

Opinnäytetyö (AMK)
Insinööri, rakennustekniikka
2019

Ville Vihola

KULJETINSILTOJEN RAKENNERATKAISUT



OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Insinööri, rakennustekniikka

2019 | 60 sivua, 9 liitesivua

Ville Vihola

KULJETINSILTOJEN RAKENNERATKAISUT

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia kuljetinsiltojen suunnittelemisesta kattava tietopaketti, jonka avulla pääsee nopeasti selvyyteen kuljetinsiltojen rakenneratkaisuista. Tietopaketista löytyy suurimmaksi osaksi kaikki tarvittava informaatio, jonka avulla voidaan lähteä suunnittelemaan kuljetinsiltoja. Opinnäytetyön osuudeksi on rajattu kuljetinsiltojen suunnittelun teoriaosuus, jossa tarkastellaan kuljetinsiltojen suunnittelun periaatteita.

Näkökulmaksi tulevaan ohjeeseen otettiin kokeneen suunnittelijan näkökulma, yli 20 vuotta teräsrakennesuunnittelua. Tietopaketin laadinnassa on lähdetty liikkeelle suunnittelua ohjaavien standardien vaatimuksista, lisäämällä siihen yrityksen omat rakenneratkaisut.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kuljetinsiltasuunnitteluohjeistus ja itse opinnäytetyö on sen teoriaosuuden perusteet, ohjeistusta kehitetään jatkossa pidemmälle ja päivitetään suunnittelurakenteen muuttuessa. Kuljetinsiltojen rakenneratkaisuista on tehty erillinen tiedosto, johon on kerätty eri yksityiskohtien rakenneratkaisuja sekä referenssiprojekteja, joita voi ottaa pohjaksi aloitettaessa uutta projektia.

Opinnäytetyössä käsitellään aiheita, esimerkiksi miten kuljettimen jalat kiinnitetään perustuksiin ja miten jalat kiinnittyvät kuljetinsiltaan, kuljetinsillan lohkojen kiinnitys toisiinsa, miten kuljetinsilta katetaan ja verhoillaan, minkälaisia kiinnitystarvikkeita käytetään kokoonpano- ja asennusvaiheissa, kuljetinsiltaristikon sekä jalkojen pinta- ja esikäsitely terästyövaiheessa ja sen jälkeen, mitä asioita otetaan huomioon luotaessa toteutuseritelmää kuljetinsiltarakenteen valmistus- ja asennusvaiheeseen.

ASIASANAT:

SFS EN-1090, kuljetinsilta, teräsrakenteet

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Construction engineering

2019 | number of pages 60, number of pages in appendices 9

Ville Vihola

THE STRUCTURAL SOLUTIONS OF A CONVEYOR BRIDGE

The starting point for this thesis was to compile an information package that contains most of the necessary information to start designing conveyor bridges, for example, when a new design office or a new designer begins to design conveyor bridges. Normally, a lot of time is spent on teaching to get started in the design process, and also during the design process. The purpose of the information package is to reduce the amount of time the design supervisor spends on guiding the design, so you get the right solutions to every detail right away without making unnecessary changes.

The aim of this thesis was to compile as comprehensive information package as possible to quickly outline the structural solutions of the BMH Technology Oy conveyor bridges, for example, how to attach the legs of the conveyor to the foundation and during installation, the surface treatment and pre-treatment of truss bridges and legs during and after the steelwork.

The thesis is mainly theoretical and discusses the basis on which different solutions have been built. A separate file of the structural solutions of the conveyor bridges was created, containing various structural designs and reference projects that can be used as a starting point when starting a new project.

KEYWORDS:

SFS EN-1090, conveyor bridge, steel structures

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	10
1.1 Työn tavoitteet	10
2 KULJETINSILTA	13
2.1 Siltaristikon rakenneratkaisut	13
2.2 Lohkoliitosten rakenneratkaisut	19
2.3 Kuljetinsillan tuenta	24
2.4 Kuljetinsillan tukijalat	24
2.5 Verhoilu	30
3 KIINNITYSTARVIKKEET	35
4 KULJETINSILTOJEN PINTAKÄSITTELY	41
5 SILTARISTIKON CE-MERKINTÄ EN 1090-1	44
6 TOTEUTUSERITELMÄ	45
7 LUJUUSTARKASTELU	49
8 SILTARISTIKOIDEN SUUNNITTELU	56
9 LOPUKSI	57
LÄHTEET	59

LIITTEET

Liite 1. Profiiliraporttiesimerkki.

Liite 2. Umpipalo-ovi esimerkki 1-lehtinen EI₂60.

Liite 3. Lohkosauman pulttiliitoksen laskentaesimerkki.

Liite 4. Jalan lohkosauman pulttiliitoksen laskentaesimerkki.

TAULUKOT

Taulukko 1. Ristikon hitsien a-mitat.	16
Taulukko 2. Rakenneputkien nurkkien pyöristykset.	18
Taulukko 3. Ristikkorakenteen liitostyyppejä.	19
Taulukko 4. Nimellisvälykset ruuveille ja niveltapeille.	22
Taulukko 5. Poimulevyjen limitykset kattokaltevuuksittain.	36
Taulukko 6. ilmastokorroosiovaikutusluokat.	41
Taulukko 7. maaliyhdistelmät hiiliteräkselle korroosiorasitusluokkaan C3.	42
Taulukko 8. maaliyhdistelmät hiiliteräkselle korroosiorasitusluokkaan C4.	42
Taulukko 9. maaliyhdistelmät hiiliteräkselle korroosiorasitusluokkaan C5.	43
Taulukko 10. Toteutusluokat.	46
Taulukko 11. Seuraamusluokkien määrittely.	47
Taulukko 12. Esikäsittelyasteet.	48

KUVAT

Kuva 1. Yrityksen nimet tähänastisen historiansa aikana.	11
Kuva 2. Siltaristikko hitsausvaiheessa konepajalla.	14
Kuva 3. Tyypilliset ristikkotyypit.	15
Kuva 4. Vapaavälin määritelmä.	15
Kuva 5. Ristikon Diagonaalisauvojen esikäsittelypiirustus.	15

Kuva 6. Rakenneputkien jatkoliitoksia.	21
Kuva 7. Kuljetinsillan nivelliitos asennuksen jälkeen.	22
Kuva 8. Lohkoliitoksen yläpaarteiden kiinnitys toisiinsa.	23
Kuva 9. Kuljetinsillan nostokorva.	23
Kuva 10. Jalan yläpään asennus kuljetinsiltaan ja jalan yläpalkki sekä haarukka.	26
Kuva 11. Jalan yläpään asennus kuljetinsiltaan sekä jalan yläpalkki ja haarukka.	26
Kuva 12. Lohkotettu jalkarakenne. Jalan alapää vielä ilman jälkivalua.	27
Kuva 13. Putkien laippaliitos.	28
Kuva 14. Jalan alapää kiinnitettynä perustuspuittiryhmään sekä jälkivalu.	28
Kuva 15. Nostolohkojen nostoa paikalleen.	29
Kuva 16. Sillan liukujalkasovellus.	30
Kuva 17. Palo-ovi kuljetinsillan vetopäässä.	31
Kuva 18. Umpikuljetinsilta, kulkutaso sekä hihnakuljetin.	32
Kuva 19. Avosilta ovilla varustettuna.	34
Kuva 20. Poimulevyjen sivuttaislimityksen tiivistys ja kiinnitys.	37
Kuva 21. Poimulevyjen sivuttais- ja jatkolimitys käytettäessä vesiuratonta poimulevyä.	37
Kuva 22. Poimulevyjen sivuttais- ja jatkolimitys käytettäessä vesiurallista poimulevyä.	37
Kuva 23. Poimulevyn jatkoslimitys.	38
Kuva 24. Poimulevyn jatkoslimitys.	39
Kuva 25. Poimulevyn jatkoslimitys, jossa liikevara.	39
Kuva 26. Kiinnikkeet.	40

KÄYTETYT LYHENTEET

AutoCad	Autodeskin tekemä rakenteiden suunnitteluohjelmisto
Aton	tuotetiedon hallintajärjestelmä PDM-järjestelmässä olevien CAD-materiaalien hallintaan ja muokkaukseen sekä tiedon jakamiseen verkostoissa; toimii tuotehallinnan ytimenä integroitumalla yrityksen eri järjestelmiin ja jakamalla olemassa olevaa dataa niiden kaikkien tarpeisiin
CE	vaatimustenmukaisuus
CEN	European Committee for Standardization
EN-standardi	Eurooppalainen CEN-järjestön julkaisema standardi
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
SFS-standardi	suomalainen SFS-järjestön julkaisema standardi
DWG	Tiedostomuoto, jota käytetään kaksi- ja kolmiulotteisten CAD-tietojen tallentamiseen, drawing
FEM	elementtimenetelmä, numeerinen rakenteiden analysointimenetelmä, Finite element method
Robot Structural Analysis	Autodeskin rakenteiden analysointiin ja mitoitukseen kehitetty elementtimenetelmään perustuva FEM-ohjelmisto
ISO	kansainvälinen standardisointijärjestö
ISO-standardi	kansainvälinen ISO- järjestön julkaisema standardi
toteuseritelmä	asiakirjat, jotka sisältävät kaiken tarvittavan tiedon teräsrakenteen valmistusta ja asennusta varten (EN 1090-2)
toteutusluokka	määrittää toteutusta koskevia vaatimuksia, suunnittelijan välittämä tieto toteuttavalle osapuolelle (EN 1090-2)

CC	seuraamusluokka
EXC	toteutusluokka
SI-järjestelmä	kansainvälinen mittayksikköjärjestelmä
kokoonpanoeritelmä	asiakirjat, jotka sisältävät kaiken tarvittavan tiedon rakenteellisen kokoonpanon valmistusta varten (EN 1090-2)
nimike	PDM Aton -järjestelmän nimike materiaalille, osalle, suunnittelutiedostolle tai piirustukselle
TRY	teräsrakenneyhdistys, teräsrakenneyhdistys edistää metallirakenteiden käyttöä tiedottamalla ja markkinoimalla sekä vauhdittamalla alan tutkimus- ja kehitystyötä ja koulutusta
paarre	kuljettimen pituussuuntainen palkki
diagonaali	paarteiden välissä oleva vinopalkki
tuulikehä	jalkojen kohdissa oleva ristikon ympäri kulkeva kehä, joka vahvistaa ristikkoa ja siirtää tuulen aiheuttamia voimia ristikosta jalkoihin ja perustuksiin
rullastojuoksu	palkki johon hihnakuljettimen rullapukit kiinnitetään
nivelkiinnike	kiinnike siltalohkojen toisiinsa liittämistä varten
avosilta	kuljetinsilta, jossa on erillinen ristikkorakenne kuljettimelle ja hoitotaso tai hoitotasot ovat ristikkorakenteen ulkopuolella
umpisilta	kuljetinsilta, jossa on yhteinen ristikkorakenne kuljettimelle ja hoitotasolle. Hoitotasot ovat ristikkorakenteen sisäpuolella
jalan yläpalkki	palkki, joka sijaitsee jalkojen päällä poikittain. Sen avulla jalka kiinnitetään kuljetinsiltaan
jalan haarukka	osa, joka on kiinteästi kiinni siltaristikon alla ja johon jalan yläpalkki kiinnitetään

lohkosauma	on kahden erillisen siltalohkon välinen liitos, joka tehdään joko nivel tai laippakiinnityksellä
paloseinä	on paloa hidastava seinärakenne kuljetinsillan sisällä
savunpoistoluukku	savunpoistoluukun avulla savu päästetään pois kuljetinsillasta mahdollisen tulipalon jälkeisessä tuuletuksessa

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tietopaketti uusien hihnakuljetinsuunnittelijoiden ohjeistamisessa BMH:n tapaan tehdä kuljetinsiltoja. Tavoitteena oli tehdä mahdollisimman kattava tietopaketti, jonka avulla pääsee nopeasti selvyyteen kuljetinsiltojen rakenneratkaisuista, käytettävistä standardeista, komponenteista, piirustuksiin sisältyvistä ohjeista sekä kuljetinsiltakomponenttien mitoitusperusteista ja valinnoista erilaisiin siltatyyppeihin.

Työn alussa aloitin käymään kuljetinsiltoja koskevaa teoriaa läpi lähinnä erilaisten standardeihin pohjautuvien vaatimusten ja omakohtaisen suunnittelukokemuksen perusteella. Tältä pohjalta aloin rakentamaan ohjeistusta ja keräämään tarvittavaa aineistoa työtä varten. Ohjeen ideana oli kartoittaa tarvittavat aineistot, mitä suunnittelija joutuu käyttämään kuljetinsillan suunnitteluprojektin aikana ja minkälaisia dokumentteja pitää luoda.

1.2 Yrityksen esittely

BMH Technology Oy toimittaa materiaalinkäsittelyjärjestelmiä lämpövoimalaitos-, kierrätyspolttoaine-, puu-, sellu- ja paperiteollisuuteen ympäri maailman. Yritys on aloittanut toimintansa Raumalla 1929. Historiansa aikana yrityksen nimi on vaihtunut useaan otteeseen (kuva 1), yrityksen pääkonttori ja omat tuotantotilat ovat kuitenkin toimineet koko historiansa ajan samalla Kaivopuiston alueella Raumalla. Ensimmäiset kuljetinlaitteet BMH Technology Oy on valmistanut 50-luvulla. Kierrätyspolttoaineen SRF (Solid recovered fuel) valmistusprosessi kierrätysmateriaalista on yrityksen päätuote, johon kuuluu materiaalin vastaanotto-, murskaus-, seulonta-, metallien erottelu-, PVC-erottelu-, varastointi- ja materiaalin syöttöprosessit esimerkiksi voimalaitoskattilaan. Kierrätyspolttoaineen valmistusprosessin tuotemerkki on TYRAN-NORRAURUS®.



Kuva 1. Yrityksen nimet tähänastisen historiansa aikana.

Nykyisin BMH konserni työllistää Suomessa, Ruotsissa, Puolassa ja Kiinassa noin 160 ihmistä, joista noin 140 Raumalla. BMH Oy:n liikevaihto vuonna 2012 oli 60 miljoonaa euroa. Pääkonttorissa Raumalla tapahtuu markkinointi, projektien johtaminen, laitossuunnittelu, laitesuunnittelu, asennussuunnittelu, hankinta, laadunvalvonta, logistiikkasuunnittelu ja jälkimarkkinointi. Osa laitteista valmistetaan omalla konepajalla Raumalla sekä osa alihankintana ympäri maailmaa. Varasto sijaitsee Rauman konepajan kanssa samalla alueella melko lähellä pääkonttoria. (BMH koulutusaineisto)

1.3 Hihnakuuljetin

Hihnakuuljetimet ovat näyttävimpiä yksittäisiä laitteita erilaisissa kiinteitä polttoaineita käyttävissä laitoksissa, kuten voimalaitoksissa ja sellutehtaissa. Kuuljetinsillat ovat kevyitä rakenteita, joista voidaan varsin kustannustehokkaasti valmistaa erittäin pitkiäkin rakenteita, satoja metrejä ja jopa useita kilometrejä pitkiä. Hihnakuuljetimella, jossa on siltaristikko, siirretään materiaalia yleensä pitkiä matkoja ja kuuljetin on sijoitettu korkealle maan pinnasta. Usein hihnakuuljetin lähtee maan pinnasta ja nousee korkealle esimerkiksi varasto- tai päiväsiilon yläpuolelle, jonne materiaali syötetään.

Kuuljetinsilta on tavallisesti suora ristikkorakenne, joka useimmiten nousee loivassa kulmassa purkaukokohtaan kohti. On myös putkihihnakuuljettimia, joiden hihna voi tehdä vaakasuuntaisia mutkia ja niidenkin kuuljetinsillat toteutetaan siltaristikoilla.

Kuljetinsilta on hihnakuljettimen kantava teräs rakenne, joka suojaaa kuljetinta ja kuljetettavaa materiaalia säiden vaikutuksilta. Kuljetinsilta on teräsprofiilista valmistettu ristikkorakenne, jonka sisällä on kuljetin ja hoitokäytävä. Kuljetinsilta on tuettu maahan jalokojen avulla. Kuljetinsillan ristikkorakenne on päällystetty profiilipelleillä, yleensä seinät ja katto, lattiassa on verkko tai vesikouru kuljettimen alapuolella.

On myös kuljetinsiltoja, jotka ovat lämpöeristetty sandwich-elementeillä, tällöin myös lattiassa on kiinteä pohja, jonka päällä on vesikouru kuljettimen alapuolella ja kuljettimen vieressä kulkee hoitokäytävä. Kuljetinsiltoja on kahta eri tyyppiä, avosilta, jossa hoitotaso on kuljettimen runkoristikon ulkopuolella ja umpisilta, jossa hoitotaso on kuljettimen runkoristikon sisäpuolella. Hihnakuljetin koostuu taittopäästä, lastausosasta, rullastajuoksuista joiden päällä on rullapukit, rullat ja hihna, sekä vetopäästä jonne materiaali kuljetetaan ja josta materiaali syötetään kohteeseensa.

Hihnakuljetin voidaan varustaa monella eri tavalla. Yleensä kuljetinsillassa on kaapelihyllyt, joita pitkin on vedetty sähkö- ja automaation tarvitsemat kaapelit. Useasti kuljetinsillan kuljettimen yläpuolelle on asennettu automaattisen sammutusjärjestelmän, paineilma- ym. putkistot, jotka kulkevat sillassa joko kuljettimen suojausta, puhdistusta tai huoltoa varten. Useasti erilaisia kaapeleita ja putkistoja on luonnollista viedä kuljetinsillan pitkin suojausta säältä. Näin vältetään myös kalliilta kaivuutöiltä.

