KANTAVAN JA EI-KANTAVAN ULKOSEINÄ- ELEMENTIN LIITOS	
Suunnittelija	Työn nro		DS502
	Päiväys	Tekijä	

mittakaava 1:5



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.

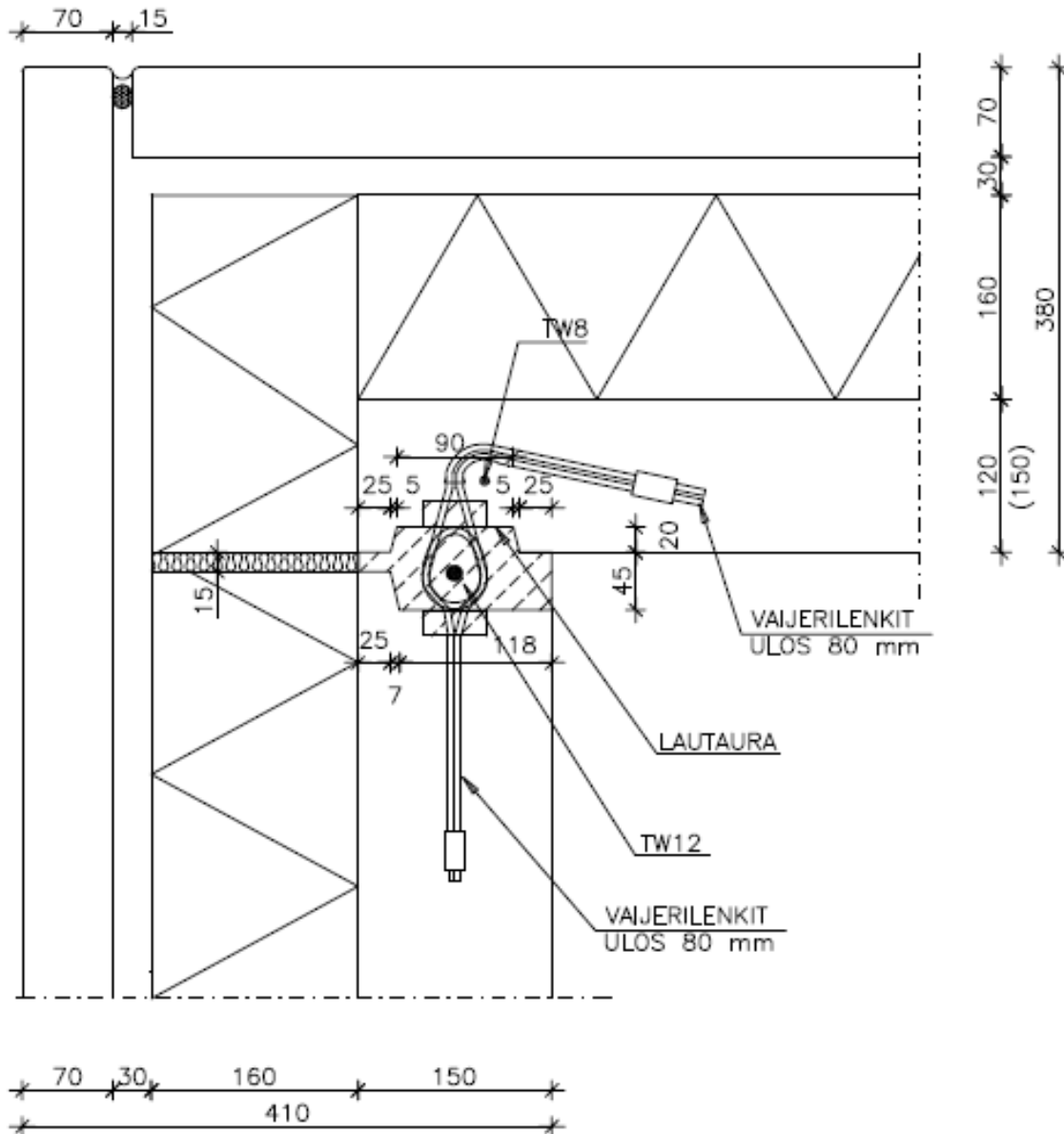
		Sisältö KANTAVAN JA EI-KANTAVAN ULKOSEINÄ- ELEMENTIN LIITOS (SISÄNURKKA)	
Suunnittelija	Työn nro		DS503
	Päiväys	Tekijä	



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.

