

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka, yhdyskuntatekniikka  
Oskari Kela

Opinnäytetyö

## **Teräsputkisillan rakentamisprosessi**

Työn ohjaaja  
Työn tilaaja  
Tampere 6/2010

lehtori, diplomi-insinööri Heikki Saarenpää  
Soraset Yhtiöt Oy, työpäällikkö, rakennusinsinööri Pekka Kyttälä

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka, yhdyskuntatekniikka

Kela, Oskari  
Tutkintotyö  
Sivumäärä  
Valmistumisaika  
Työn ohjaaja  
Työn tilaaja

Teräspankksillan rakentamisprosessi  
51 sivua  
6/2010  
Heikki Saarenpää  
Soraset Yhtiöt Oy, Pekka Kyttälä

---

## Tiivistelmä

Työssä käsiteltiin teräspankksillan rakennusprojektia aina sillantarkastuksesta valmiiseen tuotteeseen. Työssä käytiin läpi kuntotarkastusta ja suunnittelua yleisesti niiden ohjeistuksen pohjalta. Kun käsiteltiin rakentamisvaihetta, käytiin läpi menetelmät joihin Soraset yhtiöissä on erikoistuttu.

Työssä käytettiin apuna aiheesta valmistettua kirjallista materiaalia, henkilöhaastatteluja sekä suuressa määrin työn tekijän kokemuksia putkisiltatyömailta. Vierailukäynnit sekä henkilöhaastattelut Rumtec Oy:n tehtaalle Vimpeliin ja Ruotsin Gävleen antoivat näkemyksen putken valmistamisprosessista.

Opinnäytetyö ei varsinaisesti painottanut mitään erityistä osaa putkisiltojen korjausrakassa. Työssä käytiin läpi koko urakan vaiheet alusta loppuun saakka.

Tampere University of Applied Sciences  
Construction Engineering, Civil Engineering

Kela, Oskari	
Engineering Thesis	The building process of a steel pipe bridge
Number of pages	51 pages
Date	6/2010
Thesis supervisor	Heikki Saarenpää
Commissioning company	Soraset Yhtiöt Oy, Pekka Kyttälä

---

## Abstract

In this engineering thesis I am going to be talking about the process of building a steel pipe bridge all the way from the inspection of the bridge to the finished product. I am talking about the inspection and designing process in general and based on manuals written about it. The construction part of my thesis will cover the methods used in our company.

In this thesis I will be using written documents, visits with professionals and my own experiences on building steel pipe bridges. Visits to Rumtec factory in Finland and Viapipe in Sweden gave me a good idea on the process of constructing the steel pipe.

This thesis is not going to be concentrating on one matter, rather trying to cover the whole process from the beginning till the end.

---

Keywords                      putkisilta, teräsputkisilta, teräsputkisillan korjaus

## Sisällysluettelo

1 Johdanto .....	6
2 Siltojen korjausrakentaminen.....	7
2.1 Siltojen nykytila .....	7
2.2 Siltojen tarkastustoiminta.....	8
2.3 Tarkastustoiminnan organisointi.....	8
3 Kuntotarkastus .....	11
3.1 Silmämääräinen tarkastus .....	11
3.2 Pinnoitepaksuuden mittaus .....	11
3.3 Piikkitesti .....	12
3.4 Veden pH-mittaus .....	12
3.5 Virtausnopeuden mittaus .....	12
4 Korjaussuunnitelman laatiminen .....	15
4.1 Lähtötiedot .....	15
4.2 Piirustukset ja mitoitus.....	15
4.3 Toimivuusvaatimukset.....	15
Ulkonäkö ja sopivuus ympäristöön.....	15
5 Putkisillan teräsmateriaalin valmistus.....	17
5.1 Kierresaumattu teräsputkisilta .....	17
5.2 Monilevyrakenteinen teräsputkisilta.....	18
6 Työn toteutuksen suunnittelu .....	20
6.1 Turvallisuus.....	20
6.2 Tiedotus.....	21
6.3 Ympäristö.....	22
6.4 Olemassa olevat rakenteet työmaalla.....	23
6.5 Hankinnat ja aikataulutus.....	23
7 Toteutus.....	25
7.1 Putken vaihto kokonaan uuteen .....	25
7.2 Sujutus.....	34

7.3 Puolipohjaus.....	38
7.4 Ruiskubetonointi.....	41
8 Viimeistely.....	46
8.1 Heitoke.....	46
8.2 Asfaltointi.....	47
8.3 Kaiteet.....	47
8.4 Itselleluovutus.....	48
8.5 Laatu.....	48
9 Yhteenveto ja pohdinta.....	49
Lähteet.....	50

# 1 Johdanto

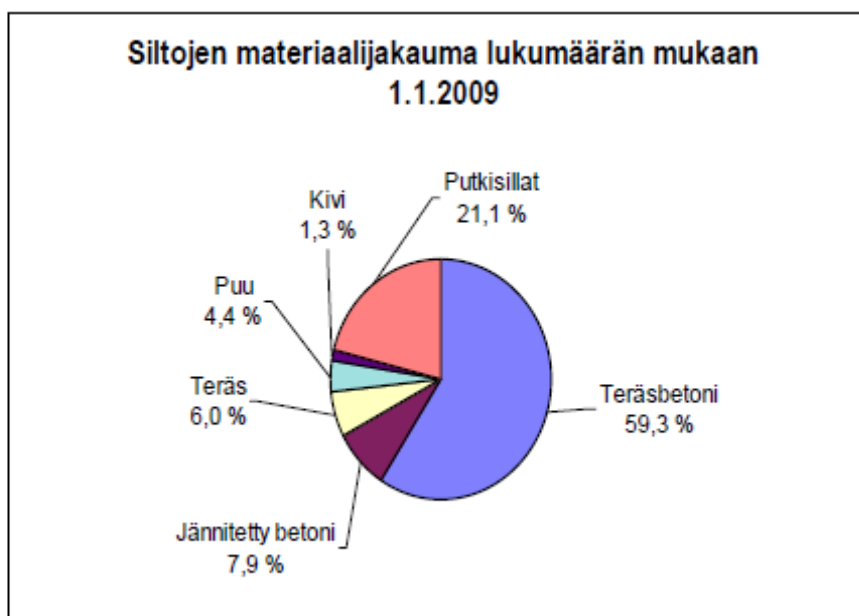
Työn laatija on työskennellyt Soraset yhtiöt Oy:n palveluksessa vuodesta 2007 kesätöiden merkeissä. Vakituisen toimihenkilön työt hän aloitti vuoden 2009 keväällä. Putkisiltaurakat ovat olleet tärkeä osa työn laatijan lyhyttä uraan. Päättötyön aihe löytyikin luontevasti putkisiltojen piiristä. Soraset Yhtiöt Oy on koko Suomen alueella toimiva maanrakennusliike. Päätoimialoja ovat tien- ja kadunrakennus, pohjarakentaminen, silta- ja betonirakentaminen ja murskaus. Putkisiltaurakat ovat tärkeä osa Sorasetin sillanrakennus- ja korjaustoimialaa. Suomessa on kolmisen tuhatta putkisiltaa, joista suuri osa alkaa olla korjauksen tarpeessa. Putkisiltakorjaamisen volyyymi ei muutu rakennusalan suhdannekehityksen mukaan, vaan vuosittain korjattavien putkien määrä on nousussa. Mikäli putkisiltojen korjaamista ei lisätä, on vaarana teiden romahtaminen liikennöimättömään kuntoon. Sorasetillä on kokemusta erilaisista putkisiltojen korjausmenetelmistä ja erityisesti yhtiö on kehittänyt puolipohjausmenetelmää.

Tavoitteena on laatia selostus putkisiltaurakan etenemisestä kuntotarkastuksesta täysin valmiiseen tuotteeseen. Työtä voidaan hyödyntää tietolähteenä sekä opetusmateriaalina työntekijöiden perehdyttämiseen. Työ rajataan Suomessa käytössä oleviin korjaus- ja uusimismenetelmiin.

## 2 Siltojen korjausrakentaminen

### 2.1 Siltojen nykytila

Tiehallinnon julkaisussa: Siltojen ylläpidon toimintalinjat, TIEH 1000217-09 sanotaan, että Suomessa yleisillä teillä oli 1.1.2009 siltoja yhteensä 14565 kappaletta, joista putkisilloja 3062 kappaletta. Sillaksi määritellään liikennettä välittävän esteen ylittävä rakenne, jonka vapaa-aukko on suurempi tai yhtä suuri kuin 2,0 m. Siltojen materiaali-jakauma on esitetty kuviossa 1. (Siltojen ylläpito 2009, 14.)



Kuvio 1: Siltojen materiaali-jakauma lukumäärän mukaan (Tiehallinto)

”Pääosa silloista on rakennettu 1950-luvulla tai myöhemmin, yli kolmasosa 1960- ja 1970-luvuilla. Koska ensimmäinen peruskorjaus on tarpeen 30–40 vuoden kuluttua sillan valmistumisesta, korjaustarve on nyt ja lähivuosina suurimmillaan. Noin vuonna 2025 korjaustarve alkaa nousta uudelleen, kun 1990-luvulla rakennetut suuret siltamäärät tulevat peruskorjausikään ja peruskorjauskierto alkaa vanhempien siltojen osalta jo uudelleen.” (Siltojen ylläpito 2009, 14.)

