

**TERÄSPUTKISILTARAKENTEEN TOIMITUSPROSESSIN  
DOKUMENTAATIO JA CE-MERKINTÄ AURAJOKI OY:LLE**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Liikennealan koulutusohjelma

Riihimäki, kevät 2017

Mikko Mänki

Riihimäki  
Liikennealan koulutusohjelma  
Liikennesuunnittelu

---

<b>Tekijä</b>	Mikko Mänki	<b>Vuosi</b> 2017
<b>Työn nimi</b>	Teräspuutkisirakenteen toimitusprosessin dokumentaatio ja CE-merkintä Aurajoki Oy:lle	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Aurajoki Oy:lle laaja selvitystyö teräspuutkisirakenteisiin liittyvistä ohjeista ja määräyksistä Aurajoki Oy:n tuodessa markkinoille omaa teräspuutkisirakennettaan.

Selvitystyön tarkoituksena oli ottaa selvää kaikista teräspuutkisirakenteisiin ja teräspuutkisirakenteiden rakentamiseen ja toimittamiseen liittyvistä viranomaismääräyksistä, asetuksista sekä alan yleisistä lainalaisuuksista. Selvitystyön lopullinen päätavoite oli saada Aurajoki Oy:n teräspuutkisirakenteet tuotehyväksytyä CE-merkinnällä, sekä ensimmäinen teräspuutkisirakenne toimitettua maaliin asti. CE-merkintää varten dokumentoin Aurajoki Oy:n teräspuutkisirakenteiden toimitusprosessin, sekä laadin auditointia ja teräspuutkisirakenteen toimitusta varten vaadittavat laatusuunnitelmat ja tekniset työsuunnitelmat.

Tässä opinnäytetyössä käydään ensin lyhyesti läpi yleisellä tasolla teräspuutkisirakenteet ja niiden rakentaminen, sekä vaatimukset teräsrakenteen CE-merkintää varten. Itse teräspuutkisirakenteen toimitusprosessi varsinaisen teräsrakenteen osalta on esitetty jokseenkin kronologisessa järjestyksessä Tiilivuorentien alikulkukäytävään liittyvänä casena. Kyseisessä kappaleessa mainitut toimitusprosessiin liittyvät dokumentit olen luovuttanut Aurajoki Oy:n käyttöön, jonka takia niitä ei ole julkaistu liitteinä tässä opinnäytetyössäni julkisessa osassa.

**Avainsanat** teräspuutkisirakenteet, monilevy, alikulkukäytävä, CE-merkintä

**Sivut** 36 sivua + liitteet 2 sivua

Riihimäki

Degree Programme of Traffic and Transport Management

Traffic Planning

---

**Author**

Mikko Mänki

**Year** 2017

**Subject**

CE marking documentation of corrugated steel pipe structure for Aurajoki Oy

---

ABSTRACT

The purpose of this bachelor's thesis was to do a comprehensive study of corrugated steel pipe structures for Aurajoki Oy as they were bringing their own corrugated steel pipe structure to the market.

The purpose of the study was to research and make clear of all the specifications concerning manufacturing and building corrugated steel pipe structures set by the Finnish Transport Agency. The goal was to have Aurajoki's corrugated steel pipe structure approved for a CE marking, and to successfully deliver Aurajoki's first corrugated steel pipe structure to the customer. For the CE marking audit I made a documentation of Aurajoki's supply chain process which included various quality documents and technical work plans necessary to the delivery process.

This bachelor's thesis is constructed so that it first briefly introduces what corrugated steel pipe structures are and how they're built, and then the requirements for a CE marking. The actual supply chain process and the delivery of the corrugated steel pipe structure is presented in a somewhat chronological order as a case study. The documents I made for the supply chain process and the delivery process that are mentioned in the case study are now property of Aurajoki Oy, and have thus been removed from this publication.

**Keywords** Corrugated steel pipe, structural plate, culvert, underpass, CE marking

**Pages** 36 pages + appendices 2 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Työn tarkoitus .....	1
1.2	Aiheen rajaus.....	1
2	YRITYSESITTELY .....	1
3	TERÄSPUTKISILTARAKENTAMISEN TAUSTAA .....	2
3.1	Aallotetun teräslevyn ja teräsputkisiltojen historia.....	2
3.2	Teräsputkisiltojen hyödyt.....	3
4	TERÄSPUTKISILTARAKENTEET YLEISESTI .....	4
4.1	Putken rakenne .....	4
4.2	Putken muoto.....	5
4.3	Teräsputken aallotuksen profiili.....	7
4.4	Teräsputkisillan kantavuus.....	8
5	VIRANOMAISVAATIMUKSET TERÄSPUTKISILLOILLE .....	9
5.1	Teräsputkisiltojen toteutusta koskevat määräykset.....	10
5.1.1	Toteutusluokka .....	10
5.1.2	Teräslevymateriaali ja ruuvit .....	10
5.1.3	Pinnoitteet.....	11
5.1.4	Putken valmistus ja kokoonpano .....	11
6	TERÄSRAKENTEEN CE-MERKINTÄ.....	12
6.1	Rakennustuotteen CE-merkintä lyhyesti.....	12
6.2	Harmonisoitu tuotestandardi SFS-EN 1090-1 .....	13
6.3	CE-merkinnän kiinnittäminen ja suoritustasoilmoitus.....	13
6.4	Teräsputkisiltarakenteen CE-merkintää varten tarvittava dokumentointi.....	14
7	CASE: TIILIVUORENTIEN ALIKULKUKÄYTÄVÄ, VALTATIE 8 RAUMA.....	14
7.1	Johdanto kappaleeseen .....	14
7.2	Kohteen esittely .....	15
7.3	Suunniteltu alikulkukäytävä .....	15
7.4	Teräsputkisiltarakenteen suunnittelu ja valmistus.....	16
7.4.1	Teräsholvikaaren rakenne .....	16
7.4.2	Teräsholvikaaren pintakäsittely .....	16
7.5	Teräsholvikaaren monilevyjen valmistus ja sinkitys .....	17
7.6	Materiaalin vastaanotto.....	17
7.7	Teräsholvikaaren kokoonpano.....	19
7.8	Teräsholvikaaren nosto ja kuljetus .....	22
7.9	Teräsholvikaaren asennus ja maatäyttö .....	24
7.10	Toimituksen luovuttaminen tilaajalle .....	25
8	YHTEENVETO .....	26

LÄHTEET ..... 28

Liite 1 Käyttöikämitoitus

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Aurajoki Oy:n toimeksiannosta heille tekemäni teräsputkisiltarakenteisiin liittyvän selvitystyön päätöksenä. Tämän selvitystyön tekeminen johtui Aurajoki Oy:n halusta tulla markkinoille teräsputkisiltarakenteiden toimittajana ensin Suomessa ja myöhemmin myös muissa Pohjoismaissa.

### 1.1 Työn tarkoitus

Selvitystyön tarkoituksena oli ottaa selvää kaikista teräsputkisiltarakenteisiin ja teräsputkisiltojen rakentamiseen ja toimittamiseen liittyvistä viranomais määräyksistä, asetuksista sekä alan yleisistä lainalaisuuksista. Selvitystyön lopullinen päätavoite oli saada Aurajoki Oy:n teräsputkisiltarakenteet tuotehyväksytyä CE-merkinnällä, sekä ensimmäinen teräsputkisiltarakenne toimitettua maaliin asti. CE-merkintää varten dokumentoin Aurajoki Oy:n teräsputkisiltarakenteiden toimitusprosessin, sekä laadin auditointia ja teräsputkisiltarakenteen toimitusta varten vaadittavat laatusuunnitelmat ja tekniset työsuunnitelmat.

### 1.2 Aiheen rajaus

Teräsputkisiltojen rakentamiseen ja teräsputkisiltarakenteiden toimittamiseen liittyy pelkän teräsrakentamisen lisäksi valtavasti paljon muutakin, kuten esimerkiksi logistiikkaa, maanrakentamista sekä betonirakentamista. Aurajoki Oy:lle tekemässäni selvitystyössä olen ottanut laajasti selvää myös näistäkin teräsputkisiltarakentamiseen liittyvistä aihealueista. Tämän selvitystyön laajuuden vuoksi tämän opinnäytetyön aihealue on kuitenkin rajattu koskemaan lähinnä itse teräsputkisillan teräsrakennetta ja siihen liittyviä osa-alueita.

## 2 YRITYSESITTELY

Aurajoki Oy on vuonna 1967 perustettu metallien pintakäsittelyyn erikoistunut yritys. Aurajoki Oy:n historia on kuumasinkityksessä ja elektrolyyttisissä pinnoitteissa. Nykyisin palvelukokonaisuuteen kuuluu myös konepajatoimintaa, osahankintaa, logistiikkaa, varastointia, kokoonpanoa sekä erilaisia asiakaskohtaisia toimituskokonaisuuksia. Aurajoki Oy on pohjoismaiden suurin kuumasinkitsijä, jonka markkinaosuus Suomessa on noin 60 %. Henkilökuntaa Aurajoki Oy:llä on tällä hetkellä noin 200. (Aurajoki Oy.)

Aurajoki Oy kuuluu Aurajoki-konserniin, jolla on toimintaa useilla eri paikkakunnilla Suomessa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Aurassa. Aurajoki-konserniin kuuluu Aurajoki Oy:n lisäksi painelaitteita valmistava Aurajoki-Pirkkala Oy sekä konepajatoimintaa harjoittava Proxocon Oy. Aurajoki-konserni on sertifioitu standardin ISO 9001 mukaisella laatu järjestelmäsertifikaatilla sekä standardin ISO 14001 mukaisella ympäristösertifikaatilla. (Aurajoki Oy.)

Aurajoki Oy:n kuumasinkityslaitokset sijaitsevat Aurassa, Lievestuoreella, Mikkelissä ja Pirkkalassa. Turussa sijaitsee yhtiön elektrolyyttisten pinnoitteiden ja jauhemaalauksen keskus. Kaikki kuumasinkityslaitokset toimivat standardin SFS-EN ISO 1461 mukaisesti.

Konepajatoimintaa Aurajoki Oy:llä on Kannonkoskella ja Pirkkalassa. Kannonkosken tehtaalla valmistetaan teräsrakenteita sähkövoimalinjojen mastorakenteiden, sähköratojen ja muuntajakenttien tarpeisiin. Pirkkalan tehtaalla valmistetaan kulmarautarakenteita, joita käytetään edellä mainittujen voimalinjojen mastorakenteisiin. Pirkkalan tehtaalla kokoonpantiin myös myöhemmin tässä opinnäytetyössä kuvatta ensimmäinen Aurajoki Oy:n toimittama teräsputkisiltarakenne. Pirkkalan tehtaalla yhteydessä toimii myös Aurajoki Oy:n vuonna 2015 ostama painelaitetehdas. Molemmat tehtaalla on sertifioitu SFS-EN 1090-1 mukaisesti toteutusluokkaan EXC3. (Aurajoki Oy.)