2 KULJETINSILTA

2.1 Siltaristikon rakenneratkaisut

Kuljetinsiltaristikko on BMH:lla valmistettu RHS-profiileista, molemmissa päädyissä on kehät, joista siltalohkot liitetään toisiinsa. Jalan kohdalla on tuulikehä, jonka kautta tuulen aiheuttamat sivusuuntaiset voimat siirtyvät osittain jalkoihin ja niiden kautta perustuksiin. Siltaristikon sisälle asennetaan potkulistat hoitotasorituloita varten, ne hitsataan suoraan siltaristikoon kiinni. Kuljettimen tarvitsemat rullapukkien juoksut hitsataan siltaan valmiiksi varusteluvaihetta varten, normaalisti seinänpuoleinen juoksu hitsataan suoraan siltaristikoon kiinni ja hoitokäytävän puoleinen juoksu roikotetaan RHS-palkkien varassa.

Kuljetinsiltaristikkoja tehdään joskus myös siten, että hoitokäytävä on keskellä kuljetinsiltaa ja molemmilla reunoilla on hihnakuljettimien juoksut. Kuljetinsiltaristikoon tulee myös oviaukkoja, jotka sijaitsevat lähellä jalan kohtaa, koska jalkaa pitkin menee hätäpoistumisreitit maanpinnalle.

Kuljetinsiltalohkoissa on nostokorvat itse lohkon nostoa varten tai lisäksi kahden lohkon yhteisnostoa varten. Kuljetinsillan ensimmäisessä lohkoissa on runkoon hitsattuna taittorummun teline tai kiristyskelkan liukupalkisto, vain siinä tapauksessa, jos kuljetin on kokonaisuudessaan kuljetinsillan sisäpuolella. Viimeisessä kuljetinsiltalohkoissa on kiinnityskehys vetopäätä varten, johon tulee hihnakuljettimen käyttölaitteet.

Siltalohkojen hitsauskokoontapokuva sisältää yleishitsausohjeen, joka on erillinen piirustus, siihen on merkitty kriittiset alueet, joihin tehdään hitsien tarkastus joko ultra- tai röntgentutkimuksella. Ohjeessa on myös annettu sallitut virheet ristikon suorudelle ja sen ulkomitoille. Ohje antaa myös ohjeistuksen mihin kohtaan mahdolliset paarteiden jatkamiskohdat saa sijoittaa.

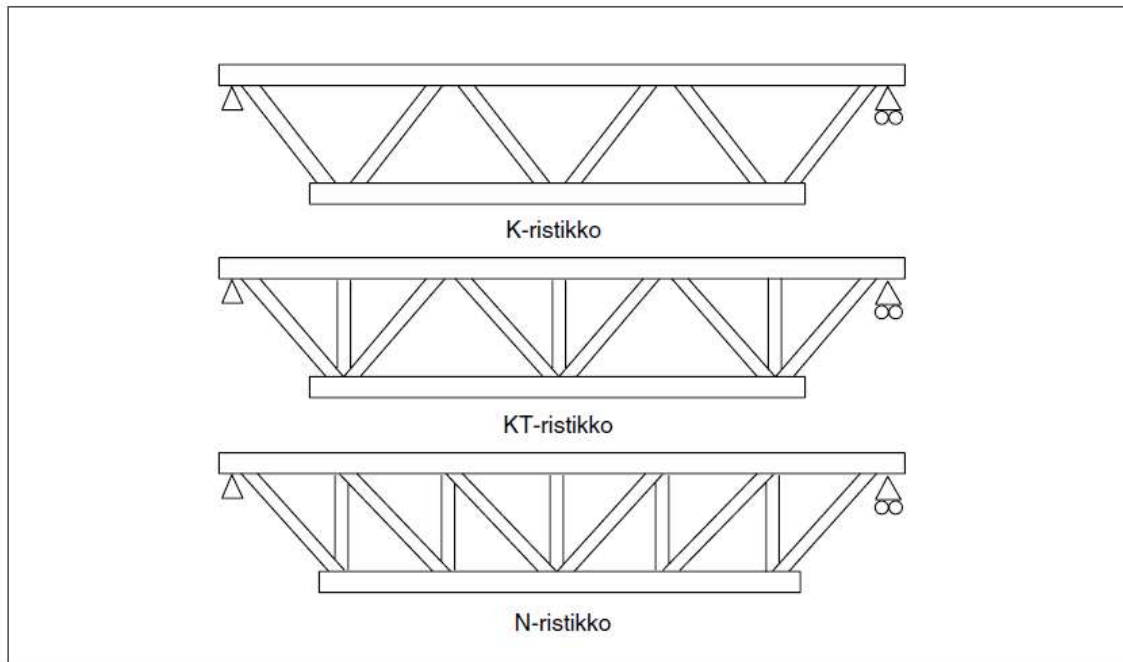
Teräsristikko koostuu paarteista ja uumasauvoista. Ristikko mitoitetaan yleensä siten, että uumasauvojen ja paarteiden väliset liitokset oletetaan nivellisiksi, jolloin uumasauvoissa on vain normaalivoimia. Paarteet puolestaan ovat jatkuvia rakenteita ja niiden mitoituksessa tulee ottaa huomioon taivutusmomentit. Rakenneputki toimii tehokkaasti

puristettuna ja vedettynä sauvana, joten ristikko on kevyt rakenne kantokykyynsä nähden (SSAB Domex -rakenneputket). Kuvassa 2 on siltaristikko hitsausalustalla odottamassa pintakäsittelyvaihetta.



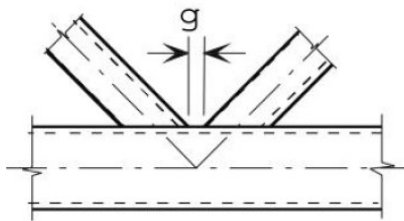
Kuva 2. Siltaristikko hitsausvaiheessa konepajalla.

Tässä osassa käsitellään ristikkorakenteen standardiin SFS-EN 1993-1-1 perustuvia ratkaisuja kuljetinsilloissa. Diagonaalijaot ynnä muu siltaristikoon liittyvä informaatio saadaan lujuuslaskennan kautta saatavan profiiliraportin mukaan (liite 1 profiiliraportti-esimerkki), joka antaa ristikon putkikoot ja ristikon diagonaalien määrän, sekä näyttää ristikkorakenteen diagonaalisauvojen sijainnit. BMH:lla käytetään pääasiassa K-ristikkoa kuljetinsilloissa, K-ristikko sekä muita ristikkovaihtoehtoja esitetty kuvassa 3, K-ristikko soveltuu hyvin pitkille jänneväleille, kun kuormat saadaan siirrettyä suoraan ristikon liitoskohtiin. K-tyyppin ristikoissa sauvojen määrä on pieni ja liitokset yksinkertaisia. Yläpaarten nurjahduspituus on kuitenkin suuri, mikä voi johtaa muita ristikkotyyppejä raskaampaan paarteeseen. K-ristikko on kuitenkin yksinkertainen ja edullinen valmistuskustannuksiltaan. (SSAB Domex -rakenneputket)



Kuva 3. Tyypilliset ristikkotyypit. (SSAB Domex -rakenneputket)

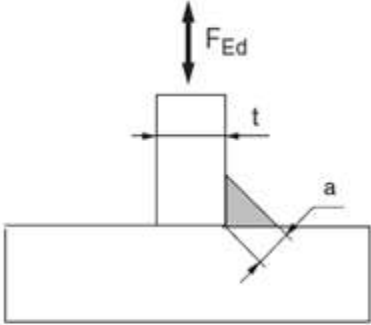
Siltaristikoiden diagonaalien vapaaväli on esitetty kuvassa 4. Tavoite ristikkosuunnittelussa on, että diagonaalisauvojen ja paarteiden keskilinjat kohtaavat solmukohtissa.



Kuva 4. Vapaavälin määritelmä. (SFS-EN 1993-1-8, 2005)

Taulukossa 1 on esitetty ristikon hitsien vaaditut a-mitat, eri seinämävahvuuksilla varustetuille rakenneputkille.

Taulukko 1. Ristikon hitsien a-mitat. (SSAB Domex -rakenneputket)

	Teräslaji	Myötölujuus ^{a)} f_y (N/mm ²)	Murtolujuus ^{a)} f_u (N/mm ²)	Hitsin a-mitta ^{b)}
	S235H	235	360	0,92·t
	S275H	275	430	0,96·t
	S355H	355	510	1,11·t
	S275NH	275	370	1,12·t
	S355NH	355	470	1,20·t
	S460NH	460	550	1,48·t
	S275MH	275	360	1,15·t
	S355MH	355	470	1,20·t
	S420MH	420	500	1,48·t
	S460MH	460	530	1,53·t

a) Taulukon mukaiset nimelliset lujuusarvot.
b) Kuitenkin vähintään $a \geq 3$ mm.

- Tämän taulukon arvot on laskettu Eurocoden osien EN 1993-1-1 ja EN 1993-1-8 suositusarvoilla $\gamma_{M0} = 1,0$ ja $\gamma_{M2} = 1,25$. Maakohtaiset vaatimukset on tarkastettava kyseisen maan kansallisesta liitteestä (= NA, National Annex).

- Taulukon a-mitat pätevät:

- kun liitettävään rakenneputkeen kohdistuu vain aksiaalista vetoa, puristusta ja/tai taivutusta
- kun hitsi kiertää liitettävän rakenneputken piirin ympäri
- kun liitettävä rakenneputki on samaa tai alemmaa lujuusluokkaa kuin viereinen rakenneos
- kun käytetään hitsausainetta, jonka myötölujuuden ja murtolujuuden minimiarvot vastaavat vähintään liitettävän rakenneputken vastaavia arvoja.

Ristikon RHS-putkille tehdään erillinen esikäsitteilypiirustus, jossa on annettu profiilien-katkaisupituudet ja kulmat, esikäsitteilypiirustus on yhtenevä siltalohkon osaluettelon kanssa ja se tulee jokaiseen siltaristikopiirustukseen erikseen. Esikäsitteilypiirustuksen detajji on esitetty kuvassa 5.

Muutos	Muutostapahtuma	Päiväys	Muuttaja	Tarkasti	Hyväksyi		
	Alteration	Date	By	Checked	Approved		
Osa Part	Materiaali Material	Kpl Pcs	L	A	B	C	Kuva Pict.
17	BAR. RECT. HOLLOW SECTION 90X90X5 EN10219-1 S355J2H	14	3313	44.5°	44.5°	90	3
18	BAR. RECT. HOLLOW SECTION 90X90X5 EN10219-1 S355J2H	4	3262	45.4°	45.4°	90	3
19	BAR. RECT. HOLLOW SECTION 90X90X5 EN10219-1 S355J2H	1	3212	46.3°	46.3°	90	3

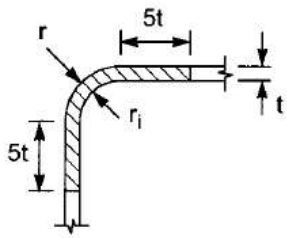
Kuva 5. Ristikon Diagonaalisauvojen esikäsittelypiirustus.

Ristikon diagonaalisauvat pyritään laittamaan mahdollisimman lähelle 45° kulmaa, kuitenkin aina vähintään 30° kulmaan ja jaotella tuulikehien väliin siten, että samanlaisia sauvoja tulisi mahdollisimman monta kappaletta, tämä helpottaa siltalohkon profiilien esikäsittelyvaihetta melkoisesti, kun ei tarvitse jatkuvasti vaihtaa putkisahan asetuksia.

Ristikon diagonaalisauvat sijaitsevat normaalisti keskellä parretta, on kuitenkin tilanteita, jossa diagonaalisauva on vietävä paarteen reunaan, asianomaisessa tapauksessa on hitsausseamit tarkistettava, niin hitsausmerkintöjen osalta piirustuksissa kuin myös valmistuksessa. Valmistuksen suhteen ei ole ongelmia, jos käytetään SSAB:n RHS-profiileita, koska SSAB:n RHS-profiilit on normalisoitu kylmämuovauksen jälkeen. Asia pitää tarkistaa ja varmistaa, jos käytetään jonkun muun toimittajan valmistamia profiileita.

SSAB:n kylmämuovautut SSAB-rakenneputket ovat hyvin hitsattavia myös nurkan alueella. Kylmämuovautun rakenneputken nurkan hitsaamiselle on esitetty ohjeita ja vaatimuksia Eurocoden osassa EN 1993-1-8. SSAB:n kylmämuovautut SSAB Domex -rakenneputket täyttävät kyseiset vaatimukset, joten niiden nurkkaa voidaan hitsata ilman erityistoimenpiteitä. Taulukossa 2 on esitetty rakenneputkien nurkkien pyöritykset.

Taulukko 2. Rakenneputkien nurkkien pyöritykset. (SSAB Domex -rakenneputket)

	r/t	r_i/t	Kylmämuovauksesta aiheutuva pinnan venymä (%)	Suurin sallittu paksuus ^{a)} (mm)
		≥ 26	≥ 25	≤ 2
	≥ 11	≥ 10	≤ 5	kaikki
	$\geq 4,0$	$\geq 3,0$	≤ 14	24
	$\geq 3,0$	$\geq 2,0$	≤ 20	12
	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	≤ 25	10
	$\geq 2,0$	$\geq 1,0$	≤ 33	6

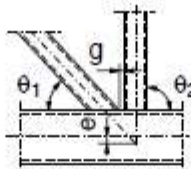
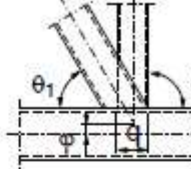
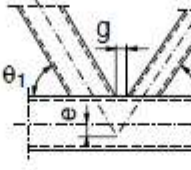
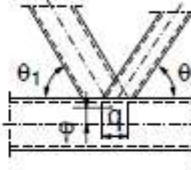
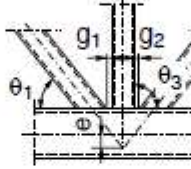
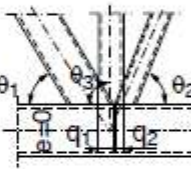
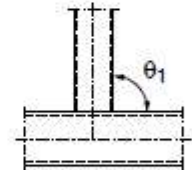
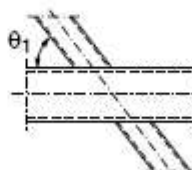
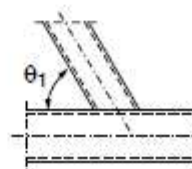
a) Kun käytetään täysin tiivistettyä terästä jonka Al $\geq 0,02$ %

Standardin EN 10219:2006 mukaiset kylmämuovautut rakenneputket jotka eivät täytä taulukossa esitettyjä ehtoja, katsotaan täyttävän kyseiset vaatimukset edellyttäen, että kaikki seuraavat ehdot toteutuvat:

- seinämänpaksuus on enintään 12,5 mm
- teräs on alumiiniitiivistetty vaatimuksen (a) mukaisesti
- teräslaji on jokin seuraavista: J2H, K2H, MH, MLH, NH tai NLH
- teräksen analyysi toteuttaa seuraavat ehdot: C $\leq 0,18$ %
P $\leq 0,020$ %
S $\leq 0,012$ %

Taulukossa 3 on esitetty yleisimmät ristikkorakenteen liitostyypit. Siltaristikoissa on yleisimmin käytetty N-, K-, ja NK-liitoksia.

Taulukko 3. Ristikkorakenteen liitostyyppiä. (SSAB Domex -rakenneputket)

Liitostyyppi	Vapaavälinen	Limitetty
N		
K		
KT		
T		
X		
Y		

2.2 Lohkoliitosten rakenneratkaisut

Siltalohkojen pituudet määräytyy pitkälti projektilayoutin, jalkojen sijoittelun ja lohkojen kuljetussuunnitelmien pohjalta, niiden perusteella tehdään lohkotuspiirustus, siihen merkitään kuljetus- ja nostolohkojen pituudet. Nostosuunnitelman pohjalta laitetaan

nostokorvat halutuille paikoilleen siltalohkoihin. Lohkotus suunnitellaan kuljetinsiltaan näiden tietojen pohjalta. Monesti tehdään kuljetuslohkot kuljettamista varten ja kuljetuslohkota peräkkäin laittamalla saadaan halutut nostolohkot, jotka nostetaan asennuspaikalla paikalleen.

Yleensä nostolohko on sama kuin kuljetuslohko pelkästään, tai kaksi kuljetuslohkota kiinnitettyinä toisiinsa, nostolohkon jänneväli voi olla jopa 45-50 m joissain erikoistauksessa, normaalisti jännevälit ovat 20-30 m. Syynä kuljetuslohkoihin on kuljetuksien hinnat ja kuljetusreitit, jotka eivät aina salli pitkiä kuljetuksia, joissain tapauksissa siltalohkot pitää mahtua merikontteihin, tällöin on yleensä kysymyksessä avosilta josta on hoitotasot poistettu molemmilta puolilta kuljetinta, kuljetuksen ajaksi.

