



YLEISOHJEEN SISÄLTÖ



Kuva 1. Teräksinen palkkisilta on yleisin terässäilta.



Kuva 2. Pintavesiputket tehdään haponkestävästä teräksestä ja tippuputket ruostumattomasta teräksestä.



Kuva 3. Kaapelihyllyt valmistetaan alumiinista.

1	YLEISTÄ.....	3
1.1	Ohjeen soveltamisala.....	3
1.2	Metallien luonne ja käyttö silloissa	4
1.3	Siltojen teräsrakenteita vaurioittavat tekijät	9
1.4	Metallirakenteiden käsitteet	11
2	METALLIEN OMINAISUUDET JA LAATU- VAATIMUKSET	13
2.1	Metallien ominaisuudet.....	13
2.2	Teräs.....	14
2.3	Alumiini	22
2.4	Muut metallit	23
2.5	Metallien yhteensopivuus.....	24
2.6	Metallien korroosio	26
3	METALLIRAKENTEIDEN KORJAUSTYÖN SUUNNITTELU	29
3.1	Metallirakenteen vaurioselvitys	29
3.2	Periaateratkaisu.....	30
3.3	Korjausmenetelmän valinta.....	31
3.4	Metallirakenteen korjaussuunnitelma	31
3.5	Työnaikaiset suunnitelmat	32
4	METALLIRAKENTEIDEN LAATUVAATIMUKSET	33
4.1	Valmistusta, asennusta ja pintakäsittelyä koskevat yleiset vaatimukset.....	33
4.2	Materiaalit ja tarvikkeet.....	33
4.3	Osien valmistaminen	34
4.4	Asentaminen.....	34
4.5	Pintakäsittely	35
5	TYÖTURVALLISUUS.....	36
5.1	Turvallisuusasiakirja ja turvallisuussuunnitelma..	36
5.2	Työmaan yleisjärjestelyt.....	36
5.3	Melu ja värinä	37
5.4	Palovaara	37
5.5	Kemialliset aineet.....	37
5.6	Purku ja nostotyöt.....	37
5.7	Hitsaus-, polttoleikkaus- ja hiontatyöt	38
6	YMPÄRISTÖNSUOJELU.....	39
6.1	Ympäristövaikutukset	39
6.2	Jätehuolto	39
7	LAADUNVARMISTUS.....	40
7.1	Laadunvarmistuksen tavoitteet	40
7.2	Urakoitsijan laadunvarmistustoimet	40
7.3	Työnaikainen valvonta ja mittaukset.....	40
7.4	Vaatimustenmukaisuuskokeet.....	43
7.5	Sillan laaturaportti.....	44
8	RINNAKKAISET OHJEET	45
8.1	Standardit.....	45
8.2	Muut ohjeet	46
	LIITE.....	47

Korvattu 17.2.2021

1 YLEISTÄ

1.1 Ohjeen soveltamisala

1.2 Metallien luonne ja käyttö silloissa

- 1.2.1 Teräkset ja valurauta
- 1.2.2 Liitokset
- 1.2.3 Sillan varusteet
- 1.2.4 Kantavien rakenteiden teräslaatu-
vertailu
- 1.2.5 Ruostumaton teräs
- 1.2.6 Alumiini
- 1.2.7 Kupari ja messinki
- 1.2.8 Muut metallit

1.3 Siltojen teräsrakenteita vaurioittava tekijät

1.4 Metallirakenteiden käsitteet

- 1.4.1 Metallirakenteen korjaustyön vaiheet
- 1.4.2 Termit ja määritelmät
- 1.4.3 Merkinnät

2 METALLIEN OMINAISUUDET JA LAATUVAATIMUKSET

2.1 Metallien ominaisuudet

2.2 Teräs

- 2.2.1 Teräksen valmistaminen
- 2.2.2 Teräksen muokkaus ja lämpö-
käsittely
- 2.2.3 Teräksen työstäminen
- 2.2.4 Teräslajit
- 2.2.5 Teräsrakenteiden liitokset

2.3 Alumiini

- 2.3.1 Alumiinin valmistaminen ja
ominaisuudet
- 2.3.2 Alumiiniseokset
- 2.3.3 Alumiinituotteiden valmistus ja
työstäminen
- 2.3.4 Alumiinirakenteiden liitokset

2.4 Muut metallit

- 2.4.1 Kupari
- 2.4.2 Sinkki
- 2.4.3 Lyijy

2.5 Metallien yhteensopivuus

2.6 Metallien korroosio

- 2.6.1 Teräksen korroosio
- 2.6.2 Alumiinin korroosio
- 2.6.3 Kuparin korroosio
- 2.6.4 Sinkin korroosio
- 2.6.5 Lyijyn korroosio

3 METALLIRAKENTEIDEN KORJAUSTYÖN SUUNNITTELU

3.1 Metallirakenteen vaurioselvitys

- 3.1.1 Yleistä
- 3.1.2 Korroosiovauriot
- 3.1.3 Säröt
- 3.1.4 Murtumat
- 3.1.5 Muodonmuutokset

3.2 Periaateratkaisu

3.3 Korjausmenetelmän valinta

3.4 Metallirakenteen korjaussuunnitelma

3.5 Työnaikaiset suunnitelmat

- 3.5.1 Valmistussuunnitelma
- 3.5.2 Asennussuunnitelma
- 3.5.3 Pintakäsittelysuunnitelma
- 3.5.4 Laatusuunnitelmat

4 METALLIRAKENTEIDEN LAATU-VAATIMUKSET

4.1 Valmistusta, asennusta ja pinta- käsittelyä koskevat yleiset vaatimukset

- 4.1.1 Laadunhallinta
- 4.1.2 Henkilöstön pätevyys
- 4.1.3 Työtilat ja välineet

4.2 Materiaalit ja tarvikkeet

4.3 Osien valmistaminen

4.4 Asentaminen

4.5 Pintakäsittely

5 TYÖTURVALLISUUS

5.1 Turvallisuusasiakirja ja turvallisuus- suunnitelma

5.2 Työmaan yleisjärjestelyt

5.3 Melu ja värinä

5.4 Palovaara

5.5 Kemialliset aineet

5.6 Purku- ja nostotyöt

5.7 Hitsaus-, polttoleikkaus- ja hiontatyöt

6 YMPÄRISTÖNSUOJELU

6.1 Ympäristövaikutukset

6.2 Jätehuolto

7 LAADUNVARMISTUS

7.1 Laadunvarmistuksen tavoitteet

7.2 Urakoitsijan laadunvarmistustoimet

- 7.2.1 Työnopastus ja mallityöt
- 7.2.2 Laadunohjaus ja laadun-
tarkastukset

7.3 Työnaikainen valvonta ja mittaukset

- 7.3.1 Materiaalien tarkastus
- 7.3.2 Konepajatyön tarkastus
- 7.3.3 Asennustyön tarkastus
- 7.3.4 Pintakäsittelyn tarkastus

7.4 Vaatimustenmukaisuuskokeet

- 7.4.1 Materiaalinen koostumus, lujuus ja
muut mekaaniset ominaisuudet
- 7.4.2 Rakenneosien ja rakenteiden
mittatarkkuus
- 7.4.3 Silmämääräiset tarkastukset
- 7.4.4 Liitosten ainetta rikkomattomat
tarkastukset
- 7.4.5 Pintakäsittelyn tarkastukset

7.5 Sillan laaturaportti

8 RINNAKKAISET OHJEET

8.1 Standardit

8.2 Muut ohjeet

LIITE

Tielaitos, Siltakeskus 1995, alkuperäinen ohje

SILKO-projektin terästyöryhmä:

Dipl.ins. Mauno Peltokorpi	puh.joht.	Tielaitos, siltakeskus
Insinööri Ari Björkman		Tikkurila Oy
Insinööri Arvo Heikkinen		Tielaitos, siltakeskus
Erikoistutkija Eva Häkkä-Rönnholm		VTT, rakennustekniikka
Jaostopäällikkö Kyösti Piironen		Teknos Winter Oy
Rakennusmestari Jouko Välimäki		Turun tiepiiri
Toimitusjohtaja Jorma Huura	sihteeri	Insinööritoimisto Jorma Huura Oy

Erikoisasiantuntijat:

Terminologi, FM Lari Kauppinen	Tekniikan sanastokeskus ry
Työsuojeluinsinööri Seija Vilander	Tielaitos, Hallinnon palvelukeskus
Dip.ins. Olli Vähäkainu	Rautaruukki Oyj

Konsultti: Insinööritoimisto Jorma Huura Oy

Liikennevirasto, Sillanrakentamisyksikkö 2010, ohjeen päivitys

Yksikön päällikkö Jouko Lämsä	puh.joht.	Liikennevirasto, Tieosasto, Sillanrakentamisyksikkö
Tekninen neuvoja Tiina Killström		Tikkurila Oy
Teknologiapäällikkö Tomi Harju		Rautaruukki Oyj
Insinööri Arvo Heikkinen		Liikennevirasto, Tieosasto, Sillanrakentamisyksikkö
Myynti-insinööri Juhani Korajoki		Nor-Maali Oy
Projektipäällikkö Heikki Lilja		Liikennevirasto, Tieosasto, Sillanrakentamisyksikkö
Tutkimuskemisti Kalevi Panka		Teknos Oy
Projektipäällikkö Timo Tirkkonen		Liikennevirasto, Tieosasto, Sillanrakentamisyksikkö
Siltainsinööri Jouko Välimäki		Varsinais-Suomen ELY-keskus
Insinööri Jorma Lampinen	sihteeri	Insinööritoimisto Jorma Huura Oy

Konsultti: Laatukonsultit Oy (toimitusjohtaja Mauno Peltokorpi)
Insinööritoimisto Jorma Huura Oy (yli-insinööri Jorma Huura; ohjeen viimeistely)

Piirrokset: kuva 18 Tomi Harju (Rautaruukki Oyj)
kuvat 19, 20 ja liitteen kuva Lari Kauppinen (Tekniikan Sanastokeskus)
kuvat 21 ja 23 Eva Häkkä-Rönnholm (VTT)
kuvat 4 ja 17 Irene Kilpi ja 22, 24 ja 27 Satu Jokilehto (Huura Oy)

Valokuvat: kuvat 5 ja 6 Liikenneviraston kuva-arkisto
kuva 15 Voitto Valtonen
muut kuvat Insinööritoimisto Jorma Huura Oy:n kuva-arkisto

TIEH 2230095 - SILKO 1.301

© LIVI, Sillanrakentamisyksikkö

Sivujen valmistus: Edita Prima Oy, Helsinki 2010

Kirjapaino: Edita Prima Oy, Helsinki 2010

Julkaisua myy:

asiakaspalvelu.prima@edita.fi

Puhelin 020 450 2470

Telekopio 020 450 011

1 YLEISTÄ

1.1 Ohjeen soveltamisala

Ohje on laadittu siltojen korjausohjejärjestelmän eli SILKO-ohjeiston osana. Julkaisua voidaan käyttää vanhojen siltojen korjausrakentamisen lisäksi siltojen uudisrakentamisessa sattuneiden virheiden korjauksessa.

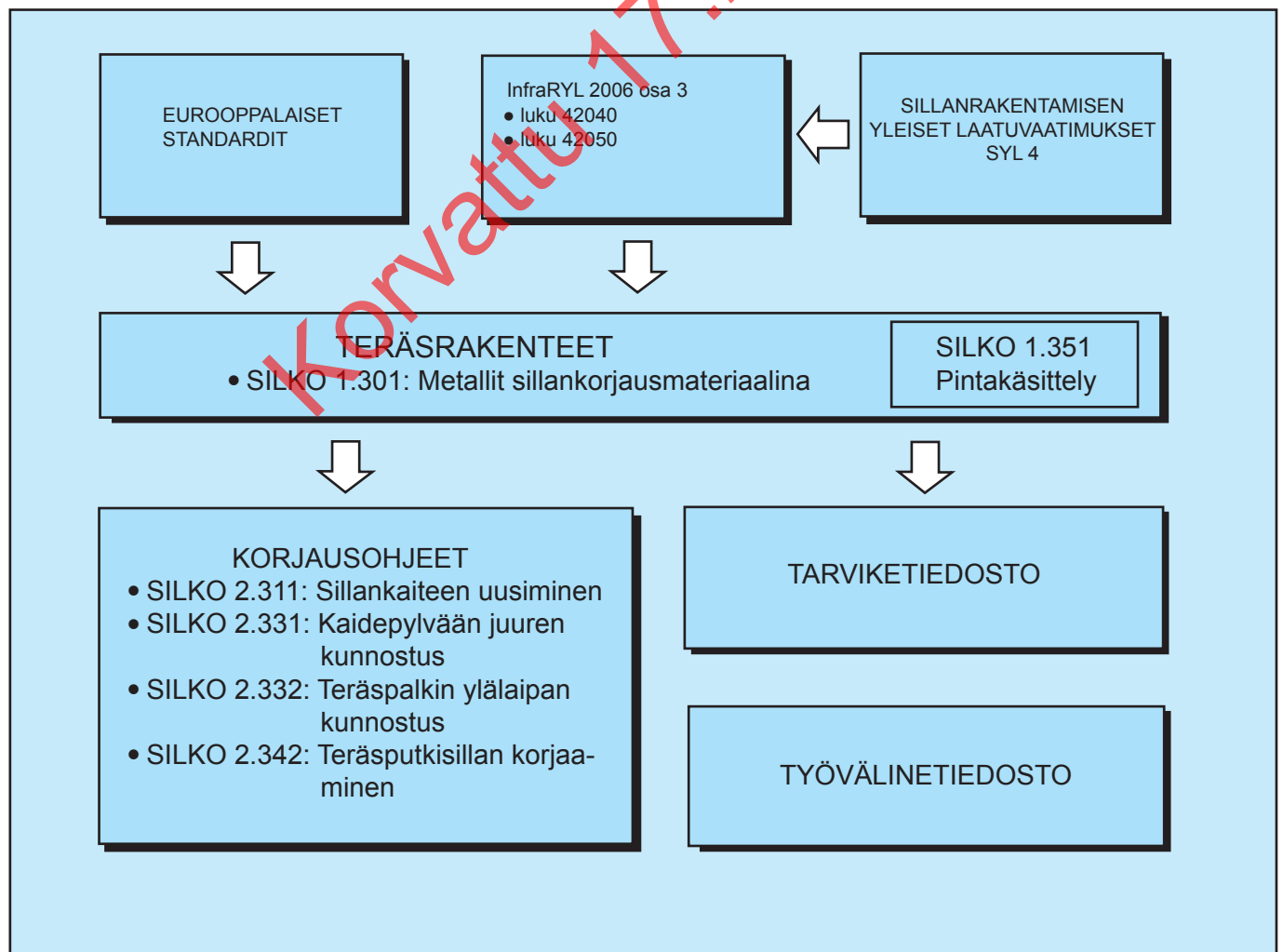
Julkaistu on sillan metallirakenteita käsittelevä yleisjulkaisu, jota teräsrakenteiden osalta täydentävät *SILKO-yleisohje 1.351 /1/* ja yksityiskohtaiset SILKO-korjausohjeet (kuva 4). Tätä ohjetta käytetään rinnan *InfraRYL:n* osan 3 /2/ teräsrakenteita koskevien kohtien 42040 ja 42050 kanssa sekä korjattavien rakenteiden taustoja selvitettäessä *SYL 4:n* /3/ kanssa.

Ohjeen tarkoituksena on

- kertoa metallien käytöstä silloissa
- esitellä sillankorjaustöissä käytettävät metallit ja niiden laatuvaatimukset
- esitellä siltojen metallirakenteissa esiintyneet korroosio- ja rakennevauriot
- kertoa metallien korroosion muodot ja korroosioon vaikuttavat tekijät siltarakenteissa
- esitellä metallirakenteiden korjausmenetelmät
- antaa keskitetysti työsuojelu- ja ympäristönsuojeluohjeita.

Ohje liittyy Eurooppalaisiin standardeihin ja muihin ohjeisiin kuvan 4 mukaisesti.

Täydentäviä tietoja on saatavissa alan julkaisuista /4/ ja /5/.



Kuva 4. Ohjeen liittyminen muihin ohjeisiin ja standardeihin.

1.2 Metallien luonne ja käyttö silloissa

1.2.1 Teräkset ja valurauta

Teräs on ollut lujuutensa ja suhteellisen keveytensä vuoksi suurten siltojen (kuvat 5 ja 6) rakennusmateriaali jo 1800-luvun lopulta lähtien (kuva 7), mutta sitä käytetään myös pienten ja keskisuurten siltojen pääkannattajissa (kuva 8), jolloin kansi tehdään yleensä muusta materiaalista. Siltatyyppejä ovat olleet mm. palkkisillat, ristikkosillat, kaa-risillat, Langer-palkkisillat, riippusillat ja vinoköysisillat. Teräspalkkisilloja on tehty paljon 1950-luvulta lähtien ja 1990-luvulla teräskaaria kokeiltiin ruiskubetonimalla tehtävien siltojen runkona. Avattavat sillat on tehty lähes yksinomaan teräksestä (kuva 7). Nykyisin terästä käytetään lähinnä liittopalkki- ja vinoköysisiltojen kantavissa rakenteissa.

1800-luvulla valmistuneet sillat on tehty keittoteräksestä, joka tunnetaan myös nimellä keittorauta. Keittoteräs on valssausuunnassa vahvempaa kuin kohtisuoraan valssausuuntaa vastaan. Keittoterästä ei voi hitsata. Murtovenymä on valssausuunnassa 12–25 % ja kohtisuoraan sitä vastaan 3–5 %.

1900-luvun alusta lähtien valantateräs on ollut eniten käytetty sillanrakennuksen teräsmateriaali. Valmistusmenetelmän perusteella puhutaan Thomas-teräksestä, Siemens-Martin-teräksestä ja sähkömellotuksella valmistetusta teräksestä. Thomas-terästä, joka ei ole koostumukseltaan tasalaatuista, on käytetty niitatuissa rakenteissa. Siemens-Martin-terästä ja sähkömellotuksella valmistettua terästä on käytetty hitsatuissa rakenteissa.

Näillä valmistusmenetelmillä tuotettua rakenneterästä on merkitty tunnuksilla St 37.12 ja St 37.21. Numero 37 osoittaa teräksen vähimmäisvetolujuuden (yksikkönä kp/mm^2), numero 12 viittaa saksalaiseen valssattuja muototeräksiä koskevaan normiin DIN 1612 ja numero 21 vastaavaan valssattuja levyjä koskevaan normiin DIN 1621. Näiden terästen myötöraja on keskimäärin 240 N/mm^2 (24 kp/mm^2) ja murtovenymä 15–20 %.

Teräs St 44 on Itävallassa, Ruotsissa ja Englannissa tuotettu ja käytetty rakennusteräs, jota Suomessa ei ole merkittävästi käytetty. Porissa Kokemäenjoen yli rakennettu katusilta, joka valmistui vuonna 1926, on tehty tästä teräksestä.



Kuva 5. Vuonna 1963 valmistunut Kirjalansalmen silta on pisin teräksinen riippusilta.



Kuva 6. Vuonna 1973 valmistunut Mansikkakosken teräksinen kotelopalkkisilta oli pinta-alaltaan suurimpia.



Kuva 7. Vuonna 1897 valmistunut Strömman kanavan ristikkorakenteinen kääntösilta.



Kuva 8. Puukantinen teräspalkkisilta ja teräsraken-teiset välituet (Saikkalan silta vuodelta 1934).

Teräs St 52 on rakenneteräs, joka on tullut tuotantoon 1930-luvulla ja jota on käytetty etupäässä pitkäjänteisten terässiltojen pääkannattajien rakennusaineena. Hitsatuissa rakenteissa on vaadittu käytettäväksi Siemens–Martin-terästä. Vertailuna keittoteräkseen voidaan todeta, että murtovenymä valssauksen suunnassa on 18–20 % ja poikisuunnassa 16–18 %. Vuonna 1965 valmistunut Lapinlahden silta on valmistettu St 52 -teräksestä. Tämä silta on Suomessa ensimmäinen, jonka korroosionestomaalauksen esikäsittely tehtiin hiekkapuhalluksena.

Rakenneteräs St 50 HSB on saksalainen tuote, josta on käytetty myös tunnusta St 50 m.e.S. Terästä on käytetty menestyksellisesti suurissa hitsatuissa siltarakenteissa.

Alfort-rakenneteräs on korkealuokkainen teräs, joka on tarkoitettu nimenomaan hitsattuja rakenteita varten. Sitä on käytetty mm. Helsingin kaupungin Kulosaaren katusillan hitsattujen pääkannattajien rakennusaineena vuonna 1956.

Hitsaustekniikan rakennusteräksille asettamien vaatimusten tähden teräkset jaettiin hitsattujen teräsrakenteiden erikoismääräyksissä (vuodelta 1958) neljään laatuluokkaan A, B, C ja D. Vastava saksalainen luokitus sisälsi laatuluokat 1, 2 ja 3, jotka vastasivat laatuluokkia A, B ja C.

1.2.2 Liitokset

Hitsausta alettiin käyttää Suomessa sillanrakennuksessa 1950-luvulla. Teräksen hitsattavuuteen ei kiinnitetty kuitenkaan riittävästi huomiota, joten rakenteisiin tuli haurasmurtumien aiheuttamia vaurioita. Asia saatiin hallintaan 1960-luvulla, kun hitsaus syrjäytti niittauksen. Niittiliitoksin valmistetun teräsrakenteen hitsattavuus onkin selvitettävä tutkimalla ennen vanhan sillan korjaamista, ellei asia selviä luotettavasti sillan asiakirjoista. Niitatun rakenteen lämpökäsittelykin on arveluttavaa ilman tarkempia selvityksiä. Vanhan laakerin hitsaus on ehdottomasti kielletty, ellei tiedetä sen materiaalin hitsattavuusominaisuuksia.

Niittiterästä St 34 (saksalainen merkintä St 34.13) on käytetty rakenneteräksestä St 37 tehdyissä rakenteissa ja niittiterästä St 44 teräksestä St 52 tehdyissä rakenteissa 1960-luvulle asti.

Sorvatut ruuvit on valmistettu teräksestä St 38.13 ja ruuvien sydänpoikkipinnalle on sallittu vetoa 100 N/mm^2 (1000 kp/cm^2). Ruuvien väsytyslujuus on suhteellisen pieni, jos kiertet on tehty leikkamalla. Jos kiertet tehdään kylmävalssaamalla, väsytyslujuus kasvaa huomattavasti.

1.2.3 Sillan varusteet

Nykyisin terästä käytetään paljon myös sillan varusteissa ja laitteissa. Niitä ovat

- kaiteet
- laakerit
- avattavien siltojen koneistot
- liikuntasaumalaitteet
- kuivatuslaitteet
- portaat ja hyllyt
- sillakkeet
- valaisinpylväät ja valaisimet
- liikennemerkkit ja portaalit
- portaat, tikkaat ja erilaiset kiinnikkeet.

Teräsvalua on käytetty siltojen valuosien, kuten laakereiden, nivelten ja liikkuvien siltojen koneiston osien, valmistuksessa. Suomessa on useimmiten käytetty teräsvalua Stg 52.81, myös merkinnällä GS 52. Materiaalin vetolujuus on vähintään 520 N/mm^2 (52 kp/mm^2) ja myötöraja vähintään 250 N/mm^2 (25 kp/mm^2).

Pienissä silloissa vastaavat osat ovat valurautaa Ge 14.91, myös merkinnällä GG 14.

Sillan varusteissa käytetään jonkin verran austeiniittista ruostumatonta tai haponkestävää terästä. Muiden teräslaatujen ongelma on ruostuminen, jota ehkäistään pinnoittamalla. Yleisin pintakäsittelymenetelmä on maalaus, mutta kooltaan sopivia rakenneosia, kuten esimerkiksi kaiteita ja johteita kuumasinkittää sinkityslaitoksissa. Kaiteita on myös ruiskusinkitty hyvällä menestyksellä siltapaikoilla.

1.2.4 Kantavien rakenteiden teräslaatuja vertailu

Teräsiltojen kantavissa rakenteissa käytettyjä teräslaatuja ovat

- Fe 430 C ja D
- Fe 510 C, D ja E
- Fe 355 E (SFS 255) / RAEX 385; vuodesta 1977 lähtien
- Cor-Ten B; vuodesta 1975 lähtien, mm. Tornionjoen ja Tervolan sillat
- S420ML / RAEX 420 ML; vuodesta 1992 lähtien, mm. Tähtiniemen ja Utsjoen sillat
- S420NL, S355 NL ja S355K2G3 2000-luvulla.

Cor-Ten B on kauppanimike säänkestävälle teräslaadulle. Säänkestävän teräksen pinnalle muodostuu sään vaikutuksesta tiivis ja lujasti kiinnittynyt oksidikerros, joka pysäyttää lähes täysin korroosion etenemisen. Teräslaatu ei vaadi pintakäsittelyä. Muita säänkestäviä teräslaatuja ovat esimerkiksi S355J2W SFS-EN 10025-5 (ks. kohta 2.2.4).

Muut siltojen teräsrakenteissa käytetyt teräslaadut ovat seuraavat:

Rakenneosa	Teräslaatu
Muoto- ja levyteräkset	St 37, St 44, St 52
Niitit	St 34, St 41, St 44
Pultit	St 38
Ankkuritangot ja -pultit	St 37
Valurautaosat	GG 14
Teräsvaluosat	GS 45 (Stg 45) GS 52 (Stg 52)
Laakerit ja vastaavat rakenneosat	GG 14, St 37, GS 45, GS 52, St 52, C 35.

Yleisten rakenneterästen myötö- ja murtolujuudet ja iskutkeydet sekä eri standardeissa käytetyt merkinnät on esitetty taulukossa 1. Tarkempia tietoja saa teräksen valmistajan asiantuntijoilta.

Taulukko 1. Rakenneterästen nimikkeet aikaisempien standardien ja nykyisten SFS-EN-standardien mukaan.