## **2.2 Siltojen tarkastustoiminta**

Vuonna 1966 TVH yritti käynnistää jatkuvan sillantarkastustoiminnan.

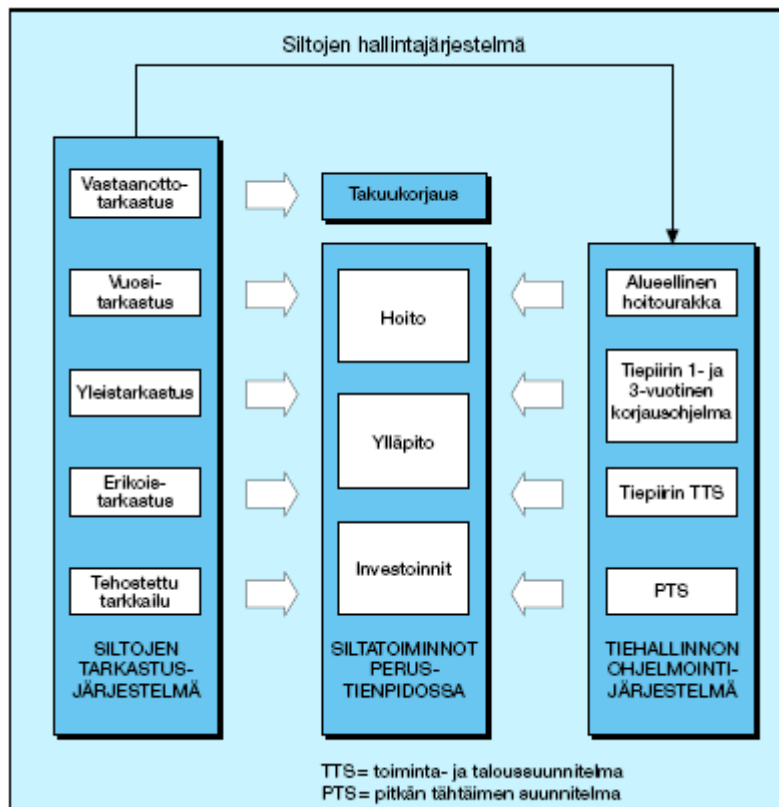
Järjestelmällisesti tarkastustoiminta aloitettiin Tie- ja vesirakennuslaitoksessa vuonna 1970 TVH:n siltaosaston toimeksiannosta. Yleisten teiden sillaston ensimmäinen tarkastuskierros kesti yli 15 vuotta. (Siltojen ylläpito 2009, 14.)

Aiemmin tiepiireille ja tiemestaripiireille kuulunutta siltojen kunnon seurantaan pyrittiin yhtenäistämään koulutuksen avulla vuonna 1976. Kunnossapito-ohje laadittiin vuonna 1982 TVH:n kunnossapitotoimiston toimesta. Ohje uusittiin tiehallituksen siltayksikössä 1992 ja Tiehallinnon siltatekniikka uudelleen vuonna 2004. (Siltojen ylläpito 2009, 14.)

Siltojen tarkastustoiminta kehittyi voimakkaasti 1980- ja 1990-lukujen vaihteessa siltojen hallintajärjestelmän (Siha) kehittämisen yhteydessä. Painopiste siirrettiin kuntotiedoista vauriotietoihin. Sillantarkastuskäsikirja julkaistiin vuonna 1990. Käsikirja on uusittu useita kertoja sillantarkastustoiminnan nopean kehittymisen vuoksi. (Siltojen ylläpito 2009, 14.)

## **2.3 Tarkastustoiminnan organisointi**

Sillantarkastustoiminta kuuluu Tiehallinnon siltatoimintaan kuvion 2. mukaisesti. Hanketasolla tarkastustoiminta palvelee lähinnä ylläpito- ja korjaustöiden sekä tarkastusten ohjelmointia.



Kuvio 2: Tiehallinnon siltatoiminnot perustienpidossa. (Tiehallinto)

Päävastuu siltojen kunnosta kuuluu Tiehallinnon tiepiireille. Silta-asioiden hoito on kuitenkin niin monitahoinen ja vaatii monenlaista asiantuntemusta, että onnistuminen edellyttää rakentavaa yhteistyötä kaikkien osapuolien kanssa. Sillantarkastustoimintaan liittyvät tehtävät jakautuvat eri osapuolille kaavion 3. mukaisesti. (, s.15)

Tiepiireissä sillantarkastustoiminnan vastuuhenkilönä toimii yleensä siltainsinööri tai tiestötietojen vastuuhenkilö. Vastuuhenkilö ohjelmoi ja tilaa tarkastukset ja toimii eri organisaatiotasojen yhteyshenkilönä.

(Sillantarkastusohje 2004, 15.)

Pääosa tarkastuksista teetetään konsulteilla. Yleistarkastukset ja erikoistarkastukset edellyttävät Tiehallinnon sillantarkastajatutkinnon suorittamista. Vuositarkastukset kuuluvat tiepiirien tilaamiin alueellisiin hoitourakoihin. (Sillantarkastusohje 2004, 15.)

Tiehallinnon keskushallinto vastaa sillantarkastustoiminnan kehittämistä, ohjeiden laatimisesta, koulutustoiminnasta ja laadunhallinnasta, yhteistyössä tiepiirien ja alaan perehtyneiden konsulttien kanssa. (Sillantarkastusohje 2004, 15.)



Kuvio 3: Tarkastusten organisointi. (Tiehallinto)

### **3 Kuntotarkastus**

15vuotta vanhat teräsputkisillat tarkastetaan sillantarkastuskäsikirjan ja sitä täydentävän ohjeen mukaan mukaan. Tarkastukset suorittaa tiehallinnon hyväksymä tarkastaja.

Teräksisen putkisillan kuntotarkastukseen kuuluu

- Silmämääräinen tarkastus
- Pinnoitepaksuuden mittaus
- Piikkitesti
- Veden pH-mittaus
- Virtausnopeuden mittaus
- Veden yleisen laadun huomiointi.

#### **3.1 Silmämääräinen tarkastus**

Tarkastus tehdään sillantarkastuskäsikirjan vaurioluokitustaulukon (taulukko 1) mukaan. Kun ruostetta havaitaan, varmistetaan ruosteen olemassa olo veitsellä raaputtamalla. Ruosteenvärinen pinta voi aiheutua vedessä olevasta humuksesta tai maalajin väristä. Vesistösilloissa silmämääräistä tarkastusta tarkennetaan tuntohavainnoin, koputtelemalla putkea vedenpinnan alapuolelta meisselillä tai teräspiikillä.

(Sillantarkastuskäsikirja 2006, 96.)

#### **3.2 Pinnoitepaksuuden mittaus**

Sinkkipinnoite mitataan ruosteettomista kohdista magneettisella kuivakalvonpaksuusmittarilla. Mittaus on luotettavin kun se otetaan aallotuksen suoralta osuudelta. Ennen mittausta on putken pinnalta raaputettava pois humus, hapettumat tai ruosteenomainen patinoituma. Mittauslaajuus käsittää 5 - 10 mittausta putken eri kohdista, jotta saadaan kattava yleiskuva putken pinnoituspaksuudesta. Mittaustuloksen perusteella tarkastetaan silmämääräisesti tehty vaurioluokitus. Tulokset kirjataan minimi- ja maksimiarvoina. Yksittäiset poikkeamatulokset jätetään huomiotta. Vesistösilloille kirjataan kahdet eri minimi- ja maksimiarvot, toiset

vedenpinnan vaihtelualueelta tai sitä lähinnä olevasta ruosteettomasta sinkkipinnasta ja toiset putken yläosasta. (Sillantarkastuskäsikirja 2006, 97.)

### **3.3 Piikkitesti**

Piikkitesti suoritetaan, mikäli silmämääräisessä tarkastuksessa sillan vaurioluokitus on huonompi kuin 2. Testissä käytetään pajavasaraa sekä pistepuikkoa. Puikkoa lyödään ruosteisessa kohdassa kohtisuoraan putken pintaa vastaan kohtuullisella voimalla 10 kertaa. Iskukohtia on putken pituudesta, vauriokohtien määrästä ja vaurioasteesta riippuen 5 - 20 kappaletta. Vaurioluokitus tarkastetaan lopullisesti piikkitestin perusteella. Mikäli piikki läpäisee putken, on vaurioluokitus aina 4. Jos läpäisy on vain paikallisesti esimerkiksi putken päässä, se huomioidaan tarkastajan kuntoarviossa. (Sillantarkastuskäsikirja 2006, 97.)

### **3.4 Veden pH-mittaus**

Veden pH-mittauksella saadaan tietoa vaurion syyn, korjaustoimenpiteen, kiireellisyyden ja seuraavan tarkastusajankohdan määrittämiseen sekä putken uusimisen suunnitteluun. Mittaus tehdään pH-liuskoilla tai pH-mittarilla. Perussääntö on, että jos pH on pienempi kuin 6, veden happamuudella on merkitystä sinkkipinnoitteen kulumiseen ja teräksen ruostumiseen. (Sillantarkastuskäsikirja 2006, 98.)