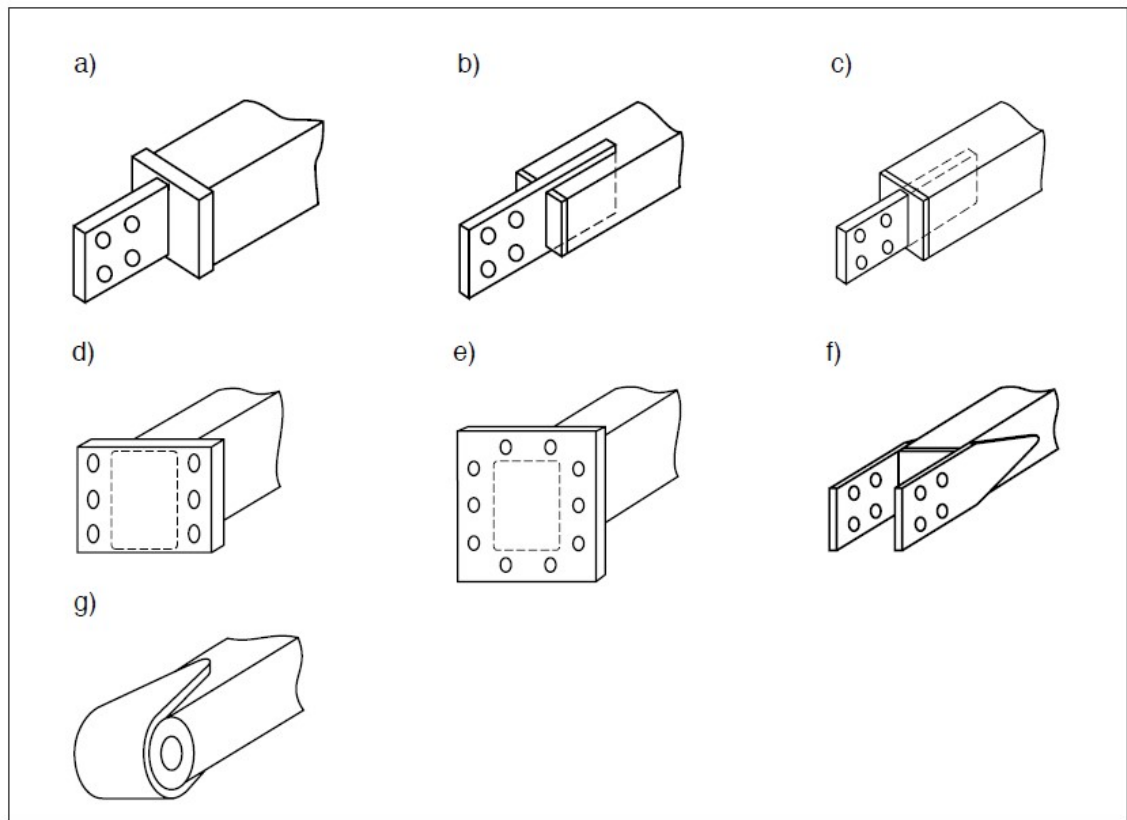
Lohkoliitoksissa BMH:lla on käytössä kaksi tapaa, laippaliitos, jossa kuljetinsillan päissä on kiinnityslaipat, joissa on reiät valmiina toisiinsa pulttausta varten, näitä käytetään pääasiassa kuljetuslohkojen liitoksessa, kun kuljetuslohkosta tehdään nostolohkoja. Nivel-liitoksia käytetään BMH:lla nosto lohkojen liitoksissa, ne nopeuttavat lohkojen asennusta asennustyömaalla merkittävästi, kun lohkojen päiden kohdistaminen toisiinsa ei ole yhtä tarkkaa kuin pulttaamalla tehdyissä liitoksissa ja pulttien reikiin kohdistusta on huomattavasti vähemmän.

Nivelkiinnityksen osista on piirustukset jokaiselle BMH Technology Oy:llä käytettävälle RHS-profiilille valmiina. Ne on mitoitettu niin että ne riittää lujuudeltaan BMH:n toimittamiin siltoihin ja niiden lujuudet varmistetaan vielä lujuuslaskentavaiheessa. Piirustukset on koottu koontipiirustukseen. Kyseisestä piirustuksesta valitaan aina tapauskohtaisesti oikeankokoinen nivelkiinnike. Nivelkiinnikkeitä on kahta eri mallia, raskaampi ja kevyempi kiinnike. Raskaammalle kuormitukselle tarkoitettuja kiinnikkeitä käytetään normaalisti vain umpisilloissa. Nivelkiinnikkeiden koontipiirustus sisältää myös yläpaarteessa käytetyt lukituslatat, joiden avulla siltalohkot sidotaan yhteen myös sillan sivusuunnassa.

Laippakiinnitteisen lohkoliitoksen suunnittelussa on paljon erilaisia variaatioita, koska siihen vaikuttaa monia eri tekijöitä. Esimerkiksi jos kuljetinsillasta tehdään eristetty, eriste on siltaristikon sisäpuolella jolloin pulttiliitoksia ei voida tehdä ristikon sisäpuolelle vaan ne on vietävä kokonaan ristikon ulkopuolelle. Laippaliitoksen pulttien määrä ja koko lasketaan standardin SFS-EN 1993-1-8 mukaisesti, lujuuslaskennasta saatujen lohkoliitokseen kohdistuvien voimien perusteella. Ruuvien reikien koko pitää täyttää

SFS-EN 1090-2 vaatimukset, niin vaadittujen reunaetäisyyksien kuin myös reikien nimellisvälyksien suhteen.

Liitoksen kannalta tärkeitä näkökohtia on kuormituksen siirtäminen mahdollisimman keskeisesti poikkileikkauksen suhteen ja liitoksen komponenttien tasainen jäykkyys. Vetokuormitettu liitos on siten parempi toteuttaa vaihtoehdoilla b, c, f tai g. Näissä liitoksissa vetokuormitus siirtyy suurempaa tietä rakenneputkille kuin a, d tai e kohdan liitoksissa, joissa on myös lamellirepeilyvaara. Laippaliitoksissa d ja e laipan paksuus on syytä valita riittävän suureksi, jotta laipan joustosta aiheutuvat ruuvien vipuvoimat pysyisivät pieninä. (SSAB Domex -rakenneputket)



Kuva 6. Rakenneputkien jatkoliitoksia. (SSAB Domex -rakenneputket)

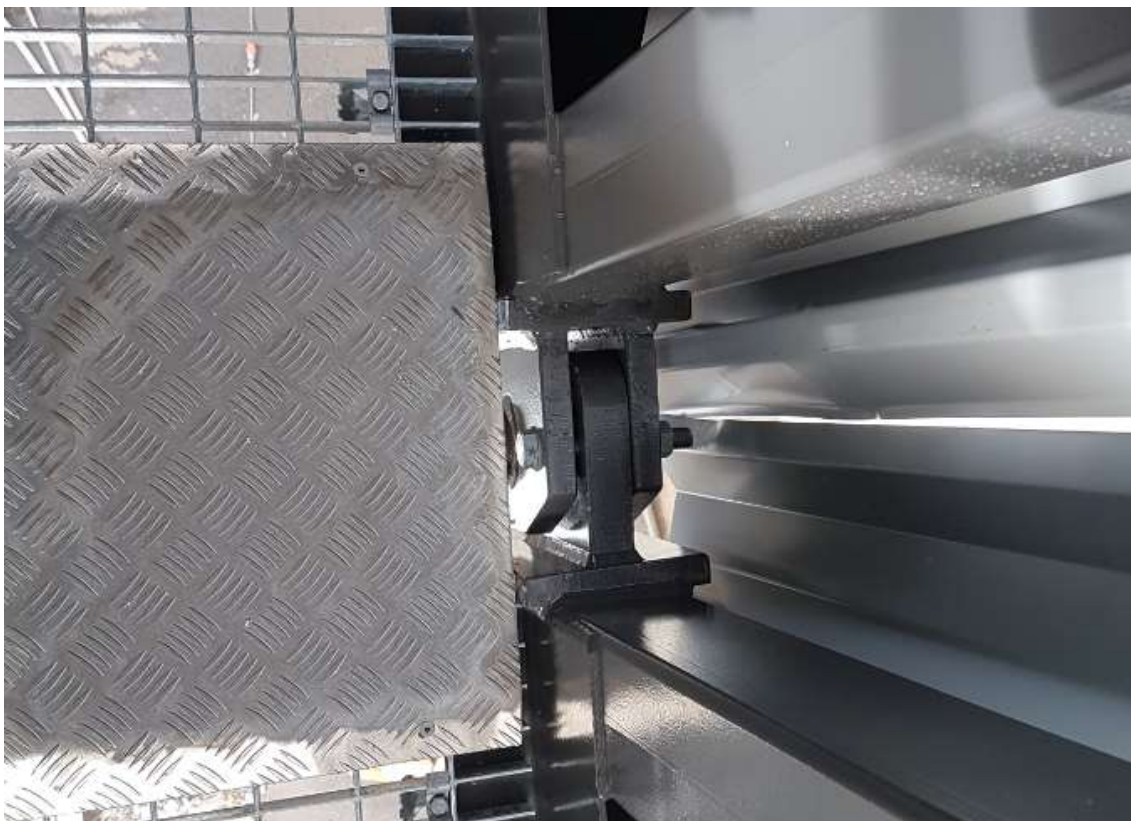
Taulukossa 4 on esitetty nimellisvälykset eri pulttihalkaisijoille. Nämä otetaan huomioon pulttien koon ja laipan levyvahvuuden laskennassa, esimerkkilaskelmat liitteissä 4 ja 5.

Taulukko 4. Nimellisvälykset ruuveille ja niveltapeille. (SFS-EN 1090-2)

Ruuvien tai niveltapin nimellishalkaisija (mm)	12 ^a	14	16	18	20	22	24	27 to 36 ^b
Normaalit pyöreät reiät ^c	1 ^{d e}		2				3	
Ylisuuret pyöreät reiät	3		4				6	8
Lyhyet pidennetyt reiät (koko pituudelle) ^f	4		6				8	10
Pitkät pidennetyt reiät (koko pituudelle) ^f	1,5 d							
^a Koskee myös alle 12 mm:n läpimittoja, ellei toisin esitetä.								
^b Koskee myös yli 36 mm:n läpimittoja, ellei toisin esitetä.								
^c Torneille, mastoille ja vastaaville sovellutuksille normaalien pyöreiden reikien nimellisvälystä pienennetään 0,5 mm, ellei erikseen toisin esitetä.								
^d Pinnoitetuille kiinnittimille 1 mm:n nimellisvälystä voidaan suurentaa kiinnittimen pinnoitteen paksuuden verran.								
^e Ruuveja, joiden nimellishalkaisija on 12 mm tai 14 mm, ja uppokantaisia ruuveja voidaan myös käyttää 2 mm:n välyksen rei'issä, jos niin esitetään.								
^f Pidennetyissä rei'issä ruuvien nimellisvälyksen tulee leveysuunnassa olla sama kuin normaaleilla pyöreillä rei'illä.								

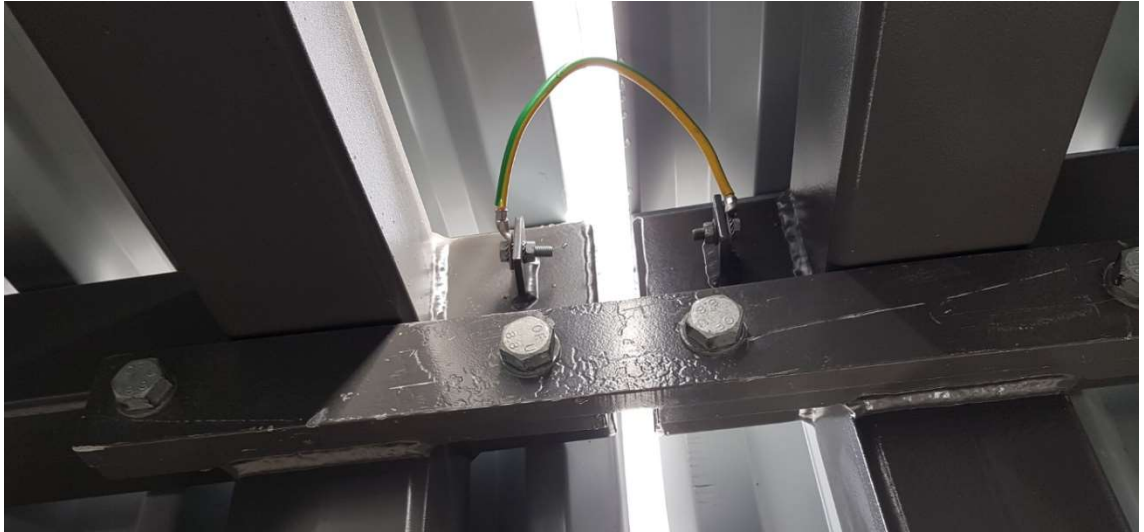
Kuvassa 7 on tyypillinen nivelliitos, jossa on käytetty alumiiniturkkilevyä jatkoskohdan asennusvälin peittämisessä.

Kuva 7. Kuljetinsillan nivelliitos asennuksen jälkeen.



Nivelliitoksella toteutetussa lohkoliitoksessa on siltalohkojen yläpäätt sidottu toisiinsa pulttavalla liitos osalla. Kuva 8.

Kuva 8. Lohkoliitoksen yläpaarteiden kiinnitys toisiinsa.



Nostokorvat pyritään sijoittamaan siltalohkojen sisäpuolelle, se helpottaa verhoilun tiivistystä, kun ei tarvitse tehdä aukkoja verhoilupellitykseen. Nostokorvat eivät myöskään kasvata lohkojen leveyttä, ollessaan ristikon sisäpuolella, lähinnä kuljetuksen näkökulmasta tarkasteltuna. Kuva 9.



Kuva 9. Kuljetinsillan nostokorva.

2.3 Kuljetinsillan tuenta

Kuljetinsilta, joka lähtee läheltä maan pintaa, on normaalisti tuettu ensimmäisen lohkon peräpäästä perustuslevyihin kiinni, tätä kohtaa sanotaan kuljetinsillan kiinteäksi pisteeksi, eli kuljetinsilta on tuosta pisteestä kiinteästi kiinnitetty alustaansa. Kuljetinsillan pituussuuntainen lämpöliike on hoidettu nivelillä varustettujen jalkojen avulla, sekä joissain tapauksissa lähellä veto- tai taittopäätä olevan liukujalan avulla. Liukutukia tulee yleensä yksi kappale per silta, normaalipituiseen siltaan, jonka pituus alle 500m, näin siltaan ei kohdistu ylimääräisiä kuormia lämpöliikkeistä, kun silta pääsee vapaasti pitenemään ja lyhenemään lämpötilojen vaihtuessa.

Jos kuljetinsilta on korkealla maanpinnasta esimerkiksi kahden kuljettimen risteyskohdassa, kuljetinsillan kiinteä piste toteutetaan normaalisti kolmijalan avulla, jossa kolmas jalka toimii vinotukena, pitämässä siltaa pystyssä pituussuunnassa ja ohjaamassa lämpöliikkeen kuljettimen pituussuuntaan. Esimerkki liukujalasta on kuvassa 18.

2.4 Kuljetinsillan tukijalat

Kuljetinsillan jalat kiinnittyvät kuljetinsiltaan nivelhaarukoiden avulla (kuvat 11 ja 12), jalan alapää kiinnitetään jalan perustuksessa olevaan pulttiryhmään (kuva 14). Jalan alapäässä on teräslevy, joka kiinnitetään perustuksessa olevaan pulttiryhmään ja samalla tehdään jalan korkeussäätö pulttiryhmän muttereiden ja perustuspultin avulla haluttuun korkotasoon, joka on nähtävissä kuljettimen asennuskuvassa. Kun jalat ja kuljetinsilta on asennettu kokonaisuudessaan oikeaan asemaansa ja korkotasoonsa, tehdään jalan perustuksen ja jalan teräslevyn väliin jälkivalu sementtimassalla, joka kovettumisen jälkeen on yhtä lujaa betonia kuin varsinainen jalan perustuskin. Näin varmistetaan, että jalkojen korkoasemat pysyvät muuttumattomina ja jalat ovat luotettavasti kiinni alustasaan.

A-jalkojen alapäiden teräslevyjen alle on hitsattu niin kutsuttu murtotappi, joka ottaa jalkojen alapäihin kohdistuvat leikkausvoimat vastaan, jolloin perustuspulttiryhmät eivät joudu niin koville rasituksille sen jälkeen, kun jälkivalut jalkojen alle on tehty. Kuljetinsilta, joka lähtee läheltä maan pintaa, esimerkiksi kun itse kuljetin tulee tunnelista maanpintaan ja jatkuu maanpinnasta ylöspäin kuljetinsiltana, kuljetinsillan ensimmäiset

jalat hitsataan perustuslevyyn korkeussäädön jälkeen. Näin menetellään siksi että perustuslevy kestää paremmin vaakasuuntaisia kuormia kuin pulttiryhmä, joka on ilman jälkivalua ennen kuin koko kuljetinsilta on asennettu paikoilleen.

Jalkojen kokoonpanokuva sisältää yleishitsausohjeen, joka on erillinen piirustus, siihen on merkitty millä menetelmillä hitsien tarkastus tehdään, joko ultra- tai röntgentutkimuksella. Jalkojen kohdalla jokainen hitsisauma tarkastetaan. Ohjeessa on myös annettu sallitut virheet jalkojen suorudelle ja ulkomitoille. Ohje antaa myös ohjeistuksen mihin kohtaan mahdolliset jalkaputkien jatkamiskohdat saa sijoittaa. Tämä ohje on jokaisen jalan kokoonpanokuvan osaluettelossa.