Seostamattomat rakenneteräkset

Myötö-lujuus	Murto-lujuus	Isku-sitkeys		EN	EN	SFS	SS	DIN	BS	NF
R _{eH} MPa	R _m MPa	KV J	t °C	10025-2 2004	10025:1990 +A1:1993	200 1986		17100 1980	4360 1986	A35-501 1981
235	360-510	27	20	-	S235JR		14 13 11-00	St 37-2		E 24-2
235	360-510	27	20	S235JR	S235JRG2	Fe 37 B	14 13 12-00	RSt 37-2	40 B	
235	360-510	27	0	S235J0	S235J0			St 37-3 U	40 C	E 24-3
235	360-510	27	-20	S235J2+N	S235J2G3	Fe 37 D		St 37-3 N	40 D	E 24-4
235	360-510	27	-20	S235J2	S235J2G4					
275	430-580	27	20	S275JR	S275JR	Fe 44 B	14 14 12-00	St 44-2	43 B	E 28-2
275	430-580	27	0	S275J0	S275J0			St 44-3 U	43 C	E 28-3
275	430-580	27	-20	S275J2+N	S275J2G3	Fe 44 D	14 14 14-00	St 44-3 N	43 D	E 28-4
275	430-580	27	-20	S275J2	S275J2G4		14 14 14-01			
355	510-680	27	20	S355JR	S355JR		(14 21 72-00)		50 B	E 36-2
355	510-680	27	0	S355J0	S355J0	Fe 52 C		St 52-3 U	50 C	E 36-3
355	510-680	27	-20	S355J2+N	S355J2G3	Fe 52 D	(14 21 74-01)	St 52-3 N	50 D	
355	510-680	27	-20	S355J2	S355J2G4					
355	510-680	40	-20	S355K2+N	S355K2G3				50 DD	E 36-4
355	510-680	40	-20	S355K2	S355K2G4					
185	290-510	-	-	S185	S185	Fe 33	14 13 00-00	St 33		A 33
295	470-610	-	-	E295	E295	Fe 50	14 15 50-00 14 15 50-01	St 50-2		A 50-2

Normalisoidut ja normalisointivalssatut hitsattavat hienoraakenneteräkset

Myötö-lujuus	Murto-lujuus	Isku-sitkeys		EN	EN	SFS	SS	DIN	BS	NF
R _{eH} MPa	R _m MPa	KV J	t °C	10025-3 2004	10113-2 1993	250			4360	A36-201
275	350-510	40	-20	S275N	S275N		-	StE285	-	-
275	350-510	27	-50	S275NL	S275NL	-	-	TStE285	43EE	-
355	450-630	40	-20	S355N	S355N	Fe 355 C	-	-	-	-
355	450-630	27	-50	S355NL	S355NL	Fe 355 D Fe 355 E	14 21 34-01 14 21 35-01	StE355 TStE355	- 50EE	E355 R E355 FP
420	500-680	40	-20	S420N	S420N	Fe 390 C	-	-	-	-
420	500-680	27	-50	S420NL	S420NL	Fe 390 D Fe 390 E	- -	StE420 TStE420	- -	E420 R E420 FP
460	530-720	40	-20	S460N	S460N	-	-	StE460	-	E460 R
460	530-720	27	-50	S460NL	S460NL	-	-	TStE460	55EE	E460 FP

Termomekaanisesti valssatut hitsattavat hienoraakenneteräkset

Myötö-lujuus	Murto-lujuus	Isku-sitkeys		EN	EN	SFS	SS	DIN	BS	NF
R _{eH} MPa	R _m MPa	KV J	t °C	10025-4 2005	10113-3 1993	250				
275	350-530	40	-20	S275M	S275M	-	-	-	-	-
275	350-530	27	-50	S275ML	S275ML	-	-	-	-	-
355	430-630	40	-20	S355M	S355M	Fe 355 C	-	-	-	-
355	430-630	27	-50	S355ML	S355ML	Fe 355 D Fe 355 E	- -	StE355 TM TStE355 TM	- -	- -
420	460-680	40	-20	S420M	S420M	Fe 390 C	-	-	-	-
420	460-680	27	-50	S420ML	S420ML	Fe 390 D Fe 390 E	- -	StE420 TM TStE420 TM	- -	- -
460	490-720	40	-20	S460M	S460M	-	-	StE460 TM	-	-
460	490-720	27	-50	S460ML	S460ML	-	-	TStE460 TM	-	-

Ilmastokorroosiota kestävät rakenneteräkset

Myötö-lujuus	Murto-lujuus	Isku-sitkeys		EN	EN	SFS	SS	DIN	BS	NF
R _{eH} MPa	R _m MPa	KV J	t °C	10025-5 2005	10155 1993					
235	350-510	27	0	S235J0W	S235J0W	-	-	-	-	E 24 W 3
235	350-510	27	-20	S235J2W	S235J2W	-	-	WTSt 37-3	-	E 24 W 4
355	450-680	27	0	S355J0W	S355J0W	-	-	-	WR50B	E 36 W B 3
355	450-680	27	-20	S355J2W	S355J2G1W	-	-	-	WR50C	-
355	450-680	27	-20	S355J2W	S355J2G2W	-	-	WTSt 52-3	-	-
355	450-680	40	-20	S355K2W	S355K2G1W	-	-	-	-	E 36 W B 4
355	450-680	40	-20	S355K2W	S355K2G2W	-	-	-	-	-

1.2.5 Ruostumatonta teräs

Ruostumatonta terästä alettiin käyttää siltojen kuivatuslaitteissa 1970-luvun lopulla seuraavasti:

- Tippuputkissa käytetään austeniittista ruostumatonta terästä, jossa on kromia 18 % ja nikkeliä 9 %. Tyyppimerkintä on ollut SFS 725 tai AISI 304, nykyisin SFS-EN 1088–1.4301 tai ASTM 304.
- Pintavesiputkissa (syöksytorvissa) ja pintavesikouruissa käytetään austeniittista haponkestävää terästä, jossa on kromia 18 %, nikkeliä 11 % ja molybdeenia 3 %. Seos kestää paremmin suolan vaikutusta kuin tippuputkissa käytettävä laatu. Tyyppimerkintä on ollut SFS 757 tai AISI 316, nykyisin SFS-EN 1088–1.4432 tai ASTM 316.
- Vesistö- ja risteyssiltojen välitukia voidaan myös suojata ruostumattomasta teräksestä SFS-EN 1088–1.4301 tehdyllä teräsvaipalla.

Haponkestävän teräksen käyttö yleistyi välitukien pilareiden suojaamisessa 1970-luvun alussa. Yleisin suojauskohde on vedenpinnan vaihtelualue, johon kohdistuu voimakas korroosio- ja kulutusrasitus.

Haponkestävää terästä on käytetty kaidepylväiden kiinnitysruuveissa 1980- ja 1990-luvuilla.

1.2.6 Alumiini

Alumiiniseosten käyttö silloissa perustuu niiden keveyteen ja korroosionkestävyyteen. Alumiinista valmistettuja osia ei ole käytetty siltojen kantavissa rakenteissa, mutta hyväksi havaittuja käyttökohteita ovat

- sillan reunojen pituussuuntaiset salaojat (U-profiili)
- liikuntasaumojen poikittaissalaojat (U-profiili)
- sillan reunojen ja liikuntasaumojen tippulistat
- päällysrakenteen alapintaan kiinnitettävät kaapelihyllyt (kuva 3)
- raittisiltojen, portaiden ja alikulkusiltojen kaiteet
- sillan reunoihin asennettavat valaisinpylväät
- muottisiteet.

Ruiskutettavaa alumiinia voidaan käyttää pintakäsittelytoissa ruiskusinkityksen vaihtoehtona tai sen seoksena.

1.2.7 Kupari ja messinki

Kuparia on käytetty silloissa vahvennettaessa vedeneristystä liikuntasauvan tai siirtymälaatan kohdalla. Kuparia on käytetty myös kuivatuslaitteissa, mutta seurauksena on ollut korroosiovaurioita, kun kupari on joutunut kosketukseen teräksen kanssa. Kiintopisteitä on tehty messingistä.

Kuparimetallien hyviä ominaisuuksia ovat muokattavuus ja korroosionkestävyys.

1.2.8 Muut metallit

Lyijystä on tehty siltojen vedeneristyskiä ja laakerointirakenteita. Sinkkiä käytetään pintakäsittelytoissa kuuma- ja ruiskusinkityksessä ja maalien osa-aineina. Sinkkiä voidaan käyttää myös katodisen suojauksen uhrautuvana anodina. Katodisen suojauksen anodiverkot valmistetaan titaanista.

1.3 Siltojen teräsrakenteita vaurioittavat tekijät

Korroosio on yleisin vaurio terässilloissa. Jos pintakäsittely ei ole kunnossa, teräsrakenteisiin tulee aluksi pistekorroosiota, joka etenee kuoppamaisen syöpymän (kuopparuosteen) kautta puhki-ruostumiseen. Tällaisia vaurioita esiintyy varsinkin paikoissa, jotka ovat olleet jatkuvasti maa-ainesten peitossa tai joiden päälle on valunut jatkuvasti suolaista vettä. Korroosiovaurioita on käsitelty tarkemmin *SILKO-yleisohjeessa 1.351 /1/*.

Rakenteellisia halkeamia ja säröjä esiintyy

- riippu- ja Langerpalkkisiltojen jäykiste- ja poikkipalkkien nurkissa (kuva 9)
- teräskansien väsytskuormitetuissa hitseissä
- riipputankojen kiinnityslaitteissa
- erikoislujasta teräksestä valmistetuissa laakereissa ja avattavien siltojen ritiläkansissa.

Halkeilun ja säröilyn syitä ovat suunnittelu-, materiaali- ja työvirheet, ylikuormitus, väsyminen ja kylmähaaraus.

Siltojen teräsrakenteissa esiintyy muodonmuutoksia:

- teräspalkit taipuvat (kuva 10)
- riippuköydet venyvät ja säikeet katkeavat (kuva 11)
- riipputankojen soljet liukuvat (kuva 12).

Muodonmuutosten syitä ovat suunnittelu- ja työvirheet, sillan alusrakenteiden vaurioituminen ja ylikuormitus.



Kuva 9. Halkeamia teräspalkin uumassa.



Kuva 10. Taipuma teräspalkissa.



Kuva 11. Riippuköyden säikeitä on katkennut.



Kuva 12. Riipputangon solki on liukunut.

Törmäysvaurioita esiintyy seuraavissa siltojen teräsrakenteissa:

- ristikkosiltojen portaalien yläpoikkisiteissä ja muissa yläpuolisissa sauvoissa (kuva 13)
- kaiteissa (kuva 14)
- risteyspiltojen ja ylikulkukäytävien teräspalkkeissa (kuva 15).

Kunnossapitokalustolla saatetaan vaurioittaa liikuntasaumalaitteiden metalliosia ja teräspalkkeja.

Jäätymisvaurioita esiintyy joskus valurautaisissa syöksytorvissa ja sisältä onntojen kaidepylväiden juurissa.

Kupariputkia on käytetty tippuputkina, jolloin kuparin ja teräksen välille on syntynyt korroosiopari (kuva 16).

Vauriot pahenevat tarpeettomasti, jos vesi ei poistu rakenteen päältä tai jos tuuletus on riittämätön.



Kuva 13. Törmäysvaurio portaalin poikkisiteessä.



Kuva 14. Törmäysvaurio kaiteessa.



Kuva 15. Vaurio teräspalkissa.

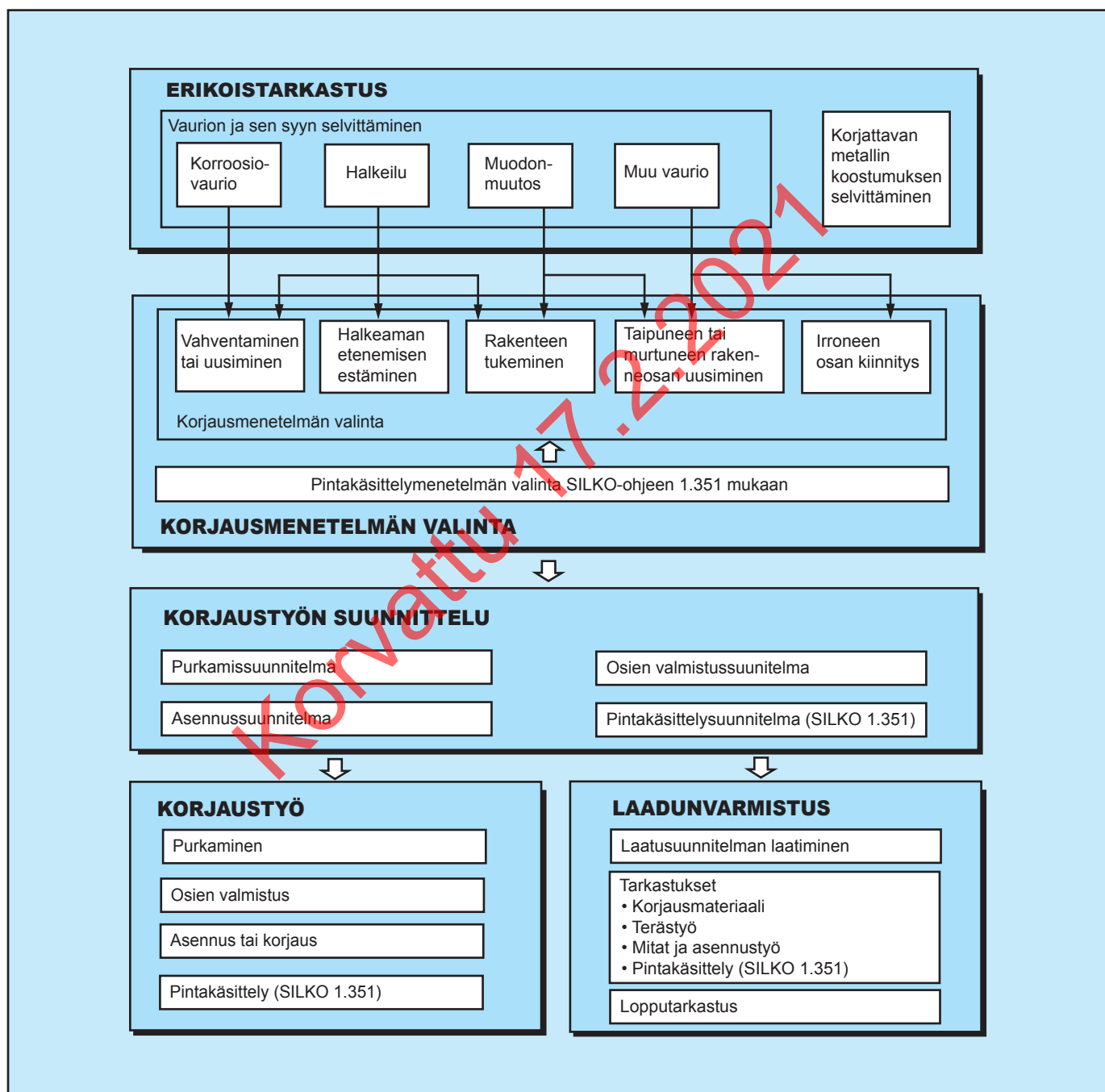


Kuva 16. Korroosiovaurio kupariputkessa.

1.4 Metallirakenteiden käsitteet

1.4.1 Metallirakenteen korjaustyön vaiheet

Sillan metallirakenteiden korjaustyön päävaiheita ovat erikoistarkastus, korjausmenetelmän valinta, korjaustyön suunnittelu sekä korjaustyö ja sen laadunvarmistus, jotka jakaantuvat työvaiheisiin kuvan 17 mukaisesti.



Kuva 17. Metallirakenteen korjaustyön vaiheet sillankorjaushankkeessa.

1.4.2 Termit ja määritelmät

Metalleja kuvaava käsitejärjestelmä on esitetty liitteessä 1, jossa termit on myös määriteltä. Liitteessä on määriteltä myös muita tässä ohjeessa käytettyjä keskeisiä termejä. Ne on ryhmiteltä materiaali- ja korroosiotermihin.

Siltojen rakenneosat on esitetty *Sillantarkastusohjeen* /6/ kohdissa 2.3–2.5. Metallien pintakäsittelyä koskevat termit on esitetty *SILKO-yleisohjeen* 1.351 /1/ liitteessä 1.

Rauta- ja terästuotteiden lämpökäsittelysanasto on esitetty standardissa SFS-EN 10052.

1.4.3 Merkinnät

Teräksen ja alumiinin merkintä piirustukseen ja tilaukseen esitetään vuoden 2009 standardointitilanteen mukaan seuraavasti:

Teräslevy SFS-EN 10 029 - 10A x 1500 x 6000 S355J2 SFS-EN 10 025-2 SFS-EN 10 204-2.2.

Nimi	
Mittastandardi	
Levyn paksuus, mm ja toleranssiluokka	
Levyn leveys, mm	
Levyn pituus, mm	
Teräslaji	
Ainestandardi, ei välttämätön piirustuksessa	
Ainestodistus	

Rakenneputki SFS-EN 10219-2 - 200 x 200 x 10 - 12000 - S355J2H SFS-EN 10219-1 - EN 10 204-2.2

Nimi	
Toimitusehto-/mittastandardi	
Rakenneputken ulkomitat, mm	
Seinämän paksuus, mm	
Rakenneputken pituus, mm	
Teräslaji	
Ainestodistus	

Alumiinin merkintä piirustukseen ja tilaukseen:

Alumiiniprofiili nro 1966 AlMgSi SFS 2554 - T5 SFS-EN 515 tai SFS-EN 573 osat 1-3 ja 5

Nimi	
Myyjäkohtainen profiilin numero	
Alumiiniseos	
Toimitustila	

Ohjetekstissä esiintyvät kemialliset merkit:

Al = alumiini
C = hiili
Cr = kromi
Cu = kupari
Fe = rauta
Mg = magnesium
Mn = mangaani
Mo = molybdeeni
Ni = nikkeli
P = fosfori
Pb = lyijy
Si = pii
V = vananiidi
Zn = sinkki

2 METALLIEN OMINAISUUDET JA LAATUVAATIMUKSET

2.1 Metallien ominaisuudet

Metallien ominaisuudet poikkeavat toisistaan paljon. Taulukkoon 2 on kerätty suuruusluokkaa kuvaavia arvoja, joiden suhteen on syytä muistaa, että ominaisuudet vaihtelevat metallin puhtauden mukaan. Jos ominaisuuden on ilmoitettu vaihtelevan tietyllä välillä, kysymys on kaupallisten laatu-
jen ominaisuuksista; puhtaan metallin ominaisuus voi sijoittua raja-arvojen väliin tai ylä- tai alarajalle.

Taulukko 2. Metallien ominaisuudet.

Ominaisuus	Yksikkö	Rakenne- teräs	Ruostumaton teräs (austeniittinen)	Alumiini	Kupari	Sinkki	Lyijy
Tiheys	kg/m ³	7850	8050	2700	8930	7100	11340
Murtolujuus	N/mm ²	350–700	500–800	100–600	220–400	37	18
Sulamispiste	°C	n. 1500	1230–1280	n. 650	1083	420	327
Pituuden lämpötilakerroin	1/°C×10 ⁻⁶	12	18	24	16,8	31	29,1
Normaali lämmönjohtavuus	W/°Cm	52–63	16	n. 220	314–402	112	17–35
Kimmokerroin	kN mm ²	206	207	68	110–120	97	14–17

2.2 Teräs

2.2.1 Teräksen valmistaminen

Teräs on metalliseos, jonka pääaineosa on rauta ja jonka hiilipitoisuus on yleensä alle 2 %. Siltarakenteissa nykyisin käytettävissä teräksissä hiilipitoisuus on alle 0,2 %. Lisäksi teräksessä on seosaineita. Sinkittävissä rakenneosissa käytettävän teräksen piipitoisuuden tulee olla rajoissa 0,16-0,22 % (*InfraRYL osa 3 /2/ kohta 42050.4.2.1*).

Noin kaksi kolmannesta teräksen maailmantuotannosta käyttää raaka-aineena rautamalmia ja yksi kolmannes teräksestä valmistetaan teräsromusta (kuva 18).

Kun terästä valmistetaan rautamalmista, on väli tuotteena raakarauta. Raakarauta käytetään suoraan sulana teräksen valmistukseen. Teräksen valmistusprosessissa poltetaan ylimääräinen hiili pois, ja samalla vapautuu energiaa. Liiallinen kuumeneminen estetään jäähdytysromulla.

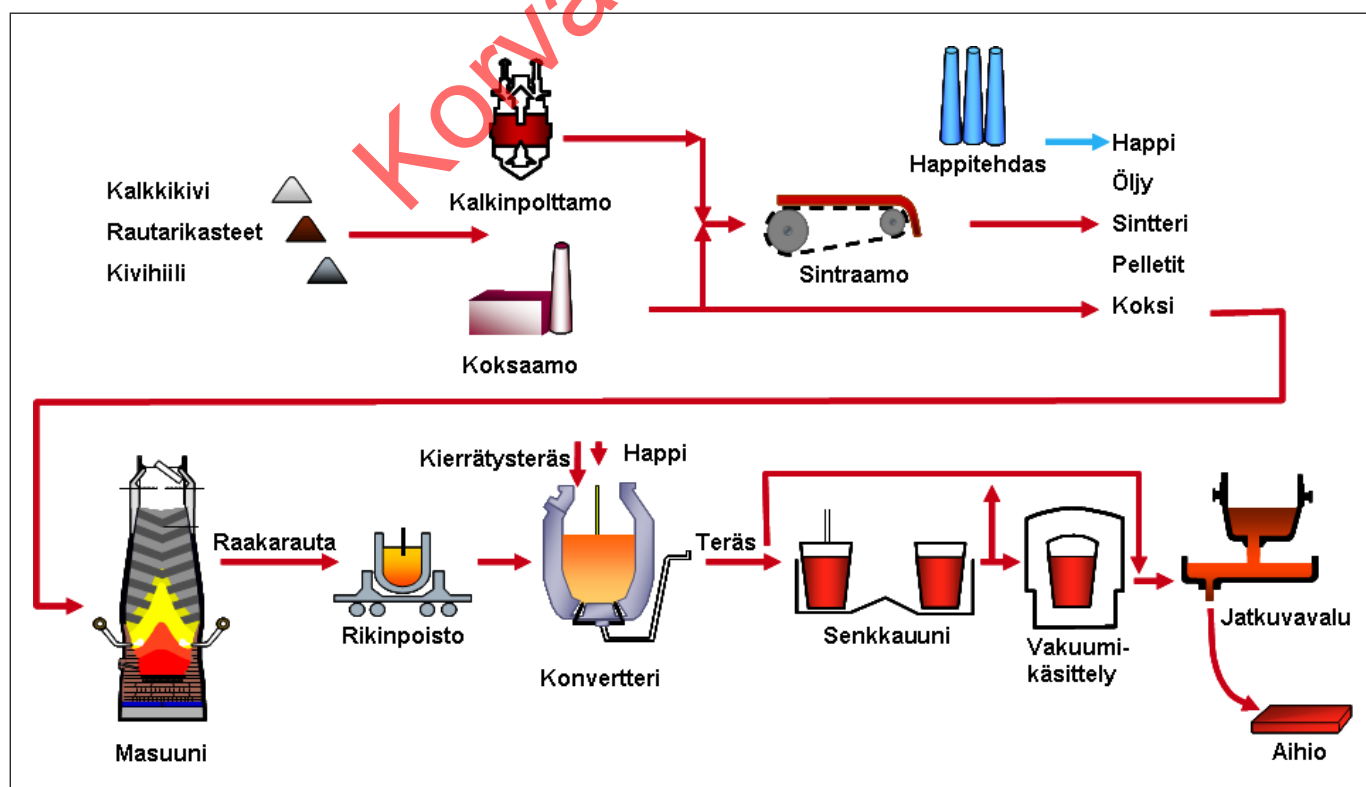
Kun teräs valmistetaan romusta, kaikki lämpöenergia on tuotava prosessin ulkopuolelta. Romun sulatukseen käytetään valokaariuunia. Romurautaa käytettäessä voi osa panoksesta olla raakarautaa.

Lujuus-, sitkeys- ja hitsattavuusominaisuuksien säätämiseksi lisätään teräkseen pieniä määriä seosaineita, kuten alumiinia, niobia, vanadiinia tai titaania. Kupari- ja nikkelilisäykset lisäävät sitkeyttä ja korroosionkestävyyttä. Seosaineet lisätään joko teräsuuniin tai kun teräs kaadetaan uunista valusankoon. Seosaineiden merkitys teräksen ominaisuuksille on erittäin suuri.

Valussa sula teräs jäähmettyy kiinteään olomuotoon. Valu tehdään joko valamalla teräs valamurakokilleissa valanteiksi tai jatkuvavalmukoneella valmiiksi valssausaihioiksi tai teelmiksi. Osa teräksestä käytetään valutuotteiden valmistukseen.

Teräksen valmistuksessa saadut valanteet ja aihiot ovat väli tuotteita, jotka jatkojalostetaan edelleen. Terästehtaiden tuotannosta suurin osa jatkojalostetaan edelleen muualla.

Teräsosat ja -tuotteet valmistetaan valamalla, työstämällä tai muokkaamalla (kuva 19).



Kuva 18. Teräksen valmistusprosessi.