### **3.5 Virtausnopeuden mittaus**

Veden virtausnopeus voidaan mitata "kaarnalaivamenetelmällä", jossa virtaan heitetään kelluva esine ja mitataan sekuntikellolla esineen virran mukana kulkema aika sopivaksi valitulla, mitatulla matkalla. Jos käytettävissä on siivikko, virtausnopeus mitataan sillä. (Sillantarkastuskäsikirja 2006, 98.)

Taulukko 1: Teräksisten putkisiltojen vaurioluokitus. (Tiehallinto)

Vaurio- luokka	RAKENNETYYPPI VAURIO	Vesistösilta tai alikulukäytävä
1	Teräsputken pinnassa on naarmuja tai muita paikallisia vaurioita; tai sinkkipinnoitteen paksuus on 60...85 µm.*	A
2	Vedenpinnan vaikutusalueella tai muualla on vähäisiä ruostevaurioita; tai putki on vähän taipunut ; tai sinkkipinnoitteen paksuus on keskimäärin < 60 µm tai vähintään kahdella mittausalueella paikallisesti < 45 µm.*	B
3	Putkessa on pahoja ruostevaurioita, yleensä vedenpinnan vaikutusalueella tai putken alaosassa; tai putki on huomattavasti taipunut.	C
4	Putki on ruostunut puhki tai se on puhkaistavissa pistepuikolla lyömällä; tai siinä on taipumisesta johtuvia murtumia.	D



Kuvio 4: vaurioluokka 1 (Tiehallinto)



Kuvio 5: vaurioluokka 2 (Tiehallinto)



Kuvio 6: vaurioluokka 3 (Tiehallinto)



Kuvio 7: vaurioluokka 4 (Tiehallinto)

Vaurioluokille on annettu ohjeelliset korjaustoimenpiteet sillantarkastuskäsikirjan mukaan. (Sillantarkastuskäsikirja 2006, 38.)

- A Tehdään paikkausmaalauk
- B Vauriokohdat puhdistetaan ruosteesta ja tehdään paikkausmaalauk tai lisäsuojauk. Taipuman suuruus arvioidaan seuranta varten.
- C Pieni putki käytetään loppuun ja uusitaan, jos sen vapaa-aukko on suurempi kuin 3 m ja peitesyvyys on pienempi kuin 1,5 m ja tien liikennemäärä on pienehkö. Muissa tapauksissa tehdään erikoistarkastus ja putkea vahvennetaan. (Esim. sujutusmenetelmä, alaosan ruiskubetonointi, yksittäisten levyjen uusiminen, maainjektointi).
- D Teräsputki uusitaan.

## **4 Korjaussuunnitelman laatiminen**

### **4.1 Lähtötiedot**

Suunnittelua varten kohteesta tarvitaan lähtötietoja. Tietoja kootaan hankkeen merkittävyyden ja suunnitteluvaiheen edellyttämässä laajuudessa. Tärkeimmät lähtötiedot ovat

- aukkolausunto
- tien pituus- ja poikkileikkaukset
- kantavuus
- väyläkriteerit.

### **4.2 Piirustukset ja mitoitus**

Suunnitelma sisältää pituusleikkauksen, poikkileikkaukset ja tasokuvan nykyisestä sillasta. Lisäksi mukana on aukkolausunto ja leikkauskuvat uudesta putkisillasta. Putkisiltojen mitoituksen laatii suunnittelija. Mitoituksessa kiinnitetään huomio kantavuuksiin ja putkisiltoja valmistavat yritykset ovat laatineet ohjelmistoja, joiden avulla putkisillalle suunnitellut mitoitusarvot täyttyvät.

### **4.3 Toimivuusvaatimukset**

Tiehallinnon julkaisussa ”Teräspankksillat, suunnitteluohje TIEH 2100054-v-07” putkisiltojen toimivuudelle annetaan sivulla 10 seuraavia vaatimuksia:

#### **Ulkonäkö ja sopivuus ympäristöön**

Teräspankksillan soveltuvuus on arvioitava siltapaikkakohtaisesti ja suunnittelun perusteeksi on määritettävä ympäristöön sopivuuden asettamat vaatimukset aukon koolle ja muodolle, rakennetyypille, pintakäsittelylle ja putken päiden verhoukselle.

## **Liikenne ja vedenkulku**

Rakenteen on täytettävä asetetut aukkovaatimukset ja mahdollistettava veden esteetön virtaus putken läpi. Aukkovaatimuksesta on hankittava alueellisen ympäristökeskuksen lausunto suunnittelun lähtötiedoksi.

## **Rakenteen kantavuus**

Rakenteen kokonaisuudessaan, perustaminen ja ympärystäytöt huomioon ottaen, on kestävä tiesilloissa Tiehallinnon ja rautatiesilloissa Ratahallintokeskuksen ohjeiden edellyttämällä varmuudella suunnittelukuormia vastaavat liikennekuormat ja muut rakenteeseen kohdistuvat kuormat.

## **Rakenteen käyttöikä**

Tiehallinnon siltojen ylläpidon toimintalinjojen mukaan teräsputkisillan normaali suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta. Ratahallintokeskuksen siltojen ylläpidon toimintalinjojen mukaan teräsputkisillan suunnittelukäyttöikä on 100 vuotta. Suunnittelukäyttöiän saavuttamisen edellytyksenä on sillan kantavien päärakenneosien laatuvaatimusten mukainen rakentaminen sekä hyvällä hoidolla ja ylläpidolla varmistettu säilyvyys. Muita rakenneosia voidaan korjata ja uusia useitakin kertoja. Siltakohtaisesti rakenteelle voidaan asettaa haluttu tavoiteikä, joka olosuhdeluokan ohella vaikuttaa putken suojausmenetelmän määrittämiseen. Normaalista suunnittelukäyttöiästä poikkeava tavoiteikä on aina ilmoitettava suunnitelmassa. Jos tavoiteikä ei ole käyttöikämitoituksen perusteella saavutettavissa, aukkomittoihin on lisättävä 200 mm, jotta sujutusmenetelmän käyttö olisi tarvittaessa mahdollinen korjausmenetelmä tulevaisuudessa.

## 5 Putkisillan teräsmateriaalin valmistus

Teräsputkisilloja valmistetaan kahdenlaisia: kierresaumattuja ja monilevyrakenteisia. Kierresaumattuja putkia valmistaa Suomessa Rumtec Oy sekä Oy ViaPipe Ab. Molemmat yritykset kuuluvat ViaCon -konserniin.

### 5.1 Kierresaumattu teräsputkisilta

#### Valmistusprosessi

Teräs saapuu tehtaalte noin 2500 kg:n rullissa. Nauha on valmiiksi molemmin puolin sinkittyä tai alumiinisinkittyä. Sinkkiä on noin 1000-1200g/m<sup>2</sup>, tai 185g/m<sup>2</sup> alumiinisinkityssä teräksessä, määrä on ilmoitettu teräslevyn molemmille puolille jaettuna. Sinkkikerroksen paksuus on noin 70 - 80 µm. Teräsnauhan halkaisija on 311 mm ja nauhan paksuus 2,5 mm - 4 mm. Paksuutta voidaan muuttaa 0,5 mm:n portaisissa. Laitteeseen valitaan sopiva ”työkalu” joka määrittää putken halkaisijan. Koneeseen vaihdetaan profilointitelat ja saumurit ainevahvuuden mukaan. Teräsnauha asetetaan haspelille ja kone alkaa vetää nauhaa. Putkea ”ajetaan” niin kauan, että nauha loppuu kelalta. Nauha jatketaan mig-hitsaamalla. Sauma hiotaan tasoon ja korjataan sinkitys. Kun hitsisauma on mennyt laitteen läpi, tarkastetaan sauma. Mikäli ongelmia ilmenee, eli jos sauma repeää tai tulee halkeamia, on sauma uusittava. Keloja syötetään koneelle niin kauan että saadaan ”ajettua” alamitaltaan oikean pituiseksi. Yhdessä vuorossa (8 h) voidaan ajaa jopa 12,5 tonnia terästä putkeksi.

Seuraava vaihe on putken varustelu. Putkeen leikataan viisteet suunnitelman mukaisesti, yleensä viiste alkaa yhden kolmasosan halkaisijan verran putken alareunasta katsoen. Kun viisteet on leikattu, asennetaan suunniteltu määrä nostokorvakkeita putken sivuille. Tietyissä tapauksissa putkeen asennetaan tanko veneilijöiden liikkumista varten.

Varustelun jälkeen putki siirretään maalaamoon. Työ maalaamossa alkaa hiekkapesulla. Pesun aikana n.10 % sinkkipinnoitteesta häviää. Seuraavaksi korjataan mahdolliset sinkkiviati ja tarkastetaan saumat. Tämän jälkeen putki maalataan

määriteltyyn korkeuteen. Putki kuivataan jälleen ja maalataan uudelleen. Maalaamosta putki siirtyy varastoitavaksi odottelemaan kuljetusta työmaalle. (Vierailukäynnit ja henkilöhaastattelut myyntipäällikkö Asko Hirvelän kanssa Rumtec oy Vimpeli)

## **Laatu**

Aina kun uusi teräskela nostetaan pöydälle, laaditaan mittauspöytäkirja. Pöytäkirjaan mitataan mikrometrillä ainevahvuus. Sinkityksen paksuus varmistetaan ylä- sekä alapinnalta Elcometer -mittarilla, joka on magneettisuuteen perustuva mittari. Kelan tiedot täytetään mittauspöytäkirjaan.