Perustuskuvasta saadaan perustuksen kiinnityslevyjen ja pulttiryhmien sijainnit ja niiden koot, tyypit sekä korkeusasemat, jotka on määritetty projektin layout vaiheessa laitosuunnittelijan toimesta. Perustuskuvasta on riisuttu normaalisti kaikki laitteet ja rakenteet pois, että pystytään näyttämään ja mitoittamaan perustukset ja kiinnityslevyjen sekä pulttiryhmien ynnä muiden betoniin kiinnitettyjen osien sijainnit. Kuljetinsillan suunnittelijan tulee aina verrata layout-piirustuksia perustuskuvain huomatakseen mahdolliset poikkeavuudet niiden välillä.

Jalkojen yläpäässä on poikittainen palkki, jossa on tapit päissä, tappien tarvittava halkaisija määritetään lujuuslaskentavaiheessa. Siltalohkossa on jalan yläpalkkiin sopiva vastakappale, jossa on niin kutsuttu haarukka, joka lasketaan tappien päälle ja teljetään paikalleen telkilevyn ja pulttien avulla (kuvat 10 ja 11). Jalan yläpalkista tehdään aina uusi piirustus, koska siltojen poikkileikkauksien dimensiot vaihtelevat merkittävästi projektista toiseen, johtuen lähinnä hinnan ja hoitokäytävän leveyden varianteista. ”Haarukoista” on valmiit piirustukset, joista valitaan tapaukseen sopiva koko suunnitteluvaiheessa.

Erikoistapauksissa joudutaan tekemään uusi piirustus tapaukseen sopivaksi. Jalat ovat tavallisesti A-jalkoja, jotka on valmistettu pyöreästä putkesta. Pidemmissä A-jaloissa käytetään myös jalkaputkien välissä poikittaistukea, joka estää jalkojen nurjahtamisen.



Kuva 10. Jalan yläpään asennus kuljetinsiltaan ja jalan yläpalkki sekä haarukka.

Jalkojen yläpäässä on kiinnityslevyt, joille on vastalevyt jalan yläpalkissa, jalat pultataan jalan yläpalkkiin. Jalka kootaan normaalisti maassa, jonka jälkeen jalka nostetaan pystyyn ja tehdään tarvittava korkeussäätö linjauksen ja mittausten mukaisesti ennen siitalohkojen nostoja paikoilleen jalkojen päälle (kuva 11).



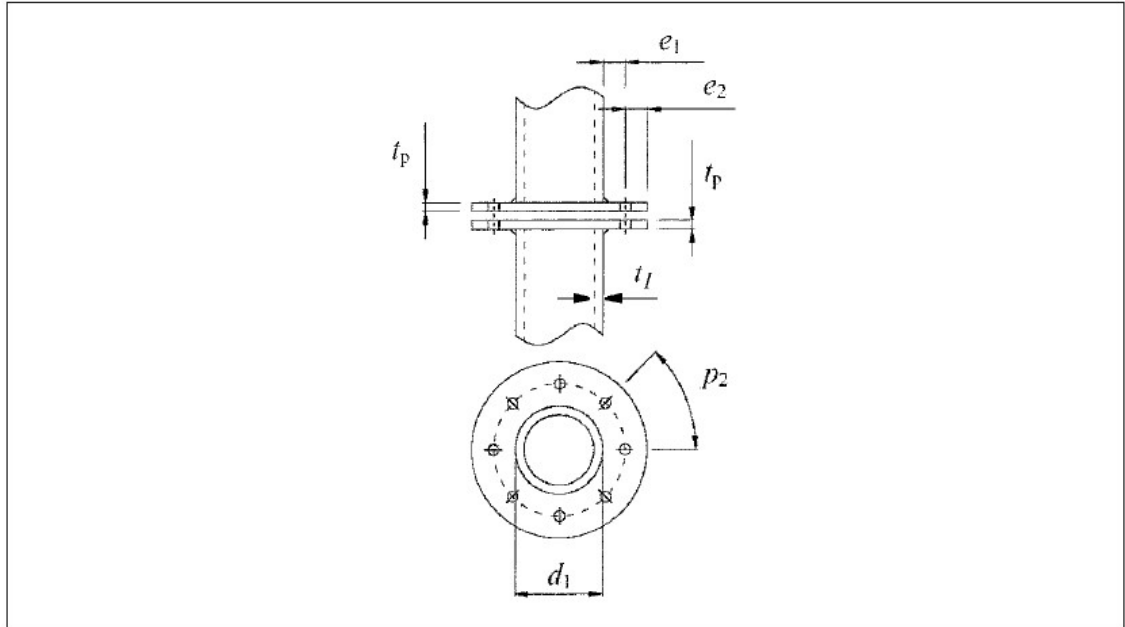
Kuva 11. Jalan yläpään asennus kuljetinsiltaan sekä jalan yläpalkki ja haarukka.

Jalat ovat usein, niin korkeita, että ne pitää myös lohkottaa. Lohkosaumat tehdään pulttavilla laippaliitoksilla (kuvassa 12 laippaliitostoteutus). Laippaliitoksen pulttien määrät ja halkaisijat lasketaan erillisen Exel-taulukon avulla, siitä kerrotaan tarkemmin lujuuslaskentaosiossa.



Kuva 12. Lohkotettu jalkarakenne. Jalan alapää vielä ilman jälkivalua.

Kuvassa 13 on esitetty jalan lohkosauaman mitoitusmerkintätapa, jota hyödynnetään laippojen ja pulttien mitoituksessa. Kuvasta voi myös huomata, että pultit tulevat liitokseen symmetrisesti samalle halkaisijalle.



Kuva 13. Putkien laippaliitos. (SSAB Domex -rakennepuikot)

Jalkojen alapäässä on kiinnityslevyt, jotka kiinnitetään betoniperustuksessa oleviin perustuspultteihin ja korkeusaseman säädön jälkeen levyjen alle valetaan jälkivalu, joka lukitsee ja vahvistaa jalan kiinnityksen betoniperustukseen (kuva 14)



Kuva 14. Jalan alapää kiinnitettynä perustuspulttiryhmään sekä jälkivalu.

Kuljetinsiltalohkon nosto paikalleen (kuva 15), tässä tapauksessa nostokorvat on sijoitettu siltalohkon sisäpuolella ja näin ollen katepellit pitää olla pois paikaltaan noston ajan. Nostokorvien sijoitukseen sisä- tai ulkopuolelle vaikuttaa siltalohkon leveys, monesti leveissä kuljetinsilloissa nostokorvat sijoitetaan ristikon sisäpuolelle, jolloin kuljetinmenorahdin kuljetusleveys ei kasva turhaan.



Kuva 15. Nostolohkojen nostoa paikalleen.

Kuvan 16 tapauksessa kuljetinsillan lämpöliike on johdettu taittopäähän, jonne on sijoitettu liukujalat. Liukujalat voivat olla tapauskohtaisesti veto- tai taittopäässä tai mahdollisesti jopa keskellä kuljetinta, riippuen minne kohtaan siltaa kiinteä piste pitää saada (Kuva 16). Kiinteän pisteen paikka määräytyy layoutin perusteella, siinä on kriteereinä edeltävän tai seuraavan laitteen sijoittelu tai mahdollisesti lämpöliikkeen vaatiman tilan puute, niin ettei lämpöliikettä voida viedä tiettyyn suuntaan, tai ei ole mahdollista asentaa lämpöliikkeen vaatimaa lämpöliikkeen sallivaa paljeratkaisua laitteiden välille järkevästi.



Kuva 16. Sillan liukujalkasovellus.

2.5 Verhoilu

Kuljetinsillat verhoillaan pinnoitetulla profiilipeltilevyillä, pinnoitteina on normaalisti PVDF tai Pural pinnoite. Pinnoitteen laatu riippuu lähinnä tulevan kohteen ilmasto-olosuhteista sekä kuinka pitkä kestävyys aika verhoilulle on vaadittu. Joissain kohteissa ristikon sisäpuolelle asennetaan sandwich- elementit, tällöin ei normaalisti tule erillistä seinäverhoilua ristikon ulkopuolelle, kattoon kylläkin laitetaan tässäkin tapauksessa profiilipelti. Kuljetinsilloissa voidaan käyttää erilaisia profiileita ja profiili voi olla pysty- tai vaakasuunnassa. Normaalisti profiili on pystyasennossa ja se on helpoin tapa kiinnittää verhoilulevyt ristikkorungon päälle, koska profiilit tulevat kiinni päistään ylä- ja alaparteisiin. Jos profiili laitetaan pituussuuntaisesti, joudutaan ristikkoon lisäämään lisää profiileita, jotka tekevät rakenteesta raskaamman ja samalla myös kalliimman. Pituussuuntainen kateprofiili tuo monesti ongelmia sadeveden- ja sulamisvesien hallinnassa, koska vesi pääsee pois profiileista vasta kuljetinsillan katon loppupäässä, jolloin vesimäärät voivat olla todella suuria ja ne tarvitsevat monesti erikoisjärjestelyjä, jotta ne eivät haittaa alueella liikkuvia tai tee vahinkoa rakennuksille.

Kuljetinsilloissa käytettävät ovet ovat normaaleja teräs ovia. Kohteesta riippuen ja projektikohtaisten paloviranomaisvaatimuksen mukaan asennetaan myös palo-ovet kuljetinsiltoihin, tällöin osastoivuusluokat ovat normaalisti EI30 tai EI60 ja ne valmistetaan standardin SFS-EN 13501-2 mukaisesti, kuljetinsillat useasti myös palo-osastoidaan, tällöin paloseiniin tulee palo-ovet osastojen väliseiniin. Palo-ovet tulevat myös kuljetinsillan hätä-poistumisreitit kohdalle, josta päästää kuljetinsillan ulkopuolella olevalle varsinaiselle hätäpoistumisreitille. Paloseinien kohdalle niiden etupuolelle asennetaan normaalisti myös savunpoistoluukut, joiden kautta kuljetinsilta tuuletetaan sen jälkeen, kun mahdollinen savunmuodostus on saatu loppumaan.

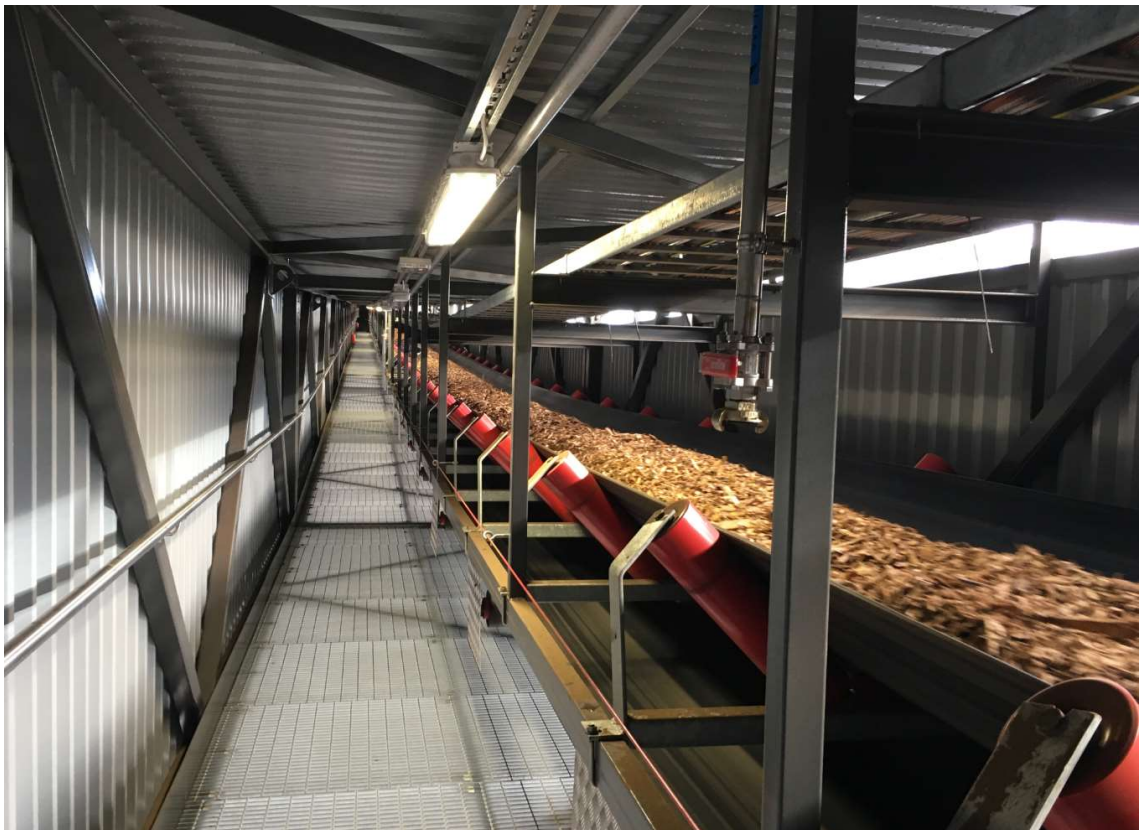
Palo-ovelle valitaan tapaukseen sopiva karmi ja ovi varustellaan projektissa vaaditulla tavalla, esimerkiksi karmi- ja kynnysvaihtoehdot sekä lukkopesät ja kahvat. Liitteen 2 mukaisesti. Kuvassa 17 on oven kiinnitys.



Kuva 17. Palo-ovi kuljetinsillan vetopäässä.

Kuljetinsillan kulkutasot suunnitellaan erillisen projektikohtaisen hoitotaso-ohjeen mukaan. Hoitotaso-ohjeessa on määritelty minkälaisia kaiteita ja hoitotasoritilöitä projektissa käytetään. Hoitotasojen kiinnitystapa kuljetinsiltaan sekä kaiteiden kiinnitys hoitotasojen potkulistoihin, ne hyvin pitkälti vakioitunut ajan saatossa. Hoitotaso-ohjeessa on annettu myös kuormitukset, joiden mukaan hoitotasot pitää suunnitella, normaalisti kuormitus pitää olla $2,5\text{KN/m}^2$, on myös tapauksia, joissa kuormitus pitää olla 5KN/m^2 . Hoitotaso-ohjeessa on myös ohjepiirustuksia, joissa on näytetty esimerkiksi hoitotasojen liitokset toisiinsa, tikkaiden ja portaiden liittyminen hoitotasoihin, kaiteiden korkeudet, kai-deputkien halkaisijat yms. Hoitotasot suunnitellaan normaalisti standardien SFS-EN ISO 14122-1, 2, 3 ja 4 Koneturvallisuus-standardien mukaan.

Umpisillassa hihnakuuljetin on sijoitettu kuljetinsillan sisäpuolelle (kuva 18), myös hoitokäytävä on siltaristikon sisäpuolella. Umpisilta on normaalisti verhoiltu profiilipelleillä ristikon ulkopuolelta. Umpisillan suurimpana hyötynä on kuljettimen huoltaminen suojassa ulkoilman rasituksilta, kuten sateelta ja tuulelta. Umpisillan rakenteen referensseiksi otetut esimerkit löytyvät tiedostosta (Esimerkkipiirustukset suunnitteluun.)



Kuva 18. Umpikuljetinsilta, kulkutaso sekä hihnakuuljetin.

Umpisilloja valmistetaan myös lämpöeristettyinä, silloin lämpöeristeet ovat siltaristikon sisäpuolella. Lämpöeristeinä käytetään Sandwich-elementtejä (kuva 19). Lämpöeristetyn sillan suurin hyöty saavutetaan talvella pohjoisessa, kun kuljetin on lämpimässä tilassa, jatkuvat lämpimät olosuhteet ehkäisevät tehokkaasti talvella mahdollisesti tulevat hihnan luisto ongelmat, ei tarvitse erikseen käyttää kovaan pakkaseen soveltuvia kuljetinkomponentteja kuten esimerkiksi kuljetinhihna. Huoltotyötkin huomattavasti mukavampaa suorittaa lämpimässä tilassa. Lämpöeristetyn sillan rakenteen referenssiksi valittu esimerkki löytyy tiedostosta (Esimerkkipiirustukset suunnitteluun.)



Kuva 19. Lämpöeristetty umpikuljetinsilta, kulkutaso sekä hihnakuljetin.

Avosillassa hihnakuljetin on sijoitettu ristikon sisäpuolelle (kuva 20) ja kuljettimen rullastojen juoksut on kiinnitetty siltaristikkoon, hoitokäytävä on ristikon ulkopuolella tuettuna siltaristikon alapaarteeseen tai sen alle erillisten tukipalkkien varaan. Joskus avosillan asennetaan hoitotasot molemmille puolille kuljetinta, tällöin toisen puolen hoitotasot toimitetaan irrallaan asennuspaikalle ja hoitotasot pultataan paikalleen vasta siellä. Tähän on syynä lähinnä se, että pystytään pitämään kuljettimen leveys sellaisena, että se on helppo kuljettaa maantiekuljetuksena tai mahdollisesti kuljetin sovitetaan merikonttiin,

jolloin normaalisti joudutaan molempien puolien hoitotasot toimittamaan irrallisena. Avosillan rakenteen referensseiksi otetut esimerkit löytyvät tiedostosta (Esimerkkipiirustukset suunnitteluun.)



Kuva 20. Avosilta ovilla varustettuna.