	Sisäkö KANTAVAN JA EI-KANTAVAN SISÄKUORIELEMENTIN ULKONURKAN VAIJERILENKKILIITOS	
Suunnittelija	Työn nro	
	Päiväys	Tekijä
DSK501		

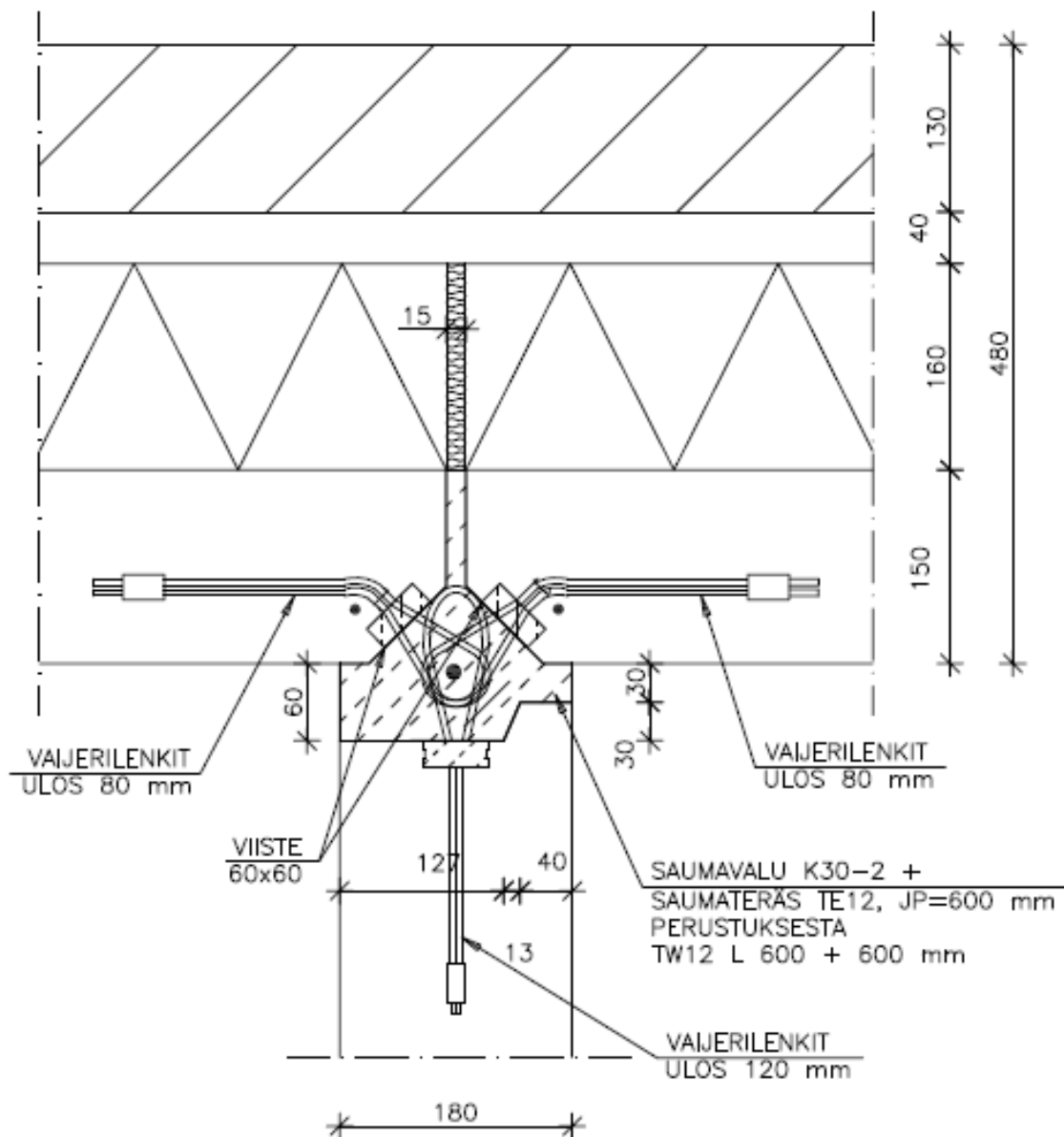
mittakaava 1:5



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.

		Sisäkä KANTAVIEN SISÄKUORIELEMENTTIEN JA VÄLISEINÄN VAJERILENKKILIITOS TIILIJULKISIVU	
Suunnittelija	Työn nro		DSK510