Ongelmatapauksessa päästään tilausnumeron perusteella kiinni materiaalin. Jokaisesta kelasta saadaan tehtaalta ainetodistus jossa on eriteltyä kelan numero, myötölujuusraja, sulatusnumero, murtolujuusraja sekä vetokokeet teräksestä.

## **5.2 Monilevyrakenteinen teräspankilla**

Levyt valmistetaan ViaCon Production Ab:n tehtaalla Gävlessä Ruotsissa. Teräksen toimittaa Ruukki.

### **Valmistus:**

Levyt saapuvat nipuissa tehtaalle ilman mitään käsittelyä eli ns. mustana. Levyjen teräsmateriaalina käytetään lähes poikkeuksetta myötörajaltaan 355 N/mm<sup>2</sup> olevaa terästä. Levypaksuus monilevyrakenteisilla putkilla on 3 mm - 7 mm. Jako 0,5mm välein viiden millimetrin paksuuteen saakka, siitä yhden millimetrin välein seitsemään millimetriin. Levyn leveys on 1500 mm. Pituus vaihtelee putken mukaan, jotta putken piiri saadaan kohdalleen ja pulttijaolle sopivaksi. Levylle taivutetaan valsseilla aaltoprofiili 200 mm:n välein 55 mm korkea harja. Tämän jälkeen kone nostaa levyn uudelle linjalle. Kone rei'ittää levyt ja prässäa kaarevuuden oikeanlaiseksi. Viisteet

leikataan vasta kaareistuksen jälkeen. (Tutustumiskäynti ViaCon ab:n tehtaalla Gävlessä Ruotsissa)

Kun levyt ovat valmiina, ne siirretään sinkityslaitokseen, jossa levyt kestopinkitään. Sinkitys tehdään SILKO-ohjeen mukaan. Täysin valmiit levyt rahdataan takaisin Suomeen. Tehtaalla levyt kootaan putkeksi. Yhteen putkeen tulee huomattava määrä pultteja, joista jokainen on kiristettävä vähintään 250 Nm:n kireyteen. Putki varustellaan aivan kuten kierresaumattu putkikin varustellaan.

Seuraavaksi putki siirretään maalaamoon, jossa suoritetaan sama prosessi kuin kierresaumatullekin putkelle. Putken sinkitystä ei tarkasteta enää Suomessa. Gävlen tehdas antaa ainestodistuksen teräkselle ja sinkityksen mittauspöytäkirjan.

## 6 Työn toteutuksen suunnittelu

Työn toteutuksen ennakkosuunnittelu on erittäin tärkeä vaihe putkisillan rakennusprosessia. Työ suoritetaan joskus erittäinkin nopeassa tahdissa, se saatetaan aloittaa illalla ja sen on oltava valmiina seuraavana aamuna. Toteutuksen suunnittelussa tarkastellaan turvallisuusasioita, tiedotusta, ympäristöasioita, hankintoja ja aikataulutusta.

### 6.1 Turvallisuus

Putkisiltatyömaalla suurimman vaaran aiheuttaa liikenne. Liikenteenohjaus on järjestettävä siten, ettei työmaalla työskentelevillä eikä autoilijoilla ole vaaraa joutua onnettomuuteen. Putkisiltatöissä Tiehallinnon urakoissa käytetään ”Liikenne työmaalla” -ohjekansion mukaisia järjestelyitä. Työmaan aluesuunnitelma korvataan, tilaajalle sekä urakan valvojalle toimitettavalla, työmaan liikenteenohjaussuunnitelmalla. Suunnitelma on, tien kvl:n jäädessä alle 200 ja työn keston jäädessä alle muutaman työvuoron mittaiseksi, yksinkertainen kuva liikennemerkkeistä ja liikenteenohjauslaitteista. Muissa tapauksissa on laadittava tarkempi suunnitelma ja hyväksyttävä se valvojalla. Kun työmaalle järjestetään kiertotie, on aina varmistettava tiehallinnosta tai tien haltijalta että tietä voidaan käyttää kiertotienä. On myös huomioitava se, että kiertotie kantaa raskastakin liikennettä. Kevyelle liikenteelle on myös järjestettävä kulku työn keston ajaksi.

Työskenneltäessä tiealueella on jokaisella työmaan työntekijällä oltava Tieturva 1 - koulutus voimassa. Urakoitsijan työ- sekä liikenneturvallisuusasioista vastaavalta edellytetään Tieturva 2 -pätevyys. Tiellä työskentelevän henkilön on käytettävä Tiehallinnon määräysten mukaista vaatetusta. Tämä tarkoittaa suojausluokka 2:n heijastavaa varoitusvaatetusta. Liikenteenohjaajilla on oltava luokan 3 varoitusvaatetus. (Tieturva 1. Tietöiden liikenteen järjestely- ja turvallisuuskoulutus. Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut. Helsinki 2005. 67 s. + 11 liites, s. 65)

Työmaalla suurin riski aiheutuu työkoneista. Kaivinkoneenkuljettaja ei näe katvealueilleen. Varsinkaan koneen taakse ei pitäisi ikinä mennä vaikka siitä koneen

kuljettajallekin ilmoittaisi. Koneen kauhan liikeradat aiheuttavat vaaran työmiehille, varsinkin kun työskennellään kaivannossa. (Tieturva 1. Tietöiden liikenteen järjestely- ja turvallisuuskoulutus. Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut. Helsinki 2005. 67 s. + 11 liites. s. 23)

Kun työmaalla on työskennelty pitkään, voi työntekijää kohdata työpaikkasokeus. Työntekijä ei tällöin tiedosta riskejä ja olettaa, ettei mitään tapahdu. Nuoret työntekijät ovat oma lukunsa, sillä he eivät tiedosta riskejä kokemattomuutensa vuoksi. (Tieturva 1. Tietöiden liikenteen järjestely- ja turvallisuuskoulutus. Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut. Helsinki 2005. 67 s. + 11 liites, s. 19)

Todellisen riskin aiheuttavat myös työmaata ihmettelemään saapuvat paikalliset ihmiset. Erityistä huomiota on kiinnitettävä pieniin lapsiin, jotka eivät hahmota työmaan vaaroja. Tieturva 1. (Tietöiden liikenteen järjestely- ja turvallisuuskoulutus. Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut. Helsinki 2005. 67 s. + 11 liites, s. 23)

## **6.2 Tiedotus**

Putkisiltatyömaasta laadittavia ilmoituksia ovat muun muassa

- rakennustyön ennakkoilmoitus työsuojelupiiriin
- infotaulut maastossa
- ilmoitus lähialueen asukkaille
- ilmoitus pelastuslaitokselle
- ilmoitus Tiehallinnon liikennekeskukseen
- lehti-ilmoitukset
- ilmoitukset tiellä liikennöiville kuorma- ja linja-autoille.

”Rakennustyön ennakkoilmoitus on tehtävä työmaasta, kun työmaa on tarkoitettu kestämään kauemmin kuin kuukauden ja jolla itsenäiset työsuorittajat

mukaan lukien työskentelee yhteensä vähintään 10 työntekijää.” Putkisiltatyömaat harvoin täyttävät näitä ehtoja, mutta ilmoitus on tehtävä, mikäli näin tapahtuu.

Infotaulut viedään paikoilleen paria viikkoa ennen työn alkamista. Tauluissa kerrotaan tien katkaisusta ja kiertotieyhteydestä. Taulut sijoitetaan erkanevan kiertotien risteykseen. Kiertotien kulkiessa muita kuin yleisiä teitä pitkin, on aina hankittava tienpitäjän lupa.

Työmaasta on hyvä informoida alueen asukkaita varsinkin, kun työmaa sijaitsee syrjäisemmällä alueella ja kiertotietä ei saada järjestettyä aivan sillan läheisyyteen. Postilaatikkojakelu alueen asukkaille on koettu hyväksi menetelmäksi.

Työmaasta ilmoitetaan hälytyskeskukseen tien katkaisuaikajankohta ja -paikka, jotta hälytysajoneuvoilla on tieto kuinka kulkea työmaan toiselle puolelle.

Liikennekeskukselle tehdään ilmoitus lomakkeella ”Ilmoitus liikennettä haittaavasta työstä”. Ilmoitus voidaan jättää sähköisesti. Liitteeksi laitetaan suunnitelma kiertotiestä ja liikennemerkkien sijoittelusta. (Ilmoitus liikennettä haittaavasta työstä)

Lehti-ilmoitukset ovat hyvä tapa informoida paikallisia asukkaita. Yleensä lehti-ilmoitus on hyvä ajoittaa juuri ennen työmaan alkamista. Ihmiset saattavat unohtaa työstä aiheutuvan haitan, mikäli ilmoitus on lehdessä liian aikaisin.

