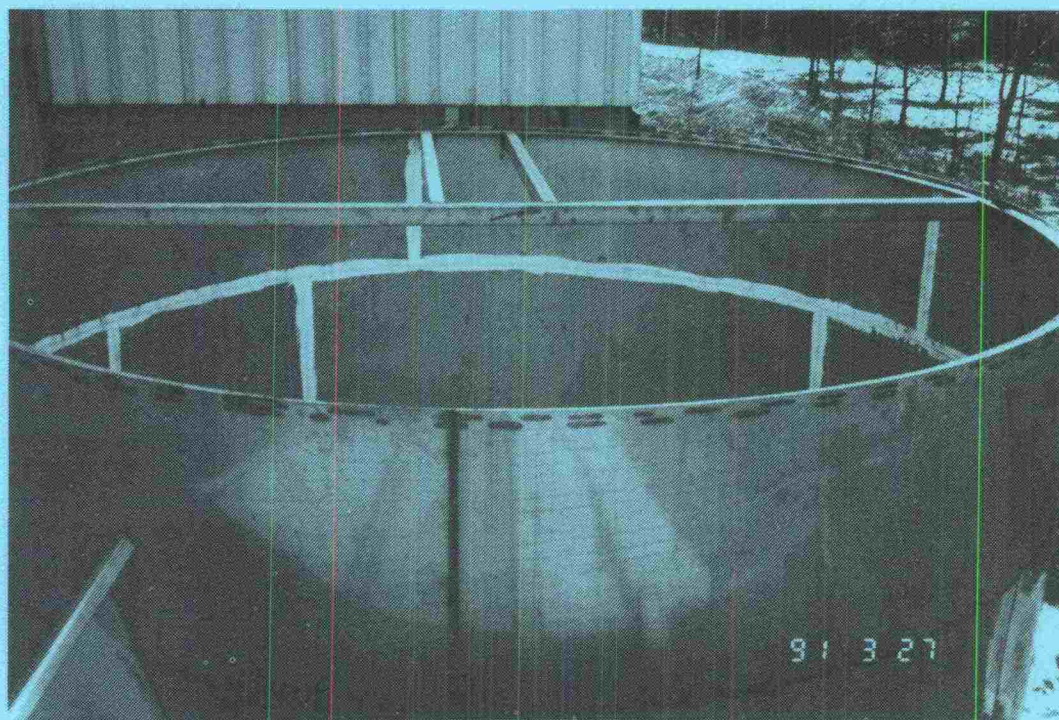


**Tielaitos**

Pekka Siitonen, Heikki Lappalainen

## **Liuosasemien materiaalit**

**Pinnoitettu, ruostumaton ja haponkestävä teräs**



**Tiehallituksen  
sisäisiä julkaisuja**

**29/1992**

Tampere 1992

**Tampereen  
tuotantotekninen  
kehitysyksikkö**

Tiehallituksen sisäisiä julkaisuja  
29/1992

Pekka Siitonen, Heikki Lappalainen

## **Liuosasemien materiaalit**

**Pinnoitettu, ruostumaton ja haponkestävä teräs**

**Tielaitos**

Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö

Tampere 1992

Tehokopiointi Ky  
Tampere 1992

Julkaisua saatavana  
Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö

**Tielaitos**

Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö  
Kanslerinkatu 6  
33720 TAMPERE  
Puh. (931) 165 190

## TIIVISTELMÄ

Selvityksessä on ruodittu suolaliuosasemien materiaalivaihtoehtoista pinnoitettua, ruostumatonta ja haponkestävää terästä. Näiden materiaalien kestävydestä korroosiota vastaan kloridiympäristössä on kaivattu lisätietoa suolaliuosasemien hankintapäätösten tueksi.

Tarkastuskohteiksi valittiin kolme pisimpään käytössä ollutta säiliötä. Tarkastus toukokuussa 1992 oli jatkoa keväällä 1991 aloitetulle seurannalle.

### **Epoksinnoitettu teräs**

Käytetty pinnoite Inerta 165 vaikuttaa hyvältä ja riittävän kestävältä. Pinnoitteen paksuuden tulee olla 500  $\mu\text{m}$ . Hiekan ja kivien pääsy säiliöön on estettävä. Pohjalle kertynyt hiekka on poistettava eikä sen päällä saa kävellä. Raapiutunut maalipinta on paikkamaalattava ja huolehdittava siitä, että esim. säiliön valmistaja toimittaa tarkoitukseen sopivan maalin.

### **Ruostumaton ja haponkestävä teräs**

Sekä ruostumaton että haponkestävä teräs ovat kestäneet kahden vuoden käytön hyvin. Molempien materiaalien voidaan olettaa kestävän ilman ongelmia yli 10 vuotta. Kesto edellyttää tyhjennystä kesäajaksi ja **erittäin huolellista puhdistusta**.

**Pistekorrosio** alkaa lämpötilan ollessa yli +5...8 °C, joten säiliöiden kesäkäyttö sisältää riskejä. Jos hitsien halutaan pysyvän kirkkaina, on ne peitattava.

Kun liuosasemiin liittyy suuri määrä usein epämiellyttäviäkin yllätyksiä tuovia materiaaleja, on raportin loppuun koottu kirjallisuudesta tietopaketti korroosioasiasta. Lujitemuovien rakenteesta ja korroosiokestävydestä on myös lyhyt katsaus.

**SISÄLLYSLUETTELO**

1. MÄÄRITTELYT . . . . .	5
2. EPOKSIPINNOITETTU TERÄS . . . . .	6
3. RUOSTUMATON TERÄS . . . . .	11
4. LUJITEMUOVISÄILIÖ . . . . .	12

LIITTEET 1-5



## LIUOSASEMIEN MATERIAALIT

Tilaaja: Rauno Kuusela/Tielaitos Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö

Tekijä: Tekniikan lisensiaatti Pekka Siitonen/Tampereen Teknillinen korkeakoulu, Materiaaliopin laitos.

### 1 MÄÄRITTELYT

#### Tehtävä

Tehtävänä oli Juvan, Hyvinkään ja Tuusulan tiemestaripiirissä sijaitsevien suolaliuoksen sekoitus- ja varastointisäiliöiden tarkastus sekä lausunto säiliöissä käytettyjen materiaalien ja korroosionsuojausmenetelmien soveltuvuudesta suolaliuoksen valmistus- ja varastointisäiliöihin ja varastointiin. Tarkastusten yhteydessä tutustuttiin myös Heinolan tmp:n liuosasemaan. Tarkastukset suoritettiin yhdessä tielaitoksen tuotantoteknisen kehitysyksikön kanssa. Tarkastuksen yhteydessä otetut valokuvat ovat tuotantoteknisen kehitysyksikön hallussa, eikä niitä ole sisällytetty tähän raporttiin.

#### Säiliöiden materiaalit

Juvan tiemestaripiiri, terässäiliö, sisäpinta pinnoitettu Inerta 165 kaksikomponenttiepoksimaalilla ja ulkopinta polyuretaanimaalilla INERTA 70.

Hyvinkään tiemestaripiiri, säiliö ja sekoitusosa austeniittinen ruostumaton teräs Polarit 725 (AISI 304, SS 2333).

Tuusulan tiemestaripiiri, sekoitusosa SS 2333 ja säiliöosa SS 2343 (AISI 316 eli "haponkestävä").

Heinolan tiemestaripiiri, lujitemuovisäiliö, materiaaleista ei tarkempaa tietoa.

Säiliöissä sekoitetaan ja varastoidaan kylläistä NaCl-liuosta, väkevyys noin 23 %. Lämpötila -20...+20 °C. Liuos valmistetaan sekoittamalla suola vesijohtoverkosta otettuun veteen.

## 2 EPOKSIPINNOITETTU TERÄS

Juvan tmp:n epoksinnoitetun terässäiliön kunto tarkastettiin 7.5.1992. Säiliö (10 m<sup>3</sup>) on valmistettu teräslevystä (Fe 37B?) hitsaamalla. Säiliöosa on suojattu ulkopuolelta polyuretaanimaalilla, Inerta 70.

Säiliön sisäpuoli on suojattu kaksikomponenttiepoksimaalilla Inerta 165 (Teknos Winter Oy). Maalausjärjestelmän merkintä standardin SFS 4962 on:

SFS 4962 E400/3FeSa2 1/2, jossa

E	= epoksimaali
400	= kuivakalvon paksuus (400 µm)
3	= maalauskertojen lukumäärä
Fe	= alustamateriaali, teräs
Sa 2 1/2	= maalausta edeltävä suihkupuhdistus

Maali on levitetty suurpaineruiskutuksella.

Paksut epoksimaalit, kuten Inerta 165, on tarkoitettu käytettäväksi olosuhteissa, joissa korroosiorasitukset ovat ankarat, kuten esim. maahan upotetuissa teräsrakenteissa sekä jatkuvissa kemikaaliuutuksissa. Niiden suojavaikutus perustuu siihen, että maalikalvo muodostaa tiiviin kalvon teräspinnalle, jolloin se käytännössä eristää teräspinnan täysin korroosioympäristöstä.

Ko. maaleja käytetään merivesiolosuhteissa, esim. laivojen ja jäänmurtaajien pohjan suojaukseen, kuten maalia Inerta 150 A2, jolla on epoksimaaleista paras kulutuskestävyys. Kemikaalikestävyydeltään paras Inerta epoksimaali olisi Inerta 160. Ko. maali on kuitenkin levitettävissä vain kuumaruiskutuksella, ja maalaustyön suoritus vaatii erityisen hyvää laitteistoa ja ammattitaitoa, eikä Teknos Winter suosittele sitä käytettäväksi ko. kohteessa.

Inerta 165 on kompromissi hyvän kemikaalikestävyuden ja kulumiskestävyuden suhteen, ja koska suolasäiliössä saattaa esiintyä suolan ja ennen kaikkea sen seassa säiliöön joutuvan hiekan ja pienen kiviaineksen aiheuttamaa kulumista, sen valinta säiliön suojaukseen on perusteltua. Suolaliuoksen ei pitäisi aiheuttaa epoksimaalissa kemiallisia muutoksia /1/.

Maalikalvon paksuudeksi on valmistaja ilmoittanut 400 - 500 µm. SFS4962 standardin mukaisesti kemikaalirasituksessa epoksimaalikalvon paksuus tulisi olla 500 µm, joten ilmoitetun kalvonpaksuuden ylärajaa tulisi mielestäni soveltaa suolasäiliössä.