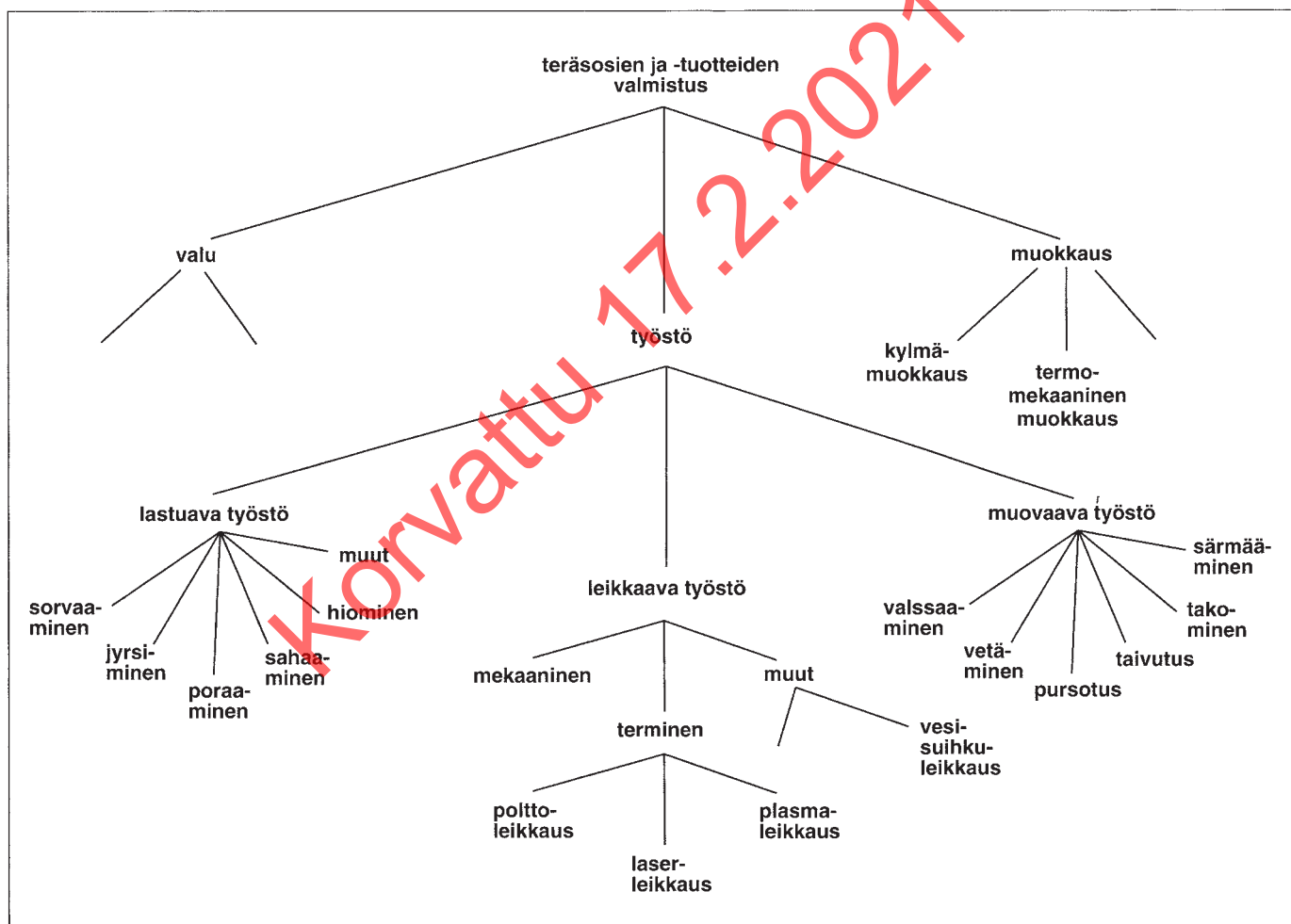
2.2.2 Teräksen muokkaus ja lämpökäsittely

Teräksen ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa erilaisilla käsittelyillä. Näitä ovat muokkaus ja lämpökäsittely.

Metallien muokkauksessa tapahtuu metallin kiderakenteen plastinen (pysyvä) muodonmuutos. Tällöin muuttuvat useimmat metallien ominaisuuksista. Ennen kaikkea metalli lujittuu. Muokkaus voidaan tehdä joko kylmämuokkauksena tai korotetussa lämpötilassa.

Lämpökäsittelyillä pyritään lämpötilaa tai sen muutoksia hyväksikäyttämään vaikuttamaan metallien käyttöominaisuuksiin. Lämpökäsittelyn tavallisimmat tavoitteet ovat kiderakenteen muutokset ja materiaalin saattaminen tasalaatuiseksi. Jos lämpökäsittely tehdään tietyssä väliaineessa ja halutaan muuttaa rauta- tai terästuotteiden kemiallista koostumusta, puhutaan termokemiallisesta käsittelystä. Jos lämpökäsittelyyn yhdistetään mekaaninen muokkaus, puhutaan termomekaanisesta käsittelystä.

Rauta- ja terästuotteiden lämpökäsittelysanasto on esitetty standardissa SFS-EN 10052.



Kuva 19. Teräsosien valmistusmenetelmät.

2.2.3 Teräksen työstäminen

Terästen työstäminen voidaan tehdä lastuavilla tai muovaavilla menetelmillä. Nykyään luetaan myös leikkaus teräksen työstömenetelmiin.

Lastuaminen on teräksen tärkein työstömenetelmä. Lastuttaessa annetaan kappaleelle tietty muoto, mitat ja pinnanlaatu. Terästen lastuttavuus riippuu teräksen seosaineista ja mikrorakenteesta. Lastuavia työstömenetelmiä ovat sorvaaminen, jyrsiminen, poraaminen, avartaminen, höylääminen, kalvaminen, pistäminen, aventaminen, sahaaminen ja hiominen.

Muovaavia työstömenetelmiä ovat valssaaminen ja vetäminen, tankopuristus (pursotus) ja takominen. Muovauskäsittelyt parantavat teräksen ominaisuuksia. Muovatuille kappaleille tehdään erilaisia lämpökäsittelyjä, jotka vaikuttavat teräksen rakenteeseen, sitkeyteen ja lujuuteen. Lämpökäsittelyt voidaan tehdä työvaiheiden välillä tai valmiin tuotteen loppukäsittelynä.

Muovaus, samoin kuin muokkauskin, perustuu metallien plastisuuteen eli mahdollisuuteen saada ulkoisten voimien avulla aikaan pysyviä muodon-

muutoksia. Muovausta ja muokkausta ei voida jyrkästi erottaa toisistaan. Muovauksen päätarkoituksena on antaa tuotteelle tietty muoto, mutta kylmämuovauksessa tapahtuu kuitenkin samalla myös muokkauslujittumista. Jos muovauksen lujittava vaikutus halutaan poistaa, kuumennetaan aine uudelleen kiteytymislämpötilan yläpuolelle.

Leikkaus voidaan tehdä termisenä leikkauksena (polttoleikkauksena, plasmaleikkauksena tai laserleikkauksena) tai mekaanisesti. Mekaanista leikkausta voidaan käyttää noin 10 mm:n levypaksuuteen saakka. Polttoleikkaus on siltarakenteissa yleisin.

Polttoleikkauksessa leikattava metalli kuumennetaan paikallisesti syttymislämpötilaansa ja poltetaan suuntaamalla siihen happisuihku. Eräs suurimmista polttoleikkauksen eduista mekaanisiin ja muihin termisiin leikkausmenetelmiin verrattuna on se, että sillä pystytään leikkaamaan erittäin suuria ainepaksuuksia, paksuus voi olla jopa 150 mm.

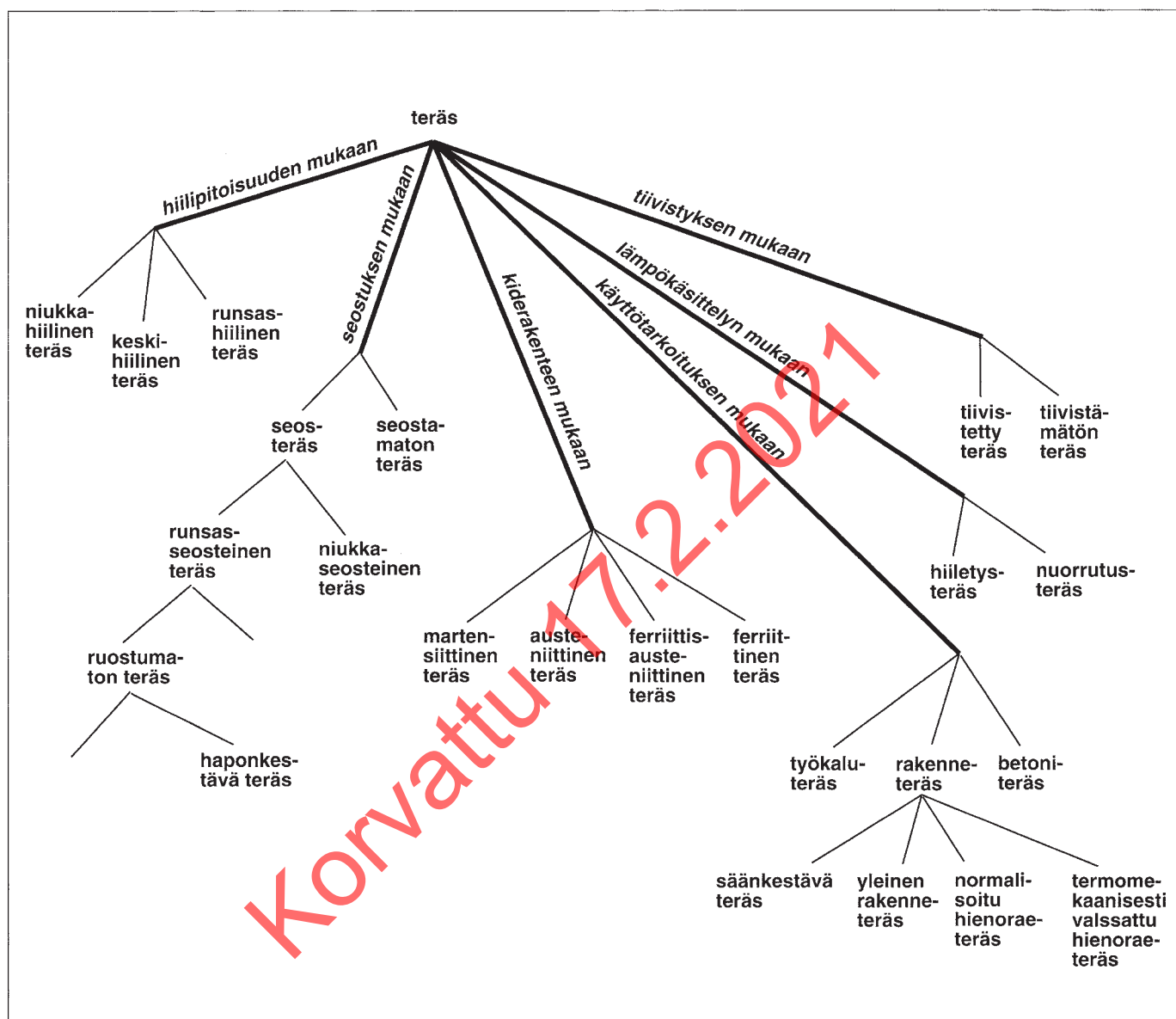
Leikkaus suurpaineisella vesisuihkulla on myös mahdollista.

Korvattu 17.2.2021

2.2.4 Teräslajit

Terästen luokitus

Teräkset voidaan jaotella koostumuksen, ominaisuuksien tai käyttötarkoituksen mukaan (kuva 20).



Kuva 20. Terästen jaottelu.

Teräslajit määritellään ja luokitellaan standardissa SFS-EN 10020. Standardi jakaa teräkset seosainepitoisuuden mukaan seostamattomiin teräksiin ja seosteräkseen. Ominaisuuksien ja käyttötarkoituksen mukaan sekä seostamattomat että seosteräket jaetaan edelleen erilaisiin pääluokkiin.

Seostamattomien terästen pääluokat ovat standardin SFS-EN 10020 mukaan seuraavat:

- Seostamattomat perusteräket. Perusteräket ovat teräksiä, jotka valmistetaan normaaleilla teräksenvalmistusmenetelmillä ja jotka eivät vaadi erikoiskäsittelyä kuten esimerkiksi lämpökäsittelyä. Niille on asetettu myös tietyt raja-arvot esimerkiksi murtolujuuden, myötörajan ja hiilipitoisuuden suhteen.
- Seostamattomat laatuteräket. Seostamattomat laatuteräket on tarkoitettu vaativiin käyttökohteisiin ja sen vuoksi ominaisuusvaatimukset ovat tiukemmat kuin perusteräksillä.
- Seostamattomat erikoisteräket. Erikoisteräket ovat puhtaampia kuin laatuteräket ja niille asetetut tiukat vaatimukset voidaan täyttää vain erittäin tarkoin säädellyllä kemiallisella koostumuksella ja huolellisella valmistuksella. Esimerkiksi kaikki seostamattomat jänneteräket kuuluvat tähän luokkaan.

Seosterästen pääluokat ovat seuraavat:

- Seostetut laatuteräket. Seostettuja laatuteräksiä käytetään vastaavissa käyttösovelluksissa kuin seostamattomia laatuteräksiä ja ne luokitellaan seosteräksiksi, kun jonkin alkuaineen pitoisuus ylittää sen rajan, joka on annettu kyseisen alkuineen maksimipitoisuudeksi. Seostettujen laatuterästen minimimytörlujuus on alle 380 N/mm² ja seostettujen erikoisterästen yleensä sitä suurempi. Seostettuja laatuteräksiä ovat esimerkiksi hitsattavat hienoraeteräket, jotka täyttävät tietyt ehdot seosainepitoisuuden, iskutheyden ja myötörajan suhteen, ja sellaiset säänkestävät teräket, joiden ainoa vaadittu seosaine on kupari. Seostetut laatuteräket on lueteltu standardin SFS-EN 10020 kohdissa 5.2.1.2.1–5.2.1.2.5.
- Seostetut erikoisteräket. Seostetuille erikoisteräksille on ominaista tarkoin hallittu kemiallinen koostumus. Näiden terästen ominaisuudet ilmoitetaan usein erilaisten ominaisuuksien yhdistelminä ja tarkoin rajattuna. Seostettuja erikoisteräksiä ovat esimerkiksi ruostumattomat teräket ja erikoisrakenneteräket, kuten korkealujuuksiset hienoraeteräket ja säänkestävät teräket.

Siltoihin liittyvät teräsrakenteiden materiaalitiedot ovat kulloinkin voimassa olleiden standardien mukaiset. Nykyisten EN-standardien vertailu aikaisempiin standardeihin ja standardien vastaavuudet erityisesti terästen tärkeimpien mekaanisten ominaisuuksien osalta on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Silloissa yleisimmin käytettäviä teräslajeja ovat kuumavalssatut seostamattomat rakenneteräket (SFS-EN 10025-2) eli ns. yleiset rakenneteräket, normalisoidut ja normalisointivalssatut hitsattavat hienoraerakenneteräket (SFS-EN 10025-3), termomekaanisesti valssatut hitsattavat hienoraeteräket (SFS-EN 10025-4) ja ilmastokorroosiota kestävät rakenneteräket (SFS-EN 10025-5) eli ns. säänkestävät teräket. Lisäksi käytetään ruostumattomia teräksiä ja valuteräksiä.

Rakenneteräkset

Rakenneterästen merkinnät on esitetty kohdassa 1.2. Niitä koskeva standardi on SFS-EN 10027-1. Rakenneteräkset merkitään siltasuunnitelma-asiakirjoihin SFS-EN-standardien mukaan. Vertailu yleisimpiin aikaisemmin käytettyihin standardeihin on esitetty taulukossa 1. Vastaavuudet ovat likimääräisiä. Tarkassa vertailussa on käytettävä alkuperäisiä standardeja.

Yleiset rakenneteräkset ovat seostamattomia tai niukkaseosteisia hiili- ja hiilimanganiteräksiä. Teräkset voidaan jakaa kahteen ominaisuuksiltaan ja käyttötarkoitukseltaan erilaiseen ryhmään: hitsattaviin rakenneteräksiin ja koneteräksiin.

Hitsattavat rakenneteräkset on tarkoitettu sekä hitsattuihin että hitsaamattomiin rakenteisiin. Terästen tärkeimmät käyttöominaisuudet ovat lujuus, sitkeys ja hitsattavuus.

Koneteräkset on tarkoitettu rakenteisiin ja osiin, joita ei hitsata ja jotka useimmiten valmistetaan työstämällä. Niiden tärkeimmät ominaisuudet ovat lujuus ja lastuttavuus. Käyttökohteita ovat esimerkiksi ruuvit, akselit ja tapit.

Teräksen laatuluokat määräytyvät lähinnä teräksen hitsattavuuden ja iskutheyden perusteella. Yleiset rakenneteräkset on luokiteltu standardissa SFS-EN 10025-2 (2004). Sillanrakennuksessa käytettiin vuosina 1986–92 laatuluokkien B, C ja D mukaisia teräksiä, joista luokka D takasi parhaan iskutheyden alhaisissa lämpötiloissa. Standardissa SFS-EN 10025-2 niitä vastaavat luokat JR, JO ja J2.

Hitsattavat hienoraeteräkset on luokiteltu standardeissa SFS-EN 10025-3 (normalisoidut ja normalisointivalssatut) ja SFS-EN 10025-4 (termomekaanisesti valssatut). Hienoraeteräkset ovat alumiiniitivistettyjä eli sulassa teräksessä oleva kaasumainen happi on sidottu alumiinilla. Alumiini aiheuttaa samalla teräksen raekoon pienemisen piitiivistettyyn teräkseen verrattuna. Hienoraeteräksiin on hienorakeisuuden varmistamiseksi lisätty myös pieniä määriä yhtä tai useampaa seuraavista: niobia, vanadiinia tai titaania. Nämä estävät teräksen raekoon kasvua korkeissa lämpötiloissa teräksen valmistusprosessin tai esimerkiksi hitsauksen yhteydessä. Raekoon pienentyessä teräksen lujuus ja iskutheys paranevat. Hienoraeteräkset soveltuvat erityisen hyvin kohteisiin, joissa syntyy helposti haurasmurtumia eli kohteisiin, joissa on suuret ainepaksuudet, suuria hitsejä, asennushitsejä, korkeajännitystilä, iskumaisia kuormia tai matala lämpötila.

Hienoraeterästen hitsattavuus on parempi kuin yleisten rakenneterästen. Korotetun työlämpötilan käyttö on tarpeen vain paksuja valmisteita hitsattaessa tai esim. asennusoloissa, joissa suuren hitsausenergian käyttö tai hitsiaineen vetypitoisuuden rajoittaminen voivat tuottaa vaikeuksia. Vähäisempiä hitsauksen työlämpötilan korotustarpeita on termomekaanisesti valssatuilla hienoraeteräksillä.

Säänkestävät teräkset on luokiteltu standardissa SFS-EN 10025-5 (2005). Iskutheyksluokka ja tiivistysaste esitetään rakenneterästen tapaan.

Säänkestävät teräkset ovat hitsattavia rakenneteräksiä, joiden käyttö perustuu alhaiseen syöpymiseen ilmastollisessa rasituksessa. Teräksen pintaan syntyy seosaineiden vaikutuksesta suojaava, tavallista tiiviimpi ruostekerros. Suojakerroksen syntyminen edellyttää, että rakenteet vuoroin kuivuvat ja vuoroin kastuvat. Suolapitoinen ympäristö häiritsee suojakerroksen syntymistä.

Säänkestävät teräkset hitsataan samalla tavoin kuin muut saman lujuusluokan teräkset. Hitsauspuikkojen tulee olla nimenomaan säänkestävien terästen hitsaukseen tarkoitettuja.

Ruostumattomiksi teräksiksi kutsutaan seosteräksiä, joiden tärkein seosaine on kromi ja kromipitoisuus on vähintään 10,5 %. Ruostumattomiksi teräksiksi luokiteltavia metalliseoksia on yli 200. Ruostumattomat teräkset jaetaan kiderakenteen perusteella austeniittisiin, ferriittisiin, martensiittisiin ja austeniittis-ferriittisiin ruostumattomiin teräksiin. Eniten käytettyjä ovat austeniittiset teräkset. Yleisimmin käytetty ruostumaton teräs on kromi-nikkeliseosteinen austeniittinen teräs 1.4301, SFS-EN 10088 (AISI 304, SS 2333), joka soveltuu useimpiin käyttökohteisiin.

Ruostumattomien terästen korroosionkestävyys perustuu teräksen pinnalla olevaan suojaavaan oksidikerrokseen. Ruostumattomien terästen korroosionkestävyyden parantamiseksi teräksiin lisätään molybdeenia. Molybdeenipitoisia austeniittisiä ruostumattomia teräksiä kutsutaan usein haponkestäviksi teräksiksi. Molybdeeniseostuksen myötä paranee myös pistekorroosionkestävyys kloridipitoisessa ympäristössä. Yleisimmin käytetty haponkestävä teräs on 1.4404, SFS-EN 10088 (AISI 316).

Viime aikoina on yleistynyt myös austeniittis-ferriittisten (duplex) -terästen käyttö. Niiden kromipitoisuus on korkea (yli 20 %) ja nikkelipitoisuus melko alhainen. Niillä saavutetaan yhtä aikaa suuri lujuus ja hyvä korroosionkestävyys. Käyttökohteita voivat olla esimerkiksi vaativimmissa korroosioympäristössä käytetyt kantavat rakenteet. Tavallisin duplex-laatu on 1.4462, SFS-EN 10088 (S32205).

Valuteräks eivät periaatteessa juurikaan eroa vastaavista kuumamuokatuista teräksistä. Valuteräks

2.2.5 Teräsrakenteiden liitokset

Teräksen liittäminen voidaan tehdä hitsaamalla, liimaamalla tai mekaanisin liitoksin.

Hitsausliitokset

Hitsaus on selvästi yleisin teräksen liittämismenetelmä. Useimpia teräksiä voidaan hitsata. Hitsattavuudella tarkoitetaan sitä, että saadaan helposti syntymään hyvä, virheetön ja perusaineen lujuutta vastaava hitsausliitos. Hitsauksessa syntyneet muutokset teräksen rakenteessa voivat heikentää teräksen lujuutta, muodonmuutoskykyä tai iskusitkeysominaisuuksia. Rakenteeseen voi hitsauksessa syntyä myös kuuma- tai kylmähalkeamia tai lamellirepeämiä. Käytännön korjaushitsauksissa aiheutetaan lähes aina suurempia jäännösjännityksiä kuin tavanomaisessa konepajahitsauksessa. Jännityksen alaista rakennetta ei yleensä saa hitsata. Jäännösjännityksiin vaikuttavat

- lisäaineen ja hitsiaineen lujuus
- hitsauksen lämmöntuonti
- työlämpötila
- hitsin muoto ja liittyminen perusaineeseen
- hitsausjärjestys
- jälkikäsittelyt.

Jäännösjännityksiä pienentävät

- rakenteen lievä ylikuormitus
- jännitystenpoistohehkutus
- puristusjännityksen aikaansaaminen kriittisiin kohtiin (esim. pistekuuma, hiekka- ja kuula-puhallus sekä kylmävasarointi).

Hitsauksessa on oleellista, että tunnetaan teräksen koostumus sekä käytetään oikeita hitsausaineita ja oikeita työtapoja. Kun teräksen kemiallinen koostumus tunnetaan, voidaan hitsattavuus arvioida nk. hiiliekvivalentin avulla. Hiiliekvivalentti lasketaan kaavasta

$$C_{ekv} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

C = hiilipitoisuus (%)

Mn = mangaanipitoisuus

Cr = kromipitoisuus

Mo = molybdeenipitoisuus

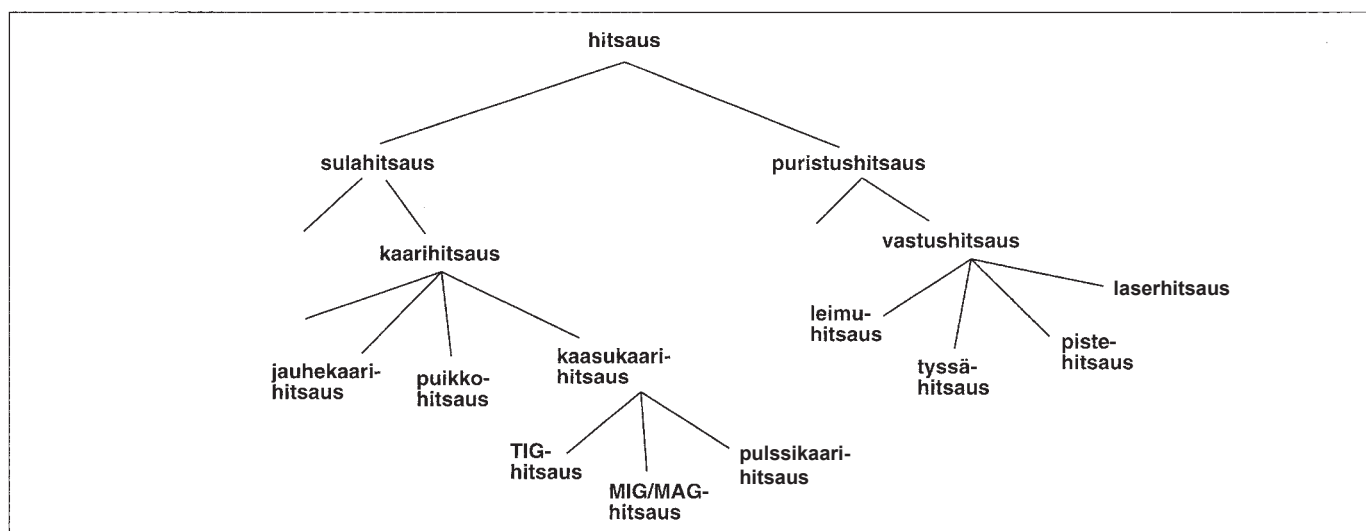
V = vanadiinipitoisuus

Ni = nikkelpitoisuus

Cu = kuparipitoisuus.

Kun hiiliekvivalentti on pienempi kuin 0,41, ei hitsattaessa yleensä tarvita erityistoimia. Kun hiiliekvivalenttiarvo on 0,41–0,45, on käytettävä kuivia emäspäälystesiä puikkoja. Kun arvo on yli 0,45, hitsaus vaatii usein esikuumennuksen. Esikuumennuksella saavutetaan kaksi etua: railo saadaan kuivaksi ja karkeneminen estyy, koska jäähtymisnopeus hidastuu. Näillä toimilla voidaan vähentää kylmähalkeiluriskiä.

Hitsausmenetelmät voidaan jakaa sulahitsausmenetelmiin ja puristushitsausmenetelmiin (kuva 21). Sulahitsausmenetelmissä liitos saadaan aikaan sulattamalla liitospinnat. Siltapaikalla hitsaus tehdään yleensä puikkohitsauksena. Puristushitsausmenetelmissä liitos saadaan aikaan tuomalla liitokseen lämpöä ja samalla puristamalla liitospintoja voimakkaasti toisiaan vasten. Vaarnapultit kiinnitetään leimuhitsauksella.



Kuva 21. Hitsausmenetelmät.

Puikkohitsaus on MIG/MAG-hitsauksen ohella eniten käytetty hitsaustapa. Puikkohitsaus soveltuu menetelmänä ja lisäaineiden laajan valikoiman vuoksi hyvin monentyyppisten metallien ja metalliseosten hitsaukseen varsinkin työmaaoloissa. Konepajoissa käytetään enimmäkseen MIG/MAG- ja jauhekaarihitsausta. MIG/MAG-hitsausta voidaan käyttää myös työmaalla, jos käytetään suojakaasun leviämistä tehokkaasti estäviä tuulisuojia.

Terässiltojen hitsien laatuvaatimukset on esitetty *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdassa 42040.3.4.1 (SYL 4 /3/ kohta 4.3.3.1)*.