### **6.3 Ympäristö**

Työstä putkisiltatyömaalla aiheutuu meluhaittaa aivan normaalisti. Konetyöstä ja aggregaattien käytöstä aiheutuva melu jää kuitenkin niin vähäiseksi, ettei erillistä ilmoitusta melusta tarvitse tehdä.

Työ samentaa vesistöä varsinkin loppuvaiheessa patoa purettaessa. Paikallisia asukkaita onkin hyvä informoida mahdollisesta sameutumisesta, jottei heidän vedenkäyttönsä häiriydy yllättävästi.

## 6.4 Olemassa olevat rakenteet työmaalla

Ennen töiden aloittamista on vastaavan mestarin varmistettava työmaalla kulkevien kaapelien, kunnallistekniikan tai muiden rakenteiden olemassaolo. Kunnallisteknisten rakenteiden tiedot löytyvät kuntien teknisistä toimista. (SILKO 2.341, Teräsputkisillan korjaaminen. Tiehallinto, Siltatekniikka. Helsinki 2006. 12 s)

Ilmalinjat aiheuttavat haittaa kaivutöissä, ja joskus ilmalinjan tolppa on niin lähellä kaivualueita, että se on poistettava tai siirrettävä ennen työn aloitusta. Tällöin otetaan yhteys ilmalinjan omistajaan ja sovitaan asia.

Maakaapelit aiheuttavat ongelman putken asennustyössä. Kuitukaapelit, jotka kulkevat aivan vanhan putken lakea myöten, ovat vaarassa katketa, aiheuttaen suuriakin korvauksia. Kaapeleiden omistajilla on velvollisuus siirtää kaapelinsa rakennustyön tieltä.

Johtotiedosta tilataan kartat työmaalla olevista kaapeleista. Johtojen omistajat saadaan myös selville johtotiedon kautta. Omistajiin onkin hyvä olla yhteydessä hyvissä ajoin, jotta he ehtivät asentaa jatkolenkit kaapeleille.

Aina jatkolenkkejä ei työmaalle kuitenkaan saada. Tällöin tilataan kaapelinäyttö ja kaivetaan kaapelit esiin kaivinkoneen sekä lapiomiehen yhteisvoimin. (InfraRYL 16200 Maakaivannot. Rakennustieto Oy Rati. 2006. 5 s, s. 4)

## 6.5 Hankinnat ja aikataulut

Putkisiltaurakkaa varten laaditaan kokonaisaikataulu. Yleensä aikataulun laatii työpäällikkö. Tähän aikatauluun joudutaan joskus tekemään muutoksia esimerkiksi sääolosuhteiden muuttuessa epäsuotuisiksi. Jokaiselle työmaalle aikataulutuksen laatii työmaasta vastaava mestari. Yleensä kokonaan vaihdettavalle putkelle on varattu

katkoaikaa vuorokaudesta kahteen. Helppoissa olosuhteissa vaihto onnistuu jopa puolessa vuorokaudessa. Kahdessa osassa tehtävä putken vaihtotyö työssä kestää viikosta kahteen. Sujutustöihin sekä puolipohjauksiin on hyvä varata kaksi viikkoa. Ruiskubetonointitöihin voi vierähtää helposti kolmekin viikkoa.

Tärkein hankinta työmaalla on tietysti itse putkisilta. Tehtaan kanssa sovitaan aikataulutuksesta hyvissä ajoin ennen työmaiden alkamista. Aikataulu putken tuomisesta työmaalle sovitaan myös reilusti etukäteen ja sitä tarkennetaan työn edetessä. Työmaalle tilataan yleensä ajoneuvonosturi suorittamaan putken nosto. Nosturin ja putken saapuminen työmaalle on hyvä ajoittaa siten, että molemmat saapuvat kutakuinkin samaan aikaan. Tällöin nosturille jää aikaa tehdä pystytystarkastus ja työmiehet ehtivät irrottaa putken lavetilta.

Putkisiltatyömaalla tarvitaan varusteita ja työvälineitä laidasta laitaan. Työmaalle on yhtiössämme varusteltu erilliset siltatyömaa-ajoneuvot. Tärkeimpänä varusteena on 30kW:n aggregaatti, jonka kapasiteetti riittää pyörittämään useita järeitä pumppuja yhtäaikaaisesti. Työkaluja ja varusteita on varattu siten, että urakan edetessä täydennyksiä joudutaan tekemään kohtalaisen harvoin.

Työmaalle tarvitaan tilanteesta riippuen esimerkiksi patomaita, betonia ja kiviaineksia. On hyvä etsiä näille toimittajat mahdollisimman läheltä ja varmistaa saatavuus hyvissä ajoin.

Kaide- ja asfalttiurakoitsijoiden kanssa tehdään etukäteen sopimukset urakan kohteista. Urakoitsijoille ilmoitetaan luotu aikataulu, ja sitä tarkennetaan töiden edetessä.

## **7 Toteutus**

Käytettyjä menetelmiä putkisillan korjaamiseksi ovat

- putken vaihto kokonaan uuteen
- puolipohjaus
- sujutus
- ruiskubetonointi

### **7.1 Putken vaihto kokonaan uuteen**

Vaihtaminen on mahdollista toteuttaa joko yhdessä tai useammassa osassa. Tapa riippuu täysin tien käyttöasteesta sekä siitä, onko mahdollista järjestää kiertotie lähelle.

#### **Vaihto yhdessä osassa**

Työ alkaa vanhojen kaiteiden poistolla. Apumiesten irrottamat pätkät on helppo nostella nippuun koneella ketjujen tai liinojen avulla. Työssä on huomioitava kaiteen pituudesta johtuvat pitkät liikeradat. Yhtäkkäinen heilahdus voi aiheuttaa suurta vahinkoa.

Kun kaiteet on poistettu, ryhdytään kaivamaan pintamaita luiskista. Pintamaat on hyvä läjittää erilleen esimerkiksi ojan pohjalle, josta ne saadaan viimeistelyvaiheessa käyttöön.

Luiskien pintamaiden raivauksen jälkeen on vuorossa mahdollisen asfalttipäällysteen poisto. Asfalttipäällyste on ongelmajätettä ja se on kuljetettava asianmukaiseen jatkokäsittelyyn. Asfalttiasemat ottavat lähes poikkeuksetta vanhaa asfalttipäällystettä vastaan ja käyttävät sen uudelleen. Kuviossa 8 on esitetty asfalttipäällysteen irrotus kaivinkoneella.



Kuvio 8: Asfalttipäällysteen poisto

Asfaltin kuorinnan jälkeen aletaan poistaa tien rakennekerroksia kuvion 9. mukaisesti. Kerrokset on hyvä läjittää erilleen, sillä ne voidaan käyttää uudelleen. Luiskia kaivettaessa on syytä kiinnittää erityinen huomio kaapeleihin, mikäli niitä johtotiedosta saadun karttatilauksen perusteella on.



Kuvio 9: Rakennekerrosten kaivu ja läjitys

Kun putki on kaivettu esiin ja sen ympäriltä on poistettu suurin osa maista, aloitetaan putken paloittelu. Työ voi sujua helposti, mikäli putki on sopivasti ruostunut. Tapauksessa jossa vanha teräsputki on hyväkuntoinen, voi paloittelu käydä todella hankalaksi isollekin koneelle. Tämä työvaihe on kokeneellekin koneenkuljettajalle hermoja raastava. Paloitteluun saadaan tehokkuutta lisää, jos koneeseen saatavilla routakoukku. Kun vanha putki on saatu kaivannosta pois (kuvio 10) ja rutisteltu sopiviksi paloiksi poiskuljetusta varten, aloitetaan arinan rakentaminen.



Kuvio 10: Vanhan putken poistaminen

Arina tehdään suunnitelman mukaan. Mikäli arina on samassa tasossa ja se on valmistettu murskeesta, riittää sen puhdistaminen ja pinnan tasaus oikeaan korkoon. Joskus suunnitelmassa on vaihdettu arinan korkeutta ja määrätty massanvaihto, tämä tehdään, mikäli olosuhteet sen sallivat. Arina tiivistetään tärylevyllä. Joskus patoaminen ei yksinkertaisesti onnistu uomassa virtaavan veden määrän ollessa liian suuri ohipumppaukselle. Tässä tapauksessa on turvauduttava tekemään työ märkätyönä. Tällöin arina tiivistetään kaivinkoneen kauhalla. Työ onnistuu parhaiten koneella, jossa on mittauslaite kauhan korkoasemalle. Kuviossa 11 on käynnissä arinan kaivamistyö.



Kuvio 11: Arinan kaivamistyö

Kun arina on valmis, siirrytään nostovaiheeseen. Putken päihin on hyvä kiinnittää ohjausnarut, joilla putkea voidaan käänellä nostovaiheessa. Putki voidaan nostaa paikalleen kaivinkoneella, mikäli sen paino ei tule rajoitteeksi. 35 tn:n kaivinkone kykenee nostamaan n. 6 - 8 tonnin putken. Paras ratkaisu on, kuvion 12 mukaisesti, putken nostaminen ajoneuvonosturilla. Nostoketjut kytketään putken kylkiin asennettuihin nostokorvakkeisiin, ja putki nostetaan arinalle oikeaan asemaansa. Putken sijainti tien keskilinjaan nähden on tarkastettava tässä vaiheessa, kun se vielä on mahdollista.