### 3 TERÄSPUTKISILTARAKENTAMISEN TAUSTAA

Teräsputkisillat ovat aallotetusta teräksestä valmistettuja putkia tai kaaria, joita käytetään tie- ja ratarakentamisessa siltoina, rumpuina ja alikulkutunneleina.

#### 3.1 Aallotetun teräslevyn ja teräsputkisiltojen historia

Aallotetun teräslevyn historia alkaa vuodesta 1829, kun London Dock Companyn insinööri Henry Palmer keksi aallotetun teräslevyn kustannustehokkaana, kevyenä sekä kestävä ratkaisuna valvomansa uuden varastohallin kattomateriaaliksi. Aallotettu teräslevy onkin ollut suosittu katonrakennusmateriaali siitä eteenpäin aina tähän päivään asti. (Current World Archaeology.) Teräsputkisiltojen historia voidaan katsoa alkaneeksi Pohjois-Amerikassa vuonna 1896, kun aallotettua teräslevyä keksittiin käyttämään rumpuputken rakennusmateriaalina. (NCSA CSP Design Manual, 2.)

### 3.2 Teräsputkisiltojen hyödyt

Teräsputkisiltarakenteet ovat erittäin monikäyttöisiä, sillä niitä voidaan valmistaa hyvin monimuotoisina putken tai kaaren koon ja profiilin suhteen. Pyöreiden teräsputkien koko voi vaihdella 150 millimetristä aina lähes 16 metriin, ja joillakin ellipsin muotoisilla matalarakenteisilla putkilla tai kaaren muotoisilla putkilla saatetaan päästä jopa 23 metrin jänneväliin. (CSPI Handbook, 1.)

Teräs on kestävä rakennusmateriaali, ja teräsputkisiltoja onkin helppo valmistaa ja rakentaa juuri niin kestäviksi kuin tarvitaan tai halutaan. Teräksen valmistus on ympäri maailman tarkasti standardeilla kontrolloitua, jolloin sen laatu on helppo todentaa. Teräsputkisillan ja sitä ympäröivän maantäytön käyttäytyminen ja kestävyys laskeminen liikenteen rasituksen alla on erittäin hyvin ennustettavissa kattavien laboratoriotestien ja käyttökokemusten perusteella. (CSPI Handbook, 1.)

Teräsputkisiltojen rakentamisen suurimmat hyödyt muihin rakennusmateriaaleihin ja rakennustapoihin verrattuna syntyvät kuitenkin kustannuksista, rakenteen käyttöiästä ja rakentamisen tehokkuudesta. Teräs on suhteellisen edullinen materiaali viimeistään valmistuskustannuksia verrattaessa esimerkiksi betoniin, ja oikein pintakäsiteltynä ruostumista vastaan saattaa kestää yli sata vuotta. Teräsputkisiltojen kokoonpano joko kierresaumattuna putkesta tai monilevyistä on erittäin nopeaa esimerkiksi betonirakentamiseen verrattuna, jolloin työmaalla säästetään aikaa ja resursseja. Liikenteelle mahdollisesti syntyvä haitta voidaan myös minimoida tehokkaasti, koska teräsputki voidaan kasata kaivannon vieressä tai kuljettaa paikalle toisaalta, ja asentaa sitten paikalleen. Myös logistiikkakustannukset pysyvät maltillisina, koska valmistusmateriaali pystytään kuljettamaan toistensa päälle pinottuina kappaleina. (CSPI Handbook, 1.)



## 4 TERÄSPUTKISILTARAKENTEET YLEISESTI

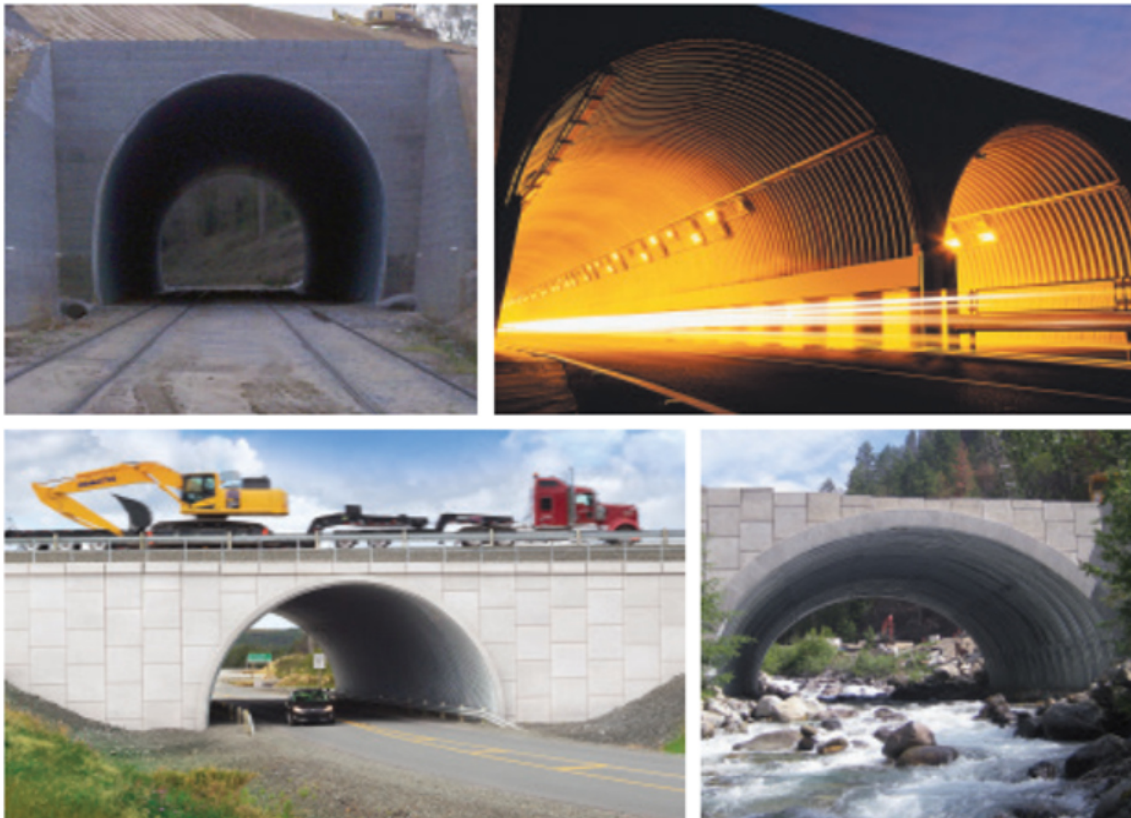
### 4.1 Putken rakenne

Teräsputkisillat jaetaan rakenteeltaan kahteen ryhmään. Kierresaumatut teräsputket (kuva 1) ovat ohuesta teräsnauhasta saumaamalla tai hitsaamalla valmistettuja rakenteita. Kierresaumattuja putkia käytetään kun tarvitaan pientä halkaisijaa vaativaa putkea, yleisiä käyttökohteita ovat esimerkiksi vesistöputket ja pieneläinputket. Kierresaumattu teräsputki ei ole rakenteellisesti yhtä kestävä kuin monilevyrakenteinen teräsputki, mutta ne ovat halvempia ja helpompia rakentaa. (LO 10/2014.)



*Kuva 1 Kierresaumattu teräsputki. (Armtec.)*

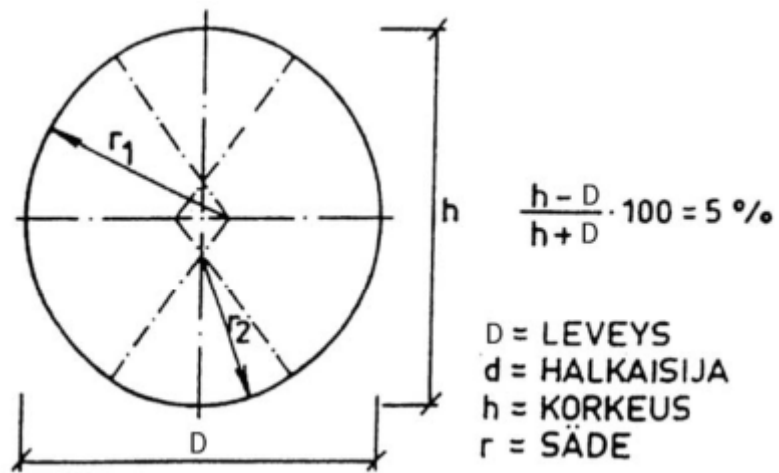
Monilevyrakenteinen teräsputkisilta (kuva 2, katso myös kuva 8) valmistetaan aallotetuista teräslevyistä kokoamalla. Monilevyrakenteen mahdollistaa putkelle monipuolisemman muodon sekä suuremman kestävyuden. Jänneväliiltään suurimmat teräsputkisillat ovat monilevyrakenteisia, ja niiden päätarkoituksellisia käyttökohteita ovatkin sillat, tunnelit ja alikulut. (LO 10/2014.)