3 KIINNITYSTARVIKKEET

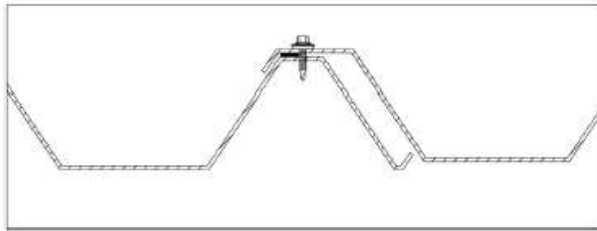
Kuljetinsilloissa käytetään mekaaniseen kiinnittämiseen pääasiassa pulttiliitoksia, joita käytetään rakenteessa lähinnä jalkojen yläpäiden kiinnityksessä ja nosto- ja kuljetuslohkojen liitoksissa. Pulttiliitoksissa käytetään esijännittämättömiä pultteja EN 15048-1 standardin mukaisesti, eli kuljetinsiltarakenteet ja jalkojen liitokset on suunniteltu luokkien a ja d mukaisiksi, joissa ei vaadita esijännitettyjä liitoksia, pultit, mutterit ja aluslevyt ovat yleensä kuumasinkittyjä. Nostolohkojen saumoissa käytetään leikkaustappia ja vastakappaletta, joissa pultti on ainoastaan varmistamassa tapin pysymistä vastakappaleen hahlossa.

Kiinnitystarvikkeita, joita käytetään normaalisti lohkoliitoksissa, tukien, vetopäiden yms. kiinnittämiseen toisiinsa (normaali pulttitavara):

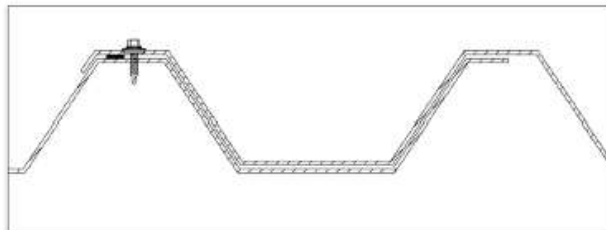
- Kuusioruuvit, eri kokoisina; DIN933, 8.8 kuumasinkittynä
- Kuusiomutterit, eri kokoisina; SFS2067 kuumasinkittynä
- Aluslevyt, eri kokoisina; DIN125 HV200 kuumasinkittynä

Taulukko 5 kuvaa poimulevyjen limityksiä. Limitys riippuu kattokaltevuudesta ja poimulevyn korkeudesta. Pitkillä loivilla lappeilla harjalta räystäälle, saattaa valuvan veden pinta nousta rankkasateen aikana varsin korkealle. Jos veden pinta nousee levyn poimun yli, se aiheuttaa vedenpaineen, joka saattaa vaarantaa katteen vesitiiveyden. Edellä mainituista syistä on pitkillä lappeilla suositeltavaa käyttää joko korkeita poimulevyjä tai ylimääräistä limitystä matalilla profiileilla.

Taulukko 5. Poimulevyjen limitykset kattokaltevuuksittain.



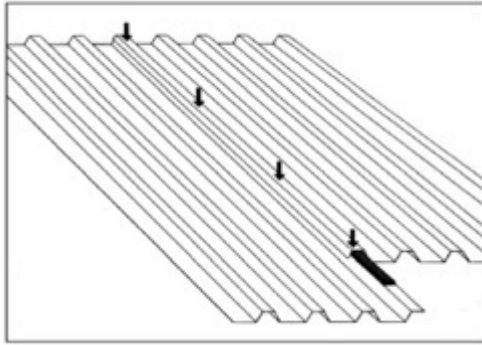
Poimulevy (korkeus $30 \leq h < 50$ mm)
 Vesiuralliset levyt esim. Profiili T45
 - 1/2-aallon limitys ja tiiviste.
 Kattokaltevuus jyrkempi kuin 1:10.



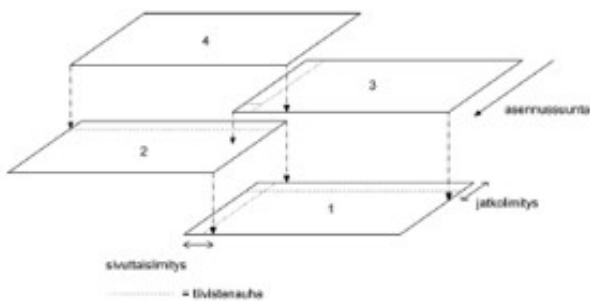
Poimulevy (korkeus $30 \leq h < 50$ mm)
 Vesiurattomat levyt esim Profiili T45
 - 1 1/2-aallon limitys ja tiiviste.
 Kattokaltevuus jyrkempi kuin 1:10.

Sivuttaislimitys

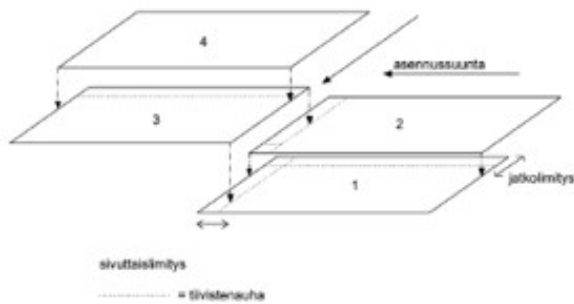
Vesikaton normaali sivuttaislimitys on niin sanottu puolen aallon limitys. Loivissa katoissa voidaan sauman vesitiivyyttä parantaa käyttämällä suositeltua suurempaa limitystä. Limityssaumojen kohdalla katelevyt on kiinnitettävä jokaiseen ruoteeseen. Ruoteiden välisellä osalla käytetään EPDM-tiivisteellisiä ruuveja tai paineenkestäviä pop-niittejä. Kiinnityskohtien etäisyys toisistaan saa olla enintään 500mm. Katoissa, joissa hyödynnetään muotolevyjen levyjäykistysominaisuutta, on rakennesuunnittelijan tarkistettava kiinnikkeiden määrä tapauskohtaisesti. Sivuttais- ja jatkolimityssaumojen risteyksen tiivistämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Kuvat 19, 20 ja 21. (Ruukki 2019)



Kuva 19. Poimulevyjen sivuttaislimityksen tiivistys ja kiinnitys.



Kuva 20. Poimulevyjen sivuttais- ja jatkolimitys käytettäessä vesiuratonta poimulevyä.



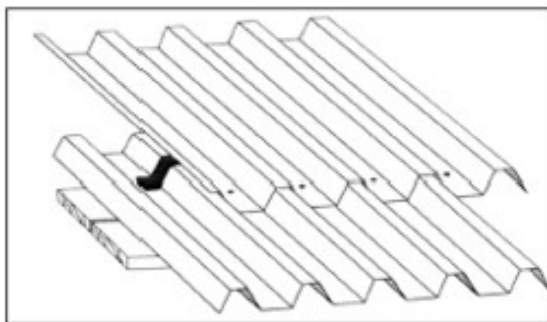
Kuva 21. Poimulevyjen sivuttais- ja jatkolimitys käytettäessä vesiurallista poimulevyä.

Pituussuuntainen jatkoslimitys

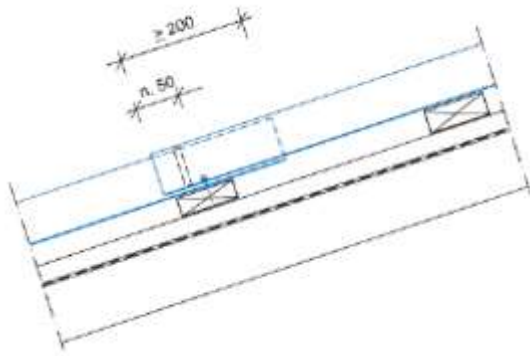
Katteen pituussuuntaiseen limitykseen törmätään harvoin koska katepellit ovat normaalisti sillassa poikittain (kuva 22). Joskus kuitenkin on projekteja, joissa halutaan katepellit sillan pituussuuntaisesti ja silloin toimitaan alla olevan ohjeen mukaisesti.

Jatkolimitys sijoitetaan sellaiseen kohtaan, jossa alusrakenne antaa sille riittävän tuen. Levyt limitetään vähintään 200mm (kuva 23). Kiinnikerivien etäisyyden tulee olla levyn alareunasta noin 50mm. Ruuveja käytettäessä levyt kiinnitetään katelevyn jokaisen uran pohjalta. Jatkolimityssaumassa voidaan käyttää 3x10mm:n tiivistenauhaa.

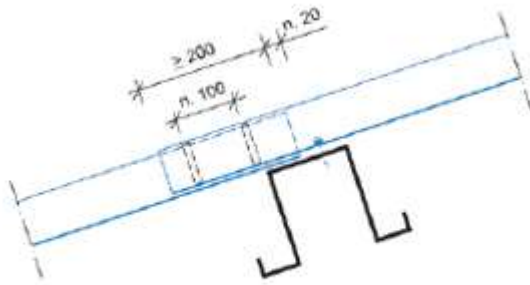
Muotolevyrakenteet on suunniteltava siten, ettei lämpötilan muutoksista aiheudu haitallisia jännityksiä ja muodonmuutoksia. Levyn poikittaiset lämpöliikkeet eivät yleensä aiheuta ongelmia, koska lämpötilanmuutoksista aiheutuva lämpölaajeneminen aiheuttaa vain vähäisiä muodonmuutoksia poimutuksen muotoon. Sen sijaan poimutuksen suuntaiset pakkovoimat saattavat nousta pitkällä lappeilla huomattavan suuriksi, jollei levyn pituuden muutokset pääse vapaasti tapahtumaan. Rakennesuunnittelijan on huolehdittava, että poimulevyjen päissä on riittävät liikuntasaumot, kiinnikkeet ovat riittävän lujia ja että muotolevyyn liittyvät rakenteet ovat riittävän joustavia, ettei haitallisia pakkovoimia pääse syntymään. (Kuva 24). (Ruukki 2019)



Kuva 22. Poimulevyn jatkoslimitys.



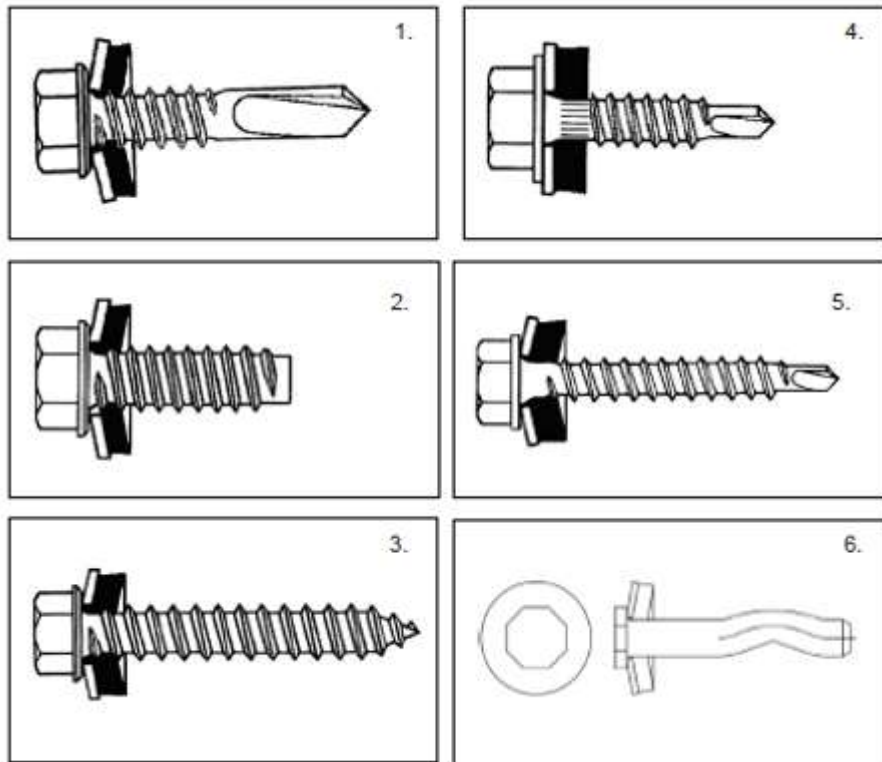
Kuva 23. Poimulevyn jatkoslimitys.



Kuva 24. Poimulevyn jatkoslimitys, jossa liikevara.

Kiinnikkeet katteille ja z-orsille

Kiinnikettä valittaessa on huomioitava kiinnikkeen materiaali ilmastorasitusluokan mukaan. Ulkotiloissa EPDM-tiivisteellinen aluslevy. Kuljetinsillan katteiden kiinnityksessä siltaristikoon ja katto-orsiin, käytetään porakärjellä varustettuja kateruuveja, joissa on ruostumaton aluslevy varustettuna kumitiivisteellä. Katteiden ja seinäpeltien kiinnityksessä toisiinsa, käytetään porakärjellä varustettuja kateruuveja, joissa on ruostumaton aluslevy varustettuna kumitiivisteellä. (Kuva 25). (Ruukki 2019). Kuljetinsillan katteiden alla olevien Z-orsien kiinnitys siltaristikoon, käytetään porakärjellä varustettuja poraruuveja, joissa on ruostumaton aluslevy varustettuna kumitiivisteellä.



Kuva 25. Kiinnikkeet. (Ruukki 2019)

Muita käytettäviä kiinnitystarvikkeita

Niittimutterit, M6 – M10, A2 tai A4 erilaisten suojiin kiinnittämiseen, tapauksissa, joissa ei haluta tai voida hitsata mutteria takapuolelle, tai kierteitys on mahdotonta.

Betoniin kiinnitettäessä käytetään kemiallista ankkurimassaa, kierretankoa, mutteria ja aluslevyä kuumasinkittyinä.

4 KULJETINSILTOJEN PINTAKÄSITTELY

Kuljetinsillan ja jalkojen pintakäsittely tehdään pääasiassa hiekkapuhalluksella ja maalaamalla. Erikoistapauksessa siltaristikko ja jalat kuumasinkitään. Käytettävä maalausjärjestelmä valitaan ilmastokorroosiovaikutusluokan mukaan, taulukko 6, joka määrittää esikäsitteily- ja maalausohjeet sekä maalaustyössä käytettävät pohjamaalit ja maalikalvon paksuudet. ne nojautuvat standardiin SFS-EN ISO 12944-2.

Taulukko 6. ilmastokorroosiovaikutusluokat. (EN 12944-2)

Korroosio-vaikutusluokka	Painohäviö pinta-alayksikköä kohden/paksuushäviö (ensimmäisen altistusvuoden jälkeen)				Esimerkkejä tyypillisistä ympäristöistä (vain opastava)	
	Matalahiilinen teräs		Sinkki		Ulkona	Sisällä
	Painohäviö g/m ²	Paksuushäviö µm	Painohäviö g/m ²	Paksuushäviö µm		
C1 hyvin lievä	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Lämmitetyt rakennukset, joissa puhtaat ilmatilat, esim. toimistot, kaupat, koulut, hotellit
C2 lievä	> 10...200	> 1,3...25	> 0,7...5	> 0,1...0,7	Ilmatilat, joissa epäpuhtauksien määrä alhainen: enimmäkseen maaseutualueita	Lämmittämättömät rakennukset, joissa voi esiintyä kondensoitumista, esim. varastot, urheiluhallit
C3 kohtalainen	> 200...400	> 25...50	> 5...15	> 0,7...2,1	Kaupunki- ja teollisuusilmatilat, joissa kohtalainen rikkidioksidikuormitus, rannikkoalueet, joilla alhainen suolapitoisuus	Tuotantotilat, joissa on korkea kosteus ja hieman epäpuhtauksia ilmassa, esim. elintarviketehtaat, pesulat, panimot, meijerit
C4 ankara	> 400...650	> 50...80	> 15...30	> 2,1...4,2	Teollisuusalueet ja rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus on kohtalainen	Kemialliset tehtaat, uima-altaat, rannikolla sijaitsevat telakat ja veneveistämöt
C5 hyvin ankara	> 650... 1 500	> 80...200	> 30...60	> 4,2...8,4	Teollisuusalueet, joilla kosteus korkea ja ilmatila syövyttävä sekä rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus korkea	Rakennukset tai alueet, joilla lähes jatkuvaa kondensoitumista ja saasteiden määrä korkea
CX äärimmäinen	> 1 500... 5 500	> 200... 700	> 60...180	> 8,4...25	Offshore-alueet, joilla suolapitoisuus korkea ja teollisuusalueet, joilla kosteus on äärimmäinen ja ilmatila syövyttävä sekä subtrooppiset ja trooppiset ilmastot	Teollisuusalueet, joilla kosteus äärimmäinen ja ilmatila syövyttävä

HUOM. Korroosiovaikutusluokissa käytetyt häviöarvot ovat yhtäpitävät standardin ISO 9223 arvojen kanssa.

Seuraavissa taulukoissa on esitetty korroosiorasitusluokkien vaikutus maalausjärjestelmiin sekä maalin kalvopaksuuksiin luokissa C3, (taulukko 7), C4, (taulukko 8) ja C5, (taulukko 9).

Taulukko 7. maaliyhdistelmät hiiliteräkselle korroosiorasitusluokkaan C3. (SFS-EN12944-5)

Yhdistelmän nro	Pohjuste				Seuraavat kalvot	Maaliyhdistelmä		Kestävyys			
	Sideainetyyppi	Pohjamaali-tyyppi	Kalvojen lukumäärä	NDFT μm	Sideainetyyppi	Kalvojen lukumäärä	NDFT μm	l	m	h	vh
C3.01	AK, AY	sek.	1	80...100	AK, AY	1-2	100	X			
C3.02	AK, AY	sek.	1	60...160	AK, AY	1-2	160	X	X		
C3.03	AK, AY	sek.	1	60...80	AK, AY	2-3	200	X	X	X	
C3.04	AK, AY	sek.	1	60...80	AK, AY	2-4	260	X	X	X	X
C3.05	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...120	EP, PUR, AY	1-2	120	X	X		
C3.06	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...160	EP, PUR, AY	2	180	X	X	X	
C3.07	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...160	EP, PUR, AY	2-3	240	X	X	X	X
C3.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60	X	X		
C3.09	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60...80	EP, PUR, AY	2	160	X	X	X	
C3.10	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60...80	EP, PUR, AY	2-3	200	X	X	X	X

HUOM. 1 Lyhenteet ks. taulukko A.1.