Kuvio 12: Putken nostaminen ajoneuvonosturilla

Putken maatessa arinalla aloitetaan ympärystytön tekeminen. Täyttäessä on käytettävä suunnitelma-asiakirjoissa määrättyjä materiaaleja, ja tiivistystyö on suoritettava työtapatarkkailua noudattaen, eli valitaan sopiva tiivistyslaite ja ylityskertamäärä esimerkiksi RIL 132 -taulukosta. Kerrokset nostetaan tasaisesti n. 300 mm:n paksuisissa kerroksissa. Täyttö tehdään samaa tahtia molemmin puolin, jotta vältetään putken lommahdukselta. Tiivistyksessä käytetään yleensä 400 - 500 kg:n tärylevyjä sekä vettä. Täyttöä jatketaan kunnes minimipeitesyvyys 500 mm putken päällä on saavutettu. Putken päällä ei kuitenkaan saa tiivistää ennen kuin peitesyvyyttä on 300 mm.

Rakennekerrokset tehdään suunnitelmien mukaisesti (kuvio 13) ja tiivistetään vettä käyttäen.

Työmaalle hankitaan valssijyrä tiivistämään rakennekerrokset, kun niiden pinta-ala kasvaa liian suureksi tärylevyjien käyttöön.



Kuvio 13: rakennekerrosten teko käynnissä

Rakennekerrosten valmistuttua viimeistellään luiskat ja laskuojat. Putken päihin tehdään ”heitoke”, joko kalliomurskeesta tai pyöreästä luonnonkivistä. Mikäli kohteessa on asfalttipäällyste, se tehdään sopimuksessa määritettyyn päivämäärään mennessä. Asfaltointi tehdään yleensä välittömästi viimeistelytyöiden päätyttyä. Kun muut työt on työmaalla saatu valmiiksi, saapuu paikalle kaideurakoitsija asentamaan kaiteet. Kuviossa 14 on kaiteita vaille valmis putkisiltatyömaa.



Kuvio 14: Kaiteita vaille valmis putkisiltatyömaa

### **Vaihto kahdessa osassa**

Kaikkialla ei putkea voida vaihtaa yhdessä osassa: kiertotien järjestäminen järkevästi ja lähelle ei onnistu ja joskus uusittava putki voi olla niin pitkä, ettei sitä voida kuljettaa työmaalle yhtenä kappaleena. Tällöin putki rakennetaan kahdessa osassa.

Tilanteessa jossa liikenteen on päästävä kulkemaan jatkuvasti läpi työmaan, on toinen kaista suljettava kokonaan liikenteeltä. Tietä on mahdollisesti madallettava tai levitettävä pengertäen (kuvio 15), tai tehtävä molemmat, jottei luiskakaltevuus aiheuta ongelmia työn seuraavissa vaiheissa. Tämä aiheuttaa asfaltin purkutarpeen pitkältä matkalta.

Liikenne siirretään kulkemaan levitetylle kaistalle, joko itseohjautuvasti väistämisvelvollisuusmerkein tai liikennevaloin. Usein liikennevaloratkaisu on toimivuudeltaan parempi, sillä se vähentää ihmisen arviointivirheestä aiheutuvien vaaratilanteiden määrää. Liikenteen kulkiessa toista kaistaa jää toinen vapaaksi kaivutyötä varten.



Kuvio 15: Liikenne ohjattu levitetylle pientareelle

Putken kaivaminen sekä vaihtaminen tapahtuu samalla tavalla, kuten yksiosaisenakin. Erona on se, että puolikas vanhaa putkea jää paikoilleen, kun toista puolikasta kaivetaan paikalleen. Työssä on huomioitava, että ensin asennetaan puolikas, jossa on kiinnityspannan alaosa (kuvio 16). Tärkeää on myös sopia tehtaan kanssa putken katkaisupituudet. Joskus toinen puolisko on jätettävä työteknisistä syistä pidemmäksi kuin toinen.



Kuvio 16: Uusi puolikas asennettuna

Seuraava vaihe on siirtää liikenne kulkemaan asennetun puolikkaan ylitse. Toiselle puoliskolle kaivetaan arina, ja se nostetaan paikalleen. Pantaa kiinnittäessä on tarkkailtava putken asentoa ja puhdistettava liitoskohta irtokivistä, jotta liitos saadaan yhtenäiseksi.

## 7.2 Sujutus

Sujutusmenetelmässä vanhan putken sisälle vedetään uusi, halkaisijaltaan hieman vanhaa pienempi putki. Putkien väliin jäävä tila täytetään yleensä betonilla mutta on tapauksia, joissa tila on puhallettu täyteen kevytsoraa. (SILKO 2.341, Teräsputkisillan korjaaminen. Tiehallinto, Siltatekniikka. Helsinki 2006. 12 s.)

Työ aloitetaan rakentamalla padot putken molempiin päihin. Toiseen päähän kaivetaan allas josta uusi putki päästään vetämään. Altaan pohjan korkeus ei saa nousta liikaa vanhan putken pohjaa ylemmäksi, jottei putken vetäminen käy mahdottomaksi.

Kun padot on saatu valmiiksi, aloitetaan veden poistaminen pumppaamalla tai kaivinkoneella kauhoen. Putki kuivataan, jotta putken pohjalle pinttynyt liete ja ruoste päästään poistamaan. Lietteen poistossa on käytetty lokapalveluiden tarjoamia palveluja. Korkeapainepesun ja suurpaineimun yhdistelmällä irtoaa pinttynytkin liete.

Putken puhdistuksen jälkeen nostetaan sujutettava putki altaaseen (kuvio 17) ja vedetään vanhan putken läpi vetoketjut. Ketjut kiinnitetään putken päässä olevaan vetolenkkiin sekä toisessa päässä odottavaan kaivinkoneeseen. Kone pyritään saamaan asentoon, jossa se pääsee vetämään kaivuliikkeellä. Kääntöliikkeellä koneesta saattaa loppua teho. Ketjua on lyhennettävä aika-ajoin ketjussa olevilla lyhentimillä. Työmies on koneen kuljettajan apuna tässä vaiheessa. On erittäin tärkeää, ettei kukaan ole putken sisällä vetovaiheessa. Mikäli ketju katkeaa tai lenkki pettaa, ketju saattaa lentää hengenvaarallisella voimalla.

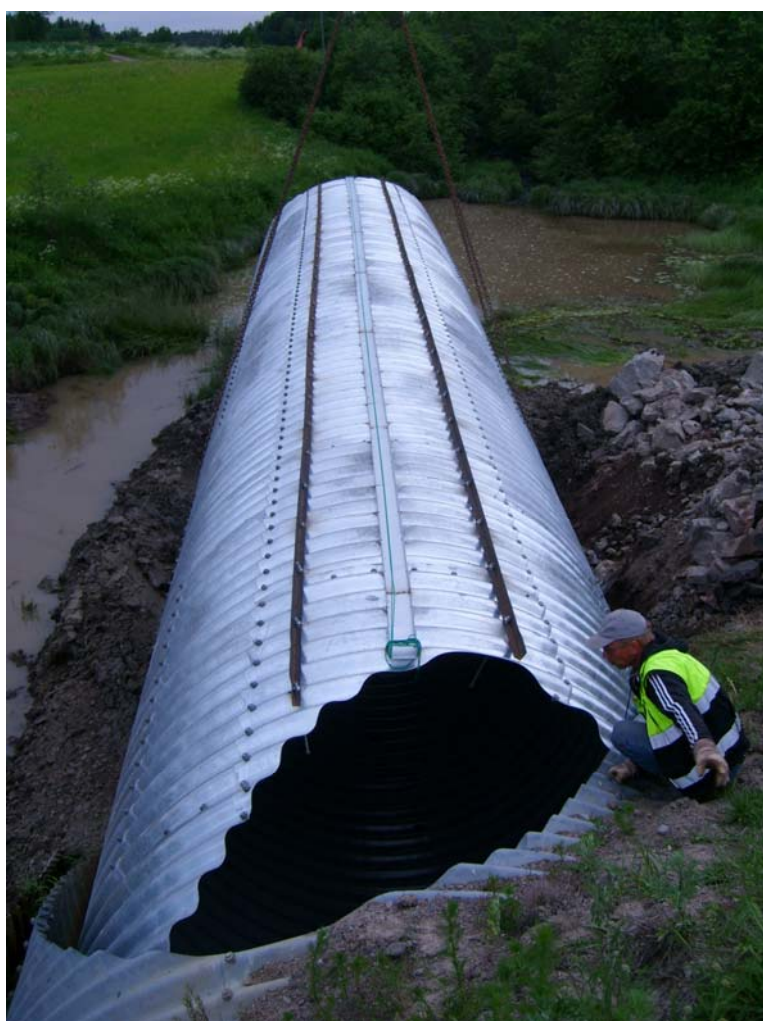


Kuvio 17: Sujutettava putki on nostettu altaaseen ja valmis vetoa varten

Kun putki on saatu vedettyä kokonaan vanhan sisään, väännetään putken kattoon esiasennetut tukipultit vanhan putken kattoon kiinni. Tällä pyritään estämään uuden putken pullahtaminen betonointivaiheessa. Putken päihin voidaan myös levittää

suodatinkangas ja kasata sen päälle vastapainoksi esimerkiksi kalliomurskettä. Putken sisään asennetaan pysty- ja poikkituet, jottei putki lommahda betonoinnin aikana. Kun tuentatyöt ovat valmiit, päästään aloittamaan betonointi. Hyväksi koettu menetelmä on tilata työmaalle ensin todella jämäkkää betonia, esim. S1 luokan massaa, jolla saadaan päät tulpattua. Betoni, jolla tyhjätila täytetään, on laatuvaatimukseltaan K30/P20, ja on suotavaa tilata sekin notkistettuna. (SILKO 2.341, Teräsputkisillan korjaaminen. Tiehallinto, Siltatekniikka. Helsinki 2006. 12 s, s. 4)

Putken yläpintaan on tehtaalla asennettu betonointikouru ja tukipulttien kiskot (kuvio 18). Kourua pitkin letku saadaan putken keskelle saakka, josta betonointi aloitetaan.