Pinnan esikäsitteilyaste Sa 2 1/2 on yleisesti käytetty rakenteissa, jotka ovat upotettuna veteen, öljyyn tai bensiiniin. Kemikaalirasitukseen suositeltu esikäsitteilyaste on kuitenkin Sa 3, eli suihkupuhdistus metallin puhtaaksi, jota voitaneen vaatia myös tiesuolasäiliön tapauksessa.

### Huomioita säiliön kunnosta

Säiliö on otettu käyttöön vuoden 1991 aikana ja sillä on valmistettu noin 30 m<sup>3</sup> tiesuolaliuosta. Säiliössä on säilytetty liuosta koko talven ajan. Säiliön sisäpinnan maalaus oli tarkastushetkellä erittäin hyvässä kunnossa. Varsinaisessa säiliöpinnassa ei havaittu vaurioita. Putkiyhteiden hitsausliitoksissa oli havaittavissa paikoitellen lieviä korroosiojälkiä, jotka näkyivät maalikalvossa ruskeina laikkuina.

Säiliön täyttöluukun polttoleikatuissa reunoissa, joita ei oltu viimeistely riittävän hyvin, oli myös havaittavissa alkavaa teräksen syöpmistä. Tämänkaltaiset vauriot ovat seurausta epätasaisesta pinnasta, johon maali ei muodosta tasapaksua pinnoitekerrosta, jolloin pintaprofiilin harjannekoissa maalikerros jää ohuemmaksi ja suojavaikutus puutteelliseksi. Tämän kaltaiset vauriot voidaan välttää parantamalla pinnan esikäsitteilyä ennen maalausta.

Säiliössä oli havaittavissa korroosiotuotteiden aiheuttamaa värjäytymistä putkiyhteiden päissä ja säiliön pinnassa putkiyhteiden suuaukon läheisyydessä. Nämä ovat seurausta putkistosta, lämmitysvasuksista ja pumpusta (valurautaa) peräisin olevista syöpmistuotteista, eikä niillä ole vaikutusta maalipinnan kestävyYTEEN.

Säiliön pohjalla oli jonkin verran hiekkaa, kiviainesta sekä kiinteytynyttä suolaa. Koska hiekalla ja kiviaineksella saattaa olla maalipintaa kuluttavaa vaikutusta, olisi sen pääsy säiliöön estettävä (suolatasaku ja suodatin). Kun säiliö tyhjennetään, olisi se huolellisesti puhdistettava liasta ja suolasta. Puhdistuksen, huoltojen ja säiliössä tehtävien tarkastusten yhteydessä olisi varottava ettei maalipintaa vaurioiteta esim. kävelemällä pohjalla olevien kivien päällä (kuten me teimme tarkastuksen aikana), koska tällöin maalipinta saattaa mekaanisesti vaurioitua. Lisäksi olisi varottava pudottamasta säiliöön painavia työkaluja ym. esineitä, jotka voivat vahingoittaa maalipintaa.

Säiliön asennusohjeessa kehoitetaan säiliö asentamaan siten, että pumppuyksikön puoleinen pää asennetaan täydellisen tyhjentyneen varmistamiseksi 40 mm alemmaksi kuin toinen pää, jossa sijaitsee säiliön pohjassa oleva avattava tyhjennysaukko.



Pumpun imuputken sijaitessa selvästi pohjatasoa korkeammalla pumpulla ei säiliötä voida kuitenkaan täysin tyhjentää esim. kesän ajaksi tai pesun jälkeen. Täten tulisi pohjan tyhjennysaukon sijaita siten, että tyhjentyminen varmistuu, eli säiliö asennettaisiin siten, että pumpun pää on lievästi ylempänä (tällä ei ole käytännön merkitystä säiliöstä saatavaan liuosmäärään) tai siirtämällä tyhjennysaukko pumpun päähän.

Säiliön ulkopuolisissa tukirakenteissa, lähinnä pohjakehikossa oli runsaasti syöpymiä. Nämä olivat joko maalipinnan mekaanisen vaurioitumisen aiheuttamia tai rakenteessa olevia kohtia, joihin maali ei maalatessa ole tunkeutunut (esim. kapeat raot).

Maalipinnassa, niin sisä- kuin ulkopuolella, olevat maalipinnan vauriot voidaan korjata kesällä säiliön ollessa käyttämättömänä. Korjaus tulee suorittaa vastaavilla maaleilla kuin alkuperäinen maalauskin. Pieniä paikkamaalauksia (maalikalvo ei ole irronnut alustasta, eikä ruostunutta teräspintaa ole näkyvässä) tehtäessä on maalattava kohta puhdistettava ja pinta karhennettava ennen maalausta. Jos maalikalvo on irronnut alustasta on se poistettava ja puhdistettava esim. hiomalla sen alla oleva teräspinta korroosiotuotteista. Samoin maalikalvon vaurioiden kohdalla syntyneet korroosiotuotteet olisi poistettava niin, että puhdas teräspinta paljastuisi.

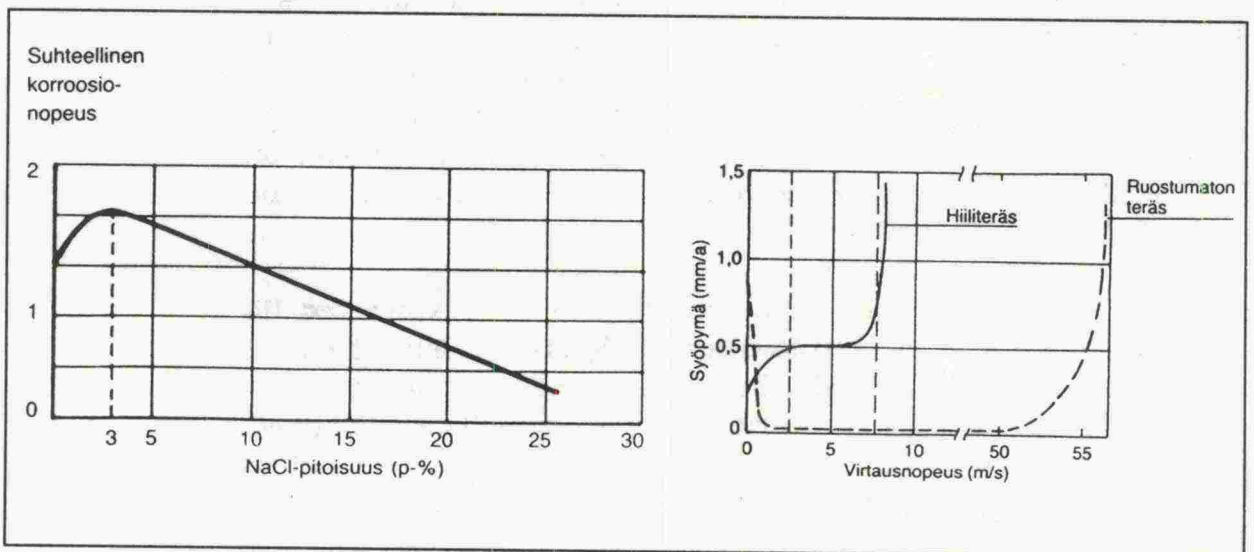
Laitteistotila, johon on sijoitettu pumppu ja venttiilit, on valmistettu alumiinista. Alumiinin ja alumiiniseosten korroosionkestävyys kloridipitoisissa liuksissa on suhteellisen hyvä (poikkeuksena kuparia ja rautaa sisältävät seokset). Suolaroiskeet alumiinin pinnalla aiheuttavat kuitenkin pinnan tummentumista, joka kuitenkin on lähinnä esteettinen haitta.

Liittimissä, kuten tankkausliittimessä pinnan syöpyminen voi aiheuttaa käyttöhäiriöitä. Lisäksi liittimissä ja venttiileissä, joissa alumiini on kosketuksissa muiden metallien, kuten ruostumattoman teräksen ja kuparimetallien kanssa, saattaa sen sijaan esiintyä voimakasta alumiinin syöpymistä.

Ollessaan kontaktissa teräksen kanssa kloridipitoisissa olosuhteissa **alumiini saattaa kiihdyttää teräksen syöpymistä**. Syöpymistä saattaa esiintyä myös vaikkei ko. materiaalit olisikaan suoranaisessa kontaktissa toistensa kanssa, virtauksen mukana alumiinin pinnalle tulevien muiden metallien korroosiotuotteiden seurauksena, jolloin korrosio on luonteeltaan paikallista. Virtausnopeuden lisäys nopeuttaa alumiinin korroosiota.

Messinkiosia käytetään yleisesti suolasäiliöissä erilaisissa liittimissä. Messingit kestävät kohtuullisesti kloridipitoisissa ympäristöissä edellyttäen, että niiden koostumus on ko. käyttöön soveltuva, eli ne ovat lyijyseosteisia, tai niiden sinkkipitoisuus on alle 20 %. Kuparimetallien **syöymiskestävyys** kloridipitoisissa olosuhteissa **vaikuttaa** oleellisesti veden **virtausnopeus**. Liitteeseen 2 on koottu tietoutta kuparimetallien soveltuvuudesta kloridipitoisiin olosuhteisiin.

Valuraudan ja teräksen syöymisnopeus kloridipitoisissa ympäristöissä on yleensä tasaista korroosiota. Syöymisnopeus merivedessä on noin 0,2 - 0,3 mm vuodessa. Suolapitoisuuden noustessa korroosionopeus laskee kuvan 1 mukaisesti. Lisäksi syöyminen kiihtyy kerrostumien alla ja raoissa. Valurautojen (suomu- ja pallografiitti) korroosionkestävyys kloridipitoisissa olosuhteissa on hieman parempi kuin teräksen. Virtausnopeuden vaikutus on samanlainen kuin teräksen kohdalla.



Kuva 1: Hiiliteräksen syöymisnopeuden riippuvuus kloridipitoisuudesta a) ja hiiliteräksen sekä austeniittisen ruostumattoman teräksen syöymisnopeus virtaavassa merivedessä b) /3/.