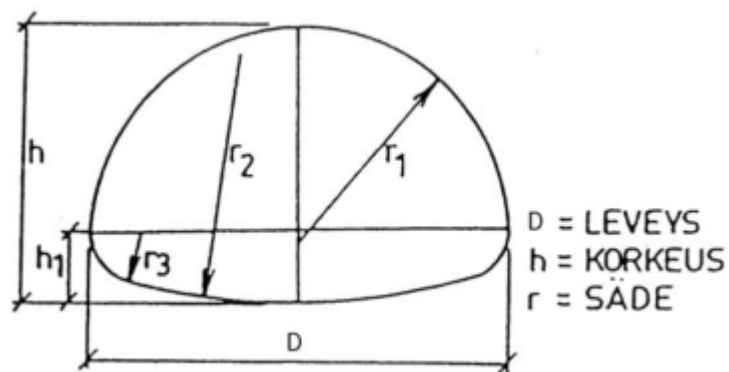
*Kuva 2 Monilevyrakenteisia teräsputkisilloja. (Rexsteel kuvamateriaali.)*

#### 4.2 Putken muoto

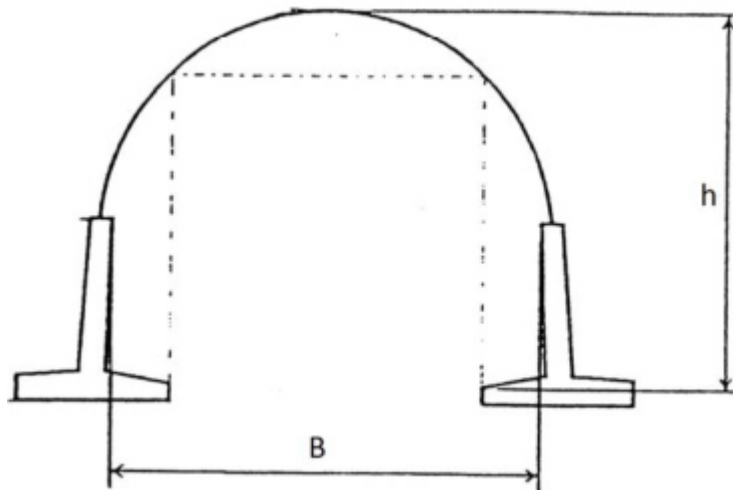
Teräsputkisillan muoto, eli putken poikkileikkaus, valitaan käyttökohteen mukaan. Valinnan tekee kohteen suunnittelija. Putken muodon valintaan olennaisimmin vaikuttavia asioita ovat vapaa-aukon haluttu leveys ja korkeus, sekä mahdollisesti peitesyvyyden putken muodolle aiheuttamat rajoitukset. Erilaisia muotoja putkelle on noin kymmenkunta täysin pyöreästä erilaisten ellipsien kautta kaarisäteiltään vaihteleviin kaarimalleihin. Pyöreät putket (kuva 3) soveltuvat vesistösilloiksi, rautatiesilloiksi sekä vähäisempää käyttöä palveleviksi alikulkukäytäviksi. Alikulkukäytäviksi parhaiten soveltuvat kaarevuussäteeltään vaihtelevat matalarakenteiset putket (kuva 4) ja teräsholvisilloiksi kutsutut teräsholvikaaret (kuva 5), joissa teräskaari lepää erillisten perustusten päällä. Teräsholvisillojen perustukset tehdään useimmiten betonista, mutta niitä voidaan tehdä myös teräksestä. Periaatteessa mitään estettä Liikenneviraston puolesta ei ole tehdä niitä mistään muustakaan materiaalista kunhan rakenteen kantavuus säilyy ja pitkälle käyttöiälle on olemassa perusteet. (LO 10/2014; Design of Soil Steel Composite Bridges, 11.)



Kuva 3 Pyöreän putken poikkileikkaus (LO 10/2014, 14.)



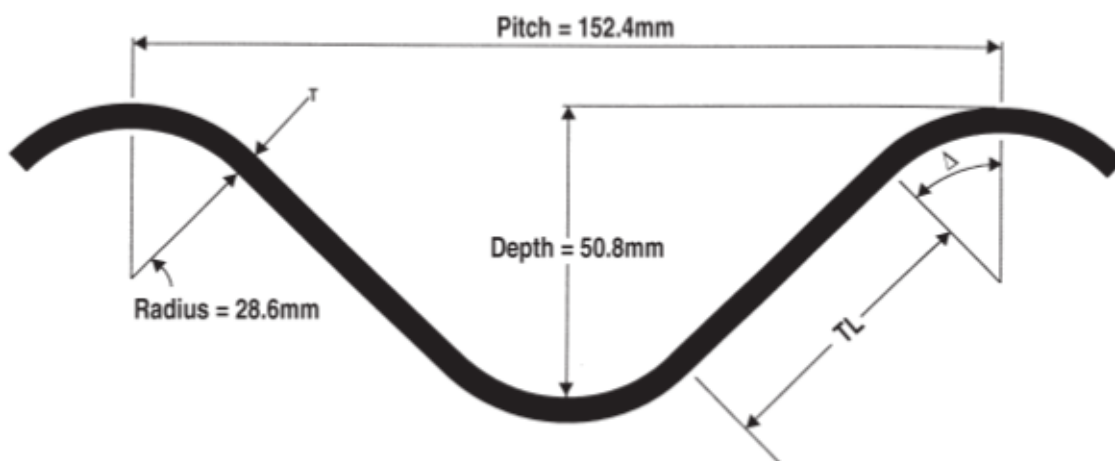
Kuva 4 Matalarakenteisen putken poikkileikkaus (LO 10/2014, 13.)



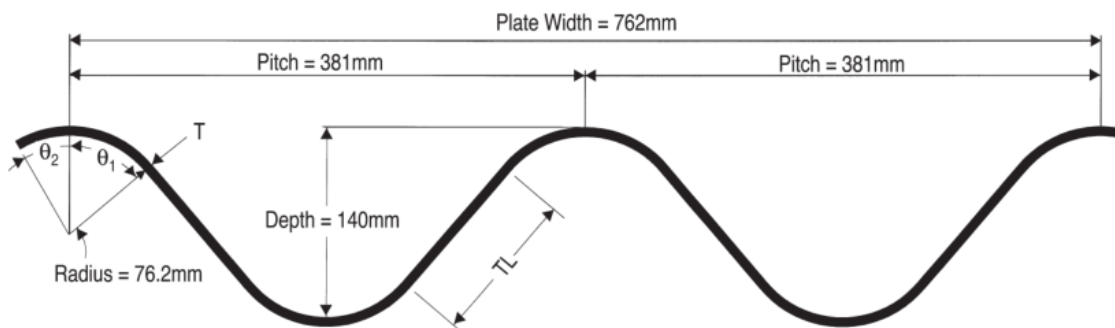
Kuva 5 Teräsholvisillan poikkileikkaus. Katkoviiva osoittaa vapaa-aukon.  
(LO 10/2014, 14.)

### 4.3 Teräsputken aallotuksen profiili

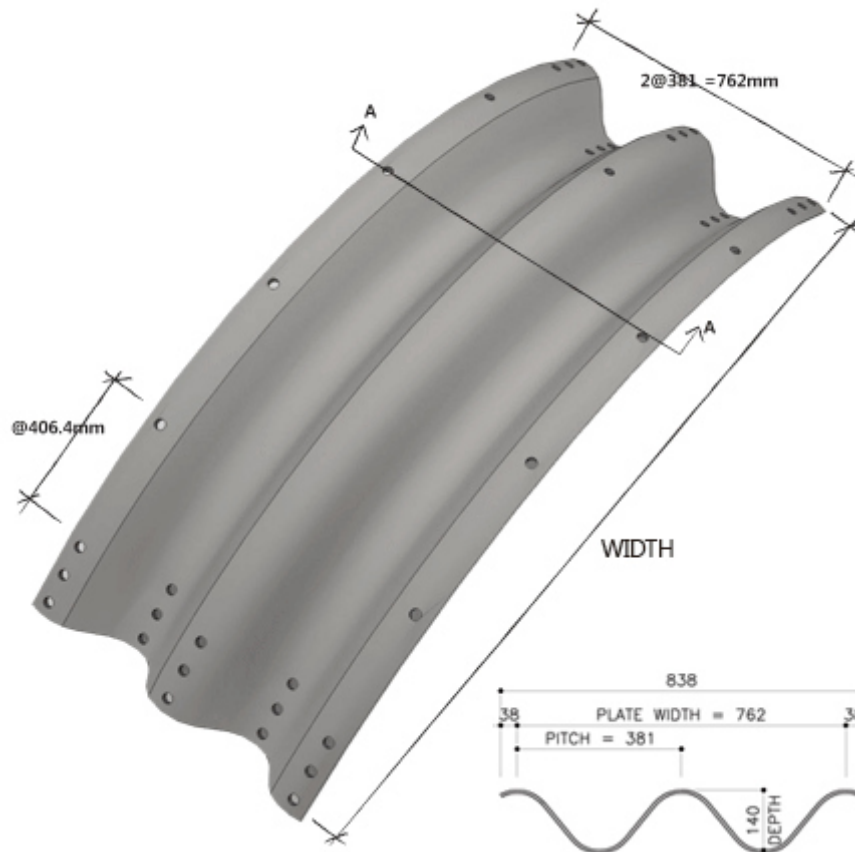
Teräsputkisilloissa käytettävän kierresaumatun tai monilevyteräksen kestävyys syntyy teräksen aallotuksesta, joka kasvattaa teräsrakenteen taivutusjäykkyyttä. Teräsputken aallotuksen profiili mukailee yleensä siniaaltoa, joskin kierresaumattuja putkia voidaan valmistaa myös kantikkaammalla profiililla. Aallotuksen profiilista puhuttaessa tarkoitetaan teräksen aallotuksen aallonpituutta  $\times$  aallonkorkeutta. Suomessa ja maailmalla käytetyimpiä aaltoprofiileja ovat 150 x 50 mm (tarkemmin 152 x 51 mm) ja 381 x 140 mm. Mitat ovat muunnoksia alun perin pohjoisamerikkalaisten käyttämistä mitoista 6" x 2" ja 15" x 5,5". (LO 10/2014; NCSPA Design Manual.)



Kuva 6 150 x 50 mm profiilin poikkileikkaus (CSPI Handbook, 40.)



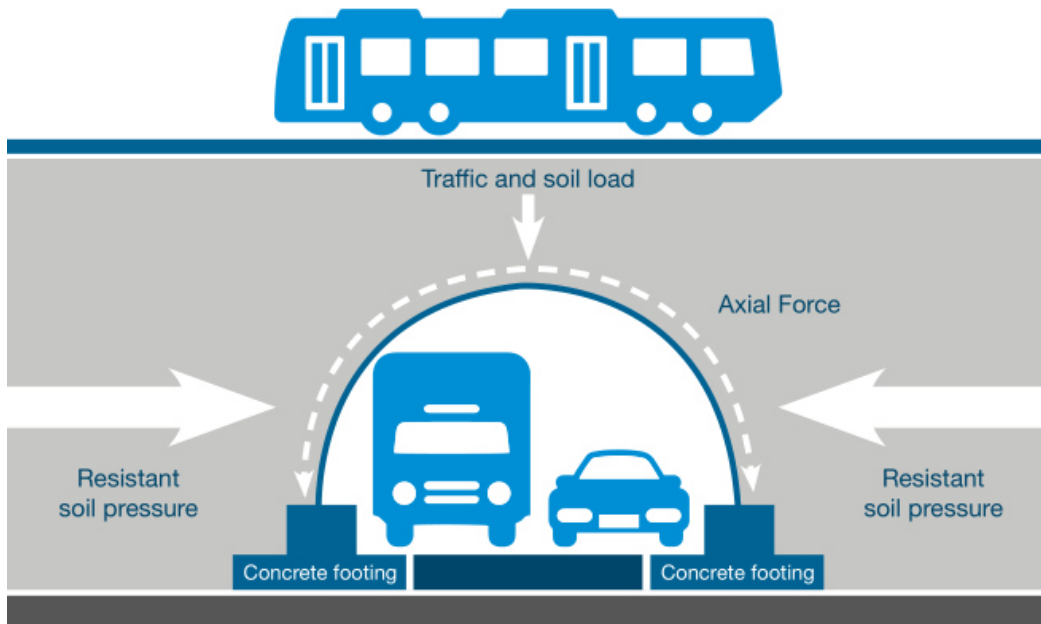
Kuva 7 381 x 140 mm profiilin poikkileikkaus (CSPI Handbook, 55.)