HUOM. 2 Lisäksi polyuretaaniteknologialle voivat olla muut pinnoiteteknologiat soveltuvia esim. polysiloksaanit, polyaspargiini ja fluoripolymeeri [fluorietyleeni/vinyylieetteri kopolymeeri (FEVE)].

Taulukko 8. maaliyhdistelmät hiiliteräkselle korroosiorasitusluokkaan C4. (SFS-EN12944-5)

Yhdistelmän nro	Pohjuste				Seuraavat kalvot	Maaliyhdistelmä		Kestävyys			
	Sideainetyyppi	Pohjamaali-tyyppi	Kalvojen lukumäärä	NDFT μm	Sideainetyyppi	Kalvojen lukumäärä	NDFT μm	l	m	h	vh
C4.01	AK, AY	sek.	1	60...160	AK, AY	1-2	160	X			
C4.02	AK, AY	sek.	1	60...80	AK, AY	2-3	200	X	X		
C4.03	AK, AY	sek.	1	60...80	AK, AY	2-4	260	X	X	X	
C4.04	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...120	EP, PUR, AY	1-2	120	X			
C4.05	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...160	EP, PUR, AY	2	180	X	X		
C4.06	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...160	EP, PUR, AY	2-3	240	X	X	X	
C4.07	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...240	EP, PUR, AY	2-4	300	X	X	X	X
C4.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60	X			
C4.09	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60...80	EP, PUR, AY	2	160	X	X		
C4.10	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60...80	EP, PUR, AY	2-3	200	X	X	X	
C4.11	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	260	X	X	X	X

HUOM. 1 Lyhenteet ks. taulukko A.1.

HUOM. 2 Lisäksi polyuretaaniteknologialle voivat olla muut pinnoiteteknologiat soveltuvia esim. polysiloksaanit, polyaspargiini ja fluoripolymeeri [fluorietyleeni/vinyylieetteri kopolymeeri (FEVE)].

Taulukko 9. maaliyhdistelmät hiiliteräkselle korroosiorasitusluokkaan C5. (SFS-EN12944-5)

Yhdistelmän nro	Pohjuste				Seuraavat kalvot	Maaliyhdistelmä			Kestävyys			
	Sideainetyyppi	Pohjamaali-tyyppi	Kalvojen lukumäärä	NDFT μm	Sideainetyyppi	Kalvojen lukumäärä	NDFT μm	l	m	h	vh	
C5.01	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...160	EP, PUR, AY	2	180	X				
C5.02	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...160	EP, PUR, AY	2-3	240	X	X			
C5.03	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...240	EP, PUR, AY	2-4	300	X	X	X		
C5.04	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...200	EP, PUR, AY	3-4	360	X	X	X	X	
C5.05	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60...80	EP, PUR, AY	2	160	X				
C5.06	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60...80	EP, PUR, AY	2-3	200	X	X			
C5.07	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60...80	EP, PUR, AY	3-4	260	X	X	X		
C5.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60...80	EP, PUR, AY	3-4	320	X	X	X	X	

HUOM. 1 Lyhenteet ks. taulukko A.1.

HUOM. 2 Lisäksi polyuretaaniteknologialle voivat olla muut pinnoiteteknologiat soveltuvia esim. polysiloksaanit, polyaspargiini ja fluoripolymeeri [fluorietylenei/vinyylieetteri kopolymeeri (FEVE)].

5 SILTARISTIKON CE-MERKINTÄ EN 1090-1

Standardin EN 1090-1 siirtymäaika päättyi 1.7.2014, jonka jälkeen CE-merkintä standardin EN 1090-1 mukaisesti on pakollista EU- ja ETA-maissa, kun standardin soveltamisalaan kuuluva rakennustuote saatetaan markkinoille. Standardin SFS-EN 1090-1 (kantavat teräsrakennekokoonpanot) voimassaoloaika on alkanut 1.1.2011 ja siirtymäaika on ollut 1.7.2014 asti. Rakennuskohteen teräsrakenteita (kokoonpanoja, tuotejärjestelmiä) toimittavan valmistajan tulee kiinnittää CE-merkintä niihin toimittamiinsa tuotteisiin, jotka kuuluvat harmonisoidun standardin EN 1090-1 piiriin. Valmistaja joutuu tekemään arvioinnin, kuuluuko tuotteensa EN 1090-1 soveltamisalaan. Hankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia, että harmonisoidun standardin soveltamisalaan kuuluvat rakennustuotteet hankitaan CE-merkinnällä varustettuna. CE-merkinnän käyttöä ja vaatimustenmukaisuutta seuraavat rakennusvalvonta ja markkinavalvonta.

(Teräsrakenneyhdistys FAQ/SFS-EN 1090-1 ja SFS-EN 1090-2 usein esitettyjä kysymyksiä-kysymyksiin esitetyt vastaukset)

6 TOTEUTUSERITELMÄ

SFS-EN 1090-2 standardin mukaisesti laadittu toteutuseritelelmä antaa vastauksen kaikkiin rakenteen kohtiin koskien esivalmistusta, valmistustoleransseja ja pintakäsittelyä. SFS-EN 1090-2, liite B (velvoittava) sisältää erilaisia toleransseja ja sallittuja poikkeamia toteutuseritelmän laadinnassa ja osittain jo projektin alkuvaiheessa valittujen luokkien mukaisesti. Toteutuseritelmä ja sen antamat toleranssit ja sallitut poikkeamat mitoissa, levyvahvuuksissa, suoruuudessa ym. helpottavat suunnittelijan työtä koska kaikkia mittatoleransseja ei tarvitse välttämättä merkitä piirustuksiin, kun valmistus seuraa suunniteluvaiheessa laadittua toteutuseritelmiä ja valmistaa komponentit ohjeessa annettujen mittatoleranssien mukaisesti.

Rakennustyön osaa koskevien tarvittavien tietojen ja toteutusta koskevien vaatimusten tulee olla sovittuna ja valmiina ennen kuin kyseisen rakennustyön toteutus käynnistetään. Rakennuskohteen teräsrakenteille laaditaan aina suunnittelijan toimesta toteutuseritelmä, joka sisältää teräsrakenteen tekniset tiedot ja vaatimukset. Toteutuseritelmissä tulee käsitellä tarpeen mukaan seuraavia asioita:

- a) lisätiedot, kuten lueteltu liitteessä SFS-EN 1090-2 A.1
- b) vaihtoehdot, kuten lueteltu liitteessä SFS-EN 1090-2 A.2
- c) toteutusluokat, ks. SFS-EN 1090-2 4.1.2

Neljä toteutusluokkaa 1 - 4, esitetään ja merkitään EXC1 - EXC4. Vaatimustaso kasvaa luokasta EXC1 luokkaan EXC3. Luokka EXC4 perustuu luokkaan EXC3 projektikohtaisin lisävaatimuksin. Toteutuseritelmissä tulee esittää noudatettava toteutusluokka tai -luokat.

- d) esikäsittelyasteet, ks. SFS-EN 1090-2 4.1.3

Hitsien, reunojen ja muiden sellaisten alueiden, joiden pinnassa on virheitä, maalilla ja vastaavilla tuotteilla käsittelyä varten esitetään kolme esikäsittelyastetta, joiden merkinnät ovat P1 – P3 standardin SFS-EN ISO 8501-3 esikäsittelyasteiden mukaisesti vaatimustason kasvaessa luokasta P1 luokkaan P3. Esikäsittelyaste voi koskea koko rakennetta, rakenteen osaa tai tiettyjä yksityiskohdita. Rakenteelle voidaan esittää useita esikäsittelyasteita. Yksityiskohdalle tai

yksityiskohtien ryhmälle esitetään yleensä yksi esikäsittelyaste.

- e) toleranssiluokat, ks. SFS-EN 1090-2 4.1.4
Kohdassa 11.1 ja liitteessä B määritellään kaksi geometrinen toleranssien tyyppiä: a) olennaiset toleranssit
tyyppiä: b) toiminnalliset toleranssit, joille esitetään kaksi luokkaa siten, että vaatimukset tiukkenevat, kun siirrytään luokasta 1 luokkaan 2.
- f) tekniset vaatimukset koskien töiden turvallisuutta, ks. SFS-EN 1090-2 4.2.3.

Valmistuksen luokkavaatimukset SFS-EN 1090

Toteutusluokka

Toteutusluokka on luokiteltu kokoelma toteutukselle eriteltyjä vaatimuksia, jotka voivat koskea koko rakennustyötä, yksittäistä kokoonpanoa tai kokoonpanon yksityiskohtaa. (SFS-EN 1090-2) Taulukossa 10 on näytetty määritykset toteutusluokkien, luotettavuusluokkien ja seuraamusluokkien välillä erilaisissa kuormitustapauksissa.

Taulukko 10. Toteutusluokat. (EN 1993-1-1 Liite C)

Luotettavuusluokka (RC) tai Seuraamusluokka (CC)	Kuormituksen tyyppi	
	Staattinen, kvasi-staattinen tai seisminen DCL ^{a)}	Väsyttävä ^{b)} tai seisminen DCM tai DCH ^{a)}
RC3 tai CC3	EXC3 ^{c)}	EXC3 ^{c)}
RC2 tai CC2	EXC2	EXC3
RC1 tai CC1	EXC1	EXC2

a) Seismiset sitkeysluokat määritellään standardissa EN 1998-1: Matala = DCL; Keskimääräinen = DCM; Korkea = DCH.
b) Ks. standardi EN 1993-1-9.
c) Toteutusluokka EXC4 voidaan esittää rakenteille, joiden rakenteellinen vaurio voi aiheuttaa äärimmäiset seuraamukset.

Seuraamusluokka

BMH:n valmistamat kuljetinsillat kuuluvat EN 1090 standardin piiriin ja ne sijoittuvat pääsääntöisesti aina teollisuusalueelle. Kuljetinsiltojen vaikutusalueella ei ole normaalisti muita ihmisiä kuin laitoksen käyttöhenkilökunta, kuljetinsiltojen alitse kulkee yleensä aina tehdasalueen kulkutie. Kuljetinsillan sisälle tai vierelle rakennettua kulkutietä ei ole tarkoitus käyttää yleisenä kulkutienä, vain ainoastaan kuljettimen huoltoa ja

valvontaa vaativien kohteiden luokse pääsyä varten. Taulukossa 11 on määrittelyt seuraamusluokille.

Taulukko 11. Seuraamusluokkien määrittely. (SFS-EN 1090-2)

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	Keskisuuret seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	Vähäiset seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> plenten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Esikäsittelyaste

Puhtauden karkeuden ja esikäsittelyasteen osalta pinnat tulee valmistella niin, että ne täyttävät käsiteltäville tuotteille soveltuvat kriteerit. Kun esitetään korroosiosuojauksen odotettu ikä ja rasiusluokka, standardin SFS EN 1090-2 mukaisen esikäsittelyasteen tulee olla taulukon 22 mukainen. Jos korroosiosuojauksen ikää ja rasiusluokkaa ei esitetä, P1 pätee, ellei muuta esitetä (SFS-EN 1090-2). Taulukossa 12 on esitetty eri rasiusluokkien vaatimukset esikäsittelyasteille.

Esikäsittelyasteet (SFS-EN 1090-2):

P1, kevyt esikäsittely

P2, perusteellinen esikäsittely

P3, erittäin perusteellinen esikäsittely

Taulukko 12. Esikäsitelyasteet. (EN 1090-2)

Korroosiosuojauksen odotettu käyttöikä ^a	Rasitusluokka ^a	Esikäsitelyasteet
> 15 vuotta	C1	P1
	C2 - C3	P2
	Yli C3	P2 tai P3 kuten esitetty
5 - 15 vuotta	C1 - C3	P1
	Yli C3	P2
< 5 vuotta	C1 - C4	P1
	C5 - Im	P2

^a Korroosiosuojauksen odotetun käyttöiän ja rasitusluokan osalta viitataan standardisarjaan EN ISO 12944 .

Kestävyysluokat (SFS-EN ISO 12944-2):

(L), alhainen 7 vuoteen saakka

(M), kohtalainen 7–15 vuotta

(H), korkea 15–25 vuotta

(VH) erittäin korkea yli 25 vuotta

Liitteessä 5 on näytetty toteutuseritelmän etusivu, josta näkee erään projektin luokkavalinnat. Toteutuseritelämä on noin 20-sivuinen dokumentti, joka toimitetaan siltarakenteen piirustuspaketin mukana valmistuspajalle. Toteutuseritelmää käytetään myös asennustyömaalla eri asennustyövaiheiden tekemisen ohjeistamiseen.

7 LUJUUSTARKASTELU

Teräsrakenteiden yleiset suunnitteluperusteet standardin EN 1990 mukaan. Murtoraja-tilassa noudatetaan EN 1990 mukaista osavarmuuslukumenetelmää ja kuormitusyhdistelmiä yhdessä standardin EN 1991 mukaisten kuormien kanssa. Lujuuslaskennassa noudatetaan standardin EN 1993 eri osissa esitettyjä sääntöjä rakenteiden kestävyyksille, käyttörajatilalle ja säilyvyydelle. Suunnittelussa edellytetään erilaisia luotettavuus- tasoja, nämä tasot saavutetaan etupäässä käyttämällä tarkoituksenmukaista suunnittelun ja toteutuksen laadunhallintajärjestelmää standardin EN 1990 liitteen C ja standardin EN 1090 mukaan. (SFS-EN 1993-1-1, 2)

Jalkojen ja ristikkorakenteen lujuuslaskennassa käytetään apuna Autodesk Robot Structural analysis ohjelmaa, jonka laskentamallin luonnin ja varsinaisen laskennan lisäksi tuottama FEM-analyysi sisältää myös tulosten tarkastelun ja arvioinnin. Esimerkki profiiliraportista, (liite 1.) Siinä on esimerkki siltaristikkorakenteen ratkaisemiseen käytetyistä elementtiverkoista ja samalla on esitelty tuloksia, joita tyypillinen FEM-ohjelma antaa. Autodesk Robot structural ohjelmaan on sisäänrakennettuna erilaiset suunnittelunormit, esimerkiksi Eurokoodit. Tässä opinnäytetyössä ei paneuduta tämän tarkemmin ristikon ja jalkojen lujuuslaskentaan.

Lohkosaumoissa käytettävien pulttien lujuustarkastelussa käytetään exel-taulukkolaskentaohjelmaa, johon syötetään lujuuslaskennasta saadut arvot putken halkaisijalle sekä sen seinämävahvuudelle, lujuustarkastelusta saatujen liitoksen kohdistuvien voimien perusteella lasketaan tarvittavat liitoksen levynvahvuudet sekä pulttien halkaisijat ja määrät, sekä hitsin a-mitta (liite 3).

Exel-taulukot syntyivät tämän opinnäytetyön tuloksena, laskentakaavat pohjautuvat SSAB Rakenneputket käsikirjaan. Laskelmalla lasketaan laippaliitoksen vetokestävyys ja sillä voidaan määrittää tarvittava levyvahvuus sekä pulttien koot, laskelman pohjana on käytetty Eurokoodeja. Jalkaputkien pulttaville lohko liitoksille on oma exel-taulukko (liite 4.). Se pohjautuu myös SSAB Rakenneputket- käsikirjaan, jonka pohjalta laskelma on tehty.

Jalkojen kiinnityksessä perustuksiin käytetään perustuspulttiryhmiä, joiden pulttiväli ja koko on määritetty lujuuslaskennan perusteella jo perustuskuvassa, annettuja kokoja

käytetään jalkojen suunnittelussa. Pultattavien liitoksien lujuuden määrittämiseen voidaan toki käyttää myös FEM-ohjelmaa, jos katsotaan tarpeelliseksi.

Perusteet lohkosaumojen laskennalle

Syötetään lujuuslaskentaraportin mukaisen putkipalkin tiedot excel taulukkoon. Rakenneputkien poikkileikkauksien pinta-alat saadaan esimerkiksi putkipalkkikäsi- tai koneenrakentajan taulukkokirjasta.

Laskentaesimerkki:

Rakenneputki RHS

	S355	150x150x5	
Sivunpituus, halkaisija	h, d	150	mm
Rakenneputken seinämävahvuus	t	5	mm
Rakenneputken pinta-ala (taulukko)	A1	2836	mm ²
Rakenneputken myötölujuus	f _y	355	N/mm ²

Syötetään laipan tiedot excel taulukkoon, (levyvahvuus annetaan aluksi summittaisesti ja korjataan tarpeen mukaisesti, niin että taulukon arvot ovat hyväksyttävät)

Laipat

Laipan myötölujuus	f _{yp}	355	N/mm ²
Laipan murtolujuus	f _{up}	510	N/mm ²
Laipan paksuus	t _p	20	mm

Syötetään pulttien tiedot excel taulukkoon, (pultin halkaisija annetaan aluksi summittaisesti ja korjataan tarpeen mukaisesti, niin että taulukon arvot ovat hyväksyttävät)

Pultti

Pultin lujuusluokka		8.8	
Pultin halkaisija	d, M	20	mm
Pultin vetomurtolujuus	f _{ub}	800	Mpa

Liitoksen osavarmuusluvut tulevat standardista SFS-EN 1993-1-8

Liitoksen mitoitus, osavarmuusluvut

Poikkileikkauksen kestävyydelle (taulukko)	γ_{M0}	1
Kiinnikkeen kestävyydelle (taulukko)	γ_{M2}	1.25

Otetaan lohkoliitoksen uloslyönnistä laipan reikien mitat ja tarkistetaan, ovatko ne hyväksyttävät, uloslyöntiä korjataan tarpeen mukaan, niin että laskelman vaatimukset täyttyvät. Reikien dimensiot ja niiden sijainnit näytetty laskelmassa olevassa kuvassa. Laipan reikien sijainnit ovat hyväksyttävät kun exel taulukossa lukee "OK", jos solussa lukee "error", pitää arvoja muuttaa. Pulttien vapaareikien nimellisvälitys pitää olla standardin EN1090-2 normaalin pyöreän reiän mukainen.