Valurautaisen pumpun odotettavissa oleva käyttöikä on vain muutamia vuosia johtuen veden suuresta virtausnopeudesta. Tämä seikka on kuitenkin tilaajan ja valmistajan tiedostama asia. Valurautapumpun hankintahinta on edullinen, ja säiliön käyttöaikana sen vaihtaminen 1 - 2 kertaa uuteen tulee edullisemmaksi kuin esim. ruostumattomasta teräksestä valmistetun pumpun käyttäminen. Tällöin tärkeää on kuitenkin pumpun kunnan jatkuva seuraaminen, jotta pumpun vaihto tehtäisiin ajoissa, eikä silloin kun suolat lentää silmille suolaliuosta tankattaessa. Nopeimmin pumpussa kuluva osa lienee pumpun siipipyörä, joka jouduttanee vaihtamaan useimmin kuin pumpu.

## Yhteenveto Juvan säiliöstä

Säiliön sisäpinnan kunto oli tarkastushetkellä erinomainen. Lieviä korroosiojälkiä oli havaittavissa vain hitsien ja säiliön täyttöaukon reunoissa, joissa maalausta edeltävä pintakäsittely on ollut riittämätön. Suolaliuoksen ja sen mukana säiliöön joutuneen kiintoaineksen kuluttavasta vaikutuksesta ei löydetty merkkejä. Epoksinnoitettu teräksestä hitsaamalla valmistettu säiliö soveltuu Juvan kokemusten perusteella hyvin suolaliuoksen säilytykseen ja varastointiin talvella.

Ulkopuolisessa korroosionestomaalauksessa oli jonkin verran vaurioita, jotka johtuivat osittain huonosta suunnittelusta (maalauksella ei rakenteen kaikkia kohtia ole saatu suojatuksi) ja toisaalta kuljetuksen, asennuksen ja käytön aikana syntyneistä maalipinnan vaurioista.

Säiliön putkistossa, liittimissä ja venttiileissä on käytetty runsaasti eri metalleja. Tällöin, vaikka ko. materiaalien syöpymiskestävyys kloridipitoisissa olosuhteissa sellaisenaan onkin riittävä, materiaalien ollessa kontaktissa toisiinsa, saattaa jommankumman metallin syöpymisnopeus kiihtyä oleellisesti. Esim. palloventtiileissä, joissa runko on alumiinia ja laipat terästä, ne on kuitenkin eristetty toisistaan ja venttiilin sisäosat on teflonpinnoitettuja, jolloin kontaktikorroosion vaara on vältetty. Messinkiosia käytettäessä on varmistuttava, että ne ovat sopivia kloridiympäristöön.

Kesän ajaksi säiliö on tyhjennettävä suolaliuoksesta, **pestävä vedellä** ja suolan mukana tullut **kiintoaines on poistettava** säiliöstä ennen säiliön tarkastusta ja mahdollisia huoltotoimia. Alkavat korroosiovauriot voidaan korjata Inerta 165 epoksimaalilla edellä annettujen ohjeiden mukaisesti. Vuositarkastuksen yhteydessä tulee korjata myös ulkopuolisen **korroosionestomaalauksen vauriot** sekä tarkistaa pumpun kunto.

Koska säiliö hieman yli vuoden käytön jälkeen oli erinomaisessa kunnossa on odotettavissa sen käyttöiän olevan jopa 10 vuotta.

### 3 RUOSTUMATON JA HAPONKESTÄVÄ TERÄS

Hyvinkään ja Tuusulan säiliöt tarkastettiin 14.5.1992.

Säiliöt ovat olleet käytössä kaksi talvikautta ja ne tarkastettiin ensimmäisen kerran keväällä 1991. Hyvinkään säiliössä on valmistettu liuosta talvella 1991-92 yhteensä 2400 m<sup>3</sup> ja Tuusulassa noin 1700 m<sup>3</sup>.

Säiliöt oli tyhjennetty suolaliuoksesta ja pesty ennen tarkastusta. Kummankin säiliön sekoitusosien hitseissä oli ruskeaa korroosiotuotetta. Syy tähän hitsin pinnan värjäytymiseen on hitsauksen aikana pintaan muodostuva (hapettuminen) kromioksidikerros, jonka muodostumisen takia hitsin ja lämpövyöhykkeen alueelle muodostuu pinnallinen kerros, jossa kromipitoisuus on alhainen ja korroosionkestävyys huono. Ko. rakenteissa oksidikerroksen poistamiseksi on ilmeisesti suoritettu vain harjaus, joka poistaa oksidikerroksen osittain, muttei poista kromiköyhää pintakerrosta.

Jos hitsin haluaa pysyvän kirkkaana, olisi se **peitattava**, eli syövytettyvä kromiköyhä kerros pois hapolla (peittäus), hionnalla tai suihkupuhdistuksella ja sen jälkeen passivoida. Säiliöosien hitsit on puhdistettu paremmin, eikä niissä korroosiotuotteita ollut havaittavissa.

Kummassakaan säiliössä ei säiliöosan hitseissä havaittu korroosiovaurioita. Sen sijaan Tuusulan säiliössä **katkohitseissä**, joilla sekoitusosan poikittaiset tukipalkit on liitetty seinämälevyihin, oli **runsaasti vaurioita**. Vaurioita oli ainoastaan palkkien päällä olevissa hitseissä ja ne sijaitsivat lähes poikkeuksetta n. 10 cm pituisen katkohitsin toisessa päässä, jossa ilmeisesti sijaitsee hitsauksen lopetuskohta, johon helposti jää huokosia ja jonka koostumus poikkeaa muusta hitsistä suotautumisen takia.

Näiden kohtien nopeaan **syöpymiseen syynä** on ollut huolimaton säiliön puhdistus, jolloin palkkien päälle on jäänyt suolakerrostuma kesän ajaksi. Tuusulan säiliö oli myös tarkastushetkellä huonosti puhdistettu. Palkkien päällä ja paikoitellen myös pohjasauman päällä säiliön reunoissa oli märkä suolakerros. Hyvinkään säiliö oli asianmukaisesti puhdistettu.

Muita korroosiovaurioita ei säiliöissä havaittu. Suolataskuissa ei havaittu merkkejä suolan tai kiintoaineksen aiheuttamasta kulumisesta.

Sekä Hyvinkään, että Tuusulan säiliöissä oli sekoitusosassa havaittavissa paikoitellen sinistä väriä, joka ilmeisimmin johtuu paakkuuntumisaineena käytetyn kaliumferrosyanidin konsentroitumisesta sekoitusosaan. Ko. aine ei aiheuta korroosiota ruostumattomissa teräksissä.

Suoritetun tarkastuksen perusteella kummankin säiliön varsinaisen säiliöosan kunto on hyvä. Säiliöiden käyttöiän voidaan olettaa olevan yli kymmenen vuotta, edellyttäen että kesäajan tyhjennys ja puhdistus hoidetaan asianmukaisesti, siten ettei säiliöön jää suolaa.

Tuusulan tukipalkin hitsien vauriot osoittavat, että säiliön huono puhdistus aiheuttaa korroosiota hitsausliitoksissa, jotka saattavat lyhentää säiliön käyttöikää useilla vuosilla.

Lämpötilan kohotessa lisääntyy ruostumattomien terästen, ennenkaikkea hitsausliitoksen, **pistekorroosion** esiintymistodennäköisyys. Tästä syystä ei ole suositeltavaa säilyttää ruostumattomasta teräksestä valmistetussa säiliössä pölynsitomiseen käytettävää kalsiumkloridiliuosta kesän aikana, jolloin säiliössä olevan liuoksen lämpötila on 20 - 30 °C, joka ylittää selvästi säiliöissä käytettyjen teräslaatuojen (SS 2343 ja 2333 pistekorroosiolämpötilan, joka laboratoriomittausten perusteella oli 0 - 8 °C.

## 4 LUJITEMUOVI

Heinolan tiemestaripiirin lujitemuovisäiliöön tutustuttiin Juvan matkan yhteydessä 7.5.1992.

Heinolan tiemestaripiirin säiliö on ollut käytössä kuluneen talvikauden ajan ja sillä on valmistettu 300 m<sup>3</sup> suolaliuosta. Säiliö oli täynnä suolaliuosta (CaCl) eikä sen sisäpuolisesta kunnosta voinut tehdä havaintoja. Ulkopuolelta tarkasteltuna sen kunto vaikutti hyvältä.

Lujitemuovituotteissa, jotka ovat alttiina kemialliselle rasitukselle, tulisi noudattaa SFS 5126 standardin "LM-putket ja osat, raaka-aineet ja rakenne" mukaista rakennetta. Kun tuotteelta vaaditaan korroosionkestoa, siinä tulee olla suojakerros, joka sisältää sisäpinnan ja sulkukerroksen, joiden tarkoituksena on suojata kantavaa tukikerrosta (ks. liite 3). Yleisesti voidaan sanoa, että lujitemuovit kestävät hyvin kloridipitoisia nesteitä, mikäli tuote on oikein valmistettu ja käytetty asianmukaisesti. Liitteissä 3 ja 4 on esitetty tietoja lujitemuovien hartsien korroosionkestävyydestä.

## VIITEKIRJALLISUUS

1. K. Vaha, Teknos Winter Oy, henkilökohtainen tiedonanto
2. Raaka-ainekäsikirja, 3, MET/Valmet Oy, Rautpohja 1985.
3. T. Mäntylä, Korroosionesto tuotesuunnittelussa, MET, tekninen tiedotus 26/84, Metalliteollisuuden kustannus Oy, 1984.
4. Hannu Vainio, Lujitetut muovipinnoitteet, SKY Korroosiokäsikirja, Hanko 1988, s. 713.
5. Jyrki Naukkarinen, Lujitemuovit, SKY Korroosiokäsikirja, Hanko 1988, s. 752.