Ruuviliitokset

Ruuviliitoksen käyttö perustuu ruuvin varren leikkauskapasiteettiin. Ruuviliitos voidaan periaatteessa avata, mutta kierremuodot kiinnityskierteissä on suunniteltu sellaisiksi, että niissä tapahtuu kiristyshetkellä muodonmuutos, joka estää ruuvien itsestään aukeamisen.

Teräsrakenteissa käytettävät kiinnitysruuvit ovat teräväkierteisiä. Kierrejärjestelmistä on Suomessa käytössä metrinen järjestelmä, ja sen käytöstä ovat sopineet myös esimerkiksi USA ja Iso-Britannia. Käytännössä on kuitenkin toisena kierrejärjestelmänä kansainvälisessä käytössä UN-kierre. Molemmilla järjestelmillä on sama pääkierreprofiili, ns. ISO-profiili, mutta aivan erilaiset sarjat halkaisijoissa ja kierteen nousuarvoissa.

Teräsrakentamisessa käytetään eniten kuusioruuvia, kuusiomutteria ja pyöröaluslaattaa.

Soviteruuvia käytetään usein korjaustöissä ja aina kun niitti korvataan ruuvilla. Soviteruuviliitoksen vapaa reikä on korkeintaan 0,3 mm ruuvin vartta väljempi. Muiden ruuviliitosten vapaa reikä on noin 10 % ruuvin halkaisijaa suurempi.

Kitkaliitoksissa ruuveilla tai muilla kiinnittimillä aikaansaadaan liitososien välille niin suuri puristusvoima, että leikkausvoimat liitoksessa siirtyvät kitkan välityksellä osasta toiseen. Kitkaliitosten laatuvaatimukset on esitetty *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdassa 42040.3.6.1 (SYL 4 /3/ kohta 4.3.5)*.

Muut liitokset

Niittiliitoksia käytettiin siltojen teräsrakenteissa yleisesti 1960-luvulle asti. Niitti on erillinen liitososa, joka pannaan liitososiin tehtyyn reikään ja lukitaan siihen muotoilemalla siihen vastakanta. Kun niitin halkaisija on suurempi kuin 10 mm, niittaus tehdään kuumana.

Siltarakenteita voidaan vahventaa myös liimattavilla teräslevyillä. Vahvikelevy liimataan rakenteen pintaan, joka voi olla joko terästä tai betonia. Teräs- tai betonipinnasta poistetaan maali, ruoste tai sementtiliima suihkupuhdistamalla ennen liimausta. Levy asennetaan paikalleen joko kiilaamalla se rakennetta vastaan tai käyttämällä mekaanisia kiinnittimiä. Liimaus tehdään yleensä epoksilla, joka levitetään lastalla liimattaville pinnoille, jotka puristetaan toisiaan vasten, tai injektoidaan paikalleen kiinnitetyn levyn ja rakenteen saumaan. Liimausvahvennusta on kuvattu tarkemmin Tiehallinnon ohjeessa *Betonirakentamisen liimausvahventamisohjeet /18/*.

Liimauksen onnistumiseksi liimattavien pintojen on oltava puhtaita. Liimauksen etuna on, että kaikkia metalleja ja materiaaleja voidaan liimata toisiinsa yksinkertaisin työvälinein. Heikkoutena on esimerkiksi, että liimauksen lujuutta ei voida luotettavasti testata ainetta rikkomattomin menetelmin.

2.3 Alumiini

2.3.1 Alumiinin valmistaminen ja ominaisuudet

Alumiinia valmistetaan bauksiitti-nimisestä kivilajista, joka sisältää useita eri mineraaleja. Alumiinioksidit erotetaan bauksiitista ja pelkistetään alumiiniksi sähkövirran avulla suolasulaelektrolyysissä. Alumiiniromua voidaan kierrättää ja sitä ottavat vastaan romuliikkeet. Alumiinin valmistus mineraalista vaatii paljon energiaa, mutta kun alumiini valmistetaan romusta, energian kulutus putoaa 95 %.

Syntyvän metallin alumiinipitoisuus on 99,5–99,8 %. Seostamalla alumiiniin muita aineita on onnistuttu kehittämään suuri joukko alumiiniseoksia, joiden monipuoliset ominaisuudet ovat laajentaneet alumiinin käyttöä niin, että sitä tuotetaan metalleista teräksen jälkeen eniten.

Alumiinin käyttö perustuu sen keveyteen, korroosionkestävyyteen ja siistiin ulkonäköön. Alumiinin työstettävyyttä on hyvä; sitä voidaan muokata, hitsata, valaa, juottaa ja lastuta helposti.

Alumiiniseosten käytössä pitää ottaa huomioon, että alumiiniseosten kovuus on pienempi kuin rautametallien kovuus. Kovuutta vaativiin kohteisiin käytetään karkenevia alumiiniseoksia. Tavannaisten alumiinien lämpöliike on kaksi kertaa suurempi kuin rakenneteräksellä.

Alumiiniseosten maalauksessa pitää ottaa huomioon alumiinin pinnan asettamat vaatimukset pinnan karheuden, pesumenetelmän ja maalinvallinnan suhteen. Pintakäsittelyn soveltuvuus alumiinille tarkistetaan maalin tuoteselosteesta.

2.3.2 Alumiiniseokset

Rakentamisessa käytettäville alumiinituotteille (puolivalmisteille) annetaan haluttu muoto joko muokkaamalla tai valamalla. Alumiiniseokset jaetaan metallin käsittelytekniikan perusteella muokattaviin seoksiin ja valuseoksiin. Seosainesten osuus voi olla jopa 20 %.

Lujittumisen perusteella alumiiniseokset voidaan jakaa karkeneviin ja karkenemattomiin seoksiin. Karkenevat seokset lujittuvat lämpökäsittelyssä. Karkenevia alumiiniseoksia ovat AlMgSi-, AlCuMg- ja AlZnMg-seokset. Karkenemattomien seosten lujuutta voidaan lisätä ainoastaan kylmämuokkauksen avulla, ja niitä ovat AlMn-, AlMg- ja AlSi-seokset.

2.3.3 Alumiinituotteiden valmistus ja työstäminen

Alumiiniseokset valmistetaan tuotteiksi muokkaamalla tai valamalla. Muokattavat seokset valetaan ensin ahioksi, joista puolivalmisteet valmistetaan esimerkiksi valssaamalla, pursottamalla, takomalla tai vetämällä. Puolivalmisteita ovat levyt, tangot, nauhat, putket ja takeet. Lopputuotetta varten puolivalmisteet jatkokäsittellään esimerkiksi muovaavalla työstöllä, lastuamalla, lämpökäsittelyillä, erilaisilla liittämismenetelmillä ja pintakäsittelyillä.

Valuseoksista tehdyt tuotteet valetaan suoraan lopulliseen muotoonsa. Valamiseen käytetään painevalua, kokillivalua, hiekkavalua tai keskipakovalua. Käytettävä valumenetelmä ja seoksen valettavuus rajoittavat valettavan kappaleen muotoa.

Alumiiniseoksesta valmistetun tuotteen merkintään liitetään tunnus, joka osoittaa tuotteen toimitustilan. Suomessa käytettävät alumiiniseosten toimitustilat on esitetty standardissa SFS-EN 515. Alumiinilevyjen ja -nauhojen yleiset tekniset toimitusehdot on kuvattu standardissa SFS-EN 485-1. Tärkeimmät rakennusalaalla käytettävien alumiinituotteiden toimitustilat ovat

- F: kuumamuokattu tai valettu
- O: pehmeäksi hehkutettu
- H: muokkauslujitettu kylmämuokkaamalla (H 1 ainoastaan muokkauslujitettu, H 2 muokkauslujitettu ja osittain hehkutettu).

Muototankojen muokkaustilat (erkautuskarkenevat seokset) ovat

- W: liuotushehkutettu
- T: lämpökäsitelty stabiiliin tilaan.

Alumiinia voidaan työstää yleisesti käytetyillä kone- ja käsityökaluilla. Lastuavassa työstössä voidaan käyttää suuria kierrosnopeuksia. Työstetty alumiinipinta on sileä ja särmätön.

Alumiinin lastuavat työstömenetelmät ovat sahaiminen, poraaminen, stanssaaminen, jyrsiminen ja kierteitys. Muovaavat työstömenetelmät ovat muototankojen puristaminen, taivutus ja syväveto. Sahauksessa voidaan käyttää kovametalliterällä varustettuja pöytä- ja käsisirkkeleitä.

2.3.4 Alumiinirakenteiden liitokset

Alumiiniosia voidaan liittää hitsaamalla, mekaanisilla kiinnittimillä (ruuveilla, niiteillä ja nautoilla), juottamalla ja liimaamalla. Sillankorjauksessa käytettävät rakenteet tulisi suunnitella niin, että kaikki hitsaustyö tehdään konepajassa ja työmaalla liitokset tehdään ruuviliitoksina.

Alumiinikappaleita voidaan hitsata kaikilla tunnetuilla hitsausmenetelmillä. Yleisesti käytetään miltei yksinomaan MIG- ja TIG-hitsausta. Hitsauksessa valitaan lisäaine hitsattavan seoksen perusteella. Valintaperusteina ovat hitsin lujuus, korroosionkestävyys, kuumahauraustaipumus, helppo hitsattavuus tai värisävyerot anodisoinnin jälkeen. Tavallisimmin lisäaineina käytetään seoksia AlMg5 tai AlSi5, joista AlMg5 kestää paremmin korroosiota. Puikkohitsausta tulisi välttää, koska railoon ja lähialueille jäävät epäpuhtaudet lisäävät korroosioalttiutta.

Alumiinirakenteiden ruuviliitoksissa käytettävät ruuvit ovat alumiinia, ruostumatonta terästä tai sinkittyä terästä. Alumiiniruuveja valmistetaan eri seoksista, syövyttävissä ympäristöissä käytetään

seosta AlSi1Mg. Sinkittyjen ruuvien täytyy olla kuumasinkittyjä. Sillankorjaustöissä eristetään teräsrueviliitoksissa alumiini ja teräs toisistaan maalilla tai eristävällä aluslevyllä (muovisella tai neopreenikumisella), varsinkin jos kyseessä on suolattu tieosuus tai meri- tai teollisuusympäristö. Eristelevy valitaan siten, että se säilyttää muotonsa pitkäaikaisessa rasituksessa ja ettei rakoja pääse muodostumaan.

Liitosten suunnittelussa otetaan huomioon myös galvaanisen korroosion ja rakokorroosion estäminen. Nämä voidaan ehkäistä esimerkiksi siten, että vältetään eri alumiiniseosten tai eri metallien käyttöä samassa rakenteessa. Jos eri metalleja joudutaan yhdistämään, ne eristetään sähköisesti toisistaan maalaamalla tai eristelelevyllä. Anodi/katodi-suhde tehdään suotuisaksi (suuri anodi / pieni katodi) esimerkiksi ruuviliitoksissa valitsemalla ruuvi jalommasta materiaalista kuin rakenne. Liitosten yhteydessä ei myöskään saisi syntyä rakoja, vesitaskuja tai teräviä nurkkia.

Voimakkaan lämpölaajenemisen takia betonirakenteiden, esimerkiksi reunapalkin sisään, ei saa asentaa alumiinisia putkia.

2.4 Muut metallit

2.4.1 Kupari

Kuparimetalleja ovat kupari ja sen seokset, joiden kuparipitoisuus on 50 % tai yli. Kuparin lisäaineina käytetään happea ja fosforia, mikä ilmoitetaan metallin tunnuksessa seuraavasti:

- hapeton kupari Cu-OF (K1E)
- happikupari Cu-ETP
- niukkafosforinen kupari Cu-DLP (K1)
- runsasfosforinen kupari Cu-DHP (K2).

Kuparimetallin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa seosaineilla. Jos sinkki on ainoa seosaine, seosta nimitetään seostamattomaksi messingiksi. Seosuhde ilmaistaan seoksen tunnuksessa esim. Cu Zn20 (Ms 80), jossa sinkkiä on 20 %. Seoksen lastuttavuus paranee, jos seokseen lisätään lyijyä: esim. Cu Zn39 Pb3, jolloin seoksessa on kuparia 58 %, sinkkiä 39 % ja lyijyä 3 %.

Kuparimetallien lujuusominaisuuksiin voidaan vaikuttaa muokkaamalla ja hehkuttamalla. Lujuusominaisuusyhdistelmä eli tila ilmaistaan numerolla seostunnuksen jäljessä, esim. Cu-DLP-02, joka tarkoittaa pehmeäksi hehkutettua. Kuparia voidaan pehmentää paikallisesti kaasuliekillä.

Kuparimetalleista valmistetaan levyjä ja nauhoja, putkia, tankoja, lankoja ja muototankoja eli profiileja.

Kuparimetalleja voidaan liittää juottamalla, hitsaamalla ja saumaamalla sekä ruuveilla, niiteillä ja kiinnitysiousilla. Hitsaus työmaalla ei ole suositeltavaa. Lyijymessinkä ei voi hitsata. Ulkotiloissa on käytettävä vähintään 80 % kuparia sisältäviä tai ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistettuja kiinnikkeitä.

Sillankorjaustöissä käytetään seuraavia kuparimetalleja:

- liikuntasauvojen vahvennuslevyt Cu-DLP-02 tai Cu-DLP-03
- suojusputkien vetolangat Cu-DLP-04
- näkyvien pintojen peitelevyt Cu-DLP-04 tai Cu Zn20-04.

Kuparimetallipinnalta valuva vesi irrottaa pinnasta suoloja ja oksideja, jotka saattavat värjätä alapuolisia rakenteita vihreäksi. Jos tästä on haittaa, se on eliminointava esim. tippunokalla. Pinnalta valuva kuparipitoinen vesi voi aiheuttaa myös muiden metallien galvaanista korroosiota.

Kupari patinoituu ulkona vihreäksi ympäristöteki-
jöistä riippuvalla nopeudella. Sillankorjaustöissä
kuparimetalleja ei suojata esim. maalaamalla,
mutta sähköparien syntyminen on estettävä maa-
lilla tai neopreenikumilla. Tippuputkia ei pidä teh-
dä kuparista, koska putki saattaa joutua kosketuk-
seen raudoituksen kanssa, jolloin raudoitustanko
syöpyy (kuva 16).

2.4.2 Sinkki

Sinkki on tavallisissa lämpötiloissa melko kova ja
hauras metalli, mutta pehmenee jo 100 °C:ssa.
Sitä esiintyy luonnossa erilaisina mineraaleina,
joista tärkeimmät ovat sulfidit ja sinkkikarbonaatti.
Sinkki valmistetaan mineraaleista pasuttamalla tai
elektrolyttisesti.

Sinkkiä käytetään raudan ja teräksen pinnoitta-
miseen, painevaluun sekä seosaineena metalli-
seoksissa, joista tärkeimmät ovat kuparivaltaiset
messingit. Sinkkiä ei voida käyttää jännityksen

alaisena, sillä sinkki viruu selvästi murtolujuutta
pienemmillä jännityksillä jo huoneenlämpötilassa.

Kuumasinkityksessä sula sinkki reagoi teräksen
kanssa muodostaen rautasinkkikerroksen. Teräk-
sen koostumus vaikuttaa pinnoitteen rakente-
eseen ja ominaisuuksiin. Kuumasinkkipinnoittei-
den paksuus vaihtelee muutamasta kymmenestä
mikrometrinä muutamaan sataan mikrometriin.

Sähkösaostuksessa sinkkipinnoite aikaansaa-
daan sähkövirran avulla eli elektrolyttisesti te-
räksen pintaan. Pinnoitteet ovat vain muutaman
mikrometrin paksuisia eivätkä anna rakenteelle
suojaa edes ilmastollisessa rasituksessa.

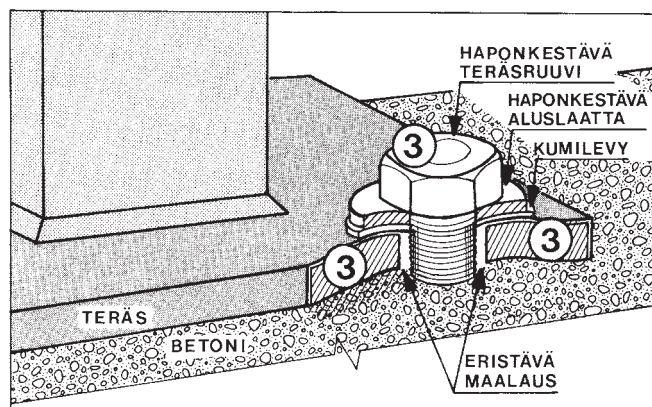
2.4.3 Lyijy

Lyijy on raskas ja pehmeä aine. Se kestää voima-
kasta ympäristörasitusta, mutta on jätteenä ympä-
ristölle haitallinen.

2.5 Metallien yhteensopivuus

Eri metallien yhdistämistä ei voida aina välttää.
Materiaalien yhteensopivuuteen korroosionkes-
tävyyden kannalta vaikuttavat yhdistettävien me-
tallien potentiaali- eli jalousaste-eron (kuva 24)
lisäksi ympäristö ja metallien keskinäinen pinta-
alasuhde.

Syövyttävässä, esimerkiksi kloridipitoisessa ym-
päristössä, kasvaa galvaanisen korroosion nope-
us. Tämä tarkoittaa sitä, että metalliparit, jotka voi-
daan yhdistää esimerkiksi maaseutuilmastossa,
eivät kestäkään suolatuilla tieosuuksilla.



Kuva 22. Kaidepylvään oikea kiinnitystapa.

Jos yhdistettävistä metalleista epäjalomman me-
tallin (anodin) pinta-ala on pienempi kuin jalom-
man (katodin), epäjalompaan metalliin kohdistuu
suuri korroosiovirran tiheys ja korroosio on hyvin
nopeata. Tämän vuoksi, jos esimerkiksi kiinnike
on eri metallia kuin varsinainen rakenne, valitaan
kiinnike jalommasta metallista, tavallisesti ruostu-
mattomasta teräksestä (kuva 22).

Ehjä, riittävän paksu maalikerros voi eristää eri
metallit toisistaan eikä galvaanista korroosiota
pääse syntymään. Jos rakenteessa olevat metal-
liparit eristetään toisistaan maalaamalla, maala-
taan molemmat metallit tai ainakin jalompi metalli.

Kuparin, messingin ja ruostumattomien terästen
syöpyminen ei yleensä kiihdy näiden metallien
keskinäisissä liitoksissa eikä niiden liittyessä mui-
hin metalleihin. Kupari ja messinki kiihdyttävät
alumiinin, sinkin sekä kuumasinkityn teräksen ja
suojaamattoman teräksen syöpymistä. Ruostu-
matonta terästä voidaan useimmiten liittää yhteen
alumiinin ja sinkityn teräksen kanssa, poikkeuk-
sena kloridipitoinen ympäristö, kuten suolattu tie-
osuus tai meri-ilmastot.

Hiiliteräksen ja säänkestävän teräksen syöpymi-
nen kiihtyy liitoksessa ruostumattomaan teräk-
seen, kupariin tai messinkiin.

Kuumasinkityn teräksen ja suojaamattoman hiili-teräksen (rakenneteräksen) liitoskohdassa kasvava sinkityksen korroosionopeus.

Alumiini ei kiihdytä tavallisen tai säänkestävän teräksen korroosiota. Alumiinia voidaan liittää myös kuumasinkittyyn teräkseen ja ruostumattomaan teräkseen, jos ympäristössä ei ole klorideja.

Yhdistettäessä säänkestävä teräs ja kuumasinkitty teräs sinkin korroosionopeus kasvaa. Säänkestävä teräs muuttuu lisäksi liitoskohdan läheisyydessä vaaleammaksi kuin muualla rakenteessa.

Sähkösinkittyä terästä ei sillankorjaustöissä saa käyttää.

Taulukko 3. Metallien yhteensopivuus ilmastollisessa rasituksessa.

Tarkasteltava metalli on vasemmanpuoleisessa sarakkeessa. Arvostelu perustuu yhden vuoden kenttäkokeen tuloksiin ja on siten vain suuntaa antava.

Käytetty luokitus:

- 0 ei galvaanisen korroosion vaaraa eli tarkasteltavan metallin korroosionopeus ei kasva vaikka se on yhteydessä mainittuihin metalleihin
- I tarkasteltavan metallin korroosionopeus kasvaa
- II tarkasteltavan metallin korroosionopeus kasvaa voimakkaasti.

Lisäksi tarkasteltavan metallin korroosionopeudet eri korroosiotapauksissa on ilmoitettu eri kirjoitustyyliellä seuraavasti:

- **suora:** $x \leq 1 \mu\text{m/a}$
- **kursiivi:** $1 < x < 5 \mu\text{m/a}$
- **lihava:** $x \geq 5 \mu\text{m/a}$

Tarkasteltava metalli		Maaseutuilmast	Kaupunki-ilmast	Meri-ilmast
Hiiliteräs	O: I: II:	sinkki, alumiini, säänkestävä teräs ruostumaton teräs, kupari, anodisoitu alumiini	lyijy, sinkki, alumiini, säänkestävä teräs ruostumaton teräs, kupari, anodisoitu alumiini	lyijy, sinkki, alumiini, säänkestävä ruostumaton teräs, kupari
Ruostumaton teräs	O: I: II:	kupari	kupari	kupari
Kupari	O: I: II:	hiiliteräs, lyijy, anodisoitu alumiini ruostumaton, nikkeli	hiiliteräs, lyijy, anodisoitu alumiini ruostumaton, nikkeli	hiiliteräs, <i>ruostumaton teräs</i> , lyijy, anodisoitu alumiini
Sinkki	O: I: II:	alumiini <i>ruostumaton</i> , anod. alumiini <i>hiiliteräs</i> , kupari	alumiini, magnesium ruostumaton, anod. alumiini <i>hiiliteräs</i> , kupari, lyijy	alumiini, anod. alumiini <i>ruostumaton teräs</i> <i>hiiliteräs</i> , kupari, lyijy
Alumiini	O: I: II:	lyijy, sinkki, anodisoitu alumiini hiiliteräs, ruostumaton teräs kupari, säänkestävä teräs	sinkki, anodisoitu alumiini <i>hiiliteräs</i> , ruostumaton teräs lyijy, <i>säänkestävä teräs</i> kupari	sinkki, anod. alumiini <i>ruostumaton</i> hiiliteräs, kupari, lyijy, säänkestävä
Anodisoitu alumiini	O: I: II:	lyijy hiiliteräs, ruostumaton teräs, kupari, säänkestävä	lyijy ruostumaton teräs <i>hiiliteräs, kupari</i>	ruostumaton teräs, <i>lyijy</i> hiiliteräs, kupari
Säänkestävä teräs	O: I: II:	ruostumaton teräs	ruostumaton teräs	ruostumaton teräs

2.6 Metallien korroosio

2.6.1 Teräksen korroosio

Terässiltojen tai siltojen teräsosien kuntoon eniten vaikuttava tekijä on teräksen korroosio. Korroosioilla tarkoitetaan metallin syöpymistä ympäristön kanssa tapahtuvien reaktioiden seurauksena. Korroosioreaktioiden nopeuteen vaikuttaa se, missä ympäristössä korroosio kehittyy.

Korroosioilmiöt ovat sähkökemiallisia ilmiöitä. Metallin pinnalla on aina epäjatkuvuuskohtia, joiden potentiaali on erilainen. Potentiaalierot muodostavat kosteudessa korroosipareja. Korroosiovirta on siis sähkövirtaa. Metallia hapettuu (liukenee) sähköparin epäjalommalla osalla eli anodilla. Korroosioparin jalompi osa on katodi (kuva 23).

Korroosioreaktioita syntyy, jos kaikki seuraavat ehdot täyttyvät:

- metallin pinnalla on riittävästi kosteutta
- metallin pinnalla on epäjatkuvuuskohtia (anodi- ja katodialueita)
- korroosioreaktiot voivat tapahtua samanaikaisesti anodi- ja katodialueilla.

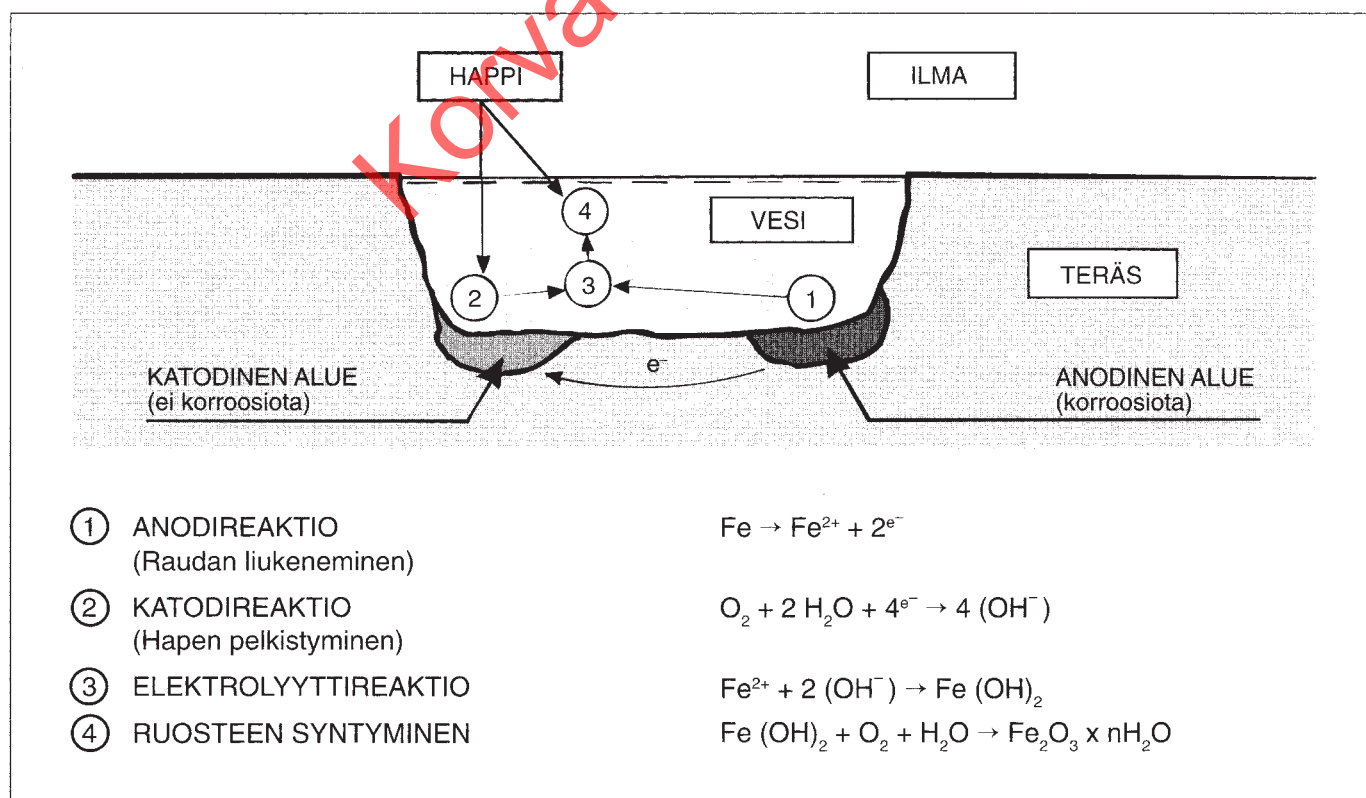
Molemmat jälkimmäiset ehdot ovat ilman korroosionestotoimia aina olemassa, joten korroosiota

syntyy aina, kun suojaamattomaan teräspintaan on tiivistynyt kosteutta. Tiivistynyt vesi toimii tällöin elektrolyytinä.