Laipan reikien sijainnit ja vaatimukset reikien sijainnille

Reikä	d_0	24 mm			
putken kyljestä reiän keskelle ($1.2xd_0$)	e_1	50 mm	\geq	28.8 mm	OK
Laipan reunasta reiän keskelle ($1.2xd_0$)	e_2	40 mm	\geq	28.8 mm	OK
Laipan reunasta reiän keskelle ($1.25xe_1$)	e_2	40 mm	\leq	62.5 mm	OK
Laipan reunasta reiän keskelle ($p_2/2$)	e_3	70 mm	\geq	62.5 mm	OK
Reikäväli $2.4xd_0$ (taulukko)	p_2	125 mm	\geq	57.6 mm	OK
Reikäväli, (min $14xtp$)	p_2	125 mm	\leq	280.0 mm	OK

Tarkastetaan vaatimus ruuvien lukumäärälle

Vaatimus ruuvien lukumäärälle saadaan kaavasta:

$$4 \leq n = 4 \leq 2 \left(\frac{h_1}{p_2} \right) + 2$$

Ruuvien määrä on hyväksyttävä kun exel taulukossa lukee "OK", jos solussa lukee "error", pitää pulttien määrää lisätä.

Ruuvien määrä	n	4 kpl	\leq	4,4	OK
---------------	-----	-------	--------	-----	----

Putken poikkileikkauksen vetokestävyys

Putken poikkileikkauksen vetokestävyys saadaan kaavasta:

$$N_{t.Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

Vetokestävyys	$N_{t.Rd}$	1006,8 KN
---------------	------------	-----------

Hitsien kestävyys

Määritetään hitsin a-mitta siten, että hitsi on vähintään tasaluja putken plastisen vetokestävyyden $N_{t.Rd}$, kanssa kun putki on hitsattu laippaan.

Hitsin minimi a-mitta saadaan kaavasta:

$$a \geq 1,36 * t_1$$

a-mitan koko vs. putken vetokestävyys	a-mitta min	6,8 mm
---------------------------------------	-------------	--------

Hitsin a-mitaksi valitaan esimerkiksi 7mm tässä tapauksessa, a-mitta pitää olla suurempi kuin laskelman antama.

Pultin vedon kestävyys osavarmuusluku tulee standardista SFS-EN 1993-1-8

Pulttien vetokestävyys

Määritetään pultin vetokestävyys kaavalla:

$$F_{t.Rd} = k_2 * F_{up} * A_s / \gamma_{M2}$$

Pultin jännityspinta-ala kierteen kohdalta	A_s	245,0 mm ²
Osavarmuusluku vedon kestävyydelle	k_2	0,9
Pultin vetokestävyys	$F_{t.Rd}$	141,1 KN

Pulttien dimensioiden arvot on sisällytetty excel taulukkoon informatiivisen tietona, josta arvot poimitaan laskentataulukkoon.

Pultin ja mutterin lävistymiskestävyys

Määritetään pultin lävistymiskestävyys kaavalla:

$$B_{p.Rd} = 0,6 * \pi * d_m * t_p * f_u / \gamma_{M2}$$

$F_{t.Rd} / B_{d.Rd}$ arvo pitää jäädä pienemmäksi kuin arvo 1, että lävistymiskestävyys on riittävä.

Avainväli (taulukko)	s	30 mm
Kannan äärimitta (taulukko)	e	33,5 mm
e ja s arvojen keskiarvomitta	dm	31,8 mm
Lujuusluokka 8.8	α_v	0,6
Pultin ja mutterin lävistymiskestävyys	$B_{b.Rd}$	488,4 KN

Pulttien vetokestävyys arvo jaetaan kiinnityslevyn lävistymiskestävyydellä, jolloin saadaan arvo, joka pitää olla pienempi tai yhtä suuri kuin 1, että tulos on hyväksyttävä.

Vetokestävyys / lävistymiskestävyydellä $F_{t.Rd}/B_{d.Rd}$ 0,289 mm ≤ 1 mm **OK**

Laippaliitoksen kestävyys:

Lasketaan tarvittavat apusuureet:

$$\delta = 1 - \frac{d_0}{p_2}$$

$$b' = e_1 - 0,5 * d + t_1$$

$$k = \frac{4b'}{0,9} * \left(\frac{f_{yp}}{\gamma_{M0}} \right) * p_2$$

Vaatimukset laipan paksuudelle

Tarkastetaan vaatimukset laipan paksuudelle:

Laipan paksuuden minimi- ja maksimiarvot lasketaan kaavalla:

$$\sqrt{\frac{K * f_{t.Ed}}{1 + \delta}} \leq t_p \leq \sqrt{K * f_{t.Ed}}$$

Koska ruuviin kohdistuvaa vaikuttavaa voimaa ei nyt tunneta, vaan tehtävänä on määrittää liitoksen kestävyys murtorajatilassa, oletetaan että ruuviin vaikuttavaa voimaa $F_{t.Ed}$ on ruuvin vetokestävyyden $F_{t.Rd}=141,1\text{KN}$ suuruinen. Levyvahvuus pitää olla minimi ja maksimiarvojen väliltä, että se on hyväksyttävä.

Laipan paksuuden minimi- ja maksimiarvoiksi saadaan tällöin:

Paksuus	Min	18,8	mm	≤	20,0	mm	OK
Paksuus	Max	25,2	mm	≥	20,0	mm	OK

Liitoksen kestävyys

Liitoksen kestävyys saadaan kaavalla:

$$\alpha_{Rd} = \left(\frac{K * f_{t.Rd}}{t_p^2} - 1 \right) * \left[\frac{e_2 + 0,5 * d}{\delta * (e_2 + e_1 + t_1)} \right]$$

Koko liitoksen kestävyys	α_{Rd}	0,385	KN	≥	0	KN	OK
Vaatus liitoksen kestävyydelle	$N_{1.Rd}$	465	KN	≥	270	KN	OK

Koko liitoksen kestävyuden määrää pienin edellä lasketuista kestävyyksistä, joka on laippaliitoksen kestävyys 465KN

Liitoksen vipuvoimia ei ole välttämätöntä erikseen tarkistaa, sillä edellä laskettu liitoksen kestävyys $N_{1.Rd}$ ottaa implisiittisesti huomioon myös vipuvoimat. Ruuvien kokonaisvoima ei pääse ylittymään, vaikka vipuvoimia ei erikseen tarkistettaisikaan.

Perusteet jalan lohkosauvojen laskennalle

Edellistä laskentamallia voidaan käyttää myös pyöreiden laippaliitosten laskentaan, jos liitos täyttää seuraavat ehdot:

- Pultit sijaitsevat laipassa putken ympäri tasaisin välein
- Pulttien lukumäärä on: $n \geq 4$
- Pulttien vapaareikien nimellisvälys on standardin EN 1090-2 normaalin pyöreän reiän mukainen.

Laskelmasta on tehty samanlainen excel-taulukko kuin lohkosauvojen laskennalle, pienin muutoksin (liite 4), muutokset koskevat lähinnä reikien sijainti- sekä pyöreän muodon aiheuttamista muutoksista taulukkoon.

8 SILTARISTIKOIDEN SUUNNITTELU

BMH:lla siltaristikoiden, kouruhihna- ja putkihihnakuljettimien suunnittelu tehdään Autocad-suunnitteluohjelmalla. Suunnittelu alkaa projektin suunnittelualoituspalaverin jälkeen, jolloin projektilayout on hyväksytty ja suurempia muutoksia siihen ei enää pitäisi tulla. Kuljettimen silta lohkotetaan lohkotuspäätöksessä, jolloin on jo tiedossa kuljetustapa, jolla siltalohkot viedään määränpäähänsä, lohkotuksen perusteella määräytyy myös nostokorvien paikat siltaristikossa, riippuen siitä tehdäänkö erilliset kuljetus- ja nostolohkot kohteen vaatimuksien mukaan. Kun perusasiat ovat tiedossa, lujuuslaskija laskee ristikon ja jalkojen tarvitsemat profiilit kuormitusten vaatimusten mukaisesti ja tallentaa raportit PDM-järjestelmään.

Hihnalaitteiden tuotepäällikkö kerää tietopaketin suunnittelijoita varten, tietopaketti sisältää projektilayoutit, perustuskuvat, lohkotuskuvan sekä profiiliraportin, siltalohkojen mahdolliset laippaliitoksien mitoitusmitat käytettäessä erillistä nostolohkoa sekä pitkien jalkojen lohkosauvojen laippojen ja pulttien mitoitusmitat, lisäksi pakettiin kuuluu kuljetinlaskelma, josta selviää vaihde, hihnatyyppi sekä kuljettimen rullastajuoksun minimi kaarevuussäteet sekä muut suunnitteluun vaikuttavat yksityiskohdat. Suunnittelun edetessä suunnittelijoille toimitetaan sähkö- ja moottorilistat, joista selviää käytettävien sähkökomponenttien nimikkeet ja niiden tyypit. Tuotepäällikkö toimii koko suunnitteluprosessin ajan suunnittelijoiden tukena, vastaten vastaantuleviin ongelmiin, sekä tarkistaa suunnitelmat ennen niiden tuotantoon panna.

9 LOPUKSI

Opinnäytetyön tuloksena syntyi ohjeistus, jolla pääsee alkuun, kun suunnittelee kuljetinsiltoja ja -jalkoja. Ohjekirjaan on koottu tiedot käytettävistä standardeista ja periaatteista, joiden mukaan suunnittelu tehdään. Ohjeissa eritellään, mitä osa-alueita suunnitteluun liittyy. Ohjeistuksessa on huomioitu CE-merkinnän asettamat vaatimuksen, mitä standardeja pitää ottaa huomioon, että kuljetinsilta jalkoineen on CE-merkintä kelpoinen. Ohje ladataan Aton-järjestelmään myöhemmin ja sitä päivitetään tarpeen mukaan uusien ohjeistusta vaativien asioiden ilmetessä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia mahdollisimman kattava tietopaketti kuljetinsiltojen suunnittelemisesta, jonka avulla pääsee nopeasti selville kuljetinsiltojen rakenneratkaisuista. Tietopaketista löytyy suurimmaksi osaksi kaikki tarvittava informaatio, jonka avulla voidaan lähteä suunnittelemaan kuljetinsiltoja. Opinnäytetyön osuudeksi on rajattu kuljetinsiltojen suunnittelun teoriaosuus, jossa käsitellään kuljetinsiltojen suunnittelun periaatteita. Opinnäytetyö on pääasiassa teoriaa ja perusteita minkä pohjalta erilaisiin ratkaisuihin on päästy. Opinnäytetyön tuloksena saatiin kuljetinsiltasuunnitteluohjeistus, jota kehitetään jatkossa pidemmälle ja päivitetään suunnittelurakenteen muuttuessa. Referenssi kuljetinsiltojen mallistoa laajennetaan saatujen kokemusten perusteella, sekä mahdollisen rakenneratkaisuihin tehdyn tuotekehityksen jälkeen.

Kun aletaan käyttää uutta suunnittelutoimistoa tai uutta suunnittelijaa kuljetinsiltojen suunnittelussa, menee paljon aikaa oikeiden suunnitteluratkaisujen sekä rakenneratkaisujen yhtenäistämisen opettamiseen, ennen kuin päästään suunnittelussa alkuun. Tietopaketista löytyy myös itse suunnittelutyön aikana tarvittavia tietoja, esimerkiksi suunnittelun pohjana käytettävät standardit. Tietopaketti auttaa tiedostamaan minkälaisia ratkaisuja BMH Technology Oy:ssä käytetään ja se auttaa yhtenäistämään siltarakennetta niin teknisesti kuin ulkonäöllisesti, lisäksi tietopaketin tarkoituksena on vähentää suunnittelua valvovan henkilön suunnittelun opastamiseen käyttämää aikaa, niin että saataisiin heti oikeat ratkaisut kuhunkin yksityiskohtaan ilman turhaa muutoksien tekemistä.

Kuljetinsiltojen rakenneratkaisuista on tehty erillinen tiedosto, johon on kerätty eri yksityiskohtien rakenneratkaisuja sekä referenssiprojekteja, joita voi ottaa pohjaksi aloitettaessa uutta projektia.

Ristikkorakenteen ja jalkojen suunnittelussa kannattaa siirtyä käyttämään 3D-suunnitteluohjelmistoa. Se antaa mahdollisuuden tehdä siltaristikoita pienemmillä suunnittelukustannuksilla 2D-suunnitteluun verrattuna. Aluksi kustannus todennäköisesti on suurempi kuin vanhalla tavalla toteutettuna, mutta referenssimallien ja komponenttikirjaston karttuessa suunnittelukustannukset pienenevät merkittävästi. 3D-suunnittelu auttaa myös huomaamaan mahdollisia suunnitteluvirheitä helpommin kuin perinteisellä tavalla suunniteltaessa, se helpottaa myös jälkeempäin tehtävien silta- tai jalkarakenteiden muutoksia antamalla valmiin mallin FEM-lujuuslaskentaa varten.

LÄHTEET

EN 15048-1. Esijännittämättömät kantavien rakenteiden ruuviliitokset. Osa 1: yleiset vaatimukset.

Eurokoodi 3. -oppikirja. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus TRY.

Ruukki 2019. Kantavat poimulevyt. Asennusohje. Helsinki: Rautaruukki. Viitattu 5.12.2019. <https://www.ruukki.com/fin/b2b/tuotteet/kantavat-ja-muut-profiilit/kantavat-poimulevyt>.

SFS-EN 1090 + A1 + AC. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet.

SFS-EN ISO 14122-1. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 1: Pääsytien valinta ja yleiset vaatimukset.

SFS-EN ISO 14122-2. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot.

SFS-EN ISO 14122-3. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet.

SFS-EN ISO 14122-4. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 4: Kiinteät tikkikat.

SFS-EN 1090-1 + A1. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. osa 1: vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin.

SFS-EN 1090-2 + A1. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. osa 2: Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset.

SFS-EN 1993-1-1 + Liite C Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.

SFS-EN 1993-1-8 Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. osa 1-8: liitosten mitoitus.

SFS-EN ISO 8501-3. Teräspintojen esikäsitteily ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 3: Hitsien, leikkaussärmien ja muiden pintavirheellisten alueiden esikäsitteilyasteet.

SFS-EN ISO 12944-1. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionestosuojamaaliyhdistelmillä. Osa 1: Yleistä.

SFS-EN ISO 12944-2. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionestosuojamaaliyhdistelmillä. Osa 2: Ympäristöolosuhteiden luokittelu.

SFS-EN ISO 12944-5. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionestosuojamaaliyhdistelmillä. Osa 5: Suojamaaliyhdistelmät.

SFS-EN ISO 3834-1. Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 1: laatuvaatimustason valintaperusteet.

SFS-EN ISO 3834-3. Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 3: vakiolaatuvaatimukset.

SSAB DOMEX TUBE RAKENNEPUTKET, EN 1993.

Profiiliraporttiesimerkki

PROFILES CHOSEN

Material of all steel structures is S355.