## LIITTEET

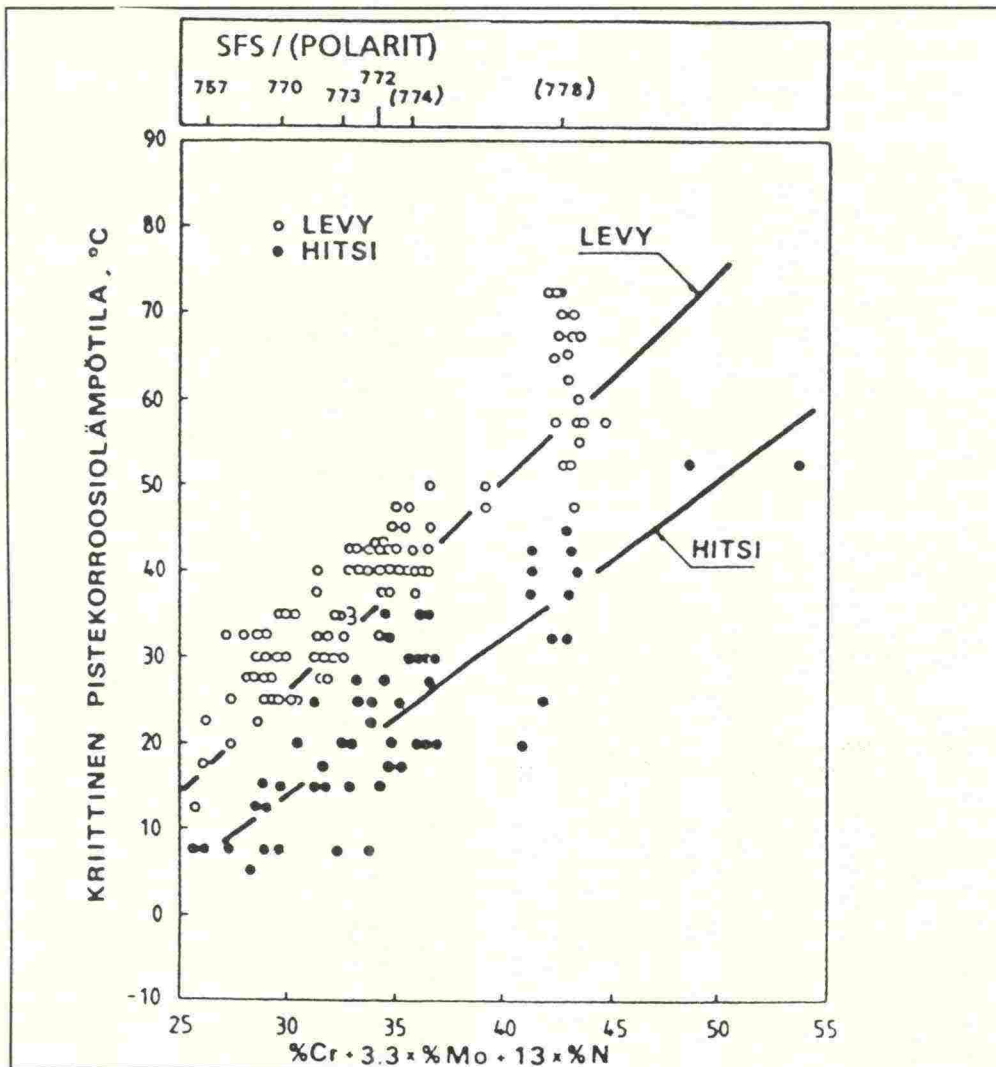
1. Austeniittisen ruostumattoman teräksen hitsausliitoksen korroosionkestävyys
2. Kuparimetallien syöpymiskestävyys
3. Lujitemuovit
4. Lujitetut muovipinnoitteet
5. Muistiinpanoja katselmuksista

## AUSTENIITTISEN RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN HITSAUSLIITOKSEN KORROOSIONKESTÄVYYS

### Lisäaineen valinta

Molybdeeniseosteisten austeniittisten terästen hitsauksen erityisongelma on hitsin korrosio. Piste- ja rakokorrosio ovat vaurioiden yleisin syy ja ne liittyvät kloridipitoisiin olosuhteisiin. Sen sijaan olosuhteissa, joissa korrosio on luonteeltaan yleistä, hitseihin keskittynyt syöpyminen on selvästi harvinaisempaa.

Kuvasta 2 havaitaan, että ilman lisäainetta hitsatun TIG-hitsin piste-korroosionkestävyys on huonompi kuin perusaineen. Ero on sitä suurempi mitä seostetumpi perusaine on. 6-prosenttisilla Mo-teräksillä onkin välttämätöntä käyttää perusainetta runsaammin seostettua Ni-valtaista lisäainetta, joka sisältää 9 % molybdeeniä (Inconel 625), ellei hitsausliitosta voida lämpökäsitellä. Myös vähemmän seostetuilla 4,5 % molybdeeniä sisältävillä teräksillä yliseostetun lisäaineen käyttö on suositeltavaa. AISI 31 7L teräs sekä sitä vähemmän seostetut teräkset voidaan hitsata perusainetta vastaavalla lisäaineella.



Kuva 2: Koostumuksen vaikutus perus- ja hitsiaineiden kriittiseen pistekorrosiolämpötilaan 10 % FeCl<sub>3</sub>-liuoksessa. Suurin osa aineiston hitseistä on hitsattu ilman lisäainetta, mukana on myös muutamia puikkohitsejä.

Taulukossa 1 on esitetty lisäainesuositukset eräille runsasseosteisille austeniittisille teräksille.

**Taulukko 1: Lisäainesuositus runsas Mo-seosteisille ruostumattomille teräksille.**

Teräslaatu		Teräksen nimelliskoostumus (%)							Lisäainetyyppi	
Outokumpu Oy	W.Nr	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Muu	vastaava ("matching")	yliseostettu ("over-alloyed")
POLARIT 770	1.4438	0,025	0,5	1,5	18	14	3,5	–	OK 64.30 OK 64.41 <sup>1)</sup>	–
772	1.4439	0,025	0,5	1,5	17	13	4,5	0,15N	OK 64.63 <sup>2)</sup>	(OK 69.33), OK 69.63
773	1.4449	0,025	0,5	1,5	17	15	4,5	–	OK 64.63 <sup>2)</sup>	OK 69.33 OK 69.63
77	1.4539	0,020	0,5	1,5	20	25	4,5	1,5 Cu	OK 69.33 <sup>2)</sup>	OK 69.63 OK 92.45
778	1.4529	0,020	0,5	0,5	20	18	6,2	0,20 N	ei suositella	OK 92.45

1) OK 64.41 on suurriittoisuuspuikko

2) Voimakkaasti hapettavissa kloridipitoisissa korroosio-olosuhteissa (esim. selluloosatehtaiden valkaisimoissa) ei vastaavan lisäaineen käyttö aina riittävää korroosionkestävyyttä.

### Hitsausliitosten jälkikäsittely

Hitsausliitosten jälkikäsittelyllä voidaan parantaa hitsin korroosionkestävyyttä. Hitsistä tulee jähmettyessä ja jäähtyessä epähomogeeninen. Seosaineet kromi, nikkeli, molybdeeni jne. suotautuvat jähmettymistilanteessa ja runsaasti seostetuissa teräksissä voi erkautua jäähtymisen aikana metallien välisiä yhdisteitä, sigma- ja CHI-faasia. Näiden koostumuserojen tasaamiseksi voidaan hitsausliitokselle suorittaa lämpökäsittely, taulukon 3 ohjelämpötiloja noudattaen.

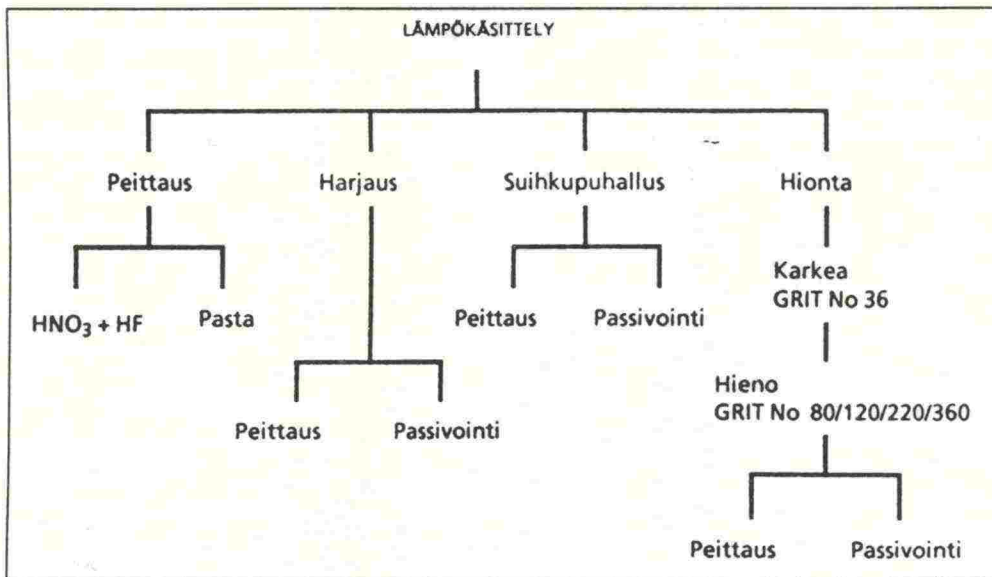
**Taulukko 2: Austeniittisten ruostumattomien terästen hitsien liuotushehkutuslämpötilat.**

Laatu POLARIT SFS	Huhkutustempötila °C
720/721/725	1025–1075
750/751/755	1050–1100
752/753/757/770	1075–1125
772/773/774	1100–1150
778	1150–1200

Hitsauksessa ja lämpökäsittelyssä hitsiliitoksen pintaan syntyy oksidikerros, joka huonontaa korroosionkestävyyttä. Kerros voidaan poistaa peittaamalla, harjaamalla, suihkupuhtistamalla tai hiomalla, kuva 3. Jos hitsin viimeistely tapahtuu mekaanisin menetelmin, olisi hyvän korroosionkestävyyden takaamiseksi viimeisenä käsittelyvaiheena suoritettava aina passivointi tai peittäys.



## LIITE 1 (3)



Kuva 3: Hitsien jälkikäsitteily.

Korroosionkestävyyden kannalta paras lopputulos saavutetaan peittamalla, mikä voidaan hitsausliitokselle suorittaa amme-, sively- tai tahnapaittauksena. Tavallisimpia ruostumattomille teräksille käytettäviä peittausluokkia ovat:

1. 8-20 %  $\text{HNO}_3$   
0,5 - 5 %  $\text{HF}$   
lopun  $\text{H}_2\text{O}$   
lämpötila 25 - 60 °C  
aika 15 - 30 min.
2. 50 %  $\text{HCl}$   
5 %  $\text{HNO}_3$   
0 - 4 %  $\text{HF}$   
lopun  $\text{H}_2\text{O}$  inhibiittejä
3. 10 %  $\text{HCl}$   
5 %  $\text{HNO}_3$   
10 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
lämpötila 80 °C

Mitä runsaammin kromia ja molybdeeniä teräs sisältää, sitä korkeamman tulee peittauslämpötilan olla.