Korroosionopeuteen vaikuttaa elektrolyytin koostumus: suolat ja muut epäpuhtaudet lisäävät korroosionopeutta suuresti. Muita korroosionopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus. Korroosiota ei synny alle 0 °C:n lämpötilassa, ellei pinnalla ole esimerkiksi maantiesuolaa.

Ilman suhteellinen kosteus, jossa teräksen korroosiota merkittäväällä nopeudella syntyy, on yleensä 60–70 %. Korroosiota syntyy tätäkin alhaisemmassa kosteudessa, jos pinnalla on kosteutta keräävää likaa tai suolaa.

Korroosioilmiöt voivat tapahtua tasaisesti koko pinnalla (tasainen eli yleinen korroosio) tai paikallisesti. Tasainen korroosio on tyypillinen suojaamattomien teräspintojen korroosionmuoto ilmastollisessa rasituksessa. Paikallisen korroosion muotoja ovat pistekorroosio, rako- eli piilokorroosio, galyaaninen korroosio, raerajakorroosio, korroosioväsyminen ja jännityskorroosio.



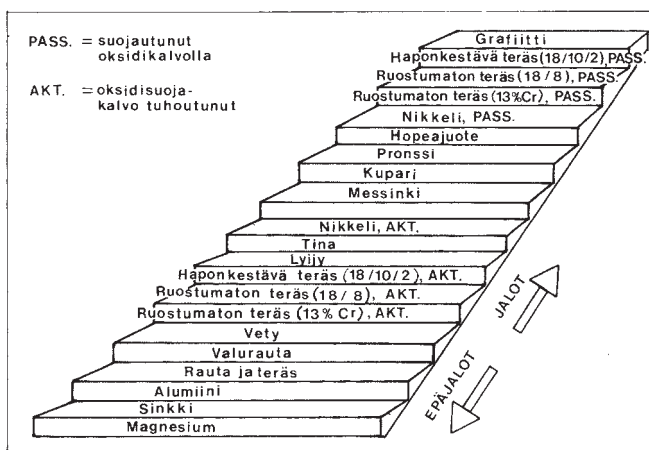
Kuva 23. Korroosioreaktiot teräspinnalla ja ruosteen syntyminen.

Pistekorroosiota syntyy metallin pinnalla olevan suojakerroksen tuhoutuessa paikallisesti esimerkiksi kloridi-ionien vaikutuksesta. Pistekorroosio on tyypillinen ruostumattoman teräksen korroosiomuoto. Pistekorroosion estämiseksi valitaan aine, joka ei ole taipuvainen pistemäiseen syöpymiseen; Mo-seostus parantaa ruostumattoman teräksen pistekorroosionkestävyyttä (nk. haponkestävät teräkset). Myös rakenteen pinnan puhtaanapito ehkäisee pistekorroosiota.

Rako- eli piilokorroosiolla tarkoitetaan metallin pinnan syöpymistä kahden pinnan välisessä raossa. Raossa ei hapenpuutteen takia pääse syntymään suojaavaa oksidikalvoa. Lisäksi metallin pinta happea vähemmän sisältävillä alueilla on anodinen verrattuna alueisiin, joissa happea on enemmän. Tällöin syntyy korroosiopari. Rakokorroosiota syntyy esimerkiksi seuraavissa tapauksissa:

- niitti-, ruuvi- ja hitsausliitosten raoissa, jotka ovat noin 0,025–0,1 mm
- tiivisteliitoksissa, jos tiivistemateriaali on vettä absorboivaa tai jos tiiviste ei täysin peitä tiivistepintaa
- jos metallin pinnalla on kiinteitä partikkeleita, kuten likaa, hiekkaa tai korroosiotuotekerroksia.

Galvaanista korroosiota syntyy, kun kaksi metallia on sähköisessä kontaktissa toisiinsa. Tällöin epäjalomman metallin syöpyminen kiihtyy ja jalomman metallin syöpyminen pysähtyy lähes täysin. Galvaanisessa korroosiossa syöpyminen on sitä nopeampaa, mitä kauempana metalliparin metallit ovat toisistaan nk. galvaanisessa jännitesarjassa (kuva 24). Galvaanista korroosiota käsitellään enemmän kohdassa 2.5.



Kuva 24. Rakennemetallien jännitesarja eli jalous merivedessä normaaliin vetyelektrodiin verrattuna.

Jännityskorroosiossa vaikuttaa yhtä aikaa vetojännitys ja syövyttävä ympäristö. Korroosioväsymistä puolestaan aiheuttavat rakenteiden jännitysvaihtelut yhdessä korroosiorasituksen kanssa. Jännityskorroosion ja väsymiskorroosion osuutta siltojen teräsrakenteiden vaurioissa ei ole tutkittu.

Korroosion estämiseksi teräspinnat täytyy suojata. Teräsrakenteiden tavallisin suojaustapa on eristäminen ympäristöstä pinnoittamalla. Silta- rakenteiden pinnoitteena on yleensä maali tai kuumatai ruiskusinkitys.

Korroosionopeutta voidaan pienentää rakenneratkaisuilla ja kunnossapidolla siten että

- vaikutetaan elektrolyytin koostumukseen pitämällä pinnat puhtaina hiekoitusjätteistä, lumisohjosta ja muusta liasta
- huolehditaan siitä, että pinnoitteiden kunto säilyy riittävän hyvänä
- eristetään eri metalleista tehtyjen rakenneosien liitospinnat toisistaan kumilla, muovilla tai maalilla
- poistetaan tai tasoitetaan anodin ja katodin välinen potentiaaliero eli tehdään materiaalivälinnat vaurioituneita rakenneosia uusittaessa oikein; pintakäsittely tehdään niin, että ulkonäkö soveltuu vanhoihin rakenteisiin.

2.6.2 Alumiinin korroosio

Alumiinille tyypillisiä korroosiomuotoja ovat pistekorroosio, rakokorroosio ja galvaaninen korroosio. Pistekorroosiota aiheuttavat esimerkiksi kloridit, nokihiukkaset tai kupari-ionit. Rakokorroosiota esiintyy tavallisimmin rakenteen ahtaissa raoissa sekä likakerroksen tai eristeen alla. Galvaanista korroosiota aiheuttavat alumiinia jalommat metallit, erityisesti kupari. Korroosion nopeus on 0,1–0,5 µm vuodessa, mutta paikallisesti pistekorroosion maksimisyyvyys voi olla huomattavasti suurempi.

Alumiinin ja alumiiniseosten korroosionkestävyys on ilmasto-olosuhteissa hyvä. Pistesyöpyminen on aluksi tavallista, mutta syöpymien eteneminen hidastuu vähitellen. Pitkäaikaisessa ilmastorasi- tuksessa alumiinipinta himmenee ja karhenee vähitellen. Teollisuusilmastossa alumiinipinta voi tulla jopa mustaksi.

Luonnonvesissä alumiinin kestävyys riippuu veden liuenneista aineista. Alumiini kestää pehmeitä vesiä paremmin kuin kovia, päinvastoin kuin sinkitty teräs tai kupari. Karbonaattien, kloridien ja kuparin esiintyminen yhdessä on vaarallisempaa kuin niiden esiintyminen erikseen.

Merivedessä kestävät muokatuista seoksista parhaiten AlMg-seokset. Koska näiden seosten lujuus on hyvä ja ne ovat helposti hitsattavia, ne ovat yleisimmin käytettyjä alumiiniseoksia merivesiympäristössä. Myös AlMn-seosten korroosionkestävyys on erittäin hyvä, mutta niiden käyttöä rajoittaa alhaisempi lujuus. AlMg- ja AlMn-seoksilla korroosionopeus merivedessä on tavallisesti alle 5 µm vuodessa. Ensimmäisenä vuonna keskimääräinen korroosionopeus on 5 µm, mutta sen jälkeen se hidastuu siten, että kymmenvuotisen altistuksen keskimääräiseksi nopeudeksi tulee 0,8–1,5 µm vuodessa.

Alumiinin käyttäytyminen maaperässä riippuu maaperän kosteudesta, happamuudesta, liuenneista suoloista ja happipitoisuudesta. Korroosion kannalta vaarallisimpia ovat vanhat merenpohjan alueet ja täytemaat. Tuhkaa ja hiilimurskaa sisältävät täytemaat ovat erityisen syövyttäviä.

Parhaiten kestävät magnesiumseosteiset alumiinilaadut. Kaikki alumiini- ja alumiiniseorakenteet pitäisi kuitenkin suojata ennen upotusta maahan. Suojapinnoitteina voidaan käyttää esimerkiksi bitumia tai muovia.

Pinnoitettavaan betonipintoihin ei saa jättää alumiinisia muottisiteitä.

2.6.3 Kuparin korroosio

Kuparimetallien korroosionkestävyys on hyvä. Korroosionkestävyys perustuu metallin pintaan syntyvään suojakerrokseen. Ulkoilmassa kupari muuttuu ensin punaiseksi, mutta tummuu vähitellen ja muuttuu suotuisissa oloissa lopulta vihreäksi patinaksi. Kuparin korroosionopeus on meri- ja teollisuusilmastossakin vain noin 1–3 µm vuodessa. Kupari kestää hyvin vedessä, myös merivedessä. Maaperässä kuparin korroosionkestävyys on hyvä, tavallisesti korroosionopeus on noin 1 µm vuodessa. Happamassa ja suolapitoisessa maaperässä voi korroosionopeus kuitenkin olla jopa 50 µm vuodessa.

Laastit ja betonit eivät käytännön kokemusten mukaan syövytä kuparia. Metallin pinnan värjäytyminen on kuitenkin mahdollista.

2.6.4 Sinkin korroosio

Sinkki on terästä epäjalompi metalli. Sinkin korroosionkestävyys on kuitenkin parempi kuin teräksen, sillä sinkin reagoidessa ilmankosteuden, hapen ja hiilidioksidin kanssa sen pinnalle syntyy suojaavia alkalikarbonaatteja. Epäpuhtaassa ilmassa suoja-kerrosten korroosionestokyky heikkenee. Sinkin vuotuinen korroosionopeus on maaseutuilmastossa alle 1 µm, kaupunki-ilmastossa 1–2 µm ja teollisuusilmastossa jonkin verran suurempi.

Suolaus kiihdyttää sinkin korroosiota, jos suolaa jää rakenteen pintaan, esimerkiksi rakenteissa oleviin rakoihin tai taskuihin tai likakerrostumiin. Myös tuore betoni ja laasti syövyttävät liian tuoretta ja passivoitumatonta sinkkiä. Tämä ilmenee mm. kaidepylväiden juurien ruostumisena pylvään ja betonin rajakohdassa.

Kuumasinkityissä putkisilloissa veden virtausnopeus vaikuttaa sinkin korroosionopeuteen. Pehmeä vesi syövyttää sinkkiä enemmän kuin kova vesi. Suomessa vesi on yleensä pehmeää eli kovuuksuolaja on vähän. Myös vesien happamoituminen lisää korroosionopeutta.

2.6.5 Lyijyn korroosio

Lyijyä syövyttävät emäksiset aineet. Tämän vuoksi lyijy ei siedä kalkki- eikä sementtipohjaisia aineita.

3 METALLIRAKENTEIDEN KORJAUSTYÖN SUUNNITTELU

3.1 Metallirakenteen vaurioselvitys

3.1.1 Yleistä

Siltojen teräsrakenteille tyypillisiä vaurioita ovat korroosioauriot ja rakenteelliset vauriot kuten säröt, murtumat ja muodonmuutokset. Vaurioiden tarkastusmenetelmiä ovat näköhavainnot, mittaukset, pintatestaus sekä näytteiden otto ja laboratoriokokeet (*Sillantarkastusohje* /6/ luku 4). Teräsrakenteiden vaurioiden selvittämiseen tarvitaan lisäksi erikoistutkimuksia, varsinkin silloin, kun vauriot ovat silmälle näkymättömiä. Erikoistutkimuksia ovat mm. magneettijauhe- ja tunkeumanestetutkimus sekä ultraäänimittaus, joilla etsitään säröjä teräsrakenteista. Lisäksi vaurioiden syiden selvittämiseen voidaan tarvita mm. näytteenottoon perustuvia laboratoriotutkimuksia. Erikoistutkimus tilataan yleensä tutkimuslaitokselta tai asiaan perehtyneeltä konsultilta.

Vaurioita aiheuttavat muun muassa

- toistuva ylikuormitus
- teräksen korroosio
- teräksen väsyminen
- törmäykset
- perustusten liikkeet.

Vaurion syy on aina selvitettävä tutkimusten avulla ennen korjaamista. Vaurion tarkastuksessa on selvitettävä, miten ja mistä vaurio on saanut alkunsa. Erityinen huomio on kiinnitettävä vaurioihin, jotka sijaitsevat hitsiliitoksissa tai niiden läheisyydessä. Vaurion alkusyy voi tällöin olla virheellinen tai sopimattomilla lisäaineilla tehty hitsaus. Vikojen määrä ja laajuus selvitetään ultraääni- ja magneettijauhe- tai tunkeumanestetarkastuksilla. Myös rakenteiden mitat tarkistetaan. Tarkastuksista laaditaan aina raportti *Sillantarkastusohjeen* /6/ mukaan.

Tiedot rakenteessa käytetyistä materiaaleista saadaan sillan arkistoiduista urakka-asiakirjoista tai sillan rakentamisen yhteydessä laaditusta kelpoisuuskirjasta tai laaturaportista. Kelpoisuuskirjoja on laadittu 1970-luvulta lähtien ja laaturaportteja vuodesta 1990 lähtien. Ne löytyvät tiepiirien arkistoista tai vanhemmista silloista myös Maakunta-arkistosta. Jos materiaalitietoja ei ole, rakenteesta otetaan näytepalat, joista tehdään lujuusarvojen määrittelyt ja koostumusanalyysit. Hitsattavuus selvitetään tarvittaessa koostumusanalyysillä ja hitsauskokeella. Korjausmateriaalit valitaan tutkimustulosten perusteella.

3.1.2 Korroosioauriot

Korroosiota ilmiönä on käsitelty kohdassa 2.6. Siltarakenteissa korroosioaurioita esiintyy yleisimmin maalatuissa teräsrakenteissa sekä sinkityissä tai maalatuissa kaiteissa. Myös laakereiden ja liikuntasaumalaitteiden teräsosat ruostuvat usein korjausta edellyttävään kuntoon. Riippusiltojen köysissä ja niiden liittimissä on havaittu korroosioaurioita. Ne johtuvat useimmiten kittausten vaurioitumisesta, liitosten liikkumisesta ja köysien säikeiden katkeamisesta.

Sähkösinkityt kiinnikkeet ruostuvat muutamassa vuodessa käyttökelvottomiksi. Erilaisen jalousasteen omaavien metallien yhteen liittäminen aiheuttaa ruostevaurioita, jos rakenteet on suunniteltu väärin.

3.1.3 Säröt

Säröt ovat teräsrakenteiden ja niiden liitosten vedetyllä alueella esiintyviä, tavallisesti toistuvan kuormituksen aiheuttamasta materiaalin väsymisestä johtuvia materiaalin repeämiä. Teräsmateriaalissa, etenkin hitseissä, on useimmiten mikroskooppisia alkusäröjä, joista väsymissäröt voivat saada alkunsa. Myös detaljien huono suunnittelu ja huono hitsaustyö voivat saada aikaan riittävän suuren jännityshuipun särön ydintymiselle. Myös korroosiosta johtuva syöpyä voi aiheuttaa rakenteeseen jännityshuippuja, joista särö saa alkunsa.

Toistuvan kuormituksen aiheuttamien jännitysvaihteluiden kuormittaessa rakenneosaa säröt voivat kasvaa näkyviksi halkeamiksi ja jopa kokonaisten hitsien repeämiksi ja rakenneosien väsymismurtumiksi. Säröilyä edistävät myös materiaallivat kuten laminaarisuus.

Väsymissäröjä esiintyy usein rakenteissa, joissa muodonmuutokset ovat erityisen suuria (esim. riippusilloissa) tai joihin kohdistuu jäykemmistä rakenteista pakkomuodonmuutoksia. Tällaisia rakennedetaljeja voivat olla mm. riippusiltojen riipputankojen ja jäykistyspalkkien hitsiliitokset, langerpalkkisiltojen poikkipalkkien päiden hitsiliitokset sekä betonikannen liitosalueet teräspalkistoon ja teräspalkkien jäykisteisiin. Rakenneosien voimakas värähtely voi myös lisätä merkittävästi väsyttävää kuormitusta.

Kantavat rakenteet, kuten pää-, sekundääri- ja poikkipalkit sekä riipputangot, joissa näkyviä säröjä on havaittu, pitää korjata heti. Säröt voivat edetessään johtaa nopeasti rakenteen tai jopa koko sillan kantokyvyn menetykseen.

Sekundäärisissä rakenteissa, kuten jäykisteissä, havaitut säröt eivät ole yhtä vaarallisia. Niissäkin säröt ovat kuitenkin oire rakenteen huonosta toiminnasta. Säröt voivat edetä esim. jäykistehitseitä palkkien uumaosiin tai ne voivat edetessään heikentää rakenneosien vakautta. Säröjen kehittymistä on seurattava ja ne on korjattava riittävän nopeasti.

3.1.4 Murtumat

Siltojen teräsosat voivat murtua mm. väsymis-säröilyn, korroosion tai niiden yhteisvaikutuksen seurauksena. Tyypillisiä murtumia ovat liitineli-mien, niittien ja ruuvien murtumiset korroosion ja pysyvän jännitystilän seurauksena. Riippusilloissa ovat riippuköysien yksittäisten säikeiden murtumi-set yleisiä pintakäsittelyn vaurioiden aiheuttaman syöpmän takia. Yksittäisten säikeiden murtumi-

nen ei ole vielä vaarallista, jos ilmiö voidaan py-säyttää pintakäsittelyä parantamalla. Jatkuessaan säikeiden murtuminen voi johtaa koko riippuköy-den uusimiseen.

3.1.5 Muodonmuutokset

Siltojen teräsosien muodonmuutokset ja pahim-massa tapauksessa murtumat aiheutuvat joko ul-koisista tekijöistä, kuten ajoneuvojen törmäyksistä ja perustusoloissa tapahtuneista muutoksista, tai sisäisistä tekijöistä, kuten yksittäisten rakenneosi-en murtumisesta tai liitosten liukumisesta.

Tyypillisiä törmäysvaurioita ovat ylikorkeiden ajo-neuvojen ristikko- ja kaarisiltojen yläpuolisiin port-taalisauvoihin aiheuttamat vauriot. Myös ajoneu-vojen törmäysten ja tieltäsuistumisten takia voivat esim. riipputangot ja kaiteet vaurioitua.

Tukien painumat ja riippusilloissa myös vastapai-noankkureiden siirtymät voivat aiheuttaa siltojen palkistoihin pysyviä muodonmuutoksia. Näitä voi aiheutua myös ylliraskaista kuljetuksista raken-teen teräsjännityksen ylittäessä myötörajan.

3.2 Periaateratkaisu

Korjaushankkeen tärkein vaihe on periaateratkai-sun teko, jossa työlle määritellään sellaiset toteut-tamisratkaisut, työmenetelmät ja materiaalit, joilla voidaan saavuttaa paras mahdollinen lopputulos.

Periaateratkaisulla tarkoitetaan teräsrakenteen korjaustoimenpiteen valintaa seuraavista vaihto-ehdoista:

- Ei tehdä mitään toistaiseksi. Riskit on selvitet-tävä.
- Arvioidaan uudelleen rakenteen kantokyky, mikä voi johtaa teräsrakenteen käytön rajoi-tuksiin.
- Estetään tai vähennetään lisävauriot raken-etta parantamalla.
- Parannetaan, vahvennetaan ja kunnostetaan teräsrakenne osittain tai kokonaan.
- Puretaan ja rakennetaan uudelleen koko teräsrakenne tai osia siitä.

Vaihtoehtojen valinnassa pitää ottaa huomioon

- a) teräsrakenteen käyttötarkoitus ja suunniteltu käyttöikä sekä pinnoitteiden ja muiden korja-usmenetelmien käyttöikä
- b) vaadittavat käyttöominaisuudet kuten lujuus, iskutkeys, väsymiskestävyys ja muodon-muutokset
- c) suojaus- tai korjaustöiden todennäköinen pitkäaikaiskestävyys
- d) mahdollisuudet lisäsuojaukseen, lisäkorjauk-seen ja kunnon seurantaan
- e) teräsrakenteen suunnitellun käyttöiän aikana eteen tulevien korjauskertojen hyväksyttävä määrä ja kustannukset
- f) vaihtoehtoisten suojaus- tai korjaustoimen-piteiden kustannukset ja rahoitus, mukaan lukien tulevat käyttö- ja kunnossapitokustan-nukset
- g) teräsrakenteen korjausalustan ominaisuudet ja mahdolliset esikäsittelymenetelmät
- h) suojatun ja korjatun teräsrakenteen ulkonäkö.

Suunnittelija selvittää kussakin tapauksessa kysy-mykseen tulevat vaihtoehdot ja esittelee ne tilaa-jalle, joka tekee päätöksen jatkotoimista.

3.3 Korjausmenetelmän valinta

Metallirakenteiden korjaamisessa tulee tapauskohtaisesti kysymykseen seuraavat korjaustavat:

- Loivien taipumien ja muodonmuutosten korjaaminen taivuttamalla alkuperäiseen asentoon.
- Oikominen voidaan tehdä tapauksesta riippuen kylmänä tai esilämmitystä käyttäen.
- Säröjen ja repeämien korjaaminen hitsaamalla. Tätä korjaustapaa käytettäessä viat avataan täydellisesti hiomalaikalla tai polttopuikolla, minkä jälkeen hitsaus tehdään suunnitelman mukaan.
- Särön etenemisen pysäyttäminen poraamalla reikä särön päähän esim. silloin, kun hitsaamista ei voida käyttää.
- Vauriokohtien vahventaminen lisämateriaalilla. Vauriokohtaan kiinnitetään hitsaamalla, pulttaamalla tai liimaamalla vahvikelevy tai jäykkääjä.
- Vaurioitunut kohta poistetaan ja korvataan kokonaan uudella materiaalilla.
- Pienet pintasäröt voidaan korjata pelkästään hiomalla jouheasti ja tarkastamalla, että virhe on saatu pois.

3.4 Metallirakenteen korjaussuunnitelma

Suunnittelija laatii vaurioselvityksen ja tehdyn periaateratkaisun perusteella korjaussuunnitelman, johon kuuluvat siltakohtaiset laatuvaatimukset, korjaustyöselitys ja tarvittavat piirustukset.

Korjaustyön suunnitteluvaiheessa selvitetään ja päätetään, mitä materiaalia korjauksessa käytetään. Korjaamisessa pyritään yleensä aina käyttämään alkuperäistä materiaalia vastaavaa ainetta, mikäli se on osoittautunut lujuudeltaan, väsymiskestävyydeltään ja korroosio-ominaisuuksiltaan tavoitteen mukaiseksi. Jos vaurio normaalkäytössä on syntynyt aikaisemmin kuin alkuperäisten kestävyysuunnitelmien mukaan olisi ollut odotettavaa, korjausmateriaaliksi valitaan yleensä lujempi aine tai lisätään poikkileikkausta tai rakennepaksuutta.

Korjaussuunnitelmaa laadittaessa on otettava huomioon, että korjauksessa ja asennuksessa saattaa esiintyä mm. seuraavia vaikeuksia:

- rakenteen massat ovat suuria
- tuenta- ja apurakenteiden sijoittaminen on vaikeaa
- rakenteen jännityksetön tila korjauskohteessa on vaikea saavuttaa
- vanhoja materiaaleja voi olla vaikea tunnistaa
- rakenteen vakavuus voi vaarantua työn aikana
- liikenteenjärjestely voi olla vaikeaa työn aikana.

Korjaustöiden yhteydessä on otettava huomioon, ettei jännityksen alaista rakennetta saa korjata hitsaamalla eikä lämpökäsittelyllä.

Kantavien metallirakenteiden korjaussuunnitelmassa esitetään ainakin seuraavat asiat, jotka eivät aina esiinny pienissä kohteissa:

- Tiedot korjattavasta rakenteesta; vaurioituneiden osien nimeäminen ja sijainti rakenteessa (kaavio).
- Selvitys vaurioiden laadusta ja laajuudesta eri rakenneosissa.
- Tiedot korjattavan rakenteen materiaaleista ja korjauksessa käytettävät materiaalit, aineet ja tarvikkeet sekä niiden soveltuvuus korjauksiin.
- Selvitys pintakäsittelyyn liittyvien näkökohtien huomioon ottamisesta uusien osien muotolussa.
- Selvitys korjausten mahdollisesta vaikutuksesta materiaalien ja rakenteen ominaisuuksiin.
- Työsuunnitelma työvaiheittain eri korjauskohteille ja aikatavoitteet.
- Uusittavien osien piirustukset ja yksityiskohdat.
- Laatuvaatimukset.
- Laadunvalvonta ja tarkastukset sekä valmiin työn vaatimustenmukaisuuden osoittaminen.
- Työturvallisuutta ja ympäristönsuojelua koskevat vaatimukset.

Korjaussuunnitelman liitteeksi laaditaan tarvittaessa

- metallin lujuusarvojen määritykset
- metallin koostumuksen analyysit
- hitsattavuuden arviointi
- pinnoitteen analyysit.