Kuva 8 Taivutetun 381 x 140 mm monilevyn muoto ja mittoja. (Rexsteel kuvamateriaali.)

#### 4.4 Teräspuiskisillan kantavuus

Teräspuiskisillojen kantavuus perustuu teräspuiskisillan ja sitä ympäröivän maatyön holvautumiseen ja niiden monimutkaiseen yhteisvaikutukseen, jossa teräksen joustavuuden avulla teräspuiskisillalle tulevat kuormat jakautuvat tehokkaasti myös sitä ympäröivään maatyttöön. Maatyttö teräspuiskisiltarakenteen ympärillä myös vastakohtaisesti tukee teräspuiskisillan ja luo teräspuiskisiltarakenteen tasapainotetun kestävyuden. Mikäli teräspuiskisilta on monilevyrakenteinen, monilevyjen kaareva muoto myös lisää taivutuskestävyyttä. (CSPI Handbook, 203.)



*Kuva 9 Teräsputkisillan kantavuus perustuu sen ja sitä ympäröivän maatyön yhteisvaikutukseen (Aurajoki Oy Monilevyrakenteet, 4.)*

## 5 VIRANOMAISVAATIMUKSET TERÄSPUTKISILLOILLE

Teräsputkisiltojen suunnittelua ja toteutusta Suomessa ohjeistaa ja valvoo Liikennevirasto. Liikennevirastolla on teräsputkisiltarakenteisiin liittyen kaksi erillistä ohjetta, viimeksi vuonna 2014 päivitetty teräsputkisiltojen suunnitteluohje sekä keväällä 2016 julkaistu teräsputkisiltojen toteutusohje, joka korvasi aikaisemman Tiehallinnon ajoilta peräisin olleen julkaisun teräsputkisiltojen rakentamisen laatuvaatimuksista. Tein selvitystyöni ja Aurajoki Oy toimitti tässä opinnäytetyössä esitellyn case-erimerkin ajankohtaisesti uudemman toteutusohjeen mukaisesti, vaikka sen olisikin virallisesti voinut vielä tehdä vanhemman Tiehallinnon aikaisen ohjeistuksen mukaisesti. Vanhan ja uuden toteutusohjeen välillä on vain muutamia eroja, ja ne kaikki ovat uudessa toteutusohjeessa korkeampia laatuvaatimuksia. Yksi esimerkki kiristyneistä laatuvaatimuksista ohjeiden välillä on esimerkiksi teräsputkisiltarakenteessa käytettävien pulttien myötörajan vähimmäisarvon kaksinkertaistaminen entisestä 320 MPa:sta nykyiseen 640 MPa:iin, eli nykyisin on käytettävä vähintään lujuusluokan 8.8 pultteja.

Kaikkia määräyksiä näissä kahdessa Liikenneviraston ohjeessa ei ole tarkoituksellakaan, vaan tarpeen mukaan niissä viitataan käytettäviin standardeihin, joista tärkein on teräs- ja alumiinirakenteita koskeva standardi SFS-EN 1090. Liikennevirastolla on kuitenkin joillekin standardeille sovellusohjeita, kuten SFS-EN 1090-2 soveltamisohje NCCI T. Joitakin teräsputkisiltarakenteisiin liittyviä ohjeistuksia löytyy myös Liikenneviraston SILKO-siltojen korjausohjeista.

## 5.1 Teräsputkisiltojen toteutusta koskevat määräykset

Tähän alakappaleeseen on koottu ja lyhyesti selitetty Liikenneviraston teräsputkisiltojen toteutusohjeesta oleellimmat teräsputkisiltarakenteen toteutusta koskevat ja ohjaavat määräykset CE-merkinnän hankkimisen kannalta.

### 5.1.1 Toteutusluokka

Teräsputkisiltojen standardista SFS-EN 1090-2 tuleva toteutusluokka Liikenneviraston hankkeissa on EXC3. Toteutusluokka (execution class) on luokiteltu kokoelma toteutukselle eriteltyjä vaatimuksia. (SFS-EN 1090-2, 17.) CE-merkinnän kannalta EXC3 edellyttää, että toteuttajan laatuasiakirjoissa esitetään seuraavat asiat:

- organisaatiokaavio, johon on merkitty toteutuksesta vastaavat henkilöt
- noudatettavat menettelytavat, menetelmät ja työohjeet
- työtä koskeva tarkastussuunnitelma
- menettelytavat muutosten käsittelyyn
- menettelytavat poikkeavuuksien ja laatuksiöiden käsittelyyn
- ennalta määritetyt kontrollipisteet ja vaatimukset testausten suorittamiseen ja varmentamiseen. (SFS-EN 1090-2, 19-20.)

Lisäksi toteutusluokassa EXC3 teräsrakenteessa käytettyjen aineiden ja tarvikkeiden tulee olla jäljitettävissä kaikissa vaiheissa vastaanotosta luovutukseen. (SFS-EN 1090-2, 21.) Teräsputkisiltarakenteen kokoonpanon kannalta tärkeimmät toteutusluokan EXC3 asettamat vaatimukset liittyvät pulttiliitosten toteutukseen ja tarkistukseen.

### 5.1.2 Teräslevymateriaali ja ruuvit

Kierresaumatun teräsputkisiltarakenteen levymateriaalin tulee täyttää standardin SFS-EN 10346 *Jatkuvatoimisella kuumaupotusmenetelmällä pinnoitetut ohutlevyrakenneteräkset, Tekniset toimitusehdot* vaatimukset. (LO 5/2016, 14.)

Monilevyrakenteisen teräsputkisillan levymateriaalin tulee täyttää standardin SFS-EN 10025 *Kuumavalssatut rakenneteräkset* tai SFS-EN 10149 *Kuumavalssatut lujat kylmämuovattavat teräslevytuotteet* vaatimukset. (LO 5/2016, 14.)

Pulttiliitoksissa on käytettävä aina vähintään lujuusluokan 8.8 pultteja ja vastaavan lujuusluokan muttereita. Liikenneviraston teräsputkisiltojen toteutusohjeessa näille esitetty standardi on SFS-EN ISO 898, mutta myös standardin SFS-EN 14399 *Korkealujuuksiset esijännitetyt ruuviliitokset* mukaiset ruuvikokoonpanot käyvät, jos ne monilevyrakenteessa kuuluvat levyjen kanssa yhtenäiseen tuotejärjestelmään. (LO 5/2016, 14.)

### 5.1.3 Pinnoitteet

Kierresaumatun teräsputkisiltarakenteen kuumasinkityksen tulee täyttää standardin SFS-EN 10346 *Jatkuvatoimisella kuumaupotusmenetelmällä pinnoitetut ohutlevyrakenneteräket, Tekniset toimitusehdot vaatimukset.* (LO 5/2016, 15.)

Monilevyrakenteisen teräsputkisillan kuumasinkityksen tulee täyttää standardin SFS-EN ISO 1461 *Valurauta- ja teräskappaleiden kuumasinkkipinnoitteet, spesifikaatiot ja testausmenetelmät* vaatimukset. (LO 5/2016, 15.)

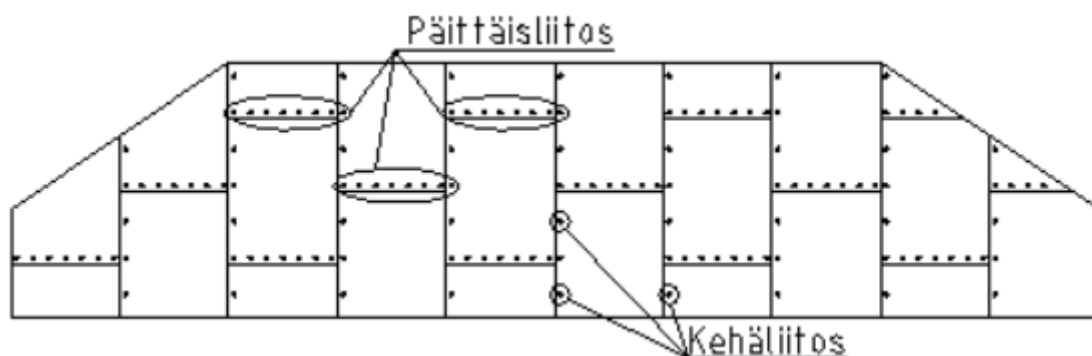
Pulttien ja muttereiden tulee myös olla kuumasinkittyjä ja niiden sinkkikerroksen paksuus vähintään 45 µm. (LO 5/2016, 16.)

Mikäli teräsmateriaali lisäsuojataan kuumasinkityksen lisäksi ei-metallisella pinnoitteella, kuten maalilla tai polymeeripinnoitteella (epoksi, polyuretaani, polyeteeni), noudatetaan niiden osalta niitä koskevia standardeja. Sinkittyjen pintojen maalaus toteutetaan Liikenneviraston SILKO-ohjeiden SILKO 2.354 ja SILKO 1.351 mukaisesti. (LO 5/2016, 16.)

### 5.1.4 Putken valmistus ja kokoonpano

Teräsputkien valmistuksessa noudatetaan soveltuvin osin standardin SFS-EN 1090-2 vaatimuksia, sekä siihen liittyvän Liikenneviraston soveltamisohje NCCI T tekemiä tarkennuksia. (LO 5/2016, 17.) Teräsrakenteen toiminnallisten mittojen tulee noudattaa standardin SFS-EN 1090-2 taulukkoa D.2.2. (LO 5/2016, 17.) Valmiin teräsputken sallitut mittapoikkeamat on esitetty Liikenneviraston teräsputkisiltojen toteutusohjeen kappaleessa 4.8. (LO 5/2016.)

Monilevyrakenteen pulttiliitokset jaetaan kahteen tyyppiin: päittäis- ja kehäliitoksiin (kuva 10), joista päittäisliitokset ovat rakenteen kantavuuden kannalta merkittäviä. Kehäliitokset liittävätkin vain kaariosat toisiinsa, joten niillä ei laskennallisesti oleteta olevan kantavuuteen merkitystä. (LO 5/2016, 17.)



Kuva 10 Monilevyrakenteisen teräsputkisillan pulttiliitokset jaetaan päittäis- ja kehäliitoksiin. (LO 5/2016, 17.)



Päittäisliitosten pulttiliitokset on toteutettava esijännitettynä liitoksina standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 8.5 ja Liikenneviraston soveltamisohjeen NCCI T mukaisesti. Kehäliitokset voi toteuttaa esijännittämättöminä liitoksina. (LO 5/2016, 17-18.) Päittäisliitosten pulttiliitosten kiristys vaaditun esijännitysvoiman aikaan saavaan kiristysmomenttiin suoritetaan kahdessa vaiheessa vääntömomenttimenetelmää käyttäen. (SFS-EN 1090-2; NCCI T, 66.)

Pulttiliitosten tarkastus suoritetaan standardin SFS-EN 1090-2 kohdan 12.5 mukaisesti, jonka mukaan toteutusluokassa EXC3 on tarkastettava vähintään 10 % ruuvikokoonpanoista vääntömomenttiin perustuvaa menetelmää käytettäessä. Suurta ruuviryhmää tarkastettaessa ruuviryhmä voidaan tarkastusta varten jakaa pienempiin osaryhmiin. Ruuviryhmällä tarkoitetaan samaa alkuperää olevaa samanlaisten kiinnitysten ruuvikokoonpanoja, joissa ruuveilla on sama koko ja lujuusluokka. Tarkastus suoritetaan toteutusluokassa EXC3 käyttäen standardin SFS-EN 1090-2 liitteen M mukaisen peräkkäisnäytemenetelmän peräkkäisnäytetyyppi A:ta. (SFS-EN 1090-2, 86.)

Liikenneviraston lisävaatimuksena teräsputken noston jälkeen päittäisliitosten pulttiliitosten kireys tulee tarkastaa vähintään 10 % pulteista. Mikäli tarkastetuista pulteista vähintään 5 kappaletta ei täytä esijännitysvoiman aikaansaamiseksi tarvittavaa kiristysmomenttia tulee kaikille pulttiliitoksille suorittaa uudelleenkiristys aiemmin mainitun tavan mukaisesti. Lisäksi mikäli teräsputken jännevälin ollessa yli 8 metriä tulee kaikkien pulttiliitosten kireys tarkastaa noston jälkeen joka tapauksessa. (LO 5/2016, 30.)

## 6 TERÄSRAKENTEEN CE-MERKINTÄ

### 6.1 Rakennustuotteen CE-merkintä lyhyesti

CE-merkintäjärjestelmän tarkoituksena on helpottaa tuotteiden liikkuvuutta Euroopan sisämarkkinoilla poistamalla päällekkäisiä kansallisia standardeja. CE-merkinnällä rakennustuotteen valmistaja vakuuttaa, että rakennustuotteen ominaisuudet ovat eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaiset. Suomessa CE-merkinnästä suurelle osalle rakennustuotteista tuli pakollista 1.7.2013 alkaen, jonka jälkeen rakennustuotteiden valmistajat eivät ole saaneet tuoda markkinoille rakennustuotteita, jotka kuuluvat harmonisoidun tuotestandardin piiriin ja joilla ei ole CE-merkintää. Teräsrakenteiden

osalta CE-merkintä tuli pakolliseksi 1.7.2014 alkaen. (Ympäristöministeriö; Inspecta.)

Perusteet rakennustuotteiden CE-merkintää varten on säädetty Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa (EU) N:o 305/2001, jonka liitteessä I on lueteltu rakennuskohteen perusvaatimukset. Nämä rakennuskohteen perusvaatimukset toimivat pohjana eurooppalaisille standardisointijärjestöille harmonisoitujen tuotestandardien laatimisessa. Nämä seitsemän perusvaatimusta ovat

- mekaaninen lujuus ja vakaus
- paloturvallisuus
- hygienia, terveys ja ympäristö
- käyttöturvallisuus ja esteettömyys
- meluntorjunta
- energiansäästö ja lämmöneristys
- luonnonvarojen kestävä käyttö.

(EU:n rakennustuoteasetus, liite I.)

## 6.2 Harmonisoitu tuotestandardi SFS-EN 1090-1

Teräsputkisiltarakenteet kuuluvat standardin SFS-EN 1090-1 Teräs- ja alumiinirakenteet soveltamisalaan. SFS-EN 1090-1 kuuluu harmonisoituihin tuotestandardeihin (hEN), koska osia siitä voidaan johtaa suoraan joihinkin edellä mainituista seitsemästä rakennustuoteasetuksessa esitetystä perusvaatimuksesta (tässä tapauksessa mekaaninen lujuus ja vakaus). Harmonisoitu tuotestandardi jakautuu kahteen osaan, harmonisoituun ja vapaaehtoiseen. Kunkin harmonisoidun tuotestandardin lopussa on liite ZA, jossa kerrotaan mikä osa kyseisestä standardista on harmonisoitua eli CE-merkintään liittyvää. Rakennustuotteen tulee täyttää vähintään standardin harmonisoitu osuus jotta sen voi CE-merkitä. (hEN Helpdesk.)

## 6.3 CE-merkinnän kiinnittäminen ja suoritustasoilmoitus

Suoritustasoilmoitus (DoP, Declaration of Performance) on edellytys CE-merkinnän kiinnittämiseksi. Rakennustuotteen valmistaja laatii suoritustasoilmoituksen harmonisoidun tuotestandardin perusteella. Suoritustasoilmoituksessa ilmoitetaan kaikki ne rakennustuotteen ominaisuuksien arvot, joita tarvitaan kansallisten viranomaissäädösten täyttämiseen. Rakennustuotteen valmistajan on ilmoitettava vähintään yksi kappaleessa 6.1 mainittuihin rakennustuotteiden perusvaatimuksiin liittyvä suoritustaso. (Rakennustuotteiden CE-merkintä.)

CE-merkinnän rakennustuotteeseen ja siihen liittyviin asiakirjoihin valmistaja voi kiinnittää itse laadittuaan suoritustasoilmoituksen. Joitakin CE-merkinnän edellyttämiä testauksia ja valmistuksen laadunvalvontaa kuitenkin valvovat Suomessa Ympäristöministeriön hyväksymät arviointilai-

tokset. Arviointilaitokset valvovat myös joissain tapauksissa tuotteen suoritustason pysyvyyden arviointia ja varmennusta. (Rakennustuotteiden CE-merkintä.)

#### 6.4 Teräsputkisiltarakenteen CE-merkintää varten tarvittava dokumentointi

Aurajoki Oy:llä oli jo valmiiksi Pirkkalan tehtaalla CE-sertifikaatti rakenteellisista ei-hitsatuista teräskokoonpanoista toteutusluokassa EXC3, joka oli nyt tarkoitus laajentaa koskemaan teräsputkisiltarakenteita. Teräsputkisiltan toimitus- ja valmistusprosessin auditoi ulkopuolinen arviointilaitos, jolle osoitettiin laatimieni laatusuunnitelmien ja teknisten työsuunnitelmien, sekä muiden asianmukaisten dokumenttien avulla, että teräsputkisiltojen valmistus ja kokoonpano tehtaalla perustuu kappaleessa 5 esitettyihin viranomaisvaatimukseen, eli standardiin SFS-EN 1090 sekä Liikenneviraston teräsputkisiltojen toteutusohjeeseen ja siinä esitettyihin viitestardeihin.

## 7 CASE: TIILIVUORENTIEN ALIKULKUKÄYTVÄ, VALTATIE 8 RAUMA

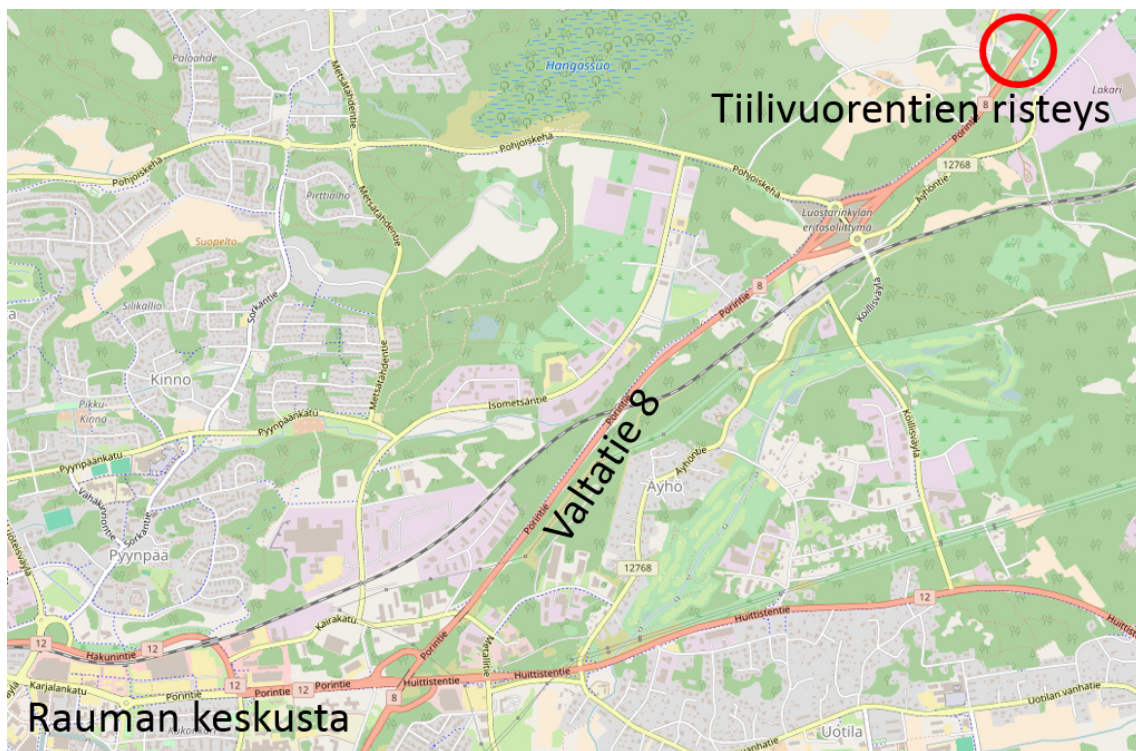
### 7.1 Johdanto kappaleeseen

Tässä kappaleessa käydään jokseenkin kronologisesti läpi ensimmäisen Aurajoki Oy:n toimittaman teräsputkisiltarakenteen toimitusprosessi suunnitteluvaiheesta lähtien. Tekstissä on **lihavoitu** kaikki siinä esiintyvät CE-merkintää varten tehdyt tai tarvittavat laatusuunnitelmat, tekniset työsuunnitelmat ja muut tarvittavat dokumentit. Aiheen rajauksen mukaisesti tässä kappaleessa esitetään toimitusprosessi lähinnä teräsholvikaaren kannalta. Aurajoki Oy:n myös toimittamat betonianturaelementit ja betoniset siipimuurit, valaisimet, sekä suodatinkangas, hankittiin alihankkijoilta CE-merkittyinä.

Toimitusprosessia ei kuitenkaan tietenkään olisi, jos Aurajoki Oy ei olisi koskaan vastannut asiakkaan tarjouspyyntöön ja voittanut tarjouskilpaa. Laatimiini laatudokumentteihin ennen suunnitteluvaihetta kuuluukin siis myös **tarjouspyyntöjen katselmointiohje ja tarjouksen laadintaohje**, sekä projektin perustamista ja hallintaa varten oleva **projektin hallinta- ja dokumentointiohje**. Koko toimitusprosessi kaikkine vaiheineen on kuvattu **prosessikaaviossa**.

## 7.2 Kohteen esittely

Tiilivuorentien ja valtatie 8:n risteysalue sijaitsee noin 4 kilometriä Rauman keskustasta Porin suuntaan. Tämän risteysalueen viereen on rakentamassa uusi teollisuusalue, joten kasvavan liikennemäärän takia entiset tieliittymät Tiilivuorentieltä ja Äyhöntieltä valtatie 8:lle katkaistiin, sekä risteykseen tehtiin uusi kevyen liikenteen alikulkukäytävä liikenneturvallisuuden parantamiseksi ja liikenteen sujuvuuden takaamiseksi. Tieliikenne Tiilivuorentieltä ja Äyhöntieltä valtatie 8:lle kulkee nykyisin uuden Luostarin kylän eritasoliittymän kautta. Molemmat hankkeet ovat osa isompaa valtatie 8:n parannushanketta, ja kummankin suunnittelusta ja toteutuksesta vastasi Destia. (ELY-keskus.)



Kuva 11 Tiilivuorentien risteysen sijainti kartalla. (OpenStreetMap).

## 7.3 Suunniteltu alikulkukäytävä

Suunnittelija oli valikoinut alikulkukäytävän tyypiksi betoniperusteiseen teräsholvikaaren, jonka alapituuden tuli olla noin 25,9 metriä ja leveyden 6 metriä. Alikulkukäytävän vapaa-aukon hyödyllisen leveyden tuli olla 4 metriä ja alikulkukorkeuden 3,2 metriä. Minimipeitesyvyys valtatie 8:llä tulisi olemaan 0,88 metriä. Liikenneviraston vaatimusten mukaisesti rakenteen suunnittelukäyttöänsä oli asetettu 100 vuoteksi, koska se tulee sijaitsemaan vilkasliikenteisen tien alla (keskivuorokausiliikenne yli 3000 ajoneuvoa vuorokaudessa). (LO 10/2014, 11.) Teräsholvikaaren olosuhdeluokiksi teräsholvikaaren sisä- ja ulkopuolelle suunnittelija oli määrittänyt olosuhdeluokan 2 Liikenneviraston vaatimusten mukaisesti, koska sen yli-

ja alikulkevaa tietä suolataan. (LO 10/2014, 49.) Liikenneviraston siltojen kuormien ja suunnitteluperusteiden Eurokoodin soveltamisohjeen mukaiset sillan kantavuuden määrittämiseen käytettävät kuormakaaviot olivat LM1, LM3 ja FLM3.

#### 7.4 Teräsputkisiltarakenteen suunnittelu ja valmistus

Teräsholvikaaren ja muiden sen yhteydessä toimitettavien rakennustuotteiden, kuten betonianturoiden, rakenne- ja käyttöikämitoituksesta vastasi Aurajoki Oy niiden toimittajana. Teräsputkisiltarakenteeseen kuuluvien osien suunnittelussa käytettiin apuna myös ulkopuolista insinööritoimistoa, sekä teräsholvikaaren osalta sen valmistajaa.

##### 7.4.1 Teräsholvikaaren rakenne

Aurajoki Oy:n teettämien kantavuuslaskelmien perusteella monilevyt tul-taisiin tekemään 7,01 mm paksusta SFS-EN 10025 mukaisesta S450-luokan teräksestä, jonka myötöraja on vähintään 450 MPa teräslevyn paksuuden ollessa alle 16 mm (SFS-EN 10025-2, taulukko 7). Aallotuksen profiiliksi valittiin sen järeämmän taivutuslujuuden takia 381 x 140 mm siltasuunnitel-massa alun perin esitettyjen 150 x 50 mm tai 200 x 55 mm profiilien sijaan. Teräsholvikaaren pulttiliitoksissa käytettäisiin lujuusluokan 10.9 pultteja, joiden murtolujuuden nimellisarvo on 1000 MPa ja 0,2%-venymisraja 900 MPa. (SFS-EN ISO 898-1, taulukko 3.)

Tehdyt muutokset hyväksyttiin tilaajalla esittämällä ulkopuolisen insi-nööritoimiston tarkistamat **mitoituslaskelmat**, jonka jälkeen yleispiirus-tuksen tiedot päivitettiin tehtyjen muutosten mukaisiksi.

##### 7.4.2 Teräsholvikaaren pintakäsittely

100 vuoden suunnittelukäyttöikä olosuhdeluokassa 2 edellyttää teräsput-ken lisäsuojausta maalaamalla kuumasinkityksen lisäksi. Käyttöikämitoi-tuslaskelman (katso esimerkki käyttöikämitoituksesta liitteessä 1) ja Liiken-neviraston vaatimusten perusteella monilevyille vaadittiin sinkkikerroksen paksuudeksi 85 µm SFS-EN ISO 1461 standardin mukaisesti. Lisäsuojaus monilevyille tehtiin Haapanen Oy toimesta maalaamalla ne molemmilta puolilta hartsimodifioidulla epoksimaalilla LiVi C.3 maalausjärjestelmän mukaisesti. Pintakäsittelyistä tein auditointia ja sillan toteutuseritel-mää varten **pintakäsittelysuunnitelmat**, jonka liitteeksi Haapanen Oy toimitti oman pintakäsittelypöytäkirjansa, maalin tuoteselosteen sekä lopulta maalauksen aikaisen olosuhdepöytäkirjan ja maalipinnan tarkastuspöytä-kirjan. (LO 10/2014; SILKO 3.351).

## 7.5 Teräsholvikaaren monilevyjen valmistus ja sinkitys

Teräsholvikaaren monilevyt valmistettiin ja sinkittiin eteläkorealainen Rexsteel Aurajoki Oy:n **teräspankiksiiltojen laadunvarmistusohjeen** mukaisesti. Rexsteel toimitti myös teräsholvikaaren liitosten pultit ja mutterit, sekä asennuskanavat, joiden avulla teräsholvikaari kiinnitetään betonianturaelementteihin.



*Kuva 12 Monilevyjen valmistusta tehtaalla. (Rexsteel.)*

Auditointia varten valmistusprosessista tarvittiin teräksen **ainestodistus**, **sinkitystodistus** ja **sinkityspöytäkirja**, monilevyt valmistaneen tehtaan oma standardin **EN 1090-1** mukainen **CE-sertifikaatti**, sekä kiinnikkeistä standardin **EN 14399-1** mukainen **CE-sertifikaatti**.

## 7.6 Materiaalin vastaanotto

Teräsholvikaaren monilevyt ja kiinnikkeet saapuivat Suomeen kahdessa 20 jalan merikontissa. Kuorman purku ja tarkistus tapahtui teollisuusmaalaamo Haapanen Oy tiloissa, joka otti sinkityt monilevyt maalattaviksi heti kuorman tarkistuksen jälkeen. Kuorman tarkistus tehtiin Aurajoki Oy:n henkilökunnan toimesta **vastaanottotarkastusohjeen** mukaisesti. Materiaalin vastaanotosta ja pistokokeista laadittiin vastaanottotarkastusohjeen

mukaisesti **vastaanottotarkastuspöytäkirja mittausliitteineen**, ja havaituista poikkeamista tehtiin **poikkeamaraportti**.

Vastaanottotarkastuksessa tarkastettiin, että toimitus vastasi lähetelueteloa, materiaalien kunto silmämääräisesti, valmistajan tarkastusraportti sekä aineistodistukset. Lisäksi monilevyjen ja niiden rei'itysten mittoja ja teräksen aineenpaksuuksia tarkastettiin pistokoemaisesti, josta laadittiin vastaanottotarkastuspöytäkirjaan oma liitteensä. Sinkkikerroksen paksuuksia tarkastettiin magneettista menetelmää käyttäen niin, että jokaisesta eri levykoosta ja asennuskanavan kappaleista tarkastettiin 2 satunnaisesti valittua kappaletta, joista lukema otettiin viideltä eri mittausalueelta. Tämä oli huomattavasti enemmän kuin mitä standardi vaatii tällaisen tarkastuseräkoon kyseessä ollessa, mutta näin tehtiin siksi, että vastaanottotarkastuksen sinkitystarkastusraportti olisi formaatiltaan yhdenmukainen ja vertailtavissa valmistajan sinkitysraporttiin. (SFS-EN ISO 1461.)



*Kuva 13 Monilevyjen purkua merikontista. Monilevyt rahdataan pakkoina, joka tekee niiden kuljetuksesta erittäin kustannustehokasta.*



*Kuva 14 Monilevyn sinkkipinnoitteen paksuuksia mitattiin pistokoemaisesti.*

## 7.7 Teräsholvikaaren kokoonpano

Teräsholvikaari kokoonpantiin Aurajoki Oy:n Pirkkalan tehtaan pihassa koko pituuteensa, josta se kuljetettiin erikoiskuljetuksena työmaalle Rauhalle. Kokoonpano tehtiin Pirkkalan tehtaalla kustannussyistä sekä siksi, että vain tehtaalla kootun teräsputkisiltarakenteen voi CE-merkitä. Kokoonpano tehtiin käyttäen apuna teräsholvikaaren teknisiä piirustuksia, sekä laatimaani yksityiskohtaista **kokoonpanosuunnitelmaa** noudattaen.

Teräsholvikaaren rakenteen kantavuuden kannalta sen pulttiliitoksista monilevyjen väliset päittäisliitokset ovat kriittisimpiä, joten kokoonpanosuunnitelmassa niiden toteutukseen kiinnitettiin erityistä huomiota. Teräsholvikaaren kaikki pulttiliitokset kiristettiin standardissa SFS-EN 1090-2 esitetyn vääntömomenttimenetelmän mukaisesti kahdessa vaiheessa kiristäen. Pulttiliitosten tarkastuksesta standardin SFS-EN 1090-2 liitteen M mukaisella peräkkäisnäytemenetelmällä olin tehnyt myös **pulttiliitosten tarkastussuunnitelman**, ja pulttiliitosten tarkastuksesta laadittiin **pulttiliitosten tarkastuspöytäkirja**. Auditointia varten Aurajoki Oy:n tuli esittää myös pulttiliitosten kiristyksessä ja tarkastuksessa käytetyn momenttiavaimen **kalibrointitodistus**. (SFS-EN 1090-2.)





*Kuva 15 Teräsholvikaaren kokoonpanoa Aurajoki Oy:n Pirkkalan tehtaalla. Yksi kaariosaa koostuu kolmesta monilevystä.*

Teräsholvikaarta kokoonpantaessa vapaasti seisovaksi puulavojen päälle haasteeksi osoittautui sen muodon säilyttäminen. Ilman betonianturoihin kiinnitettyjen asennuskanavien tukea teräsholvikaari pyrki painumaan harjaltaan kasaan, joka aiheutti teräsholvikaaren alaosan jännevälän leviämistä yli halutun rajan. Tämä ei haitannut varsinaisesti monilevyjen kokoonpanoa, mutta se tulisi olemaan ongelma myöhemmin asennusvaiheessa Raumalla, kun teräsholvikaarta nostettaisiin paikalleen betonianturoiden päälle kiinnitettyihin asennuskanaviin. Teräsholvikaaren muotoa pyrittiin kontrolloimaan aluksi asentamalla jokaiseen kaariosaan molemmin puolin vetokoukut kolmanneksi alimmista pultinrei'istä (kaksi alinta pultinreikää jätettiin avoimiksi, sillä niistä teräsholvikaari kiinnittyy asennuskanaviin), joiden väliin kiristettiin kuormaliina. Teräsholvikaaren pituuden kasvaessa tämä osoittautui kuitenkin riittämättömäksi keinoksi, sillä vaikka kuormaliinat itsessään ovat tarpeeksi kestäviä ja vahvoja pitämään kaaren leviäminen aisoissa, ei keskiverron suomalaisen työmiehen olka- ja selkähaksissa riitä voima kiristämään kuormaliinoja tarpeeksi enää tietyn pisteen jälkeen. Ongelma ratkaistiin korvaamalla kuormaliinat kulmateräksestä valmistetuilla vetotangoilla, joita pystyi kiristämään työkalujen ja vipuvarren avulla juuri halutun verran.



*Kuva 16 Teräsholvikaari koottuna valmiiksi. Teräsholvikaaren mittoja ja muotoa kontrolloitiin kiristämällä sen sisäpuolelle vetotankoja ja kuormaliinoja.*



*Kuva 17 Kulmateräksestä valmistettuja vetotankoja.*

Monilevyjen välisten pulttiliitosten toteutus vaaditun standardin SFS-EN 1090-2 mukaista vääntömomenttimenetelmää käyttäen kahdessa vaiheessa kiristäen osoittautui kokoonpanon aikana käytännössä haastavaksi ja työlääksi. Tällä menetelmällä pulttiliitoksia kiristäessä pienoiseksi ongelmaksi muodostui monilevyjen joustavuus, jonka takia hetki sitten kiristetyt monilevyn yhden pään päittäisliitoksen pulttiliitokset saattoivatkin hieman löystyä, kun monilevyn toisen pään päittäisliitoksen pulttiliitoksia kiristettiin. Pulttiliitosten eläminen kuitenkin väheni tai loppui kokonaan, kun tarpeeksi monen kaariosan kaikki pulttiliitokset oli kiristetty kunnolla tarkasteltavan kaariosan ympäriltä. Myös pulttiliitoksia tarkastaessa standardin SFS-EN 1090-2 mukaisella peräkkäisnäyttemenetelmällä tuli hyvin äkkiä selväksi, että standarditkin ovat vain kokoelma yleisiä vaatimuksia ja toimintatapoja, jotka eivät sellaisenaan sovellu ihan joka tarkoitukseen. Peräkkäisnäyttemenetelmää ja sen peräkkäisnäytetyyppejä käytettäessä suuren ruuviryhmän voi tarkastusta varten kyllä jakaa osaryhmiin, joka saattaa olla yksinkertaista jos puhutaan esimerkiksi palkkien välisistä selvistä pulttiliitoksista. Pulttiliitosten jakaminen tarkastettaviin osaryhmiin vaatii kuitenkin hieman pohdittavaa silloin, kun kyseessä on monilevyrakenteinen teräsputkisilta, jossa pulttiliitoksia on toistensa vieressä noin 1600 kappaletta. Ratkaisin asian tarkastelemalla teräsholvikaaren jokaisen kaariosan päittäisliitoksia parina, joista satunnaisotannalla kummankin päittäisliitoksen 15 pulttiliitoksesta tarkastettiin 5 pulttiliitosta.

## 7.8 Teräsholvikaaren nosto ja kuljetus

**Teräsholvikaaren nosto- ja kuljetussuunnitelmaa** varten tärkeimmät tiedot ovat teräsputkisiltarakenteen kokonaismassa, nostokohtien paikat sekä nostovaijereiden nostokulmat, jotta nostoja suorittavat tahot voivat arvioida tarvittavien nostureiden nostokapasiteetit ja suorittaa nostot turvallisesti.

Aurajoki Oy:n Pirkkalan tehtaan pihassa teräsholvikaaren nostoon oli vaurauduttu niin, ettei sitä tarvitsisi sen ilmassa ollessa siirtää ollenkaan. Teräsholvikaari nostettiin kuljetusauton päälle rakennetulle kuljetusalustalle nostamalla se ensin ilmaan kahden autonosturin avulla, ja laskemalla se sitten sen alle peruuttaneen kuljetusauton päälle. Teräsholvikaari siirrettiin Raumalle erikoiskuljetuksena yön aikana isompien liikennehäiriöiden välttämiseksi.



*Kuva 18 Teräsholvikaari nostettuna kuljetusalustalleen Pirkkalassa.*



*Kuva 19 Teräsholvikaaren nosto betonianturoille Raumalla valtatie 8:lla.*

Asennuskohteessa Raumalla urakoitsija oli varautunut järeällä 230 tonnin autonosturilla, koska teräsholvikaari jouduttiin siellä nostamaan valtatie 8:n tasolta alas kaivantoon, sekä sen ollessa ilmassa kääntämään sitä 90 astetta kaivannon suuntaiseksi.

## 7.9 Teräsholvikaaren asennus ja maatäyttö

Betonianturoiden ja teräsholvikaaren asennuksesta työmaalla vastasi kohteen urakoitsija Destia. Aurajoki Oy:n henkilökuntaa oli mukana valvomassa ja ohjeistamassa molempia asennuksia, jotka suoritettiin laatimani **asennussuunnitelman** sekä teknisten piirrosten mukaisesti. Asennussuunnitelmassa ohjeistetaan myös maatäytön toteutus ja tiivistys niin, ettei teräsholvisilta nurjahda tai lommahda maatäytön aikana.

Aurajoki Oy ja Destia olivat sopineet, että teräsholvikaari toimitetaan koko pituudessaan työmaalle, jossa se nostetaan ja asennetaan paikalleen betonianturoiden päälle. Betonianturat Destia oli asentanut paikalleen ja kiinnittänyt niihin asennuskanavat teräsholvikaaren toimitusta edeltävällä viikolla. Lisäksi Destia oli tehnyt ja tiivistänyt maatäytön betonianturoiden puoleen väliin rakenteen tukemiseksi teräsholvikaaren asennusta varten.

Teräsholvikaaren tähtääminen ja asettuminen asennuskanaviin oli huolehdittanut minua hieman ennakkoon, koska asennuskanavien muodostamassa urassa ei ole leveyssuunnassa pelivaraa kuin noin 10 millimetriä. Lisäksi teräsholvikaaren monilevyjen kahden alimman pultinreiän tuli asettua tarkalleen kohdikkain niitä vastaavien asennuskanavien kiinnitysreikien kanssa.

Teräsholvikaaren asennus osoittautuikin näiden seikkojen takia alkuun hieman haasteelliseksi, kun teräsholvikaaren monilevyjen alareunat ottivat paikoitellen kiinni asennuskanavan ulkoseinämässä oleviin pultinreikiin. Asennustyö lähti kuitenkin hyvin liikkeelle, kun teräsholvikaaren toista päätä laskettiin hieman, reunimmaisat pultinreiät saatiin kohdikkain ja ensimmäiset pultit paikoilleen. Tämän jälkeen loputkin pultinreiät saatiin kohdistettua kartiotapin avulla.



*Kuva 20 Teräsholvikaaren tähtäämistä betonianturoihin kiinnitettyyn asennuskanavaan. Teräsholvikaari kiinnittyy asennuskanavaan kahdesta alimmasta pulttirivistään.*

Teräsholvikaaren paikalleen asennuksen jälkeen sen ja asennuskanavan väliset pulttiliitokset kiristettiin asennussuunnitelmassa esitetyn tavan mukaisesti. Samalla oli tarkastettava nostojen aikana mahdollisesti eläneiden monilevyjen väliset pulttiliitokset pulttiliitosten tarkastussuunnitelmien mukaisesti.

Ennen suodatinkankaan asennusta ja maataytön aloittamista oli myös nostojen ja asennuksen aikana teräsholvikaaren pintakäsittelyyn syntyneet vauriot paikkamaalattava pintakäsittelysuunnitelman mukaisesti. Samalla teräsholvikaaren sisäpuolelle asennettiin 4 kappaletta Aurajoki Oy:n toimittamia LED-valaisimia.

#### 7.10 Toimituksen luovuttaminen tilaajalle

Toimituksen luovuttamisen yhteydessä Aurajoki Oy toimitti tilaajalle teräsputkisiltarakenteen CE-merkinnän ja suoritustasoilmoituksen, sekä teräsputkisillan toteuttajan ominaisuudessa päivitetyn osan toteutuseritelmästä. Toimituksen jälkeen Aurajoki Oy:n toimihenkilöt kävivät tilaajan edustajien kanssa palautekeskustelun.