Passivointikäsitteily voidaan suorittaa hitsausaumalle, kun korroosionkestävyydelle ei aseteta kovin suuria vaatimuksia. Tällöin voidaan ruostumattomille teräksille käyttää seuraavaa menetelmää:

Liuos: 10 %  $\text{HNO}_3$  + lopun  $\text{H}_2\text{O}$   
Lämpötila: sisällä 25 °C, ulkona 60 °C  
Aika: 3 - 5 min.

## KUPARIMETALLIEN SYÖPYMISKESTÄVYYS

### Makea vesi

Lähes kaikki kuparimetallien makean veden korroosiotapaukset ovat keskittyneet kylmään ja lämpimään käyttöveeten, lämmitysvesissä syöpymiset ovat hyvin harvinaisia. Tämä johtuu vesien happipitoisuuseroista: Käyttövesissä happea on aina läsnä, lämmitysvedet ovat lähes hapettomia.

Happipitoisuuden ohella myös veden kovuudella ja happamuusasteella on merkitystä kuparimetallien korroosiossa. Vedenkäsittely siten, että pH-arvo saataisiin kohotettua alueelle 8,0...9,0 ja kokonaiskovuus alueelle 4,0...8,0 °dH, vähentäisi oleellisesti veden aggressiivisuutta. Seuraavien, lähinnä vesijohtoverkostoon liittyvien konstrukti- ja käyttöohjeiden noudattamisella voidaan korroosioriskiä vähentää edelleenkin.

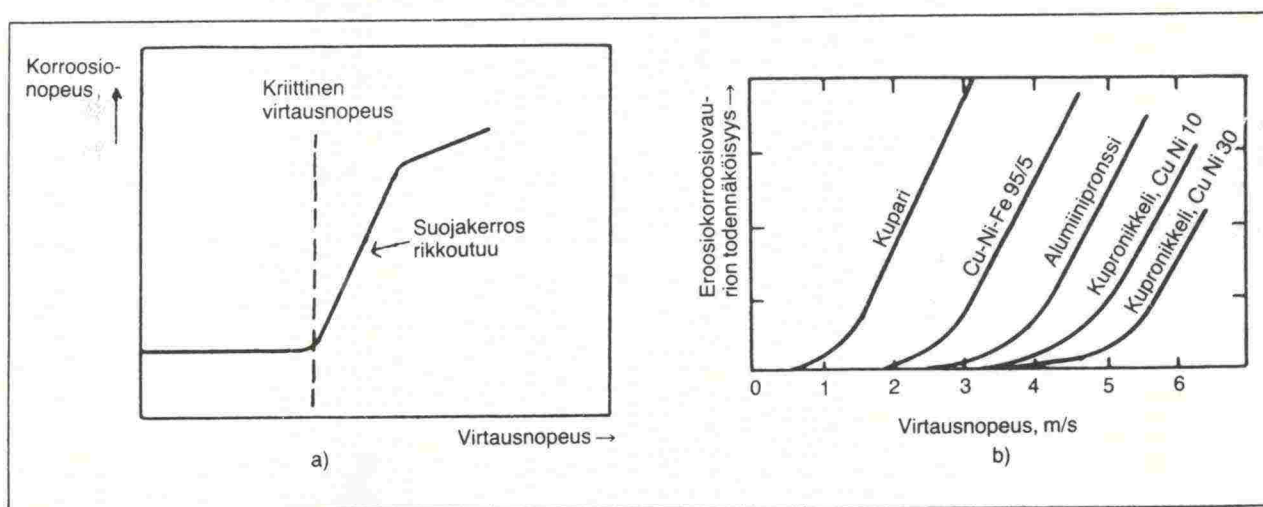
- \* Eroosiokorroosiovaaran välttämiseksi virtausnopeusmitoitukset tulee tehdä sisäasiainministeriön D1-määräyskokoelman mukaisesti. Putkiston haarat ja taivutukset on lisäksi tehtävä niin, ettei veden pyörteilyä pääse tapahtumaan. Kapillaariliitososia on myös syytä käyttää.
- \* Kuumaa vettä johtavat putkistot on asennettava ottamalla huomioon korroosioväsymisvaara. Putkistolle on sallittava riittävä liikkumisvara järjestämällä putkien kiinnityskohdat kuten alan oppaissa on neuvottu, tai asentamalla ne sinimuotoon ja sallimalla pitkien suorien putkien laajenemismahdollisuus paisuntakaarilla tai paljetasaimilla.
- \* Putkistojen sulkemista eristämättömänä esimerkiksi betonivaluun on vältettävä jännityskorroosio- ja ulkopuolisen korroosiovaaran vuoksi. Jos putkisto joudutaan jostakin syystä asentamaan lattiarakenteisiin, voidaan sen suojaksi asentaa yhtenäinen suojaputki.

Kuparimetallien yleiskorroosio makeassa vedessä on vähäistä - noin 10 µm/vuosi. Yleiskorroosio on kuitenkin verraten harmiton korroosionmuoto paikalliskorroosioon verrattuna. Messingeillä korroosiovaarana on otettava huomioon sinkinkato.

Sisäasiainministeriön D1-määräyskokoelmassa on esitetty vaatimuksia tiettyjen venttiilien ym. osien sinkinkadonkestävyydelle. Seokset CuZn36Pb3 (SFS 2922) venttiilien sorvauskappaleissa ja CuZn36Pb1 (SFS 2923) venttiilien kuumataotuissa osissa täyttävät nämä vaatimukset eräin edellytyksin ja ovat niin ollen sopivia käyttökohteisiin, joissa tavalliset messingit eivät tule kysymykseen.

## Merivesi

Merivedessä kupariin ja kupariseoksiin muodostuu tasainen ja jokseenkin suojaava pintakerros kuparin oksideista ja emäksisestä kuparikloridista edellyttäen, että veden virtausnopeus on kohtuullinen. Yleiskorroosion suuruus on noin  $50 \mu\text{m}/\text{vuosi}$ . Kuparimetallit, runsassinkkisiä sinkinkatoon taipuvaisia messinkejä lukuunottamatta, sopivat tavallisesti hyvin käytettäväksi merivedessä. Käyttökohteita ovat putkijohdot, lämmönsiirtimet ja lauhduttimet.

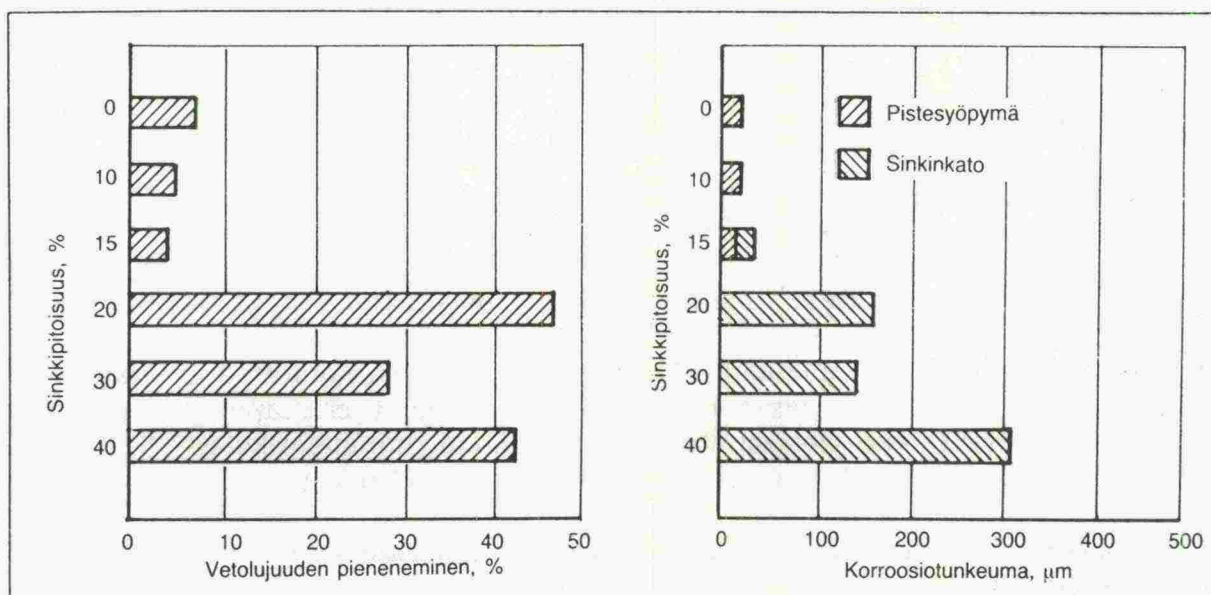


Kuva 4: Veden virtausnopeuden vaikutus kupariseosten korroosioon: a) kaaviollinen esitys, b) esimerkki kupariseosten käyttäytymisestä merivedessä.

## Suolat

Muutamia kuparimetalleja voi käyttää neutraalien suolojen liuksissa, erimerkiksi nitraattien, sulfaattien ja natrium- sekä kaliumkloridin kanssa. Kloridit ovat tavallisesti syövyttävämpiä kuin muut suolat, etenkin voimakkaasti sekoitettaessa tai kun liuoksessa on ilmaa. Kuparimetallit eivät sovi elohopean tai elohopeasuolojen yhteyteen. Alkaliset suolat, kuten natriumkarbonaatti, -fosfaatti ja -silikaatti, ovat alkalihydroksidien tapaisia, mutta syövyttävät vähemmän.

Hapettavat suolat ja monet hydrolysoituvat suolat, erikoisesti rauta (III) kloridi tai -sulfaatti, ovat selvästi kuparimetalleja syövyttäviä. Muut hapettavat suolat, kuten kromaattit, eivät syövytä neutraaleina tai alkaalisessa liuoksessa, mutta ovat voimakkaasti syövyttäviä happamissa liuoksissa. Sulfidit syövyttävät enemmän kuparia ja runsaasti kuparia sisältäviä seoksia kuin runsaasti sinkkiä sisältäviä seoksia.



Kuva 5: Esimerkki sinkkipitoisuuden vaikutuksesta messinkien korroosikäyttäytymiseen kloridipitoisessa liuoksessa. Korroosio-olosuhteet 0,01 M  $NE_4Cl$ -liuos,  $T = 45\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t = 60$  vrk.

Taulukko 3: Kuparimetallien syöpmiskestävyys eräiden suojojen yhteydessä.

Muokattujen seosten arvostelussa on käytetty seuraavia arvosteluluokkia:

**Luokka A:** Metallin syöpmiskestävyys on useimmiten sopiva.

**Luokka B:** Metallin korroosionkestävyys on hyvä ja sitä on pidettävä vaihtoehtoisena aineena luokkaan A sijoitettujen metallien kanssa, mikäli myös muilla ominaisuuksilla kuin syöpmiskestävyydellä on merkitystä.