3.5 Työnaikaiset suunnitelmat

Urakoitsija laatii ennen työn aloittamista korjaussuunnitelman perusteella työkohtaiset valmistus-, asennus- ja pintakäsittely- sekä niihin liittyvät laatusuunnitelmat. Näiden suunnitelmien liitteeksi laaditaan tarvittaessa yksityiskohtaisia teknisiä työsuunnitelmia tärkeimmistä työvaiheista, kuten hitsauksesta ja kitkaliitosten tekemisestä. Suunnitelmat luovutetaan hyvissä ajoin ennen töiden aloitusta tilaajalle tarkastettavaksi.

3.5.1 Valmistussuunnitelma

Rakenneosat valmistetaan konepajassa valmistajan laatimien valmistussuunnitelmien mukaan. Valmistussuunnitelmassa esitetään ainakin seuraavat asiat:

- materiaalien tilaus, vastaanotto ja varastointi
- materiaalien esikäsittely, paloittelu ja muotoilu
- liitosten tekeminen (hitsaus-, ruuvi- ja kitkaliitokset)
- rakenneosien kokoonpano ja viimeistely
- työntekijät pätevyystietoineen
- koneet ja laitteet
- pintakäsittelyn työvaiheet
- varastointi.

Yksityiskohtaiset ohjeet valmistussuunnitelmassa esitettävistä asioista on esitetty *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdassa 42040.3.2.1.1 (SYL 4 /3/ kohta 4.3.1.1)*.

3.5.2 Asennussuunnitelma

Asentaja laatii kantavien rakenneosien asennuksesta kirjallisen asennussuunnitelman työvaiheittain. Asennussuunnitelmassa esitetään yksityiskohtaisesti osien paikoilleen asemointi, kokoaminen ja osien liittäminen korjattavaan rakenteeseen kaikkine työhön liittyvine toimineen ja selvityksineen. Suunnitelmaa selvennetään tarvittavilta osin piirroksilla ja niihin liittyvillä teksteillä. *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdassa 4020.3.9.4.2 (SYL 4 /3/ kohta 4.4.4.2)* on esitetty yksityiskohtaisesti, mitä asennussuunnitelman pitää sisältää. Ohjeita voidaan käyttää soveltaen hyväksi myös korjausasennustöiden suunnitelmaa laadittaessa.

Asennussuunnitelman tekijällä pitää olla hyvät teoreettiset tiedot mm. lujuuslaskennasta ja koke-musta teräsrakenteiden asentamisesta ja suunnit-elusta.

Työvaiheet esitetään asennussuunnitelmassa yksityiskohtaisesti. Niitä ovat ainakin

- asennettavien osien nostot ja siirrot sekä niissä tarvittavat työvälineet
- osien asemointi paikoilleen asennusjärjestyksessä (esim. kaavion avulla)
- osien väliaikaiset tuennat laskelmineen
- liitosten tekeminen (hitsaus-, ruuviliitos- tai kitkaliitossuunnitelma)
- korjauskohteessa tehtävät pintakäsittelytyöt (tarvittaessa erillinen pintakäsittelysuunnitelma)
- ympäristönsuojelu- ja liikenteenjärjestelytoimet.

Lisäksi asennussuunnitelmassa esitetään asennusorganisaatio ja työntekijöiden pätevyystiedot.

3.5.3 Pintakäsittelysuunnitelma

Suurissa ja vaativissa teräsrakenteiden korjaustöissä pintakäsittelysuunnitelma tehdään erillisenä. Pienissä töissä suunnitelma voi olla osa valmistus- ja asennussuunnitelmaa. Pintakäsittelysuunnitelmassa eli pintakäsittelyn teknisessä työsuunnitelmassa esitetään *SILKO-yleisohjeen 1.351 /1/ kohdassa 4.2* vaaditut asiat.

3.5.4 Laatusuunnitelmat

Koko työn laatusuunnitelmassa esitetään *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdassa 42001.4.2 (SYL 1 /7/ kohta 1.4.2)* vaaditut asiat.

Työvaiheiden laatusuunnitelmat voivat olla joko osana valmistus-, asennus- tai pintakäsittelysuunnitelmaa tai isoissa ja vaativissa korjaustöissä myös erillisiä suunnitelmia. Työvaiheiden laatusuunnitelmissa esitetään *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdassa 42001.4.3 (SYL 1 /7/ kohta 1.4.3)* vaaditut asiat. Työvaiheiden laatusuunnitelmat tehdään yleensä erikseen valmistukselle, asennukselle ja pintakäsittelylle.

4 METALLIRAKENTEIDEN LAATUVAATIMUKSET

4.1 Valmistusta, asennusta ja pintakäsittelyä koskevat yleiset vaatimukset

4.1.1 Laadunhallinta

Pääurakoitsijalla ja tärkeimmillä aliurakoitsijoilla, kuten metallirakenteiden valmistajalla, ja asentajalla sekä pintakäsittelijällä on oltava toimiva laadunhallintajärjestelmä.

Pääurakoitsijalla on oltava Rakentamisen Laatu RALA ry:n Rakennusyritysten toimintatapojen hyväksyntä tai vastaava osoitus laadunhallinnan tasosta, esimerkiksi kyseistä toimintaa koskeva sertifikaatti sekä työn vaikeusasteeseen ja laajuuteen soveltuva luokitus siltojen korjaustöistä (K1 tai K2).

Uusittavien teräsosien valmistajan, asentajan ja pintakäsittelijän tuotannon on oltava Inspecta Sertifiointi Oy:n tai vastaavan kolmannen osapuolen tarkastustoiminnan alaista. Näiden urakoitsijoiden tulee olla Liikenneviraston hyväksymiä.

4.1.2 Henkilöstön pätevyys

Urakoitsijalla pitää olla käytettävissään ammattitaitoinen ja laadunhallintajärjestelmän mukaisesti koulutettu hitsaus-, liitos-, asennus- ja pintakäsittelytöitä tekevä henkilökunta, jonka pätevyys voidaan osoittaa kirjallisesti.

Metallirakenteiden valmistusta ja asennusta johtavalla työnjohtajalla on oltava teräs- tai muiden metallirakenteiden valmistukseen ja/tai asennukseen soveltuva teknillisen koulun tai opiston tutkintoa vastaava koulutus ja *Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan B7 /8/* mukainen teräsrakenteiden vastaavan työnjohtajan pätevyys tai vastaavat tiedot ja kokemusta teräs- tai muiden metallirakenteiden valmistuksesta ja asennuksesta.

Työvoiman on oltava joko koulutuksen tai työkokemuksen perusteella ammattitaitoista. Koneiden ja laitteiden käyttäjien on saatava niiden valmistajan tai maahantuojan järjestämä ohjaus, ellei opetus sisälly ammattikoulutukseen tai valmistaja itse järjestä pätevää työnohjausta. Hitsaajien pätevyyden tulee täyttää *InfraRYL:n osan 3 /2/* kohdassa 42040.3.4.6 (SYL 4 /3/ kohta 4.3.3.6) esitetyt vaatimukset.

Pintakäsittelyn työnjohton ja työntekijöiden pätevyyden tulee täyttää *InfraRYL:n osan 3 /2/* kohdassa 42040.0.4 (SYL 4 /3/ kohta 4.1.7) esitetyt vaatimukset.

4.1.3 Työtilat ja -välineet

Urakoitsijalla pitää olla asianmukaiset työtilat ja kunnossa olevat työvälineet ja koneet. Siltapaikalla työskentelyolosuhteet mm. hitsaus- ja pintakäsittelytöitä varten on tarkoituksenmukaisia suojia käyttäen saatettava sellaisiksi, että vaadittu laatu-taso voidaan saavuttaa.

4.2 Materiaalit ja tarvikkeet

Pysyviin rakenteisiin ei saa käyttää aineita eikä tarvikkeita, joiden laatua ja vaatimustenmukaisuutta ei ole etukäteen todettu.

Tuotteiden valmistuksen on oltava hyväksyttävän laadunvalvonnan alaista ja laadunvalvontakokeiden tulosten tulee olla saatavissa.

Materiaalien ja tarvikkeiden laatuvaatimukset esitetään korjaussuunnitelmassa.

Rakenneterästen sekä muiden teräsmateriaalien ja metallien ominaisuudet on esitetty kohdissa 2.2–2.4. Rakenneterästen mekaaniset, fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet ja muut yleiset laatuvaatimukset käyvät ilmi *InfraRYL:n osa 3 /2/* kohdissa 42040.1.2.1 ja 2 (SYL 4 /3/ kohdat 4.2.2.1 ja 2).

Liitosaineiden ja -tarvikkeiden, kuten hitsauksen lisäaineiden, ruuvitarvikkeiden, vaarnojen ja muiden aineiden ja tarvikkeiden yleiset laatuvaatimukset käyvät ilmi *InfraRYL:n osan 3 /2/* kohdissa 42040.1.4 ja 5 (SYL 4 /3/ kohdat 4.2.4 ja 5).

Pinnan laadun arvostelussa voidaan pitää lähtökohtana standardin SFS-EN 10163-2 luokkaa A1 sekä muodon ja aaltomaisuuden osalta *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdan 42040.3.1.4 (SYL 4 /3/ kohta 4.2.6.4)* vaatimuksia, ellei suunnitelmassa ole muuta vaadittu.

Materiaalien laatu todetaan 100 %:n varmuudella pitämällä valmistuserätunnuksista kirjaa vastaanoton yhteydessä. Osiin pitää valmistuksen yhteydessä merkitä joko maalikynällä tai stanssaamalla valmistuserätunnus ja osan nimi sekä sijainti rakenneosassa materiaalin jäljitettävyyden varmistamiseksi.

4.3 Osien valmistaminen

Uusittavat metalliosat valmistetaan työpiirustusten mukaan konepajassa.

Rakenneosien mittatarkkuusvaatimukset ovat *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdan 42040.3.2.1.5 (SYL 4 /3/ kohta 4.3.1.5)* mukaiset, ellei korjaussuunnitelmassa muuta ole vaadittu. Suljettujen koteloiden tulee olla ilmatiiviitä.

Rakenneosien valmistukseen voi kuulua teräsosien paloittelua ja muotoilua, reikien tekemistä, hitsi- ja pultti- ja kittkaliitoksia ja osakokonaisuuksien kokoonpanoa. Näitä työvaiheita koskevia yleisiä laatuvaatimuksia on esitetty *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdissa 42040.3.3-8 (SYL 4 /3/ kohdat 4.3.2-7)*.

Osat valmistetaan levystä työpiirustuksen mukaiseen muotoon yleensä polttoleikkaamalla. Osiin mahdollisesti tulevat reiät tehdään poraamalla.

Erikoistapauksissa reikiä voidaan tehdä myös lävistämällä tai polttoleikkaamalla. Osat viimeistellään *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdan 42040.3.3.1 (SYL 4 /3/ kohta 4.3.2.1)* mukaan. Osien kokoonpano toteutetaan valmistussuunnitelman mukaisessa työjärjestyksessä siten, että rakenneosat täyttävät mitoiltaan, muodoltaan ja muilta teknisiltä ominaisuuksiltaan suunnitelmissa asetetut vaatimukset.

Hitsaus on tehtävä menetelmäkokeisiin perustuvien hitsausohjeiden mukaisesti.

Vammit rakenneosat viimeistellään suunnitelmien mukaiseen laatuasteeseen standardin SFS 8145 mukaan. Maalattavien rakenneosien esikäsittelyn laatuastevaatimus on yleensä 05 standardin SFS 8145 mukaan, mikä edellyttää hyvin huolellista terästyön viimeistelyä ja suihkupuhdistusta asteeseen Sa2½.

4.4 Asentaminen

Rakenneosien asentaminen siltakohteessa tehdään korjaussuunnitelman ja asentajan laatiman asennussuunnitelman mukaan.

Asennettujen teräsrakenteiden muoto- ja mittatarkkuusvaatimusten on oltava *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdan 42040.3.9.1 (SYL 4 /3/ kohta 4.4.1)* mukaiset, ellei korjaussuunnitelmassa muuta ole vaadittu.

Siltojen korjaustyöhön liittyvät asennustyön vaiheet ovat pääkohdittain lueteltuna

- rakenteen väliaikaiset tuennat
- asennettavien osien kuljetukset, siirrot ja nostot
- asennusliitosten tekeminen
- viimeistelytyöt
- pintakäsittelyt.

Asennusosien kuljetuksissa, nostoissa ja siirroissa kiinnitetään huomiota tuenta- ja nostokohtiin, jotka suojataan siten, että vaurioita, kuten taipumia, kolhuja ja naarmuja, ei pääse syntymään.

Osien paikoilleen asemoinnin ja väliaikaisen tuennan jälkeen varmistetaan mittauksin, että osien asema ja osakokonaisuuksien muoto sekä pystyettä vaakatasossa on vaatimusten mukainen.

Asennusliitokset tehdään asentajan laatimien hitsaus-, kitka- tai ruuviliitossuunnitelmien mukaan.

Hitsaus tehdään asennusoloissa yleensä joko MAG- tai puikkohitsauksena menetelmäkokeisiin perustuvien hitsausohjeiden mukaisesti. Hitsausjärjestys on valittava siten, että rakenteisiin syntyvät haitalliset jännitykset ja muodonmuutokset jäävät mahdollisimman pieniksi. Väärin valittu hitsausjärjestys voi ääritapauksessa aiheuttaa hal-

keamia hitseihin. Muita hitsiliitosten onnistumisen kannalta tärkeitä asioita ovat mm.

- työolojen järjestäminen siten, että tuuli ja sade eivät pääse vaikuttamaan hitsauskohtaan
- hitsipuikkojen kuivaaminen
- sopivien hitsausparametrien valinta
- hitsirailojen puhtaus ja muotoilu.

Tärkeimpien hitsiliitosten, mm. kantavien rakenteiden päittäisliitosten, onnistuminen varmistetaan ennalta tehtävillä standardin SFS-EN ISO 15614-1 mukaisilla menetelmäkokeilla. Hitsausliitosten laatuvaatimukset ja hitsausohjeet on esitetty *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdassa 42040.3.4 (SYL 4 /3/ kohta 4.3.3).*

Ruuvi- ja kitkaliitokset on tehtävä *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdissa 42040.3.5 ja 6 (SYL 4 /3/ kohdat 4.3.4 ja 5)* esitettyjen laatuvaatimusten mukaisesti.

Ruuvi- ja kitkaliitosten onnistumisen ja kestävyyskannalta tärkeitä asioita ovat

- vastakkain tulevien pintojen puhtaus ja yhteensopivuus
- ruuvien oikea kiristysjärjestys ja oikea lopullinen kireys
- saumojen tiivistys viimeistelyvaiheessa.

Kitkaliitosten kitkapinnat suihkupuhdistetaan kvartsihiekkalla esikäsitteysteeseen Sa2½ (SFS 8501-1). Kitkapinnat maalataan 20–40 µm:n sinkkisilikaattimaalikerroksella välittömästi suihkupuhdistuksen jälkeen.

Asennusliitokset viimeistellään vaaditun laatuasteen edellyttämällä tavalla standardin SFS 8145 mukaan.

4.5 Pintakäsittely

Teräsrakenteiden pintakäsittelyä koskevat yleiset laatuvaatimukset on esitetty *InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdassa 42050.1.1 (SYL 4 /3/ kohta 4.5.1.3).*

Osat pintakäsitellään korjaussuunnitelman ja valmistajan laatiman pintakäsittelysuunnitelman mukaan. Pintakäsittelyn onnistuminen ja suunnitellun kestoajan saavuttaminen edellyttävät, että

- olosuhteet pintakäsittelylle ovat sopivat
- esikäsitteilyn laatuaste on suunnitelman mukainen
- pintakäsittelyaineet ovat laadukkaita ja tuoreita
- eri kerrosten päällemaalausväliajat ovat riittävät
- kokonaiskalvonpaksuus on suunnitelmien mukainen.

Asennuskohteen pintakäsittelytyöt tehdään korjaussuunnitelman ja urakoitsijan laatiman pintakäsittelysuunnitelman mukaan. Työt tehdään periaatteessa samoin kuin konepajamaalauksen yhteydessä. Asennuskohteessa työskenneltäessä on otettava huomioon, että sää- ja työolot vaihtelevat ja maalattavat pinnat ovat usein epäpuhtaita.

5 TYÖTURVALLISUUS

5.1 Turvallisuusasiakirja ja turvallisuussuunnitelma

Teräsrakenteiden korjaamista valmistellessaan tilaajan (rakennuttajan) on laadittava työn suunnitelua ja valmistelua varten turvallisuusasiakirja. Se sisältää sillan korjaushankkeen ominaisuuksista, olosuhteista ja luonteesta aiheutuvat ja sen toteuttamiseen liittyvät tarpeelliset turvallisuustiedot. Näitä tietoja käytetään lähtökohtana suunniteltaessa vaarojen ja haittojen ehkäisyä sekä turvallisuustoimien toteutusta. Tällä turvallisuusasiakirjalla ilmoitetaan urakkalaskentaa varten kohteita, jotka vaativat työsuojelullisia erityistoimia.

Sillan korjaustyön turvallisuusasiakirjan laadinnassa voidaan soveltaa Liikenneviraston urakka-asiakirjamalleihin kuuluvaa *Turvallisuusasiakirjamallia* /9/.

Tilaaja voi antaa turvallisuusasiakirjan laadinnan suunnittelijan tehtäväksi. Tilaaja kuitenkin vastaa siitä, että asiakirja laaditaan. Jollei tilaaja määrää esimerkiksi pääurakoitsijaa toimimaan sillakorjausurakan päätoteuttajana, joutuu hän itse hoitamaan päätoteuttajalle lainsäädännössä määrätyt velvoitteet.

Tarvittaessa valittu urakoitsija laatii turvallisuusasiakirjan pohjalta turvallisuussuunnitelman, jossa on esitetty mm. työturvallisuuteen liittyvät riskit ja toimenpiteet niiden toteutumisen estämiseksi. Suunnitelma toimitetaan tilaajan tarkastettavaksi.

5.2 Työmaan yleisjärjestelyt

Sillankorjaustyössä on huolehdittava työntekijöiden ja yleisen liikenteen turvallisuudesta. Liikennealueella työskenneltäessä on työmaasta oltava kirjallinen liikenteenohjaussuunnitelma. Liikenteen järjestelyissä noudatetaan *Liikenne tietyömaalla julkaisusarjan* /10/ ohjeita.

Työmaalla on oltava rakennuttajan nimeämä työturvallisuuskoodinaattori (*Valtioneuvoston päätös Vnp 205 /13/*) ja urakoitsijan palveluksessa oleva liikennejärjestelyistä vastaava henkilö, jolla on oltava Tieturva 2-pätevyys. Vastaava pätevyys edellytetään myös työmaan työnohtajilta ja valvojilta. Tiellä työskentelevillä on oltava Tieturva 1-pätevyys.

Tiellä tehtävässä työssä on käytettävä CE-merkittyä 2. luokan ja liikenteenohjaustehtävissä 3. luokan standardin SFS-EN 471 mukaista varoitusta.

Jos sillan korjaustyöt vaikuttavat radan rakenteisiin, turvalaitosten toimintaan tai voivat vaarantaa rautatieliikennettä eli ovat niin sanottua ratatyötä, pitää ratatyötä tekevien ja tarkastavien henkilöiden täyttää Ratatyön yleiset ja erityiset kelpoisuusvaatimukset (*Radanpidon turvallisuusohjeet, TURO, RHK:n julkaisu B24 2009 /11/*).

Vesistöillä on vesiliikenteelle varattava esteetön kulku telinerakenteista huolimatta. Silta-aukon ja väylän merkinnässä korjaustyön aikana voidaan käyttää aukossa vesiliikennemerkkejä ja väylässä viittoja tai muita merenkulun turvalaitteita. Silta-aukon ja väylän väliaikaisesta merkinnästä tehdään esitys paikalliselle merenkulkupiirille. Merkintäsuunnitelman voi tilata myös merenkulkupiiriltä.

Työturvallisuuden sekä työn onnistumisen ja laadunvalvonnan kannalta kohteessa on oltava riittävä ja sopiva yleisvalaistus. Tarvittaessa on käytettävä yleisvalaistuksen lisänä sopivia kohdevalaisimia. Erityisesti kulku- ja kuljetusteillä on oltava riittävä ja sopiva yleis- ja paikallisvalaistus. Suuria äkillisiä valaistuseroja ja häikäisyä on vältettävä. Valaisimet on suunnattava siten, etteivät ne häikäise kohteen ohi kulkevaa liikennettä.

Sillan kaiteet puretaan vasta, kun se on työn kannalta aivan välttämätöntä. Työt on järjestettävä ja ajoitettava niin, ettei synny turvallisuusriskejä; esim. kaiteiden poiston jälkeen työntekijöiden puutoaminen on estettävä turvaköysillä tms. Yleisen liikenneturvallisuuden takia kaiteettomat kohdat on suojattava hyvin väliaikaisilla kaiteilla ja kulkesteilla. Sillankorjaustyömaa pitää aina eristää yleisestä liikenteestä puomein ja betoniporsain.

5.3 Melu ja värinä

Vuonna 1995 ja sen jälkeen hankittujen käsityövälineiden ja muiden koneiden ohjekirjassa on oltava konepäättöksen Vnp 1410/1993 mukaan maininta koneen aiheuttamasta värinästä ja koneen synnyttämästä melupäästöistä. Arvioidessaan työoloja henkisuojaimen käyttöä varten työnantajan on otettava huomioon, että Valtioneuvoston päätös työntekijän suojelusta työssä esiintyvän melun aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta (1404/1993) määrää 5 §:ssä, että työnantajan on laadittava ja pantava täytäntöön meluohjelma silloin, kun

työntekijän päivittäinen meluallistus ylittää 85 desibeliä. Paineilmakäyttöisistä käsityövälineistä aiheutuu usein yli 85 desibelin melu, jolloin kuulosuojaimien käyttö on tarpeen.

Metallirakenteita työstettäessä syntyy usein ympäristöä haittaavaa melua. *Ympäristönsuojelulain* /12/ mukaisen meluilmoituksen tarpeellisuus terässiltatöissä on otettava selvälle kussakin tapauksessa paikalliselta kunnan viranomaiselta, yleensä terveys- tai ympäristönsuojelulautakunnalta.

5.4 Palovaara

Palovaaraa aiheuttavia töitä tekeville työntekijöillä ja työnjohtajalla on oltava voimassa oleva tulityökortti.

Polttoleikkaus-, hitsaus- ja hiontatöissä on otettava huomioon palovaara. Kipinäsuikun tielle ei saa jäädä mitään helposti syttyvää ja palavaa materiaalia. Tällaisia ovat mm. kreosootilla kyllästetyt puukannet, bitumiset eristysmateriaalit, puutelineet ja sääsuojat. Työpaikalla on oltava myös alkusammutuskalusto.

Suojavaatteiden on oltava puuvillaisia, mielellään palosuojattuja, tai on käytettävä nahkaista suojaesiliinaa. Hitsarin suojavaatetuksen mallia ja materiaalia säätelee standardi SFS-EN 470–1. Keinokuituiset vaatteet saattavat syttyä kipinästä ja sulaa erittäin helposti. Keinokuituiset vaatteet aiheuttavat myös hankaussähköä, joka saattaa aiheuttaa esimerkiksi liuotehöyryjen (palovaarallisten kaasujen) syttymisen.

5.5 Kemialliset aineet

Työntekijöiden käytettävissä on oltava suomenkieliset käyttöturvallisuustiedotteet käytettävistä maaleista, liuotteista sekä muista työssä ja tarkastuksissa käytettävistä kemiallisista aineista.

Niissä on ohjeita aineiden käsittelystä, niiden haitoilta suojautumisesta ja jätteiden hävittämisestä. Ohjeiden noudattamista on valvottava.

5.6 Purku- ja nostotyöt

Rakenteiden purkujärjestys on suunniteltava niin, ettei työstä aiheudu sortumisvaaraa. Purkutyömaa on eristettävä tarpeellisissa kohdissa muista alueista. Tällöin estetään asiattomien pääsy työmaalle. Purkutöissä on yleensä käytettävä suojatelineitä tai -verkkoa estämään purkujätteiden, työkalujen, tarvikkeiden yms. putoaminen vesistöön tai alikulkevan liikenteen päälle sekä niiden kulkeutuminen ympäristöön.

Kaiteita ei yleensä saa poistaa ennen kuin ryhdytään purkamaan rakenteita, joihin kaiteet on kiinnitetty. Työntekijöiden putoaminen on estettävä turvavöillä, ellei käytetä asiallisia työtelineitä tai kulkutiet eivät ole kunnossa.

Purkutyössä voidaan käyttää myös henkilönostinta. Purettavaa osaa ei saa kuitenkaan koskaan laskea henkilönostimen varaan, eikä yleensä myöskään työtelineiden varaan, ellei telineitä ole erityisesti mitoitettu kestämään purkujätteiden kuormaa.

Purku- ja nostotöissä on aina käytettävä suojakypärää. Käytettävien nostolaitteiden ja nostoapuvälineiden on oltava asianmukaisia ja työhön sopivia sekä määräysten mukaisessa kunnossa ja tarkastettuja (*Valtioneuvoston päätös Vnp 205 /13/*). Erityisesti on kiinnitettävä huomiota kappa-

lenostoihin käytettäviin nostoapuvälineisiin, jotta erilaisten kappaleiden kiinnipysyminen varmistetaan. Tarraimilla nostettaessa nosto on yleensä varmistettava ketjuilla. Henkilönostinten käytöstä on annettu ohjeita *Valtioneuvoston päätöksessä Vnp 793/1999 /14/*.

5.7 Hitsaus-, polttoleikkaus- ja hiontatyöt

Metalleista voi niitä käsiteltäessä, työstettäessä, hitsattaessa ja polttoleikattaessa aiheutua haittaa työntekijöille. Metallikuumetta voi aiheutua sinkittyjä, kuparia tai magnesiumia sisältäviä aineita ja esineitä hitsattaessa ja polttoleikattaessa. Aineiden pölykin voi aiheuttaa oireita kiillotettaessa ja hiottaessa näitä metalleja. Metallikuumeen ensioireita ovat kuiva yskä ja kurkkukipu. Muutaman tunnin kuluttua ilmenee vilunväreitä, raajasärkyä ja kovaa kuumetta. Oireet voivat kestää jopa vuorokauden. Tauti on erittäin kiusallinen, mutta toipuminen on täydellistä.

Alumiinia hitsattaessa elimistöön voi imeytyä niin suuri määrä alumiinia, että se haittaa keskushermoston muistia ja tarkkaavuutta sääteleviä toimintoja.

Nikkeliä käytetään terästeollisuudessa seosaineena metallien pintakäsittelyssä. Sille altistutaan hitsattaessa ruostumatonta terästä tai käsiteltäessä erilaisia nikkelpitoisia metalliseoksia, jolloin se herkistää hengitysteiden limakalvoja. Nikkelille altistunut ei kuitenkaan saa oireita koskettaessaan ruostumatonta terästä. Sen sijaan metallien lastuavassa työstössä iho joutuu kosketuksiin leikkuneeseen kanssa, joka saattaa sisältää työstävästä metallista irronnutta nikkeliä. Nesteessä voi olla myös pieni määrä koboltia, jota on yleisesti nikkelin epäpuhtautena. Usein siis herkistytään samanaikaisesti sekä nikkelille että koboltille.

Kromi on tunnetuimpia työelämässä käytettävistä herkistävästä aineista. Kromille altistutaan myös hitsattaessa ja polttoleikattaessa ruostumattomia teräksiä, jotka voivat sisältää seosaineena kromia 8–18 %.

Metallia hitsattaessa ja polttoleikattaessa on otettava huomioon seuraavaa:

- Metallin pinnoitteesta voi kuumennettaessa haihtua hengitykselle vaarallisia yhdisteitä. Lisätietoja on saatavissa SILKO-yleisohjeesta *Polymeerit sillankorjausmateriaalina SILKO-yleisohje 1.202 /15/*.
- Lyijyhuuruille altistutaan polttoleikattaessa lyijypitoisella maalilla pinnoitettuja metalleja.
- Kadmiumille ja kromille altistutaan, kun hitsataan tai polttoleikataan metallipintoja, jotka on maalattu kadmiumia ja kromia sisältävillä maaleilla.

Hitsaus- ja polttoleikkaustöissä onkin aina oltava erittäin hyvä ilmanvaihto ja paikallispoisto tai työntekijöiden on käytettävä henkilökohtaisia hengityksensuojaimia. Tehokasta paikallispoistoa ei voi käyttää, jos hitsataan suojakaasulla. Silloin on käytettävä hengityksensuojaimia.

Hitsaus- ja polttoleikkaustöissä työntekijöillä ja työnjohdolla on oltava voimassa oleva tulityökortti.

Hiontatyössä on aina käytettävä sellaisia hyväksyttyjä silmiensuojaimia, joissa on sivusuoja. Ne estävät hiontariskeiden pääsyn silmiin. Metallien ja niiden pinnoitteiden hiontapölyn hengittämistä on vältettävä; mieluiten on käytettävä hyväksyttyä pölysuojainta altistumisen välttämiseksi.

6 YMPÄRISTÖNSUOJELU

6.1 Ympäristövaikutukset

Teräsrakenteiden korjaustöiden ympäristönsuojelutoimenpiteet on suunniteltava etukäteen *SILKO-yleisohjeen 1.112 /16/* mukaan. Tilaa esittää tarjouspyynnössä pintakäsittelyn ympäristönsuojeluvaatimukset, lähinnä maalijätteen talteenottovaatimuksen ja mahdollisesti alustavan ehdotuksen toimenpiteiksi. Urakoitsija voi esittää tarjouksessaan tästä poikkeavan, mutta vähintään vastaavan ehdotuksensa. Työn aikana urakoitsija vastaa kaikista ympäristön suojaukseen tarvittavista toimista.

Teräsrakenteiden maalaustöissä on huolehdittava siitä, että liuotteita ja maaleja ei pääse valumaan vesistöön eikä maaperään. Teräsrakenteen korjaustöissä suihkupuhdistus ja muut esikäsittelytyöt levittävät luonnolle ja ihmisille haitallista jätettä ja pölyä ympäristöön. Puhallusjätteen talteenottovaatimus on yleensä 90 %. Tämä johtaa yleensä työkohteen huputtamiseen. Maalijätteen käsittelylle on hankittava kunnan ympäristöviranomaisen lupa. Metallirakenteiden suihkupuhdistuksessa ja työstämisessä syntyy usein haitallista melua. Melua aiheuttavista töistä on tehtävä meluilmoitus samoille viranomaisille.



Kuva 25. Hyvä esimerkki teräsristikosillan huputtamisesta ja telineistä.

6.2 Jätehuolto

Metallirakenteen korjaustyössä syntyneitä jätteitä ei saa jättää siltapaikalle tai maastoon vaan ne on kuljetettava kierrätykseen, kaatopaikalle tai ongelmajätelaitokseen. Työmaalla pitää olla keräyspiste.

Paikallinen jätehuoltoviranomainen antaa tarkemmat ohjeet kullakin paikkakunnalla noudatettavista määräyksistä.

7 LAADUNVARMISTUS

7.1 Laadunvarmistuksen tavoitteet

Laadunvarmistuksella tarkoitetaan kaikkia niitä ennalta suunniteltuja ja järjestelmällisiä toimenpiteitä, joilla varmistetaan mahdollisimman tasalaatuinen ja riittävän hyvä lopputulos.

Siltojen korjausrakentamisessa on metallirakenteiden valmistuksen ja asennuksen laadunvarmistuksen tavoitteena

- ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin vanhaan rakenteeseen ja käyttötarkoitukseen sopivien materiaalien käyttäminen

- osien ja osakokonaisuuksien virheetön valmistus ja asennus (erityisesti liitokset ja korroosiosuojaus).

Laadunvarmistuksen tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti suunnittelun, työnopastuksen ja työnaikaisten tarkastusten ja kokeiden avulla. Materiaalitiedot, testaustulokset ja tarkastuspöytäkirjat taltioidaan laaturaportin yhteyteen kohdan 7.5 mukaisesti.

7.2 Urakoitsijan laadunvarmistustoimet

Urakoitsija noudattaa laadunvarmistuksessaan laadunhallintajärjestelmänsä ja Liikenneviraston ohjeita. Laadunohjaus toteutetaan koko työn ja työvaiheiden laatusuunnitelmien mukaisesti.

7.2.1 Työnopastus ja mallityöt

Työvälineiden, koneiden ja laitteiden käyttöä varten on annettava tarpeellinen määrä työnopastusta. Tarvittaessa tehdään ennakkokokeita, esimerkiksi hitsauksesta, korjaustyötä vastaavissa olosuhteissa. Näin työntekijöille muodostuu havainnollinen käsitys työssä huomioon otettavista seikoista. Samalla työntekijät motivoituvat tekemään työn oikein ja vastuuntuntoisesti.

7.2.2 Laadunohjaus ja laaduntarkastukset

Urakoitsijan pitää toteuttaa laaduntarkastus ja laatumittaukset hyväksytyjen työvaihekohtaisten laatusuunnitelmien mukaan ja niissä esitetyssä laajuudessa.

Urakoitsijan laadunohjaukseen ja –tarkastuksiin kuuluu

- työntekijöiden perehdyttäminen tilaajan asettamiin laatuvaatimuksiin, työ- ja laatusuunnitelmien sisältöön sekä työn laaturiskeihin
- työssä käytettävien materiaalien tarkastukset
- olosuhteiden seuranta työvaiheiden aikana
- laaduntarkastus työn aikana ja ennen seuraavan työvaiheen aloittamista (muun muassa silmämääräiset ja mittatarkastukset)
- laatupoikkeamien raportointi, virheiden korjaaminen ja tarvittavat toimenpiteet virheiden toistumisen estämiseksi
- vaatimustenmukaisuuden osoittaminen tarkastusten ja mittauksen perusteella ja raportointi tilaajalle.

7.3 Työnaikainen valvonta ja mittaukset

Urakoitsijalla pitää olla asianmukaiset ja kunnossa olevat sekä kalibroidut, laaduntarkastukseen ja vaatimustenmukaisuusmittauksiin soveltuvat mittalaitteet. Hitsiliitosten tarkastajien pätevyyden tulee täyttää *InfraRYL:n osan 3 /2/* kohdassa 42020.3.4.9 (*SYL 4 /3/* kohta 4.3.3.9 /3/) esitetyt vaatimukset.

7.3.1 Materiaalien tarkastus

Kantaviin rakenneosiin tulevista rakenneteräksistä vaaditaan teräksen toimittajalta standardin SFS-EN 10204 mukainen ainestodistus. Ainestodistustyyppi määritetään tilauksessa; yleensä se on todistus 3.1.

Ennen työn aloittamista on varmistettava, että korjaamisessa käytetään vain sellaisia aineita ja tarvikkeita, jotka korjauskohteeseen on valittu ja joiden vaatimustenmukaisuus on etukäteen luotettavasti todettu.

Aines- ja tarviketodistukset on tarkastettava ennen valmistuksen aloittamista ja todettava, että

- materiaalit ovat aineistodistusten mukaisia
- materiaalien laatu, lujuusominaisuudet, iskusitkeydet ja mitat ovat suunnitelmissa asetettujen vaatimusten mukaiset.

Samalla on tarkastettava valmistuspaikalle saapuneen materiaalin päämitat, muoto sekä materiaali- ja sulatusnumeromerkinnät. Tarkastuksen yhteydessä todetaan lisäksi levy materiaalin pinnan laatu ja aaltomaisuus sekä tarvittaessa kerroksellisuus. Tarkastustuloksia verrataan materiaalien aines- tai tarkastustodistuksiin. Tarkastuksesta tehdään pöytäkirja.

Pysyviin rakenteisiin tulee käyttää metallisia materiaaleja ja tarvikkeita, joiden laatu ja vaatimustenmukaisuus on etukäteen todettu. Tuotteiden valmistuksen on oltava hyväksytyn laadunvalvonnan alasta ja laadunvalvontakokeiden tulosten tulee olla saatavissa.

7.3.2 Konepajatyön tarkastus

Valmistajan on jatkuvin mittauksin ja tarkastuksin todettava, että rakenneosat valmistuttuaan täyttävät niille asetetut laatuvaatimukset. On varmistettava, että osien valmistuksessa käytetään hyväksytyn valmistussuunnitelman mukaisia materiaaleja ja tarvikkeita, työjärjestystä ja työmenetelmiä.

Konepajatyöstä tarkastetaan

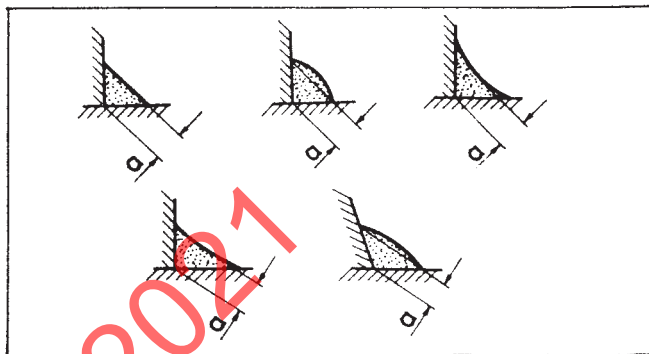
- hitsirailot
- hitsit silmämääräisesti
- hitsiliitokset ultraääni- ja magneettijauhemittauksin
- viimeistely silmämääräisesti
- rakenneosien mitat ja muoto
- vaarnapulttien hitsautuminen.

Rakenneosien mittatarkastuksia tehdään valmistuksen kaikissa vaiheissa ennakoiden mm. hitsausliitosten aiheuttamat muodonmuutokset ja valmistuslämpötila.

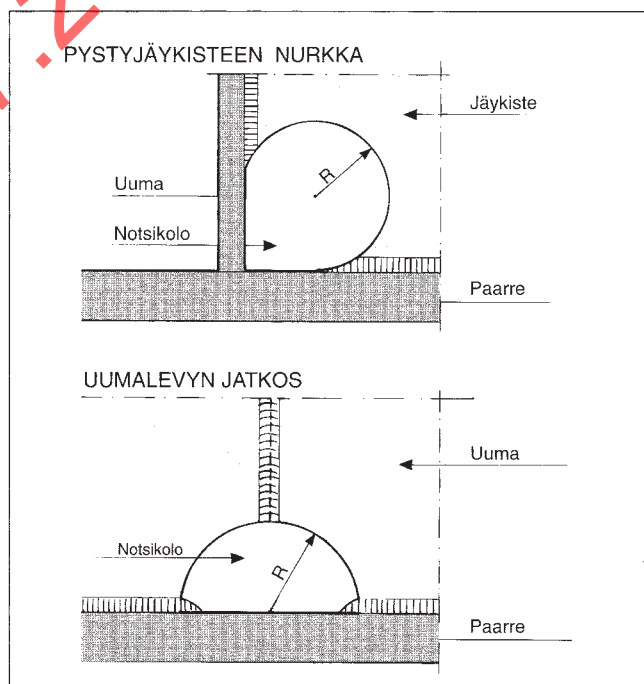
Viimeistelyn laatu todetaan silmämääräisesti ennen pintakäsittelyä heti suihkupuhdistuksen jälkeen, jos osat pintakäsittellään jo konepajalla. Samalla tarkastetaan myös hitsiliitokset. Viimeistelyn tarkastuksessa todetaan muun muassa, että kaikki terävät särmät on pyöristetty, hitsausroiskeet on

poistettu sekä epätasaiset polttoleikkausjäljet, kolot ja naarmut on tasoitettu hiomalla suunnitelman mukaiseen laatuasteeseen standardin SFS 8145 mukaan. Polttoleikatun pinnan arvostelu tehdään standardin SFS-EN ISO 9013 mukaan.

Hitsiliitokset tarkastetaan silmämääräisesti ottaen huomioon standardin SFS-EN ISO 5817 vaatimukset. Samalla pienahitsien a-mitat (kuva 25) tarkastetaan a-mittaimella. Erityistä huomiota kiinnitetään notsikolojen ympäristöön (kuva 26).



Kuva 25. Pienahitsin a-mitta.



Kuva 26. Esimerkkejä notsikoloista.

Valmiit rakenneosat mitataan työpiirustuksiin vertaillen siten, että varmistutaan niiden riittävästä mittatarkkuudesta. Rakenneosan päämitat ja liitoskohdat sillan rakenteisiin on myös tarkastettava.

Konepajatyön tarkastuksen aikana saatuja tarkastustuloksia verrataan rakenneosille asetettuihin vaatimuksiin. Jos työn laatu ei ole vaatimusten mukainen, tehdään tarvittavat korjaavat toimenpiteet.

7.3.3 Asennustyön tarkastus

Asennustyön aikana tehtävissä tarkastuksilla varmistutaan siitä, että

- työt tehdään hyväksytyn asennussuunnitelman mukaista työjärjestystä noudattaen
- työssä käytetään suunnitelman mukaisia työ- ja apuvälineitä ja lisäaineita
- osien ja aineiden säilytys ja käsittely on suunnitelman mukaista.

Pääasialliset tarkastustavat myös asennuksen yhteydessä ovat silmämääräinen tarkastus ja erilaiset mittaukset, joilla todetaan, että työt on tehty asennussuunnitelman mukaan.

Asennustyöstä tarkastetaan

- asennetun rakenteen päämitat
- asennusliitokset silmämääräisesti ja ultraääni- ja magneettijauhemenetelmin
- poikkileikkausten mitat asennusliitosten kohdilta
- laakerien mitat.

Asennetusta rakenneosasta tarkastetaan ja todetaan erityisesti asennusliitokset, asema, muoto ja pintakäsittelyn laatu. Asennustyön ja asennetun rakenteen laadunvalvonnassa ja tarkastuksissa noudatetaan kohdissa 7.3.1 ja 7.3.2 mainittuja standardeja ja ohjeita.

Jos rakenneosa on kiinnitetty siltaan hitsaamalla, hitsit tarkastetaan viimeistelyn, hitsien laadun ja pienahitsien a-mittojen osalta samalla tavalla kuin konepajallakin. Lisäksi liitoksille tehdään suunnitelman mukaiset ultraääni- ja magneettijauhetaustukset.

Rakenneosan mitat, muoto, asema ja sijainti tarkastetaan. Tarkastuksessa kiinnitetään erityishuomio liitosalueisiin. Silmämääräisesti ja tarvittaessa mittauksin todetaan mahdolliset liitoskohtien porastukset ja taitteet sekä muotovirheet. Sallittua suuremmat laatupoikkeamat pyritään aina ensisijaisesti korjaamaan.

Ruuvi- ja kitkaliitosten tarkastuksessa todetaan liitososien keskinäinen sopivuus, liitospintojen kunto, ruuvien kireys ja viimeistelyn osalta särmi- en pyöristykset sekä liitososien saumojen tiivistäminen.

7.3.4 Pintakäsittelyn tarkastus

Pintakäsittelyn esikäsittelyn tarkastuksessa todetaan silmämääräisesti, että suihkupuhdistusaste on maalausjärjestelmän vaatimusten mukainen. Suihkupuhdistetun pinnan arvosteluperusteena käytetään standardia SFS-EN ISO 8501–1. Eri-tyisen huolellisesti pitää tarkastaa vaikeat kohdat kuten notsit (kuva 26) ja ahtaat välit. Samoin kiinnitetään erityistä huomiota lian ja rasvatahrojen poistoon ennen suihkupuhdistusta. Apuvälineinä käytetään valaisinta ja peiliä.

Suihkupuhdistusasteen tarkastuksen yhteydessä todetaan, että puhallettu alue ulottuu riittävän kauas hitsisaumasta, jotta kaikki ylikuumentunut maali on poistettu. Ylikuumentuneen maalin tunnistaa silmämääräisesti värin perusteella. Silmämääräinen tunnistustulos voidaan lisäksi varmistaa mekaanisesti raaputtamalla epäilyttävää kohtaa. Ylikuumentunut maali irtoaa helposti alustastaan ja maali näkyy raaputuskohdassa normaalia tummempana.

Maalaustyön aikana seurataan, että

- maalia tulee kappaleen kaikkiin osiin
- työolosuhteet ovat sopivat
- päällemaalaus väliajat ovat maalinvalmistajan ohjeiden mukaiset ja maalaus kertojen lukumäärä on oikea.

Pintakäsittelyn aikana mitataan ilman ja käsiteltävän pinnan lämpötilaa ja ilman kosteutta työvuoron alussa ja lopussa ja tarvittaessa yli neljä tuntia kestävän työvuoron aikana kalibroiduilla lämpötila- ja kosteusmittareilla.

Maalin levityksen jälkeen tarkastetaan maalauksen kunto silmämääräisesti unohtamatta rakenneosien vaikeita kohtia. Silmämääräisessä tarkastuksessa havaitaan mahdolliset virheet, kuten valumat, karheat kohdat ja maalautumattomat kohdat, ja jos rakenneosa maalataan valmiiksi jo konepajalla, myös kiiltoasteen tasaisuus ja värisävy. Maalattujen pintojen tarkastus tehdään standardien SFS 5873 ja SFS-EN ISO 12944-7 sekä *InfraRYL:n osan 3 /2/* kohdan 42050.5.1 (SYL 4 /3/ kohta 4.5.3.5) mukaisesti. Kalvonpaksuudet mitataan pohjamaalin ja viimeisen maalauskerroksen jälkeen standardin SFS-EN ISO 2808 mukaan noudattaen *InfraRYL:n osan 3 /2/* kohdan 42050.5.1 (SYL 4 /3/ kohta 4.5.3.5) ohjeita. Maalikalvon tartuntamittauksia tehdään tarpeen ja standardin SFS-EN ISO 4624 mukaan.

Pintakäsittelyn tarkastuksissa noudatetaan lisäksi *SILKO-yleisohjeen 1.351 /1/* ohjeita.

7.4 Vaatimustenmukaisuuskokeet

Vaatimustenmukaisuuskokeilla tarkoitetaan metallisista materiaaleista ja tarvikkeista tehtyjä testejä, analyyskejä ja tarkastuksia, valmiiden rakenneosien ja asennettujen rakenteiden mitta- ja silmämääräisiä tarkastuksia, liitoksille tehtyjä tarkastuksia ja testejä sekä työnaikaisia olosuhdemittauksia ja pintakäsittelyn tarkastuksia (pinoitteiden paksuus- ja tartuntamittauksia, olosuhdemittauksia ja silmämääräisiä tarkastuksia).

Vaatimustenmukaisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat metallien materiaaliominaisuudet, rakenneosien ja asennetun rakenteen sijainti, muoto ja mittatarkkuus sekä liitosten ja pintakäsittelyn ominaisuudet.

7.4.1 Materiaalien koostumus, lujuus ja muut mekaaniset ominaisuudet

Metallisten materiaalien koostumus, lujuus ja muut mekaaniset ominaisuudet todetaan materiaalien valmistajan tekemien testien ja analyysien tulosten perusteella. Valmistus- ja/tai toimituseriin kuuluvat materiaalitodistukset kootaan ja tarvittaessa kohdistetaan siltaan asennettuihin rakenneosiin suunnitelmassa esitetyllä tavalla. Materiaalien tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja.

7.4.2 Rakenneosien ja rakenteiden mittatarkkuus

Valmiille rakenneosille ja asennetuille rakenteille tehdään valmistussuunnitelman mukaiset mittatarkastukset, joista laaditaan pöytäkirjat. Mittauksissa todetaan rakenteiden pää- ja poikkileikkausmitat sekä muoto, sijainti ja asema vanhaan rakenteeseen nähden.

7.4.3 Silmämääräiset tarkastukset

Valmiille rakenneosille, asennetuille rakenteille ja niiden varusteluosille tehdään sataprosenttinen silmämääräinen tarkastus, jossa todetaan mm. rakenteiden ja osien viimeistelyn taso, ulkonäkö, sopiminen vanhoihin rakenteisiin ja liitosten laatu. Tarkastuksista tehdään pöytäkirjat.

7.4.4 Liitosten ainetta rikkomattomat tarkastukset

Metallirakenteiden liitokset tarkastetaan korjaussuunnitelman esittämässä laajuudessa valmistus- ja asennussuunnitelmassa tarkemmin kuvatulla tavalla. Hitsiliitosten tarkastusmenetelmiä ovat lähinnä ultraääni- ja magneettijauhetaarkastukset sekä ruuvi- ja kitkaliitosten tarkastuksia kiristysvääntömomentin mittaukset. Hitsien tarkastukset tehdään *InfraRYL:n osan 3 /2/* kohdan 42040.3.4.9 (SYL 4 /3/ kohta 4.3.3.9) ja *ruuvi- ja kitkaliitosten tarkastukset InfraRYL:n osan 3 /2/* kohtien 42040.3.5.6 ja 3.6.7 (SYL 4 /3/ kohdat 4.3.4.6 ja 4.3.5.7) mukaisesti. Tarkastuksista tehdään pöytäkirjat.

7.4.5 Pintakäsittelyn tarkastukset

Rakenteiden pintakäsittely tarkastetaan vaiheittain korjaussuunnitelmassa ja pintakäsittelyn laatusuunnitelmassa tarkemmin kuvatulla tavalla. Tarkastukset ja niiden dokumentointi tehdään SILKO-yleisohjeen 1.351 /1/ sekä *InfraRYL:n osan 3 /2/* kohtien 42050.5.1, 2 ja 3 (SYL 4 /3/ kohdat 4.5.3.5, 4.5.4.3 ja 4.5.5.5) mukaisesti.

7.5 Sillan laaturaportti

Urakoitsijan velvollisuus on osoittaa tilaajalle tekemänsä metallirakenteen korjaustyön vaatimusten mukaisuus. Sitä varten urakoitsija laatii korjaustyöstä kaksiosaisen sillan laaturaportin julkaisun *Sillan laaturaportti, Laatimisohe /17/* mukaan. Metallirakennetöiden laaturaportti on yleensä osa koko sillan korjaustyön laaturaporttia. Laaturaportti luovutetaan tilaajalle viimeistään kaksi viikkoa ennen urakan vastaanottotarkastusta.

Laaturaportin osassa 1 esitetään yleistiedot korjattavasta sillasta ja korjaustyöstä, yhteenveto korjaustyön kokonaislaadusta, poikkeamara-porttiluettelo, poikkeamaraportit ja poikkeamien korjaussuunnitelmat, luettelo käytetyistä materiaaleista ja tarvikkeista, tärkeimmät materiaalitodistukset, laboratoriotutkimus- ja mittau tulokset, olosuhteraportit, työvaihekohtaiset laatu-yhteenvedot, työn aikana otetut digitaaliset valokuvat sekä tarvittaessa toteutumapiirustukset ja sillan päämittojen ja sijainnin mittauspöytäkirjat. Pienissä ja yksinkertaisissa töissä työvaiheen laatu-yhteenveto toimii myös silmämääräisen tarkastuksen pöytäkirjana.

Metallirakennetöiden työvaihekohtaisessa laatu-yhteenvedossa ja siinä liitteinä olevissa dokumenteissa esitettäviä asioita ovat

- pääurakoitsija sekä metallirakenteiden valmistaja ja asentaja ja pintakäsittelijä
- luettelo kaikista käytetyistä materiaaleista ja tarvikkeista
- materiaalien aine todistukset ja tuoteselosteet
- valmistuksessa ja asennuksessa tehtyjen hitsi-, ruuvi- ja kitkaliitosten tarkastuspöytäkirjat
- asennetun rakenteen päämittojen ja silmämääräisen tarkastuksen tarkastuspöytäkirjat
- pintakäsittelyn tarkastuspöytäkirjat (olosuhtemittausten, kalvonpaksuuden, tartunnan ja silmämääräisen tarkastuksen pöytäkirjat) ja tiedot pintamaalien värisävyistä
- konepajavalmistuksen mittapöytäkirjat ja silmämääräisen tarkastuksen pöytäkirjat

Laaturaportin osassa 2 esitetään korjaustyön laadunvarmistussuunnitelma, työvaiheiden laatusuunnitelmat ja tekniset työsuunnitelmat tai niiden yhdistelmät sekä materiaalien ja konepajavalmistuksen edellä mainitsemattomat mittaus- ja tarkastusraportit.

Korvattu 17.2.2021

8 RINNAKKAISET OHJEET

8.1 Standardit

SFS-standardeja julkaisee Suomen Standardisointisliitto SFS.

SFS 5873

Metallirakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Käyttösuositus prosessi- ja metalliteollisuudelle. 2008. 22 s.

SFS 8145

Korroosionestomaalaus. Suihkupuhdistettujen tai suihkupuhdistettujen ja konepajapohjamaalilla käsiteltyjen teräspintojen mekaanisten esikäsittelyjen laatuasteet. 2001. 16 s.

SFS-EN 515

Alumiini ja alumiiniseokset. Muokatut tuotteet. Tilojen tunnukset. 1993. 30 s.

SFS-EN 573

Alumiini ja alumiiniseokset.

Osa 1: Numeerinen nimikejärjestelmä 2005. 13 s.

Osa 2: Kemialliseen koostumukseen perustuva nimikejärjestelmä 1995. 10 s.

Osa 3: Kemiallinen koostumus ja tuotemuodot 2009. 52 s.

Osa 5: Standardisoitujen tuotteiden tuotenimikejärjestelmä 2007. 14 s.

SFS-EN 10020

Teräslajien määritelmät ja luokittelu 2000. 16 s.

SFS-EN 10025-1

Kuumavalssatut rakenneteräkset.

Osa 1: Yleiset tekniset toimitusehdot, 2004. 57 s.

SFS-EN 10025-2

Kuumavalssatut rakenneteräkset.

Osa 2: Seostamattomat rakenneteräkset. Tekniset toimitusehdot, 2004. 66 s.

SFS-EN 10025-3

Kuumavalssatut rakenneteräkset.

Osa 3: Normalisoidut ja normalisointivalssatut hitsattavat hienoraerakenneteräkset. Tekniset toimitusehdot, 2004. 46 s.

SFS-EN 10025-4

Kuumavalssatut rakenneteräkset.

Osa 4: Termomekaanisesti valssatut hitsattavat hienoraeteräkset. Tekniset toimitusehdot, 2005. 46 s.

SFS-EN 10025-5

Kuumavalssatut rakenneteräkset.

Osa 5: Ilmastokorroosiota kestävät rakenneteräkset. Tekniset toimitusehdot, 2005. 46 s.

SFS-EN 10025-6

Kuumavalssatut rakenneteräkset.

Osa 6: Nuorrutetut lujat levytuotteet. Tekniset toimitusehdot, 2005. 44 s.

SFS-EN 10027-1

Terästen nimikejärjestelmät.

Osa 1: Terästen nimikkeet. 2005. 46 s.

SFS-EN 10029

Kuumavalssatut teräslevyt, paksuus 3 mm tai yli. Mitta-, muoto- ja painotoleranssit. 1991. 13 s.

SFS-EN 10052

Rauta- ja terästuotteiden lämpökäsittelysanasto. 1994. 56 s.

SFS-EN 10088-1

Ruostumattomat teräkset.

Osa 1. Ruostumattomien terästen luettelo 2005. 54 s.

Osa 4. Rakennuskäyttöön tarkoitetut korroosionkestävät levyt ja nauhat. Tekniset toimitusehdot 2009. 46 s.

Osa 5. rakennuskäyttöön tarkoitetut korroosionkestävät tangot, valssilangat, langat, profiilit ja kirkkaat tuotteet 2009. 54 s.

SFS-EN 10163-2

Kuumavalssattujen teräslevyjen, leveiden lattatankojen ja profiilien pinnanlaatuvaatimukset toimitustilassa.

Osa 2: Levyt ja leveät lattatangot. 2005. 19 s.

SFS-EN 10204

Metallivalmisteet. Ainestodistukset. 2004. 16 s.

SFS-EN 10219-1

Kylmämuovatut hitsatut seostamattomista teräkсистä ja hienoraeteräkсистä valmistetut rakenneputket.

Osa 1: Tekniset toimitusehdot. 2006. 66 s.

SFS-EN 10219-2

Kylmämuovatut hitsatut seostamattomista teräkсистä ja hienoraeteräkсистä valmistetut rakenneputket.

Osa 2: Toleranssit, mitat ja poikkileikkaussuureet. 2006. 52 s.

SFS-EN ISO 2808

Maalit ja lakat. Kalvon paksuuden määrittäminen. 2007. 79 s.

SFS-EN ISO 5817

Hitsaus. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus (paitsi sädehitsaus). Hitsiluokat. 2008. 53 s.

SFS-EN ISO 8501-1

Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maallilla ja vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti.

Osa 1: Teräspintojen ruostumisasteet ja esikäsittelyasteet. Maalaamattomat teräspinnat ja aiemmista maaleista kauttaaltaan puhdistetut teräspinnat. 2007. 24 s.

SFS-EN ISO 9013

Terminen leikkaus. Termisesti leikattujen pintojen luokittelu. Geometriset tuotemäärittelyt ja laatutoleranssit. 2003. 56 s.

SFS-EN ISO 9013/A1:en

Thermal cutting. Classification of thermal cuts. Geometrical product specification and quality tolerances (ISO 9013:2003). 2004. 5 s.

SFS-EN ISO 12944-5

Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä.

Osa 5: Suojamaaliyhdistelmät. 2008. 64 s.

SFS-EN ISO 12944-7

Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä.

Osa 7. Maalaustyön toteutus ja valvonta. 1998. 20 s.

SFS-EN ISO 15614-1

Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hyväksyntä menetelmäkokeella.

Osa 1: Terästen kaari- ja kaasuhitsaus sekä nikkelin ja nikkeliseosten kaarihitsaus. 2008. 60 s.

Lisäksi tekstissä on mainittu seuraavat ulkomaiset standardit: AISI 304, AISI 316, ASTM 304, ASTM 316, BS 4360 (1986), DIN 17100 (1980), NF A 36-201, NF A 35-501 (1981), , SS 2333, ja SS 14 xx (1987).

Korvattu 17.2.2021

8.2 Muut ohjeet

- /1/ *Teräsrakenteet. Pintakäsittely. Helsinki: Tiehallinto 2001, 79 s. SILKO 1.351. TVH 2230095.*
- /2/ *InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat, Rakennustieto Oy, RT 14-10920. ISBN 978-951-682-882-7.*
- /3/ *Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Teräsrakenteet - SYL 4. Helsinki: Tiehallinto 2005. TIEH 2200035-v-05. ISBN 951-803-436-2.*
- /4/ *Sillat. RIL 179. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 1989. 390 s. ISBN 951-758-196-3.*
- /5/ *Teräsrakenteiden suunnitteluohjeet. RIL 90. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 1996. ISBN 951-758-351-6.*
- /6/ *Sillantarkastusohje. Helsinki: Tiehallinto 2004. 96 s ja 4 liitettä. TIEH 2000008-04. ISBN 951- 883-195-9.*
- /7/ *Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Yleinen osa - SYL 1. Helsinki: Tiehallinto 2005. TIEH 2200032-v-05. ISBN 951-803-430-3.*
- /8/ *Suomen Rakentamismääräyskokoelma RakMK B7. Teräsrakenteet, Ohjeet 1996. Helsinki: Ympäristöministeriö 1996. 51 s.*
- /9/ *Sillankorjaustöiden turvallisuusasiakirjamalli*
- /10/ *Liikenne tietyömaalla. Tierakennustyömaat. Helsinki: Tiehallinto 2009. TIEH 2200053-v-09. ISBN 978-952-221-156-9. Sulkua- ja varoituslaitteet. Helsinki: Tiehallinto 2009. TIEH 2200051-v-09. ISBN 978-952-221-145-3.*
- /11/ *Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). RHK:n julkaisu B24 2009.*
- /12/ *Ympäristönsuojelulaki 86/2000 ja sen muutokset Ympäristönsuojeluasetus 169/2000 ja sen muutokset Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. Vnp nro 993/92*
- /13/ *Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta. Vnp nro 205/2009*
- /14/ *Valtioneuvoston päätös henkilönostoista nosturilla ja haarukkatrukilla. Vnp nro 793/1999*
- /15/ *Betonirakenteet. Polymeerit sillankorjausmateriaalina. Helsinki: Tiehallitus, 1990. (SILKO 1.202). TIEL 730095 – SILKO 1.202.*
- /16/ *Yleisohjeet. Ympäristönsuojelu. Helsinki: Tiehallinto 1999. (SILKO 1.112). TIEL 2230095- 1.112.*
- /17/ *Sillan laaturaportti. Laatimisohje. TIEH 2200044-v-06. ISBN 951-803-656-X.*
- /18/ *Betonirakenteiden liimausvahventamisohjeet. Helsinki: Tiehallinto 2007. TIEH 2000013-v-07. ISBN 978-951-803-836-1.*

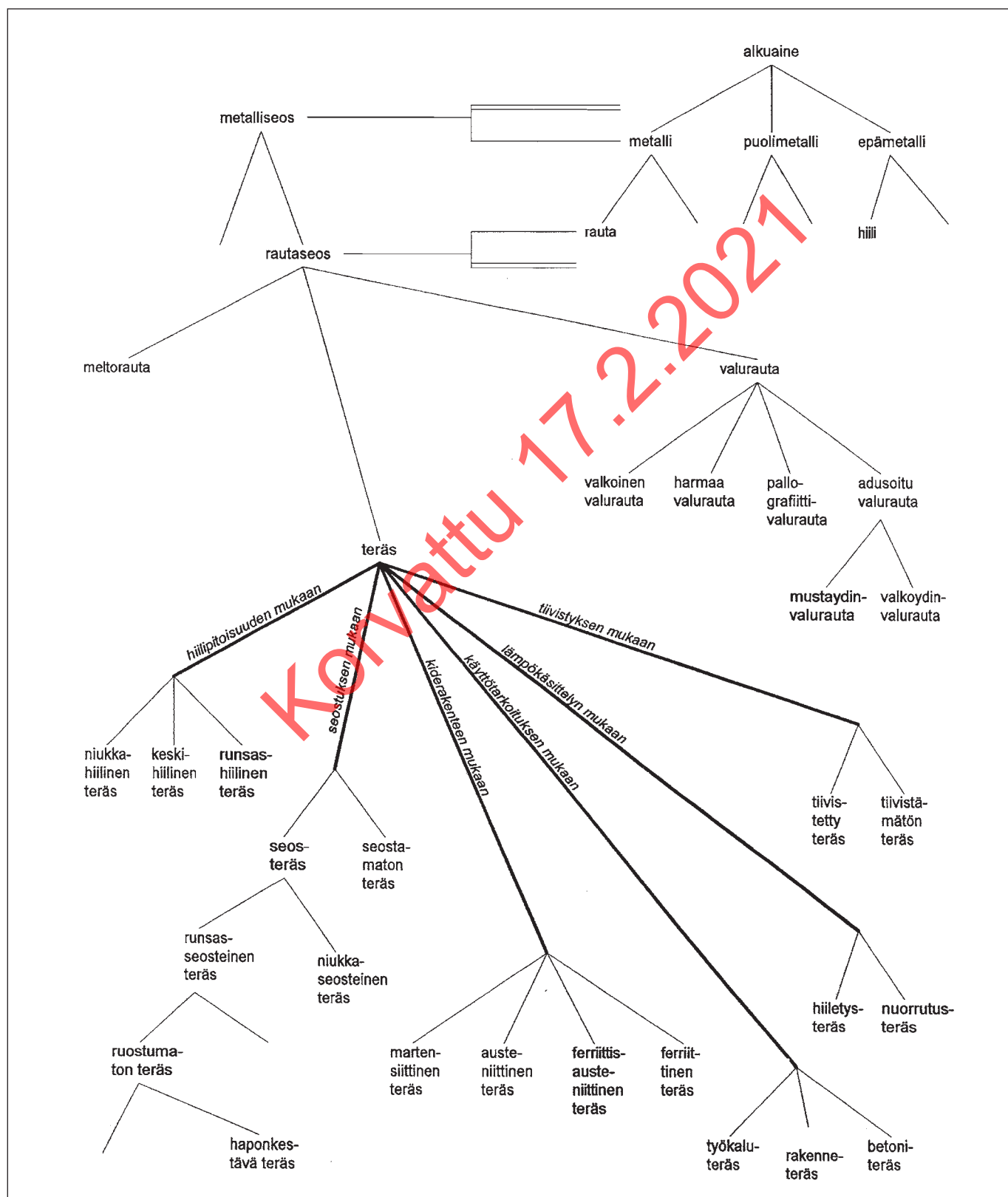
TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

LIITE

TERÄS JA VALURAUTASANASTO

Teräs- ja valurautasanaston termit, määritelmät ja selitteet on esitetty käsitteittäin ns. termitietueina. Tietueen alussa oleva juokseva numero osoittaa tietueen paikan sanastossa. Seuraavalla rivillä on suomenkieliset termit **lihavoituina**. Termien

jälkeen tulevassa määritelmässä on alleiviivattu termit, jotka viittaavat sanastossa muualla määriteltyihin käsitteisiin. Määritelmän jälkeinen, kapeammalla rivinleveydellä kirjoitettu osa on selite, joka antaa mm. lisätietoja termin käytöstä.



Sanastoon sisältyvä käsitejärjestelmäkaavio kuvaa erilaisin diagrammein käsitteiden välisiä suhteita.

1) Koostumussuhde, jota kuvataan kampadiagrammilla, kuvaa kokonaisuuksia ja niiden osia. Esimerkiksi rautaseos koostuu käsitejärjestelmän mukaan useista osa-aineista, joista tärkein on rauta.

2) Puudiagrammina esitettävässä hierarkkisessa käsitejärjestelmässä edetään laajemmasta yläkäsitteestä suppeampaan alakäsitteeseen; esim. rautaseos jakautuu hierarkkisesti meltorautaan, teräkseen ja valurautaan.

Hierarkkinen käsitejärjestelmä on usein moniulotteinen, sillä yläkäsitteet voidaan jakaa alakäsitteisiin monin erilaisin perustein. Esimerkiksi teräs voidaan jakaa alakäsitteisiinsä ainakin kuuden eri tarkastelutavan mukaan:

- Hiilipitoisuuden mukaan teräkset voidaan jakaa esimerkiksi niukkahiilisiin (eli pehmeisiin), keskihiilisiin ja runsashiilisiin teräksiin (eli kovateräksiin).
- Teräkseen lisättävien seosaineiden määrän mukaan teräkset jaetaan seostamattomiin teräksiin (joita kutsutaan myös hiiliteräksiksi) ja seostetäksiin, joista viimeksi mainittu voidaan jakaa edelleen niukkaseosteisiin ja runsasseosteisiin teräksiin. (Huomattakoon, että rautaseosten yhteydessä hiiltä – puhumattakaan raudasta – ei katsota seosaineeksi.) Tunnetuin runsasseosteisista teräksistä on ruostumaton teräs. Haponkestävä teräs taas on yhdenkaltaista ruostumatonta terästä.
- Sen mukaan, onko teräkseen lisätty kaasun muodostumista ehkäiseviä seosaineita vai ei, teräkset jaetaan tiivistettyihin ja tiivistämättömiin teräksiin.
- Kiderakenteen mukaan teräkset voidaan jakaa esimerkiksi martensiittisiin, austeniittisiin, ferriittisiin ja austeniittis-ferriittisiin teräksiin.
- Lämpökäsittelyn mukaan teräkset voidaan jakaa esimerkiksi nuorrutus- ja hiiletysteräksiin.
- Ja kaikkein monitahoisimmin teräkset voidaan jakaa käyttötarkoituksen mukaan. On muun muassa rakenneteräksiä, työkaluteräksiä, betoniteräksiä, paineastiateräksiä ja valuteräksiä, jotka voidaan edelleen jakaa kymmeniin omiin alakäsitteisiinsä. Esimerkiksi kuumatyöstöteräs, kylmätyöstöteräs, kutistumaton teräs ja pikateräs kuuluvat kaikki työkaluteräksiin.

Teräksen jakoa alakäsitteisiinsä vaikeuttaa se, että aina ei ole kovinkaan helppo määritellä vaikkapa sitä, kuinka paljon hiiltä rautaseoksessa täytyy olla, jotta sitä voitaisiin kutsua runsashiiliseksi.

si, tai kuinka paljon eri seosaineita on seostamattomassa, niukkaseosteisessa ja runsasseosteisessa teräksessä. Sanastomme ei pyrikään tarkkaan määrittelemään eri ainesosien suhteita eri rautaseoksissa.

1 metalli (1), metallinen alkuaine

alkuaine, joka normaalioloissa on läpinäkyvä, kiiltävä, helposti muovattava sekä hyvin sähköä ja lämpöä johtava

Elohopeaa lukuun ottamatta kaikki metallit ovat huoneenlämmössä kiinteitä. Nimitystä metalli sekä sen vastineita käytetään usein myös metalliseoksista.

2 rauta (1)

metalli, jonka järjestysluku jaksollisessa järjestelmässä on 26

Nimitystä rauta sekä sen vastineita käytetään usein myös sellaisista rautaseoksista, jotka eivät ole terästä (esim. meltoraudasta ja valuraudasta).

3 metalliseos, lejeerinki, metalli (2)

seos, joka sisältää vähintään yhtä metallia ja jonka ominaisuudet ovat metallinkaltaiset

4 seosaine

metalliseoksen osa-aine

Rautaseoksissa seosaineella tarkoitetaan muita alkuaineita kuin rautaa (1) ja hiiltä. Tavallisimpia rautaseosten seosaineita ovat nikkeli, kromi, mangaani, pii ja fosfori.

5 rautaseos, rautalejeerinki

metalliseos, jonka pääasiallinen metalli on rauta (1)

6 meltorauta, rauta (2)

rautaseos, jossa ei ole hiiltä lainkaan tai sitä on vain erittäin vähän.

Yleensä meltoraudassa on hiiltä alle 0,05 %.

7 teräs

rautaseos, joka hiilipitoisuudeltaan sopii taottavaksi.

Yleensä teräs sisältää hiiltä vähintään 0,05 %; vrt. meltorauta. Hiilipitoisuuden ylärajana on yleensä 1,7 % (harvemmin 2 % tai 2,11 %); vrt. valurauta. Raudan (1) ja hiilen lisäksi teräs sisältää yleensä piitä, mangaania, fosforia ja rikkiä sekä pieninä määrinä muita alkuaineita. Teräs jaetaan alakäsitteisiin hiilipitoisuuden, seostuksen ja käyttötarkoituksen mukaan.

8 niukkahiilinen teräs, pehmeä teräs

teräs, jossa hiiltä on alle 0,25 %

9 keskihiilinen teräs

teräs, jossa hiiltä on 0,25-0,6 %

10 runsashiilinen teräs, kovateräs

teräs, jossa hiiltä on yli 0,6 %

11 seostamaton teräs, hiiliteräs

teräs, jossa on seosaineita niin vähän, ettei niillä ole vaikutusta teräksen ominaisuuksiin

12 seosteräs

teräs, jossa on seosaineita niin paljon, että ne vaikuttavat teräksen ominaisuuksiin

13 niukkaseosteinen teräs

seosteräs, jossa seosainetta on alle 5 %

14 runsasseosteinen teräs

seosteräs, jossa seosainetta on yli 5 %

15 ruostumaton teräs

runsasseosteinen teräs, joka normaalioloissa on korroosionkestävä

Ruostumaton teräs sisältää yleensä vähintään 12 % kromia ja useimmiten myös nikkeä. Tavallisin ruostumaton teräs, ns. 18-8-teräs, sisältää 18 % kromia ja 8 % nikkeliä sekä hiukan piitä ja mangaania.

16 haponkestävä teräs

ruostumaton teräs, joka kestää hyvin happojen syövyttävää vaikutusta

Haponkestävyys on yleensä saatu aikaan seostamalla teräkseen molybdeeniä.

17 tiivistetty teräs teräs, johon on lisätty pelkistäviä seosaineita, jotka sulan jäähmettyessä estävät kaasujen syntymisen

Yleisimmät tiivistettyyn teräkseen lisättävät seosaineet ovat pii ja alumiini.

18 tiivistämätön teräs

teräs, josta sulan jäähmettyessä poistuu huomattavasti kaasua, pääasiassa hiilimonoksidia

19 austeniittinen teräs

teräs, jonka kiderakenne huoneenlämpötilassa on pääasiassa austeniittinen (pintakeskinen kuutiollinen)

20 ferriittinen teräs

teräs, jonka kiderakenne huoneenlämpötilassa on pääasiassa ferriittinen (tilakeskinen kuutiollinen)

21 ferriittis-austeniittinen teräs

teräs, jonka kiderakenne on austeniittisen ja ferriittisen seos

22 martensiittinen teräs

teräs, jonka kiderakenne huoneenlämpötilassa on pääasiassa martensiittinen (tilakeskinen tetragoninen)

23 yleinen rakenneteräs

teräs, joka on tarkoitettu erilaisiin rakenteisiin

24 työkaluteräs

teräs, joka on tarkoitettu erilaisten työkalujen valmistukseen

25 kuumatyöstöteräs

työkaluteräs, jota käytetään työkaluihin, joiden pintalämpötila on jatkuvasti yli 200 °C

26 kylmätyöstöteräs

työkaluteräs, jota käytetään työkaluihin, joiden pintalämpötila ei yleensä ole yli 200 °C

27 kutistumaton teräs

työkaluteräs, jonka mittamuutokset ovat pieniä

28 pikateräs

lastuaviin työkaluihin tarkoitettu työkaluteräs

Pikateräs on runsasseosteista terästä, jonka hiilipitoisuus on vähintään 0,6 %. Se sisältää vähintään kahta seuraavista seosaineista: volframi, molybdeeni, vanadiini. Lisäksi pikateräs sisältää tavallisesti kromia ja kobolttia.

29 automaattiteräs

helposti lastuttava teräs

Automaattiteräs on lyhytlastuista, mikä on saatu aikaan sopivilla seosaineilla.

30 betoniteräs

teräs, josta valmistetaan raudoitteita betonirakenteisiin

31 jänneteräs

betoniteräs, jota käytetään jännitettyihin betonirakenteisiin

32 paineastiateräs

teräs, jota käytetään paineastioihin

33 nuorrutusteräs, nuorrutuskarkaistu teräs

teräs, joka on lämpökäsitelty haurauden poistamiseksi kuumentamalla ja nopeasti jäähdyttämällä

34 hiiletysteräs

teräs, jota lämpökäsitelty pinnan kovettamiseksi hiilipitoisuutta lisäämällä

35 valuteräs

teräs, josta valetaan valukappaleita

36 kuumaluja teräs

teräs, joka kestää pitkäaikaista räsitusta korkeassa lämpötilassa

37 valurauta, rauta (3)

rautaseos, joka hiilipitoisuudeltaan soveltuu paremmin valettavaksi kuin taottavaksi

Valuraudassa on niin paljon hiiltä, että sitä on vaikea takoa. Valuraudan hiilipitoisuuden alarajana on yleensä 1,7 % (harvemmin 2 % tai 2,11 %); vrt. teräs. Useimmiten hiiltä on 3–4 %.

38 valkoinen valurauta

valurauta, jossa hiili esiintyy rautakarbida (sementiittinä)

39 harmaa valurauta, harmaarauta, suomugrafiittirauta

valurauta, jossa hiili on suomumaisina grafiittisulkeumina

40 pallografiittivalurauta, pallografiittirauta
valurauta, jossa hiili on pallomaisina grafiittisulkeumina

41 adusoitu valurauta, adusoitu rauta, taottava valurauta, temperrauta

valurauta, jossa hiili on kerämaisina grafiittisulkeumina (temperhiilenä)

42 mustaydinvalurauta, adusoitu amerikkalaisen valurauta

adusoitu valurauta, joka on valmistettu ns. amerikkalaisella menetelmällä eli hehkuttamalla neutraalissa ympäristössä

43 valkoydinvalurauta, adusoitu eurooppalaisen valurauta

adusoitu valurauta, joka on valmistettu ns. eurooppalaisella menetelmällä eli hehkuttamalla hapettavassa ympäristössä

Korvattu 17.2.2021

Korroosiosanasto

Korroosiosanaston määritelmät on Suomen Standardisoimisliiton luvalla otettu sellaisinaan standardista **SFS-ISO 8044 Metallien ja metalliseosten korroosio. Termit ja määrittelyt**. Standardissa on määritelty useita sellaisia käsitteitä, joita on käytetty apuna määriteltäessä tähän otettuja käsitteitä.

korroosio, syöpyminen

korroosio on metallin fysikaalis-kemiallinen reaktio ympäristönsä kanssa, mikä aiheuttaa muutoksia metallin ominaisuuksiin ja mikä usein voi johtaa metallin, sen ympäristön tai teknisen järjestelmän vaurioihin

Reaktio on luonteeltaan tavallisesti sähkökemiallinen.

korroosionopeus

metallin pinnalla tapahtuva korroosiovaikutus aikayksikössä

Käytettävä mitta korroosionopeudelle riippuu teknisestä järjestelmästä ja korroosiovaikutuksen tyypistä. Täten korroosionopeus voidaan ilmoittaa syöpymäsyvyyden kasvuna aikayksikössä tai korroosiotuotteiksi muuttuneen metallin massana pinta-alayksikköä kohti aikayksikössä jne. Korroosiovaikutus voi vaihdella eri aikoina eikä sen tarvitse olla sama syöpyvän pinnan kaikissa osissa. Täten korroosionopeutta ilmoitettaessa tulee mainita myös korroosiovaikutuksen tyyppi, riippuvuus ajasta ja sijainti.

korroosionkestävyys

metallin kyky vastustaa korroosiota tietyssä korroosiojärjestelmässä

korroosionesto, korroosiosuojaus

korroosiojärjestelmän muuttaminen niin, että korroosioauriot vähenevät

pistesyöpyminen (suositeltavin muoto) pistekorroosio, (pistemäinen-), kuoppakorroosio

korroosionmuoto, jossa muodostuu metallin pinnalta metalliin kasvavia pistemäisiä tai kuoppamaisia syöpymiä

rakokorroosio, (piilokorroosio)

kapeassa raossa tai välyksessä tai niiden välittömässä yhteydessä esiintyvä korroosio.

raerajakorroosio

metallin raerajoihin tai niiden viereen kohdistuva korroosio.

korroosioväsyminen

korroosion ja metallin vaihtelevan kuormituksen (väsytyksen) yhteisvaikutuksesta aiheutuva tapahtuma

Korroosioväsymistä voi tapahtua, jos metalliin kohdistuu jaksottainen kuormitus syövyttävässä ympäristössä. Korroosioväsyminen voi johtaa murtumien muodostumiseen.

jännityskorroosio

korroosion ja metallin jäännös- tai käyttöjännitysten yhteisvaikutuksesta aiheutuva tapahtuma.

galvaaninen korroosio

korroosio, joka johtuu korroosioparin toiminnasta

Termi on usein rajattu tarkoittamaan kahden eri metallin muodostaman korroosioparin toimintaa, ts. bimetallista korroosiota.

Korvattu 17.2.2021

Korvattu 17.2.2021