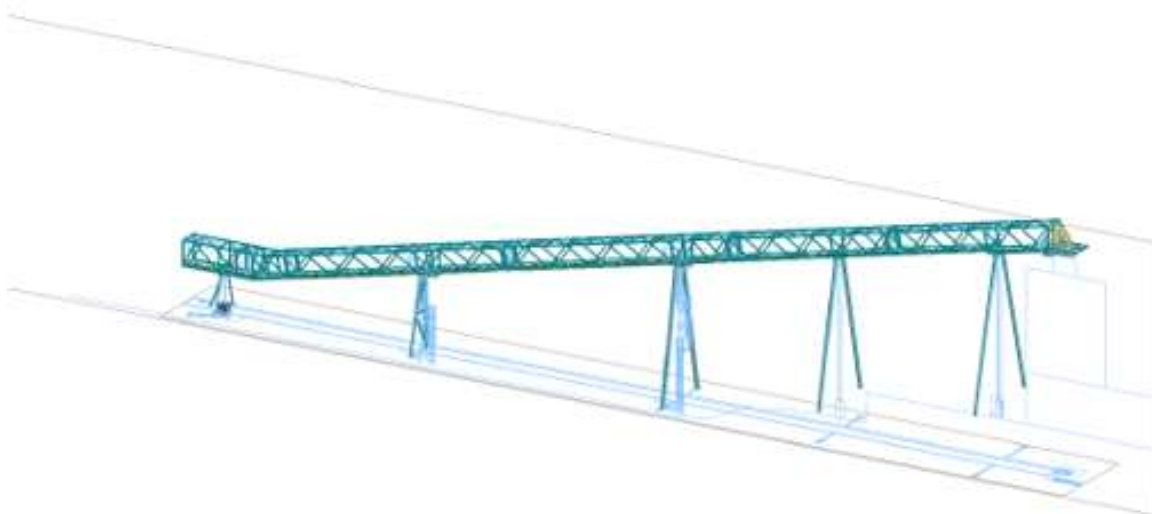


Figure 1 Perspective view of the structure on 2d background

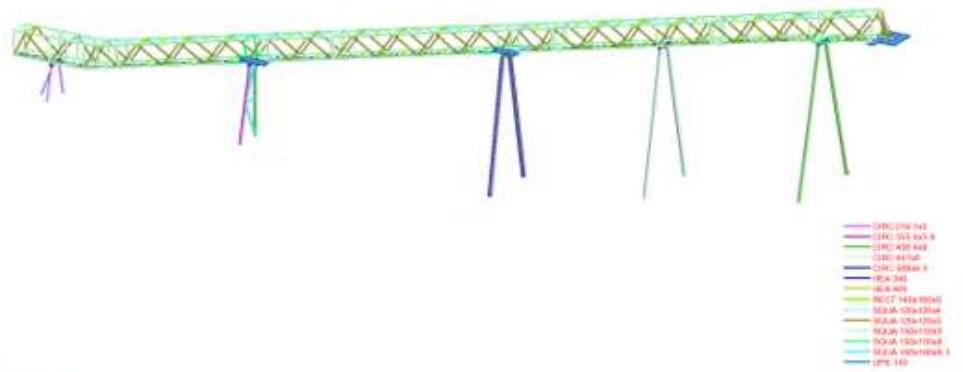


 Figure 2 Profiles color coded

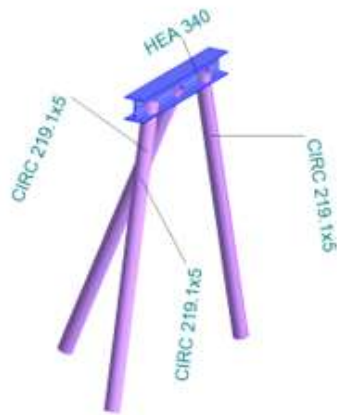


 Figure 3 First Legs



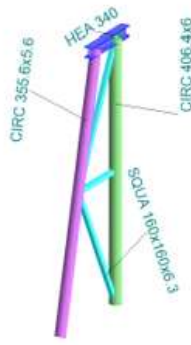


Figure 4 Second leg pair

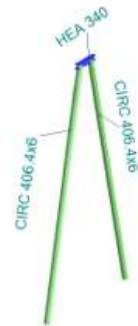
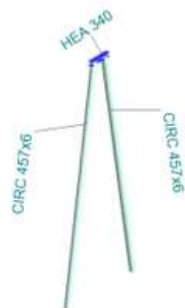
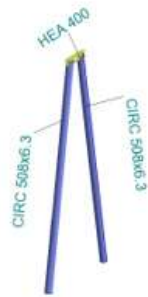


Figure 5 3rd, 4th and 5th leg pairs

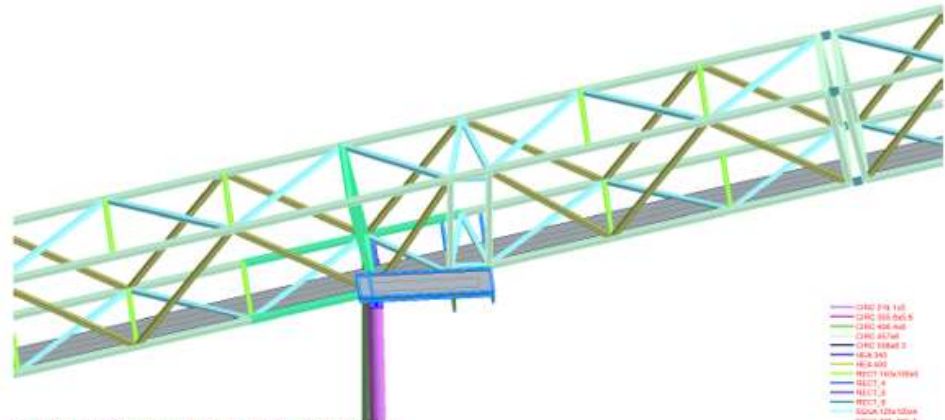


Figure 14 Door opening at the 2nd leg, another view

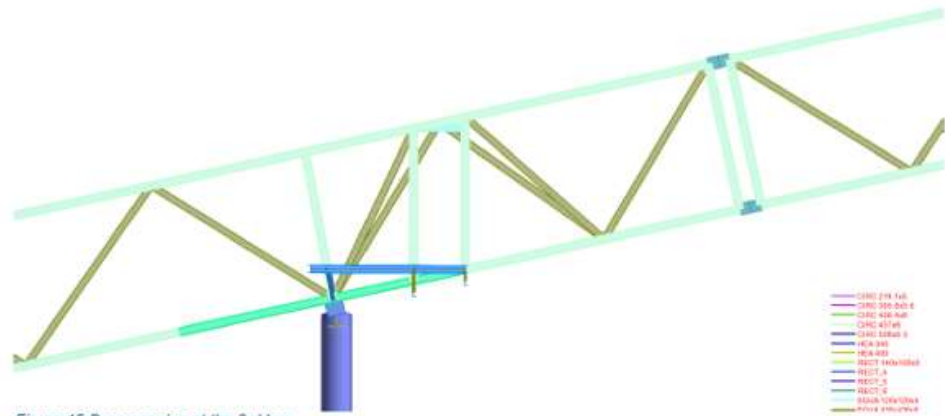


Figure 15 Door opening at the 3rd leg

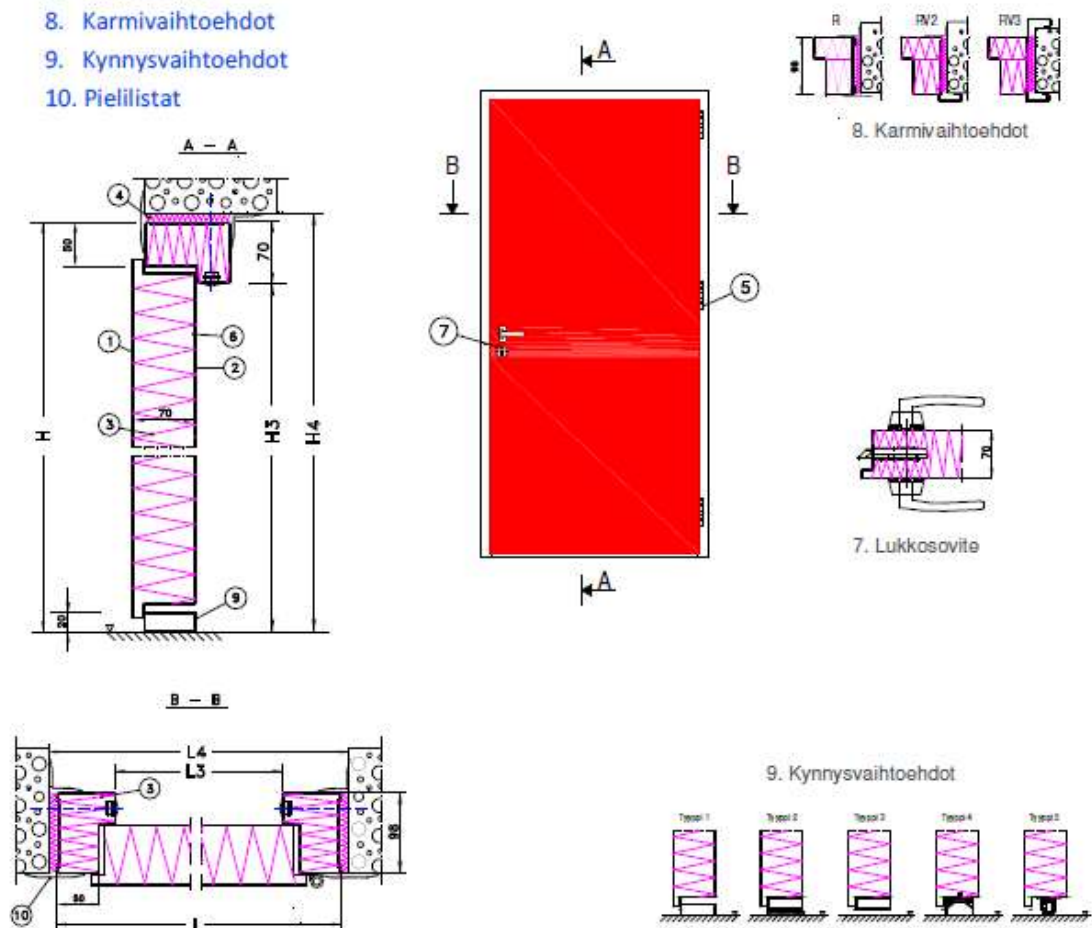
Umpipalo-ovi esimerkki 1-lehtinen EI260

Umpipalo-ovi

SFS-EN 13501-2

VTT-RTH-00060-14

1. Kansilevy
2. Pohjalevy
3. Paloluokiteltu eriste
4. Paloluokiteltu eriste
(ei vakiotoimituksissa)
5. Sarana
6. Suljinvahvike
7. Lukkosovite
8. Karmivaihtoehdot
9. Kynnysvaihtoehdot
10. Pielilistat



Vetorasitettu laippa ja ruuvi-liitos, jalka**Rakenneputki 406,4x6,3**

Sivunpituus, halkaisija

Rakenneputken seinämävahvuus

Rakenneputken pinta-ala (taulukko)

Rakenneputken myötölujuus

Laipat

Laipan myötölujuus

Laipan murtolujuus

Laipan paksuus

Ruuvi

Ruuvien lujuusluokka

Ruuvien halkaisija

Ruuvien vetomurtolujuus

Liitoksen mitoitus, osavarmuusluvut

Poikkileikkauksen kestävyydelle (taulukko)

Kiinnikkeen kestävyydelle (taulukko)

Laipan reikien sijainnit ja vaatimukset reikien sijainnille

Reikä

putken kyljestä reiän keskelle ($1.2 \times d_0$)Laipan reunasta reiän keskelle ($1.2 \times d_0$)Laipan reunasta reiän keskelle ($1.25 \times e_1$)Laipan reunasta reiän keskelle ($p_2/2$)Reikäväli ($2.4 \times d_0$) (taulukko)Reikäväli, (min $14 \times t_w$)**Tarkastetaan vaatimus ruuvien lukumäärälle**

Ruuvien määrä

Putken poikkileikkauksen vetokestävyys

Vetokestävyys

Hitsien kestävyys

a-mittan koko suhteessa putken vetokestävyyteen

Ruuvien vetokestävyys

Ruuvien jännityspinta-ala kierteen kohdalta

Osavarmuusluku vedon kestävyydelle

Ruuvien vetokestävyys

Ruuvien ja mutterin lävistymiskestävyys

Avainväli (taulukko)

Kannan äärimitta (taulukko)

e ja s arvojen keskiarvomitta

Lujuusluokka 8.8

Ruuvien ja mutterin lävistymiskestävyys

Vetokestävyys / lävistymiskestävyydellä

Laippaliitoksen kestävyys

Apu suure

Apu suure

Apu suure

Vaatimukset laipan paksuudelle

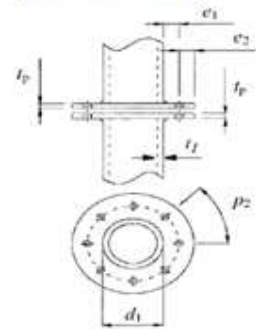
Paksuus

Paksuus

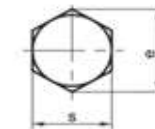
Liitoksen kestävyys**Koko liitoksen kestävyys**

Vaatimus liitoksen kestävyydelle, lujuuslaskelmasta

S355	406.3x6.3				
d_0	406.3	mm			
t	6.3	mm			
A1	7917	mm ²			
f_y	355	N/mm ²			
f_{yp}	355	N/mm ²			
f_{up}	510	N/mm ²			
t_w	16	mm			
	8.8				
d, M	16	mm			
f_{ub}	800	Mpa			
γ_{M0}	1				
γ_{M2}	1.25				
d_0	18	mm			
e_1	50	mm	f_y	21.6	mm OK
e_2	50	mm	f_y	21.6	mm OK
e_3	50	mm	f_y	62.5	mm OK
e_4	80	mm	f_y	80.0	mm OK
p_2	160	mm	f_y	43.2	mm OK
p_2	160	mm	f_y	224.0	mm OK
n	7	kpl	f_y	7.1	OK
$N_{t,put}$	2810.5	KN			
min a-mitta	8.6	mm			
A_s	156.8	mm ²			
k2	0.9				
$F_{t,put}$	90.3	KN			
s	24	mm			
e	26.8	mm			
dm	25.4	mm			
av	0.6				
$B_{t,put}$	312.5	KN			
$F_{t,put}/B_{t,put}$	0.289		γ_{M2}	1	OK
δ	0.8875				
b'	48.3	mm			
K	3.779	mm ² /N			
min	13.4	mm	f_y	16.0	OK
max	18.5	mm	f_y	16.0	OK
α_{liit}	0.20509		f_y	0	OK
$N_{t,liit}$	560.5	KN	f_y	270.0	OK
	270	KN			

Syötetty Laskettu

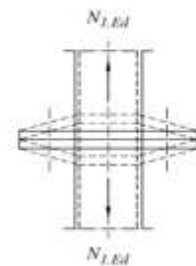
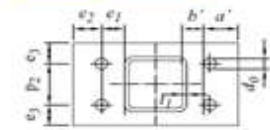
f_y	21.6	mm	OK
f_y	21.6	mm	OK
f_y	62.5	mm	OK
f_y	80.0	mm	OK
f_y	43.2	mm	OK
f_y	224.0	mm	OK
f_y	7.1		OK

 γ_{M2} 1 OK

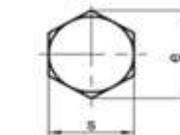
Vetorasitettu laippa ja ruuviliitos, lohkosauva

			Syötetty	Laskettu	
Rakenneputki RHS	5355	150x150x5			
Sivunpituus, halkaisija	h, d	150 mm			
Rakenneputken seinämävahvuus	t	5 mm			
Rakenneputken pinta-ala (taulukko)	A1	2836 mm ²			
Rakenneputken myötölujuus	f _y	355 N/mm ²			
Laipat					
Laipan myötölujuus	f _{yp}	355 N/mm ²			
Laipan murtolujuus	f _{up}	510 N/mm ²			
Laipan paksuus	t _p	20 mm			
Ruuvi					
Ruuvien lujuusluokka		8.8			
Ruuvien halkaisija	d, M	20 mm			
Ruuvien vetomurtolujuus	f _{ub}	800 Mpa			
Liitoksen mitoitus, osavarmuusluvut					
Poikkileikkauksen kestävyydelle (taulukko)	γ _{M0}	1			
Kiinnikkeen kestävyydelle (taulukko)	γ _{M2}	1.25			
Laipan reikien sijoittaminen ja vaatimukset reikien sijoittamiselle					
Reikä	d ₀	24 mm			
putken kyljestä reiän keskelle (1.2x d ₀)	e ₁	50 mm	IV	28.8 mm	OK
Laipan reunasta reiän keskelle (1.2x d ₀)	e ₂	40 mm	IV	28.8 mm	OK
Laipan reunasta reiän keskelle (1.25x e ₁)	e ₂	40 mm	IV	62.5 mm	OK
Laipan reunasta reiän keskelle (p/2)	e ₃	70 mm	IV	62.5 mm	OK
Reikäväli 2.4x d ₀ (taulukko)	p ₂	125 mm	IV	57.6 mm	OK
Reikäväli, (min 14x t _p)	p ₂	125 mm	IV	280.0 mm	OK
Tarkastetaan vaatimus ruuvien lukumäärälle					
Ruuvien määrä	n	4 kpl	IV	4.4	OK
Putken poikkileikkauksen vetokestävyys					
Vetokestävyys	N _{L,Rd}	1006.8 kN			
Hitsien kestävyys					
a-mitan koko suhteessa putken vetokestävyYTEEN	min a-mitta	6.8 mm			
Ruuvien vetokestävyys					
Ruuvien jännityspinta-ala kierteen kohdalta	A _s	245.0 mm ²			
Osavarmuusluku vedon kestävyydelle	k ₂	0.9			
Ruuvien vetokestävyys	F _{L,Rd}	141.1 kN			
Ruuvien ja mutterin lävistymiskestävyys					
Avainväli (taulukko)	s	30 mm			
Kannan äärimitta (taulukko)	e	33.5 mm			
e ja s arvojen keskiarvomitta	d _m	31.8 mm			
Lujuusluokka 8.8	α _v	0.6			
Ruuvien ja mutterin lävistymiskestävyys	B _{v,Rd}	488.4 kN			
Vetokestävyys / lävistymiskestävyydellä	F _{L,Rd} /B _{v,Rd}	0.289	IV	1	OK
Laippaliitoksen kestävyys					
Apusuure	δ	0.8080			
Apusuure	b'	45.0 mm			
Apusuure	K	4.507 mm ² /N			
Vaatimukset laipan paksuudelle					
Paksuus	min	18.8 mm	IV	20.0	OK
Paksuus	max	25.2 mm	IV	20.0	OK
Liitoksen kestävyys					
Koko liitoksen kestävyys	α _{L,Rd}	0.385	IV	0	OK
Vaatimus liitoksen kestävyydelle, lujuuslaskelma	N _{L,Rd}	465 kN	IV	270.0	OK
		270 kN			

Syötetty Laskettu



IV	28.8 mm	OK
IV	28.8 mm	OK
IV	62.5 mm	OK
IV	62.5 mm	OK
IV	57.6 mm	OK
IV	280.0 mm	OK
IV	4.4	OK



IV 1 OK