**Luokka C:** Korroosiota esiintyy selvästi enemmän kuin luokassa B, joskin korroosion määrää voidaan vähentää pinnoitteilla ja inhibiittikäsittelyillä.

**Luokka D:** Metallin käyttö ei sovellu käytettäväksi ko. ympäristössä.

Valuseosten syöpmiskestävyttä arvostellaan seuraavasti:

**Luokka 1:** Metallin käyttö on suositeltavaa.

**Luokka 2:** Metallin käyttö on hyväksyttävää.

**Luokka 3:** Metallin käyttö ei ole suositeltavaa.

M = muokatut valmisteet; V = valetut valmisteet

Korroosioympäristö	Kuparit		Messingit						Tina-pronssit	Puna-metallit	Alumiini-pronssit	Pii-pronssit		Uus-hopeat	Nikkeli-kuparit		
			Seostamattomat ja lyijymessingit		Erikois-messingit		M	V									
	Zn ≤ n. 15%	Zn ≥ n. 20%	M	V	M	V											
	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	M			
Kalsiumkloridi, $CaCl_2$	B	—	B	—	D	—	B	—	B	—	2	B	—	B	—	B	B
Kalsiumkloridi, $CaCl_2$ , alkalinen	—	3	—	3	—	3	—	2-3	—	3	—	1	—	3	—	—	—
Kalsiumkloridi, $CaCl_2$ , hapan	—	2	—	2	—	3	—	3	—	2	—	—	1	—	—	—	—
Magnesiumkloridi, $MgCl_2$	B	1	B	2-3	D	3	C	2-3	B	1	2	B	1	B	1	B	B
Natriumkloridi, NaCl	B	1	B	1-2	D	3	C	3	B	1	2	B	1	B	1	A	A

## LUJITEMUOVIT

### Perusteita

Lujitemuovin nimi määräytyy materiaalipohjan mukaisesti lujitteesta ja muovista. Määritelmän sisälle lukeutuu suuri joukko eri käyttötarkoituksiin kehitettyjä rakenteita. Materiaalina lujitemuovi tarjoaa enemmän ominaisuusvaihtoehtoja kuin mikään muu materiaali.

Nykyään lujitemuovia sovelletaan mekaanisesti vaativissa kohteissa, korroosionkestävyyttä vaativissa teollisissa kohteissa, kuten hapot, valkaisukemikaalit sekä yleisesti tunnetuissa muita ominaisuuksia edellyttävissä kohteissa, kuten veneet, autojen osat ja viemärit.

Lujitemuovi määritellään tyypiltään korroosiota kestäväksi seuraavin tunnusmerkein:

- \* Lujite on yleensä lasikuitua, jonka halkaisija on (n. 10  $\mu\text{m}$ ) 1/10 ihmisen hiuksen halkaisijasta. Lujitteen tarkoitus on lujittaa tuote.
- \* Muovi on yleensä kertamuovia, joka ennen työvaihetta ja sen aikana on nestemäistä. Muovin tarkoitus on antaa tuotteelle kemiallinen kestävyys.
- \* Apuaineilla voidaan muuttaa tuotteen ominaisuuksia lähes rajattomasti.
- \* Muovi muuttuu työvaiheen jälkeen kovaksi ja sitoo lujitteet verkkomaiseksi rakenteeksi.

### Lujitemuovimateriaalin rakenne

Kun tuotteelta vaaditaan korroosionkestoa, siihen rakennetaan sisäpinnan ja noin 2 mm sulkukerroksen käsittävä suojakerros, jonka tarkoituksena on suojata kantavaa tukikerrosta.

Tukikerros valmistetaan, jos tuotteeseen kohdistuu mekaanisia rasituksia. Tukikerroksen rakenne ja ainevahvuus määräytyvät rasituksen laadun ja määrän mukaisesti.

Teollisuuden käyttämissä tuotteissa, joissa on kemiallinen rasitus, noudatetaan yleensä SFS 5162 standardin "LM-putket ja -osat, raaka-aineet ja rakenne" mukaista rakennetta.

### Lujitemuovituotteiden ominaisuuksia

Lujitemuovituote valmistetaan suoraan raaka-aineista lopputuotteeksi. Valmistus tapahtuu useilla eri menetelmillä muottia apuna käyttäen. Tuotteiden yleisiä ominaisuuksia ovat:

- \* keveys, n. 1/5 teräksen ominaispainosta
- \* mekaaninen lujuus, n. teräksen luokkaa
- \* kimmoisuus (taipuvuus), n. 10 kertaa parempi kuin teräksen
- \* ominaisuudet eivät muutu olennaisesti kovassakaan pakkasessa
- \* lämpötilan kesto yli + 100 °C
- \* hyvä kemiallinen kestävyys
- \* helppo liittää uusien menetelmien avulla.

Lujitemuovin ominaisuuksia voidaan muuttaa

- \* erikoisen kulutusta kestäväksi
- \* palamattomaksi
- \* sähköä johtavaksi
- \* läpikuultavaksi
- \* värilliseksi
- \* keveämmäksi
- \* jäykemmäksi

### Lujitemuovin kemiallinen kestävyys

Lujitemuovin kemialliseen kestävyys voidaan vaikuttaa valitsemalla muovilaatu käyttötarkoitukseen soveltuvaksi. Oheisena on kirjattu eräiden hartsilaatujen (muovi) suurin sallittu käyttölämpötila, jossa ne vielä kestävät kemiallisesti kylläisiä NaCl- ja CaCl<sub>2</sub>-suolaliuoksia.

- |   |        |
|---|--------|
| * Isoftaali, happopohjainen polyesteri (IP) | 50 °C  |
| * Bisfenol, happopohjainen polyesteri (BP)  | 95 °C  |
| * Vinyyliesteri (VE)                        | 85 °C  |
| * Novolac-pohjainen vinyyliesteri (VEN)     | 120 °C |

Yleisesti korroosionkestävyyttä voidaan pitää hyvänä. On kuitenkin olemassa seuraavat kohteet, joihin lujitemuovia ei suoraan suositella materiaaliksi.

- \* Tietyt orgaaniset liuottimet
- \* Klooratut hiilivedyt
- \* Hapettavat kuumat hapot

## LUJITETUT MUOVIPINNOITTEET

### Perusteita

Lujitetulla muovipinnoitteella tarkoitetaan lujitemuovipinnoitetta, joka on valmistettu tyydyttämättömästä polyesterimuovista. Lujitteina käytetään yleensä lasikuitua.

Pinnoitteiden käyttö perustuu hyvään korroosion kestoon ja mekaaniisiin ominaisuuksiin, suhteellisen korkeaan lämpötilan kestävyYTEEN sekä mm. titaaniin, haponkestäviin teräksiin, kumioituun teräkseen ja lyijytykseen nähden edulliseen hankintahintaan.

### Käyttöalueet

Lujitemuovia ja pinnoitteita käytetään teollisuudessa rakenteissa, jotka liittyvät esim. sellun valkaisuun tai teollisuuden kemikaalien valmistukseen, varastointiin ja siirtoon.

Pinnoitus tehdään rakenteille ja materiaaleille, joiden oma korroosionkesto ei käyttöolosuhteissa ole riittävä. Tällaisia materiaaleja ovat mm. musta ja haponkestävä teräs, alumiini ja betoni. Myös kumioitu teräs vaurioituttuaan voidaan helposti ja taloudellisesti korjata lujitemuovi-  
vuorauksella.

Pinnoitettavien rakenteiden geometrinen muoto vaihtelee runsaasti; vuoraus voidaan suorittaa lähes minkä muotoiselle kappaleelle tahansa, kuten säiliöille, torneille, reaktoreille, ammeille, konepedeille, puhaltimille, venttiileille jne.

Uusia rakenteita suunniteltaessa ja materiaali valittaessa kannattaa kuitenkin tarkastaa, voitaisiinko konstruktio valmistaa vuorausta ja muita materiaalivaihtoehtoja vielä edullisemmin kokonaan lujitemuovista.

Vanhojen säiliöiden korjaukset voidaan yleensä sensijaan edullisimmin hoitaa pinnoittamalla kemiallisille rasituksille altis pinta lujitemuovilla.

### Lujitemuovipinnoitteen rakenneaineet

Pinnoite koostuu pääasiassa kahdesta rakenneaineesta: muovista ja lujitteista.

Pinnoitteen korroosionkestävyys riippuu valittavasta muovista. Lisäksi muovin tehtävänä on pitää lujitekuidut yhdessä, siirtää pinnoitteeseen kohdistuvat jännitykset lujitteille sekä suojella niitä mekaanisilta vaurioilta ja kemikaalien vaikutukselta.

Muovin perusraaka-aineita ja keitto-olosuhteita muuttamalla voidaan vaikuttaa kemialliseen ja lämpötilan kestävyys sekä murtoverynnään. Korroosioympäristön mukaan käytetään yleensä isoftaalipolyesteriä, bisfenol-A-polyesteriä, vinyylisteriä tai het-happopolyesteriä.

Tarpeen vaatiessa voidaan käyttää myös epoksi- tai furanimuoveja.

Laminaatin lujuus-, jäykkyys- ja lämpölaajenemisominaisuudet riippuvat lujitteiden määrästä ja suuntauksesta. Lujitemäärän suhteellisen osuuden ja lujitteiden suuntausasteen kasvaessa laminaatin lujuusominaisuudet kasvavat ja lämpölaajenemiskerroin pienenee.

Lujitteet ovat vähäalkalista E-lasia (electrical glass) ja pintakerroksissa paremmin kemikaaleja kestävä C-lasia (chemical resistant glass). C-lasi voidaan tarvittaessa korvata orgaanisilla kuitulujitteilla. Vaativissa olosuhteissa käytetään E-lasin sijasta happoja paremmin kestävä ECR-lasikuitua. Pinnoitteen lujitetyypit ovat katkokuitumatto ja pintamatto.