Kuvio 18: Putken veto meneillään, putken laella betonointikouru

Valun aikana on seurailtava putken korkoasemaa sekä koputeltava seinämiä, jotta betoni valuisi mahdollisimman hyvin koko putken ympärille. Valun aikana kuuluu teräviä napsahduksia, jotka johtuvat betonin uudelle putkelle aiheutuvasta nosteesta.

Tällöin on aiheellista keskeyttää pumppaaminen ja tarkasteltava putken korkoasemaa, ettei se pääse ”hyppäämään” vanhan putken kattoon, aiheuttaen korkoaseman muutosta. Joskus valaminen on suoritettava kahdessa vaiheessa valupaineen käydessä liian suureksi. Lopuksi putken päät viimeistellään laastikauhoilla. Valuroiskeet puhdistetaan vedellä ja harjalla. Kuviossa 19 sujuttamalla korjatut putket Inkoossa.



Kuvio 19: loppusilausta vaille valmis sujutustyömaa

### 7.3 Puolipohjaus

Puolipohjaus on menetelmältään samanlainen sujutuksen kanssa. Erona on se, että sisään vedettävä uusi kourumainen osa ulottuu jonkin verran ruosterajan yläpuolelle. Valmistelevat työt; patoaminen, putken puhdistus ja uuden osan vetäminen putkeen tapahtuvat samalla periaatteella kuten sujutustyössä.

Kun puolipohjausosa on vedetty vanhan putken sisään, se tuetaan esimerkiksi holvituilla (kuvio 20) vanhan putken kattoon estämään putken nouseminen valuvaiheessa. (SILKO 2.341, Teräsputkisillan korjaaminen. Tiehallinto, Siltatekniikka. Helsinki 2006. 12 s, s. 7)

Puolipohjausosan korkeudesta riippuen saatetaan joutua rakentamaan työtelineet hitsausta ja betonointia varten.



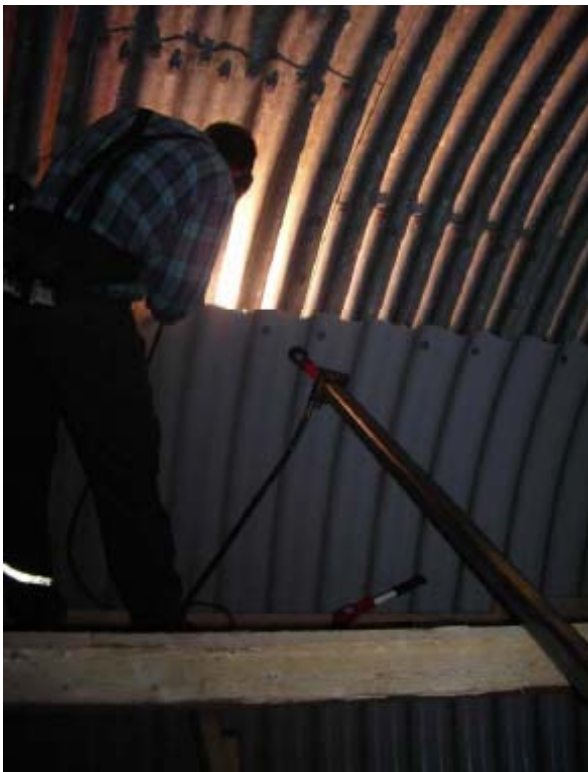
Kuvio 20: Holvituet ja telineet

Tuenta- ja telinetöiden jälkeen hitsataan puolipohjausosa vanhaan putkeen kiinnityselementtien avulla. Tapauksissa joissa puolipohjausosa on taipunut tai vanha

putki on muuttanut muotoaan, on puolipohjausosaa vedettävä taljoilla (kuvio 21) tai tunkattava seinämää kohti. (Kuvio 22)



Kuvio 21: kuormansidontatalja (Kai Koho)



Kuvio 22: puolipohjausosan tunkkaus (Kai Koho)

Hitsaustyössä teräksen sinkkipinnoite palaa ja aiheuttaa myrkyllistä kaasua. Tästä johtuen hitsarin on käytettävä raitisilmamaskia ja putkeen on tuotava puhaltimia hoitamaan ilmanvaihto asianmukaisesti. Hitsaustyön jälkeen putkien väliin jäävä tyhjätila on täytettävä korroosion estämiseksi, yleensä betonilla (SILKO 2.341, Teräsputkisillan korjaaminen. Tiehallinto, Siltatekniikka. Helsinki 2006. 12 s, s. 2)

Päihin on hyvä käyttää jäykempää betonia kuten sujutustyössä. Betonilaatujen reunaehdot on määritelty suunnitelma-asiakirjoissa. Betonointityö tehdään pumppaamalla kuten sujutuksessa. Työmaakohtaisesti valu voidaan joutua suorittamaan kahdessa vaiheessa valupaineen kasvaessa liian suureksi. Pinnat viimeistellään sujutustyön tapaan laastikauhoin ja betoniroiskeet puhdistetaan harjalla ja vedellä. Kuviossa 23 on valmis puolipohjaustyö.



Kuvio 23: Puolipohjaus valmiina

## 7.4 Ruiskubetonointi

Ruiskubetonointityö aloitetaan patoamalla putki. Patoa suunniteltaessa ja rakennettaessa on huomioitava, että työ saattaa kestää useitakin viikkoja. Patoamisen jälkeen putki tyhjennetään vedestä pumppaamalla. Pumppauksen jälkeen suoritetaan putkeen kertyneen lietteen poisto kuten sujutus- sekä puolipohjaustyössä.

Betonin ruiskutusta varten putken pinta on suihkupuhdistettava esikäsitteilyasteeseen Sa2. Käytännössä se tarkoittaa putkeen kertyneen ruosteen hiekkapuhallusta. Hiekkapuhallusta ei tarvitse suorittaa ruostunutta pintaa ylemmäs, sillä ruiskubetoni tarttuu myös sinkittyyn pintaan, mikäli verkotus on sovitettu ruosterajaan ja betonilla täytyy vain tehdä taite putken pintaan. (SILKO 1.232, Betonointi ruiskuttamalla. Tielaitos, Siltakeskus. Helsinki 1994. 23 s, s. 4)

Teräksen määrä ja paikat on esitetty korjaussuunnitelmassa. Niitä on oltava riittävästi ruiskubetonin tartuntaa varten. Verkotus on hyvä kiinnittää mahdollisimman lähelle putken pintaa. Kiinnitys tapahtuu surraamalla putken suuntaisiin työteräksiin. Kulmalevyjä ja muita apukiinnikkeitä käyttämällä verkon korkeutta on helppo säätää sopivaksi ruosterajaan nähden. Ruiskubetonointi tulee ulottaa 10 cm pahoin ruostuneen pinnan yläpuolelle (SILKO 1.232, Betonointi ruiskuttamalla. Tielaitos, Siltakeskus. Helsinki 1994. 23 s, s. 5)

Ennen ruiskubetonointia valetaan putken pohjalle noin 5cm paksu tasausvalu (kuvio 24). Tällä helpotetaan ruiskubetonioijan liikkumista putkessa. Valuun menee muutama kuutio betonia ja se on helppo tehdä pumppaamalla.



Kuvio 24: Putken seinämät verkotettuna ja tasausvalu tehtynä (Kai Koho)

Ruiskubetonoinnin suorittava työryhmä tuo mukanaan paljon kalustoa (kuvio 25). Sementtisiilo itsessään vaatii noin 3 x 3 -metrisen alueen. Siilo vaatii lisäksi painumattoman perustuksen, koska se painaa lähes 20 tonnia. Työryhmän mukana kulkevat kompressorit ja työkalukontit on saatava lähelle työaluetta, joten varastointitila on järjestettävä ennen työryhmän saapumista. Työryhmälle on järjestettävä sosiaalililat koska ruiskutuksen on erittäin likaista työtä.