	Päiväys	Tekijä	

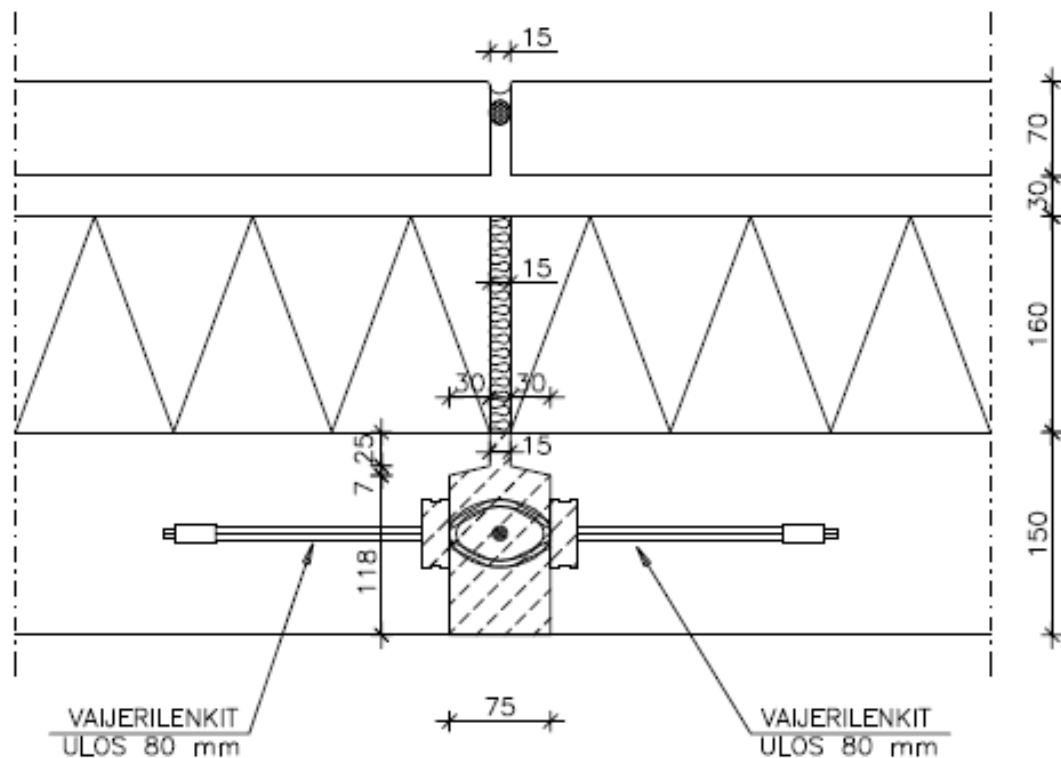
mittakaava 1:5



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.

	Sisäkkö KANTAVIEN SISÄKUORIELEMENTTIEN VAJERILENKKILIITOS	
Suunnittelija	Työn nro	DSK520
	Päiväys	

mittakaava 1:5



MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO						TUNNUS:	
RY	PO	MAT/TAR	TYYPPI	KOKO	LAATU	MÄÄRÄ	HUOM.