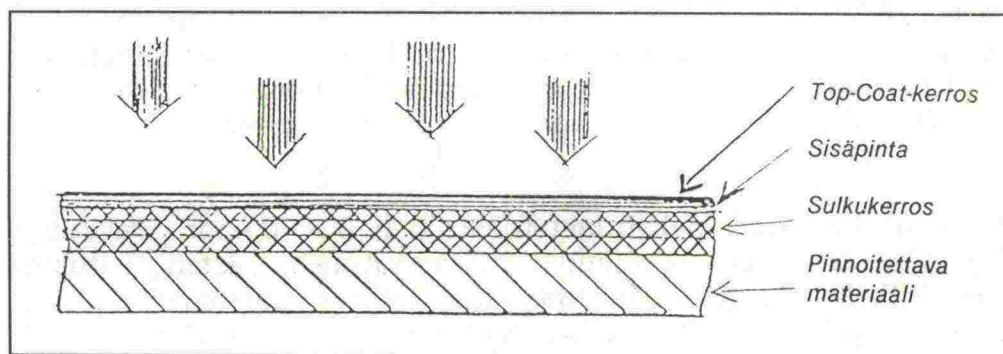
**Katkokuitumatto** koostuu n. 40 - 50 mm pitkistä roving-langan pätkistä. Kuidut on suunnattu tasaisesti eri suuntiin siten, että laminaatin lujuus- ja muut ominaisuudet ovat homogeeniset tason eri suunnissa. Kuitujen, maton sideaineena käytetään polyesteripulveria, joka laminoitaessa liukenee käytettävään hartsiin.

Mattoja on saatavana pinta-alamassoiltaan eri painoisia. Useimmiten pinnoite valmistetaan kuitenkin joko 300 g/m<sup>2</sup> tai 450 g/m<sup>2</sup> painavasta matosta. Vastaavasti saavutetaan pinnoitepaksuudet, jotka ovat n. 0,7 mm ja 1,0 mm mattokerrosta kohti.

**Pintamatto** on huopamainen, jatkuvista kuiduista valmistettu matto tai kangas, jonka pinta-alamassa on 20 - 50 g/m<sup>2</sup>.

### Lujitemuovipinnoitteen rakenne

Korroosionkestävä pinnoite rakennetaan SFS 5162 standardin mukaan kemiallista suojakerrosta vastaavaksi ja se koostuu sisäpinnasta ja sulkukerroksesta. Suojakerroksen paksuus on yleensä 2,5 - 3,5 mm. Tarvittaessa suojakerros voidaan tehdä paksummaksi. Kuvassa 6 on esitetty lujitemuovisen korroosionsuojapinnoitteen rakenne.



Kuva 6: Lujitemuovisen korroosionsuojapinnoitteen rakenne.



## LIITE 4 (3)

### Sulkukerros

Kemiallisen suojakerroksen toinen osa, sulkukerros muodostuu vähintään kahdesta katkokuitu-mattokerroksesta. Katkokuidun käytöllä parannetaan laminaatin korroosionkestoa sellaisissakin tapauksissa, joissa sisäpintaan syntyy halkeama ja kemikaalit pääsevät vaikuttamaan pintaa syvemmälle. Kemikaalit pyrkivät etenemään kuidun ja muovin välistä rajapintaa pitkin syvemmälle laminaattiin. Kun kuitujen pituus on mattolaminaatissa rajoitettu, pysähtyy syövyttävien kemikaalien kulku kuidun päässä ehjään muovipintaan.

Sulkukerroksen paksuus on pinnoitteissa normaalisti n. 2 - 3 mm ja rakenne esimerkiksi 3-4 x matto 300 g/m<sup>2</sup> tai 2-3 x matto 450 g/m<sup>2</sup>. Paksumpaa 3 - 5 mm:n sulkukerrosta voidaan käyttää haluttaessa lisää varmuutta ja syöpymävaaraa vaikeissa olosuhteissa. Lujitepitoisuus sulkukerroksessa on 20-30 painoprosenttia. Sulkukerros valmistetaan samasta muovista kuin sisäpinta.

### Sisäpinta

Kemikaalien rasitukset kohdistuvat sisäpintaan ensimmäiseksi. Kerros sisältää runsaasti muovia. Lujitteen osuus on yleensä alle 20 painoprosenttia. Sisäpinta valmistetaan yleensä yhdestä c-lasipintamatosta 20-50 g/m<sup>2</sup>, jolla saavutetaan standardin SFS 5162 kerrokselle määrittelemä paksuus 0,25-0,50 mm. Erittäin syövyttävissä olosuhteissa voidaan käyttää 2 tai 3 pintamattokerrosta haluttaessa pinnoitteelle esimerkiksi syöpymislisää. Alhaisen lujitepitoisuuden vuoksi tällainen pinta on kuitenkin hauras, tosin hauraus riippuu hartsityypistäkin.

### Top-Coat -kerros

Sisäpinta voidaan kovettaa muottia vasten, jolloin syntyy valmis, viimeistelty pinta. Pinnoitteen valmistuksessa on muottipinnan aikaansaaminen, laippapintoja lukuunottamatta, yleensä hyvin hankalaa. Toisaalta vapaasti ilmassa kovetetun laminaatin pintakerros jää helposti alikovettuneeksi. Tämän vuoksi käytetään pintahartsina ns. Top-Coatia.

Top-Coat valmistetaan kemialliselta kestävyydeltään riittävän hyvästä hartsista, yleensä samasta kuin itse pinnoitekin, lisäämällä siihen parafiinia ja tiksotropointiainetta. Parafiini muodostaa laminaatin pinnalle ohuen kalvon, jonka ansiosta ilman happi ei pääse reagoimaan muovin kanssa. Näin ehkäistään pintakerroksen alikovettumisen.

Top-Coat -kerroksen paksuuden tulee olla n. 0,3 - 0,4 mm. Paksumpi Top-Coat -kerros saattaa lämpöelämisen tai mekaanisten rasitusten takia halkeilla. Jatkettaessa laminointia, esim. korjausten yhteydessä, Top-Coat -pinnan päälle, on parafiinikerros hiottava huolellisesti pois laminaatin kiinnitarttumisen varmistamiseksi.

## Materiaalin valinta

Materiaalin, muovin valinta riippuu lähinnä kemiallisista rasituksista ja käyttölämpötilasta. Kemiallisista rasituksista tulee ottaa huomioon niiden koostumus, väkevyys, väkevyyden vaihtelu, maksimimäärät ja yhteisvaikutukset.

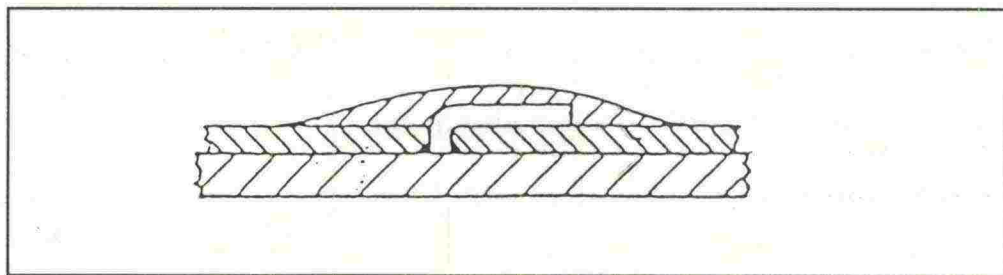
Lujitemuovi kestää yleensä hyvin useimpia happoja, kloorin yhdisteitä, kloridipitoisia nesteitä ja savukaasuja.

Lujitemuovit kestävät myös suhteellisen hyvin emäksiä, tiettyjä hiilivetyjä ja eräitä orgaanisia liuottimia. Muovityyppi on valittava käyttämällä hyväksi toimittajien tarkoitukseen tekemiä taulukoita, joissa on annettu muovin korkein sallittu käyttölämpötila eri kemikaaleille eri väkevyyksissä. Pinnoitteen käyttölämpötila ei kuitenkaan saa ylittää nestesäiliössä +80 °C lämpötilaa, vaikka taulukko niin kemikaalirasituksessa sallisikin.

Lujiterakennetta ja lujitteiden määrää päätettäessä on lisäksi otettava huomioon pinnoitettavan alustan ja pinnoitteen lämpölaajeneminen ja muut mekaaniset muutokset. Pinnoitteen ja alustan välinen eläminen ei saa aiheuttaa pinnoitteeseen yli 0,1 - 0,2 prosentin venymää. Myös käytettävien lujitteiden kemiallinen kestävyys olosuhteissa tulee ottaa huomioon: esimerkiksi tarvitaanko keinokuitupintamatto ja/tai ECR-lasikuitumatto. Jos pinnoite joutuu alttiiksi hankaaville ja kuluttaville partikkeleille, pinnoitteen kovuutta ja kulutuksen kestävyyttä voidaan parantaa lisäainein.

## Tartunnat

Lujitemuovin tartunta mustaan teräkseen, betoniin, PVC-muoviin ja lujitemuoviin on hyvä. Kuitenkin, jos käyttölämpötila on yli +40 °C tai jos perusmateriaalina on esimerkiksi haponkestävä, ruostumaton tai kumioitu teräs, käytetään kiinnipysymisen varmistamiseksi mekaanisia tartuntoja eli ankkureita. Oheisena on esimerkki ankkuroinnista teräkseen.



Kuva 7: Ankkurointi teräkseen.

## LIUOSASEMAKATSELMUKSET

Juvan tmp 7.5.1992

Savon konehitsaus Oy:n valmistamaa asemaa oli kokeiltu keväällä 1991. Talvella 1991-92 oli valmistettu noin 30 m<sup>3</sup> liuosta kostutukseen, liuoslevitintä ei Juvalla ole. Asemassa on ollut koko talven ajan liuoskuorma sisällä.

Säiliön sisäpinta oli erittäin hyvässä kunnossa, ei korroosion merkkejä. Putkista valunutta ruostetta oli näkyvissä. Ruoste lienee valurautapumpusta, koska putket ovat haponkestävää terästä. Lieviä korroosion merkkejä oli myös eräiden putkien juurihitseissä.

Ulkopuolisessa tarkastelussa havaittiin lieviä korroosiopaikkoja jalaksissa ja kannen alla vaikeasti käsiteltävässä saumassa. Suppilon reunat on polttoleikattu ja maalattu, niinpä korroosiota näkyi.

Laitekoppiin oli roiskunut suolaliuosta: seinämillä oli kuivunutta suolaa.

Pumpussa näkyi ulkopuolista korroosiota. Pumpun materiaali on valurautaa, jolloin hinta on kolmen tuhannen markan luokkaa. Huippumateriaalista valmistettu pumpu maksaisi jopa 30 000 mk. Edullisempaa on vaihtaa halpa pumpu tarvittaessa.