*Kuva 21 Teräsholvikaari asennettuna paikalleen. Teräsholvikaaren päällä näkyvät nostokorvakkeet tullaan vielä irrottamaan sekä teräsholvikaaren ulkopuolella olevat paikkamaalaukset tekemään ennen suodatinkankaan asennusta ja lopullista maatyttöä.*

## 8 YHTEENVETO

Lähdin tekemään tätä opinnäytetyötä vaille sen kummempaa ymmärrystä metallirakentamisesta. Lähtötasoani voisi kuvastaa hyvin se, että ymmärsin lujuusluokan 10.9 pultin olevan kestävämpi kuin lujuusluokan 8.8, mutta en varsinaisesti tiennyt mistä nuo luvut tulevat. Varsinaisesta liikennealan koulutuksestani ei työhön lähdeettäessä ollut juurikaan apua, sillä vaikka teräspultsiltarakentamista Suomessa ohjeistaa ja valvoo Liikennevirasto, kyse on kuitenkin lopulta metallialasta ja sen lainalaisuuksista. Kuitenkin tähän lähtötasoon peilaten olen mielestäni onnistunut tässä opinnäytetyössä hyvin, sillä olen oppinut metallirakentamisesta ja alan standardeista paljon.

Lähtiessäni tekemään tätä selvitystyötä Aurajoki Oy:lle heillä oli ensimmäisen toimituksen kauppa syntymässä ja tehtävänanto yksinkertainen, mutta haastava: Minun tuli ottaa selvää käytännössä kaikista teräspultsilttojen rakentamiseen ja toimittamiseen liittyvistä asioista, kuten Liikenneviraston määräyksistä ja teräsrakentamista ohjaavista standardeista, ku-

ten myös ylipäättään siitä mitä teräsputkisillat ovat ja miten niitä rakennetaan. Lopullinen tavoite oli laatia toimitusprosessin dokumentaatio ja toimitusta ja auditointia varten tarvittavat asiakirjat Aurajoki Oy:n käyttöön. Onnekseni tämän opinnäytetyön aloitus sattui hyvään kohtaan, sillä Liikennevirasto julkaisi keväällä 2016 uuden teräsputkisiltojen toteutusohjeen, joten pystyin tekemään työni heti sen perusteella.

Olin mukana tämän ensimmäisen teräsputkisillan toimitusprosessin jokaisessa vaiheessa tarjouskilpailuvaihetta lukuun ottamatta aina sen toimitukseen asti. Tänä aikana sain myös hyödyllistä käytännön kokemusta, sillä olin mukana lukuisissa asiakas- ja sidosryhmätapaamisissa. Kävin paljon myös työmailla valvomassa työvaiheita, ja teräsholvikaaren kokoonpanoon ja asennukseen myös osallistuin ihan haalaritkin päällä.

Opinnäytetyöstäni on ollut Aurajoki Oy:lle hyötyä, sillä tekemiäni laatusuunnitelmien ja teknisten työsuunnitelmien avulla teräsputkisiltarakenteelle saatiin CE-merkintä. Laatimani suunnitelmat toimivat myös hyvinä pohjina tulevia teräsputkisiltojen toimitusprojekteja varten.



## LÄHTEET

Aurajoki Oy. 2016. <http://www.aurajoki.fi>

CSPI Handbook. Corrugated Steel Pipe Institute. 2007. Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.

Current World Archaeology. Viitattu 18.10.2016. Saatavuus: <http://www.world-archaeology.com/features/history-of-corrugated-iron.htm>

Design of Soil Steel Composite Bridges. Pettersson L., Sundquist H. 2010. Kungliga Tekniska högskolan, Civil and Architectural Engineering.

ELY-keskus. Valtatien 8 parantaminen Luostarinkylän kohdalla Raumalla. Viitattu 20.9.2016. Saatavuus: <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/varsinais-suomi-valtatien-8-parantaminen-luostarinkylan-kohdalla-raumalla>

EU:n Rakennustuoteasetus. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011. 2011. Liite I.

hEN Helpdesk. Harmonisoitu tuotestandardi hEN. Viitattu 10.10.2016. Saatavuus: [http://henhd.multiedition.fi/www/fi/harmonisoitu\\_tuotestandardi/index.php](http://henhd.multiedition.fi/www/fi/harmonisoitu_tuotestandardi/index.php)

Inspecta. Teräsrakenteiden CE-merkintä (EN 1090-1). Saatavuus: <http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Sertifiointi/Tuotesertifiointi/Kantavien-metallirakenteiden-CE-merkinta-EN-1090-1--standardin-mukaan/>

LO 10/2014. Liikenneviraston ohjeita 10/2014: Teräsputkisillat – suunnitteluohje. 2014. Liikennevirasto.

LO 5/2016. Liikenneviraston ohjeita 5/2016: Teräsputkisiltojen toteutusohje. 2016. Liikennevirasto.

NCCI T. Liikenneviraston ohjeita 28/2014: Standardin SFS-EN 1090-2 soveltamisohje, Teräsrakenteiden toteutus – NCCI T. 2014. Liikennevirasto.

NCSPA Design Manual. National Corrugated Steel Pipe Association. 2008. Corrugated Steel Pipe Design Manual.

Rakennustuotteiden CE-merkintä. Ympäristöministeriö. Viitattu 4.10.2016. Saatavuus: <http://www.ym.fi/ce-merkinta>  
SFS-EN 1090-2. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. 2012. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 10025-2. Kuumavalssatut rakenneteräkset. Osa 2: Seostamattomat rakenneteräkset. Tekniset toimitusehdot. 2004. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 1461. Valurauta- ja teräskappaleiden kuumasinkkipinnoitteet. Spesifikaatiot ja testausmenetelmät.

SFS-EN ISO 898-1. Kiinnittimien lujuusominaisuudet. Seostamattomat ja seosteräkset. Osa 1: Ruuvien ja vaarnaruuvien lujuusluokat. Vakiokierre ja taajakierre. 2013. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SILKO 3.351 Liikenneviraston siltojen korjausohje: Teräsrakenteet – uudis- ja uusintamaalauksen maalausjärjestelmät

Ympäristöministeriö. Rakennustuotteita koskeva lainsäädäntö. Viitattu 4.10.2016. Saatavuus: [http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakennustuotteita\\_koskeva\\_lainsaadanto](http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennustuotteita_koskeva_lainsaadanto)

#### KUVALÄHTEET

Kuva 1

Armtec. Viitattu 1.10.2016. Saatavuus: <https://www.armtec.com/wp-content/uploads/Bridge-Materials-Ultra-Flo-In-Yard1.jpg>

Kuva 2

Rexsteelin kuvamateriaali. Rexsteelin Aurajoki Oy:lle toimittavaa kuvamateriaalia. 2016. Ei saatavilla julkisesti.

Kuva 8

Rexsteelin kuvamateriaali. Rexsteelin Aurajoki Oy:lle toimittavaa kuvamateriaalia. 2016. Ei saatavilla julkisesti.

Kuva 9

Aurajoki Oy Monilevyrakenteet. 2015. Saatavuus: [http://www.aurajoki.fi/images/dokumentit/aurajoki\\_monilevy\\_esite.pdf](http://www.aurajoki.fi/images/dokumentit/aurajoki_monilevy_esite.pdf)

Kuva 11

OpenStreetMap. 2016. <https://www.openstreetmap.org>

## KÄYTTÖIKÄMITOITUS

**1. Käyttöiän laskentaan vaikuttavat tekijät**

Tilaaja luokittelee putken eri osat käyttöolosuhteiden perusteella olosuhdeluokkiin 1-4. Olosuhdeluokan määäämiä levypaksuuden, sinkityksen ja lisäsuojauksen syöpmis- ja kulumisnopeuksia käytetään rakenteen käyttöikää laskettaessa.

	Olosuhdeluokka			
Materiaali	1	2	3	4
Levypaksuus	30	45	75	120
Sinkitys	2	3	5	8
Epoksipiki- tai epoksitervamaali	4	6	10	15
Hartsimodifioitu epoksimaali	3	5	8	12
Muu polymeeri-pinnoite	2,5	3,5	6	9,5

Taulukko 1. Käyttöikämitoituksessa käytettävät syöpmis- ja kulumisnopeudet,  $\mu\text{m}/\text{v}$ . (LO 10/2014, 51.)

Teräsputken kestävyteen korroosiota vastaan vaikuttavat teräsputken levypaksuus sekä sinkitys- ja maalikerroksen paksuudet.

Käyttöikälaskelmassa voidaan teräsputken elinkaaren lopussa sallia teräsprofiilin paksuuteen maksimissaan 20 % ruostumisesta johtuva syöpmisvara.

Levypaksuuden osuus T1 putken käyttöiästä lasketaan kaavalla syöpmisvara  $\cdot$  levypaksuus jaettuna olosuhdeluokan mukaisella syöpmisnopeudella.

Sinkityksen osuus T2 putken käyttöiästä lasketaan jakamalla sinkkikerroksen paksuus olosuhdeluokan mukaisella syöpmisnopeudella.

Maalauksen osuus T3 putken käyttöiästä lasketaan jakamalla maalin kerrospaksuus olosuhdeluokan mukaisella kulumisnopeudella.

Sinkityksen ja maalauksen muodostama yhdistelmäpinnoitus on kestoiältään 1,5-kertainen pelkkään sinkitykseen verrattuna. (LO 10/2014.)

## 2. Käyttöiän laskenta

Käyttöikämitoitus on tehtävä erikseen kuhunkin olosuhdeluokkaan kuuluvalla putken osalla.

Putken mitoitusikä KI lasketaan käyttämällä seuraavia kaavoja:

$$\text{a) sinkitty putki ilman maalausta } KI = T1 + T2$$

$$\text{b) sinkitty putki maalattuna } KI = T1 + 1,5 \cdot (T2 + T3)$$

Näillä kaavoilla laskettaessa käyttöikä ei ole tarkka, joten verrattaessa laskettua mitoitusikästä suunnittelukäyttöikään sallitaan toleranssiksi -2 vuotta.

Esimerkki: Teräsputkelle suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta. Teräsprofiilin levyepaksuus on 4,50 mm, sinkityksen paksuus 85 µm, olosuhdeluokka koko putken osalta on 3 ja syöpymisvarana käytetään 20 %.

Lasketaan ensin riittäisikö pelkkä sinkkikerros suojaamaan putkea tarpeeksi kaavalla:

$$KI = T1 + T2 = 0,2 \cdot 4500 \text{ µm} / 75 \text{ µm/v} + 85 \text{ µm} / 5 \text{ µm/v} = 12 \text{ v} + 17 \text{ v} = 29 \text{ vuotta, joka on alle vaaditun 50 vuoden käyttöiän. Lisäsuojaukseksi putkeen valitaan hartsimodifioitu epoksimaali 200 µm, jolloin:}$$

$$KI = T1 + 1,5 \cdot (T2 + T3) = 0,2 \cdot 4500 \text{ µm} / 75 \text{ µm/v} + 1,5 \cdot (85 \text{ µm} / 5 \text{ µm/v} + 200 \text{ µm} / 8 \text{ µm/v}) = 75 \text{ vuotta. (LO 10/2014.)}$$