Ruiskubetonoinnissa käytettyä kuitumassaa valmistaa Suomessa vain yksi tehdas, joten massan saanti työmaalle voi hidastaa työtä. (SILKO 1.232, Betonointi ruiskuttamalla. Tielaitos, Siltakeskus. Helsinki 1994. 23 s, s. 5)



Kuvio 25: ruiskubetonointityömaan kalustoa (Kai Koho)

Ruiskubetonoinnista aiheutuu haittaa ympäristölle hiekkapuhalluksen ja ruiskubetonoinnin aikana. Hiekkapuhalluskuona leviää tuulen mukana laajallekin alueelle. Ruiskutuksessa ympäristöön leviää sementin ja polymeerikuidun sekaista pölyä (kuvio 26), joka tarttuu hankalasti erilaisiin pintoihin.



Kuvio 26: Puhalluksessa leviävää kuonaa (Kai Koho)

Ruiskubetonoinnissa ammattitaitoinen työryhmä on erittäin tärkeä osa onnistumista. Työssä on monia vaiheita, jotka voivat pilata lopputuloksen. Ensiksikin ruiskutettava massa ei saa sisältää liikaa vettä, jotta betoni ei karbonatisoidu työn aikana. Toiseksi liian ohut ruiskutus päästää ilman hiilidioksidin tai suolat vaikuttamaan rakenteisiin. Kolmanneksi ruiskutusta ei saa suorittaa vesisateessa jottei sade hakkaa vastaruiskutettua pintaa irti. Neljänneksi putken päihin on rakennettava suojaus, mikäli työskennellään vesisateen aikana. (SILKO 1.232, Betonointi ruiskuttamalla. Tielaitos, Siltakeskus. Helsinki 1994. 23 s)

Ruiskubetonointi suoritetaan useassa kerroksessa. Mikäli työ keskeytyy yötä pidemmäksi ajaksi, pintoja joudutaan hoitamaan kastelemalla halkeamien välttämiseksi. Suositeltava tapa on vesisumutus. Kuviossa 27 valmista ruiskubetonoitua pintaa.



Kuvio 27: Valmista ruiskubetonoitua pintaa (Kai Koho)

Ruiskubetonointi vie putkisillan korjausmenetelmistä eniten aikaa. Koska työ voi kestää viikkoja eikä säätä voida ennustaa täysin varmasti, on ohijuoksutus järjestettävä työtä haittaamattomalla.

## 8 Viimeistely

Putkisiltatyömaan viimeistely on tärkeä vaihe. Vaikka muu työ on suoritettu laadukkaasti, mutta työmaan viimeistelyyn ei panosteta, on mahdollista että vastaanottotarkastuksessa tilaaja vaatii lisätöitä viimeistelyyn.

### 8.1 Heitoke

Kun luiskat sekä ojat on muotoiltu ja pinnat hierottu valmiiksi, tehdään putken päihin heitokkeet sitomaan ympäröiviä luiskamaita eroosiota vastaan. Heitoke voidaan tehdä pyöreästä luonnonkivestä tai kalliomurskeesta (kuvio 25). Raekoon täytyy kalliomurskeella olla 100 - 200 mm ja luonnonkivellä 150 - 250 mm. (SILKO 1.901, Siltapaikan viimeistely. Tie- ja vesirakennushallitus, sillanrakennustoimisto. Helsinki 1987. 23 s.)



Kuvio 28: Heitoke kalliomurskeesta

## 8.2 Asfaltointi

Työmaata valmistellessa on tilattu asfaltointi. Asfaltointityö ajoitetaan viimeistään viikon päähän korjaustyön päättymisen jälkeen, vilkasliikenteisellä tiellä työ on suoritettava välittömästi (kuvio 26). Mikäli liikennemäärä ei ole valtava ja tilaajalta saadaan suostumus, voidaan tien pinta jättää 0-16 mm:n murskeelle painumaan asfaltointia varten. Pehmeän asfalttibetonin käyttö väliaikaisena päällysteenä on toimiva ratkaisu.



Kuvio 29: Asfaltointityö meneillään

## 8.3 Kaiteet

Teräsputkisillan ylittävän väylän kaiteena käytetään törmäyskestävyysluokan H2 vaatimukset täyttävää korkeaa sillankaidetta, kun putoamiskorkeus alittavalle uomalle on suurempi tai yhtä suuri kuin 3 m. Kaide on kiinnitettävä pulttikiinnityksellä ylittävän tien reunoihin tapauskohtaisesti suunniteltavaan tyyppiin R15/DK

H2-21 mukaiseen betonirakenteeseen. Korkean kaiteen vähimmäispituus on  $L \geq D + 4$  m + viisteet. Kun putoamiskorkeus on pienempi kuin 3 m, voidaan käyttää törmäystestattua tiekaidetta tihennetyllä kahden metrin pylväsjaolla. (Teräsputkisiltojen suunnittelu 2009)

Kaideurakoitsijan kanssa sovitaan aikataulu kaiteiden asennuksesta. Yleensä kaiteet on asennettava viimeistään kahden viikon kuluttua tien katkaisusta.

## **8.4 Itselleluovutus**

Urakan päätyttyä suoritetaan kohteille itselleluovutus. Tämä tarkoittaa sitä, että työmaat käydään läpi ja niistä laaditaan itselleluovutusprotokollat. Protokolloihin kootaan mahdolliset puutteet, putken korkoasemat ja valokuvia kohteista. Kun kohteiden mahdolliset puutteet on korjattu, voidaan urakka luovuttaa tilaajalle.

## **8.5 Laatu**

Putkisiltaurakasta laaditaan laatukansio. Kansioon kerätään aineisto jokaisesta urakkaan kuuluneesta putkisillasta. Kansio luovutetaan tilaajalle viimeisessä työmaakokouksessa sovittuun päivämäärään mennessä.

Kansio sisältää muun muassa

- turvallisuussuunnitelman
- liikenteenohjaussuunnitelmat
- työvaihesuunnitelmat
- poikkeamaraportit
- työmaapäiväkirjat
- materiaalitodistukset
- lisä- ja muutostyöraportit
- itselleluovutusdokumentit valokuvineen

## 9 Yhteenveto ja pohdinta

Putkisiltatyöt ovat aina yksilöllisiä, liikenteen, vesistön, sijainnin, ym. vaihdellessa. Jokaiseen työmaahan on varauduttava hyvin, ja ennakkosuunnittelu nousee arvoonsa. On myös erittäin tärkeää, että työryhmän kokoonpano säilyy samanlaisena työmaalta toiselle. Kun jokainen työmiehen tietää tarkasti omat tehtävänsä, säästetään huomattavasti aikaa ja vältetään myös vaaratilanteilta. Erityisesti koneenkuljettajan valinta työhön on tärkeää. Hyvä ja kokenut koneenkuljettaja suoriutuu samasta työstä paljon nopeammin kuin kuljettaja, joka on putkisiltatyömaalla ensimmäistä kertaa.

Putkisiltojen korjausurakointi on tärkeä osa Suomen tiestön ylläpidossa. Korjaustahtia ei tule jättää nykyiselle tasolle, vaan varoja olisi käytettävä entistä enemmän, jottei tiestön kunto pääse romahtamaan.

**Lähteet:**

## Sähköiset lähteet

Siltojen ylläpito. Tiehallinto. [www-sivu]. [viitattu 5.2.2010] Saatavissa:

<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/siltojenyllapito2009.pdf>

Sillantarkastuskäsikirja. Tiehallinto. [www-sivu]. [viitattu 15.2.2010]

Saatavissa:<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/sillantarkastuskk2006.pdf>

Teräsputkisiltojen suunnittelu. Tiehallinto. [www-sivu]. [viitattu 15.2.2010] Saatavissa:

[http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/terasputkisillat\\_suunnittelu\\_2008\\_1.04\\_\(31.12.2009\).pdf](http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/terasputkisillat_suunnittelu_2008_1.04_(31.12.2009).pdf)

Rakennustyön ennakkoilmoitus. Työsuojelupiirit. [www-sivu]. [viitattu 22.2.2010]

Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/rakennustyonennakkoilmoitus>

Ilmoitus liikennettä häiritsevistä töistä. Tiehallinto. [www-sivu]. [viitattu 15.2.2010]

Saatavissa: <http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/25749.DOC>

Sillantarkastusohje. Tiehallinto [www.sivu]. [viitattu 22.3.2010] Saatavissa:

<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/sillantarkastusohje2004.pdf>

## Painetut lähteet

Tieturva 1. Tietöiden liikenteen järjestely- ja turvallisuuskoulutus. Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut. Helsinki 2005. 67 s. + 11 liites.

SILKO 2.341, Teräsputkisillan korjaaminen. Tiehallinto, Siltatekniikka. Helsinki 2006. 12 s.

InfraRYL 16200 Maakaivannot. Rakennustieto Oy Rati. 2006. 5 s.

SILKO 1.232, Betonointi ruiskuttamalla. Tielaitos, Siltakeskus. Helsinki 1994.  
23 s.

SILKO 1.901, Siltapaikan viimeistely. Tie- ja vesirakennushallitus,  
sillanrakennustoimisto. Helsinki 1987. 23 s.

#### Painamattomat lähteet

Vierailukäynnit ja henkilöhaastattelut myyntipäällikkö Asko Hirvelän kanssa Rumtec Oy:n Vimpelin tehtaalla keväällä 2009 ja 2010

Tutustumiskäynti ViaCon Ab:n tehtaalla Gävlessä Ruotsissa keväällä 2009