Valmistajan edustaja, Kari Haapalainen, kertoi, että seuraaviin asemaversioihin tultaneen rakentamaan hieman isompi ovellinen laitekoppi. Putkien liitokset tehdään laipallisina, jolloin huolto ja osien vaihto helpottuu.

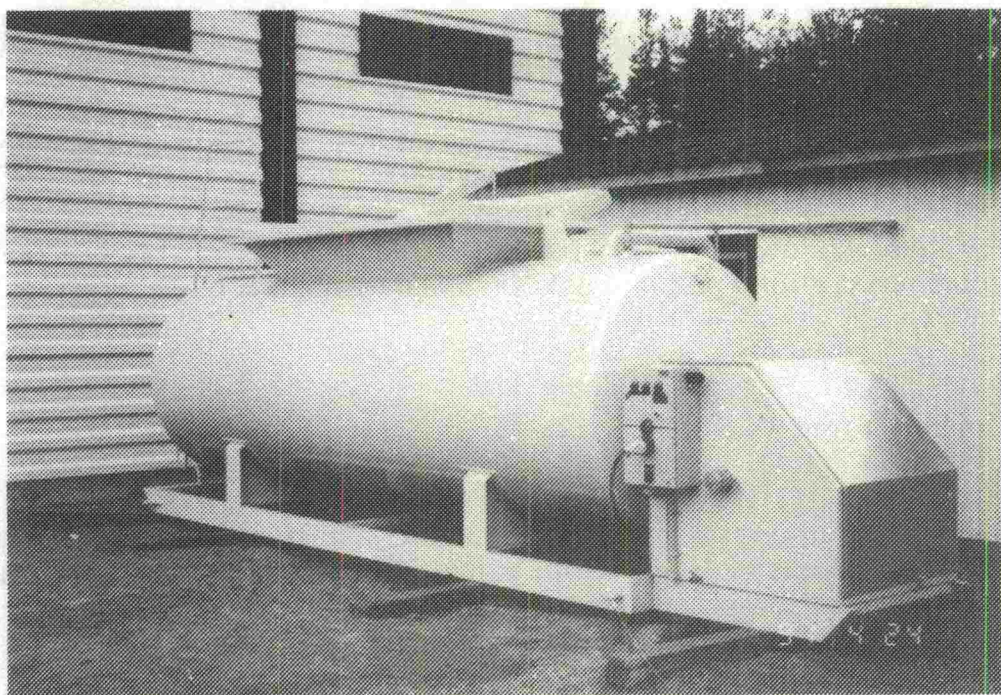
Tankkauksen liituskappale oli pahasti syöpynyt. Haapalainen aikoi laittaa jatkossa asemiin messinkiset liituskappaleet. Messinki on liituskappaleissa normaalisti käytetty materiaali.

Siitosen mukaan valmistajan ilmoittama epoksinnoite on osuvasti valittu, juuri oikea. Kovuuden rinnastus emaliin ei päde lainkaan.

Suolan ja veden virtauksen ei pitäisi aiheuttaa pinnoitteelle min-käänlaista riskiä. Jos säiliöön pääsee hiekkaa tai muuta kovaa tönää jonkinlainen riski voi tulla.

Valmistajan mukaan suolaliuossäiliöt koekuormitetaan vedellä. Hitsatessa voi aina tulla työvirheitä.

Valmistajalta on saatavilla alkuperäistä maalia aseman pieniin paikkauksiin. Vauriokohtien putsaus harjalla ja paikkakäsittely vuosittain ei liene turha toimenpide.



Kuva 8: Juwan tmp:n liuosasema.

### Hyvinkään tmp 14.5.1992

Hyvinkään liuosasema, malli Uusimaa, on ollut käytössä kaksi talvea, jona aikana liuosta on sekoitettu yhteensä noin 2600 m<sup>3</sup>. Iso säiliö ja sekoituslaari ovat ruostumatonta terästä. Laari on Hagqvistin tekemä.

Suolan syöttösuppilo oli irrotettu ja pantu suolahallin lattialle. Pekka Siitosen muistikuvan mukaan korroosion merkit olivat lisääntyneet vuoden aikana suppilon saumoissa.

Ihmeteltiin ison säiliön vaakasaumojen vuoroin ylä ja alajuuressa esiintyviä, teräsharjalla näkyviin tulleita, juonteita. Jäljet ovat saattaneet syntyä jo leikatessa. Pysty- ja pohjasaumoissa ei vastaavaa ilmiötä havaittu.

Mahdollista on, että vaippaosa on hitsattu kiinni suorana levynä. Otettu mankelista, ja vasta sen jälkeen hitsattu automaattilla. On voitu mankeloida ennen hitsaustakin.

## LIITE 5 (3)

Sekoituslaarissa oli paljon enemmän korroosiomerkkejä kuin isossa säiliössä. Sinivihreä väri saattaa johtua kaliumferrosyanidista, jota käytetään paakkuuntumisen estoon suolassa.

Sekoituslaarin sisäpinnalla ei ollut havaittavissa hioutumajälkiä, jotka saattaisivat syntyä epäpuhtauksien kuluttavasta vaikutuksesta.

Tarkastettiin myös kuljetussäiliöt pihalla. Lasikuituiset säiliöt eivät tahdo kestää raskasta liuosta, vaan rupeavat ennemmin tai myöhemmin vuotamaan. Hyvinkäällä on juuri kumipinnoitettu yksi säiliö kokeeksi. Vieressä oli Posiolla valmistettu korkea lasikuitusäiliö vuodelta 1990, joka ei vielä ollut vuotanut.

Rautavuoren mukaan, ellei lasikuitusäiliötä tueta keskeltä alkaa vuotaminen ennen pitkää. Posiolaistakaan säiliötä ei oltu tuettu.

### Tuusulan tmp 14.5.1992

Tuusulan liuosasema, malli Uusimaa, on valmistunut Laatumetallin työnä joulukuussa 1990, eli on samaa ikäluokkaa kuin Hyvinkään asema. Sekoituslaarin materiaalina on ruostumaton teräs ja ison säiliön materiaalina haponkestävä teräs.

Asema on sijoitettu suolahalliin ja kaivettu syvemmälle maahan kuin Hyvinkäällä.

Reino Niemisen arvio oli, että asemalla oli valmistettu 1700 m<sup>3</sup> liuosta talven aikana. Edellisenä talvena liuosta oli tehty muutamia satoja kuutioita.

Iso säiliö oli hitsattu käsin, avattu ja hitsattu uudelleen. Säiliön hitsit ovat värin perusteella peittaamattomia, esim. putkien hitsit olivat täysin kirkkaat.

Ison säiliön hitseissä ei ollut korroosion merkkejä. Valkoinen väri hitseissä saattoi johtua osin liidusta, osin poistamattomasta suolasta. Itse säiliö oli kirkas.

Silmämääräisesti sekoituslaarin sisäpinnalla oli vähemmän korroosio-merkkejä hitseissä kuin Hyvinkäällä.

Sekoituslaarin ulkosyrjälle tukipalkkien pinnalle oli jäänyt suolaa vaikka säiliötä oli pesty. Suolaa oli kerroksena hitsien päällä, niinpä reikiintymistä oli näkyvillä melkein kaikissa palkin yläpinnan hitseissä. Hitsien päihin oli ilmeisesti jäänyt huokosia, mistä suolaliuos oli päässyt hitsin sisään.

Ilmeisesti edellisenä kesäkautenakin asema on pesty puutteellisesti. Palkkien päälle ei näe helposti kurkottelematta.

## TIEHALLITUKSEN SISÄISIÄ JULKAISUJA

- 6/1992 Perustienpidon tiepiirikehysten jakomalli. Esikunta
- 7/1992 Tiehöylän terän kallistuksen säätöautomaattiikka ja elektroninen kaltevuuden-osoitin. Sloper- ja Vammas-automaattikkojen testaus. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö.
- 8/1992 Tieliikenteen melun ja pakokaasujen terveys- ja viihtyvyyshaittojen arviointi. TIEL 4000010
- 9/1992 Tielaitoksen liiketaloudelliset laskelmat; tulostilinpäätöksen laadintaohje. Esikunta
- 10/1992 Tasolaserjärjestelmän käyttökokemuksia. TIEL 4000011
- 11/1992 Päälystevaurioiden inventointi; inventointilomake. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 12/1992 Yleisjohton neuvottelupäivät, Helsinki 22.-23.1.1992, kokousmuistio. Esikunta
- 13/1992 Lappusota; tiemestaripiirien perustiedon tallennuksen rationalisointi, Osa 1: Työnjärjestely ja lomakkeet. TIEL 4000012
- 14/1992 Tiehallituksen henkilöstö; lukumäärä- ja jakautumatietoja. Hallintopalvelut
- 15/1992 Tulosraportti 1991. Esikunta
- 16/1992 Kuorma-auton lisälaitteiden samanaikaiskäyttö. TIEL 4000013
- 17/1992 Tiehöylän lisälaitteiden toimivuus talvihoitotöissä. TIEL 4000014
- 18/1992 Tielaitoksen henkilöstö 1991. Henkilöstöhallinto
- 19/1992 Muovisten putkien ja kaivojen asennusohje. Helsingin ja Tampereen tuotantotekniset kehitysyksiköt. TIEL 4000015
- 20/1992 Vanhojen tienrakennekerrosten uudelleenkäyttö. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 21/1992 Tasoliittymän rakentaminen eritasoliittymäksi ja lossin korvaaminen sillalla. Tiensuunnittelu
- 22/1992 Suurien ja raskaiden esineiden kuljetusten suoritusmahdollisuudet eri kuljetusmuodoilla. Yhdistetyt kuljetukset. Tutkimuskeskus
- 23/1992 Liikenne- ja autokantaennuste 1989-2010. Ennusteen seuranta 1992. Ennusteen tarkistaminen 1992. Tutkimuskeskus
- 24/1992 Talvisuolan esikostutus. Konstit on monet. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 25/1992 Suunnittelun ja rakentamisen teknisen henkilöstön täydennyskoulutuksen tarveselvitys. Henkilöstöhallinto
- 26/1992 Kalliomurskeiden käyttö sitomattomissa rakennekerroksissa, esiselvitys. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 27/1992 Tulosohjauksen tietoaineisto. TIEL 4000016
- 28/1992 Tiehallituksen tavoitteet 1992. Hallintopalvelut
- 29/1992 Liuosasemien materiaalit. Pinnoitettu, ruostumaton ja haponkestävä teräs. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö