



Korrosjonsbeskyttelse, stål

Nåværende praksis i de Nordiske land.
Erfaring og levetid.

Författare: Mogens H Foder, Danmark
Vagn Jensen, Danmark
Einar Hafliðason, Island
Berit Tora Sand, Norge
Knut A.. Grefstad, Norge
Yngve Thorèn, Sverige

Titel: Korrosjonsbeskyttelse, stål

Serie: NVF-rapporter

Upplaga (evt.): 200

Utgivningsort: Molde, Norge

Tryck: Statens vegvesen 2008

ISSN: 0347-2485

NVF-rapporterna kan beställas via respektive lands sekretariat per telefon, fax, e-post eller post. Se kontaktuppgifterna på näst sista sidan.
En uppdaterad rapportförteckning finns på förbundets nordiska hemsida, <http://www.nvfnorden.org>.

Korrosjonsbeskyttelse, stål

Nåværende praksis i de Nordiske land.
Erfaring og levetid.

Rapport nr. 11/2008
Utvalg 32: Bruer og tunneler

Sammendrag

I rapporten presenteres "state of the art" for korrosjonsbeskyttelse av stålbruer og øvrige bruelementer i stål som bygges og forvaltes av nordiske vegmyndigheter.

Samtlige land legger stor vekt på at nye bruer gis en god konstruktiv utforming for å legge til rette for lang levetid på korrosjonsbeskyttelsen, lange vedlikeholdsintervaller og et enkelt vedlikehold. Bruk av avfuktingsanlegg er vanlig.

Det er avdekket relativt store forskjeller mellom de enkelte land. På nye bruer benytter Island og Norge duplekssystem, det vil si metallisering i tillegg til malingssystem mens Finland, Danmark og Sverige bruker rene malingssystemer på nye bruer. Utførelse og kontroll baseres på de samme standardene, men i det detaljerte regelverket i hvert enkelt land er det større eller mindre forskjeller på det meste.

Ved vedlikehold av korrosjonsbeskyttelse på bruer blir forskjellene enda større, sannsynligvis fordi originalt korrosjonsbeskyttende system vil legge premissene for valg av vedlikeholdssystem.

Varmforsinking utføres etter samme standard i samtlige nordiske land men Norge er eneste land som i bruker pulverlakkering i tillegg i samme korrosjonsbeskyttende system.

Korrosjonsbeskyttelse av hengestenger og bærekabler er under stadig utvikling og velges ofte spesielt i forbindelse med hver enkelt bru.

Finnland og Island benytter varmforsinking på Innstøpningsgods mens Danmark, Norge og Sverige også bruker rustfritt, syrefast stål.

Yhteenveto

Tämä kattava raportti käsittelee Pohjoismaiden tieviranomaisien rakennuttamien ja huoltamien terässiltojen sekä niiden teräsrakenteiden korroosionestoa.

Kaikki Pohjoismaat painottavat järkiperaistä siltojen rakennesuunnittelua pidentämään korroosiosuojauksen käyttöikää sekä huoltovälejä ja helpottamaan huoltotoimenpiteitä. Suuria eroavaisuuksia on kuitenkin havaittavissa eri maiden välillä. Islanti ja Norja käyttävät uusien siltojen suojauksessa ns. duplex -järjestelmää, kun taas Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa käytetään pelkkää suojamaaliyhdistelmää. Vaikka maalien applikointi ja laadunvarmistus perustuvat samoihin standardeihin, yksityiskohtaiset ohjeet ja säännöt eroavat toisistaan eri maissa. Huoltomaalauksessa eroavaisuudet ovat vielä suurempia. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että alkuperäinen suojakäsittely määrittää lähtökohdat huoltomaalaukselle.

Kuumasinkityksessä käytetään samaa standardia kaikissa Pohjoismaissa, mutta Norja on ainoa maa, joka käyttää jauhemaalausta kuumasinkityksen kanssa. Riippusiltojen kannattajien korroosiosuojaus on jatkuvasti kehityksen alla ja suojausmenetelmät valitaan tapauskohtaisesti. Kun Suomessa ja Islannissa käytetään kuumasinkitystä rakenneosien suojaamiseen, niin Tanskassa, Norjassa ja Ruotsissa käytetään myös muita ruostumattomia seosmetalleja.

Summary

This is a State-of-the-Art report for the corrosion protection of steel bridges and other bridge related steel elements that are constructed, operated and maintained by Nordic Road Authorities.

All the Nordic countries emphasise a rational structural design of new bridges to facilitate a long service life of the corrosion protection, long maintenance-free periods and simpler maintenance activities. The use of dehumidifying systems is common.

Large differences have also been identified between the individual countries. For new bridges, Iceland and Norway use a duplex coating system, i.e. metal/paint system, while Finland, Sweden and Denmark use pure paint coating system. Even though application and control of these systems is based on the same standards, detailed rules and guidelines in each country result in very many dissimilarities.

The dissimilarities are even greater where maintenance of the protective systems is concerned. This is probably due to the fact that the original protective coating forms the basis for the type of maintenance.

Hot dip galvanizing is performed according to the same standard in all the Nordic countries but Norway is the only country that uses powder coating in combination with this system.

Corrosion protection of suspension bridge hangers is continuously under development and a protective system is frequently chosen on an individual basis.

Finland and Iceland use hot dip galvanizing for cast in items while Denmark, Norway and Sweden also use several different stainless alloys.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	14
2 Korrosjonsbeskyttelse, bruer i Norden	15
2.1 Historikk	15
2.2 Generell strategi	15
2.3 Korrosjonsbeskyttelse av nye bruer	15
2.3.1 Beleggsystem	15
2.3.2 Utførelse	17
2.3.3 Kontroll	17
2.4 Varmforsinking	18
2.5 Pulverlakkering	18
2.6 Hengestenger og bærekabler	18
2.7 Innstøpningsgods	19
2.8 Vedlikehold av korrosjonsbeskyttelse	19
2.8.1 Beleggsystem	19
2.8.2 Utførelse	20
2.8.3 Kontroll	20
2.9 Erfaring	21
3 Korrosjonsbeskyttelse, Danmark	22
3.1 Historikk	22
3.2 Generell strategi, korrosjonsbeskyttelse	25
3.3 Korrosjonsbeskyttelse, nye bruer	27
3.3.1 Malingsystem	27
3.3.2 Udførelse	28
3.3.3 Kontroll	29

3.4 Varmforzinking	30
3.5 Pulverlakering	31
3.6 Korrosionsbeskyttelse kabelsystemer	31
3.7 Innstøbningsgods	32
3.8 Vedligehold av korrosionsbeskyttelse	32
3.8.1 Fobehandling og malingsystem	34
3.8.2 Udførelse	35
3.8.3 Kontrol	38
3.9 Erfaring med brug og levetid	39
4 Corrosion protection, Finland	41
4.1 History	41
4.2 General strategy, corrosion protection	42
4.3 Corrosion protection, new bridges	43
4.3.1 Corrosion protection systems	43
4.3.2 Execution of corrosion protection work	44
4.3.3 Quality control	46
4.4 Hot-dip galvanizing	48
4.4.1 Quality requirements	48
4.4.2 Quality control and documentation	49
4.4.3 Pre-treatment and painting	49
4.5 Powder coating	50
4.6 Corrosion protection, hangers and main cables	50
4.7 Steel partly grouted in concrete	50
4.8 Maintenance of corrosion protection	51
4.8.1 Corrosion protection systems	51
4.8.2 Execution of corrosion protection work	51
4.8.3 Quality control	51
4.9 Experiences of use and estimated lifetimes	51

5 Rostskydd, Island	53
5.1 Historisk överblick	53
5.2 Generell strategi, rostskydd	53
5.3 Rostskydd, nya broar	54
5.3.1 Rostskyddssystem	54
5.3.2 Utförande av arbetet	55
5.3.3 Kontroll, metallskikt	57
5.3.4 Kontroll, målning	58
5.4 Varmförzinking	58
5.5 Ingjutning av stål	59
5.6 Underhåll av rostskyddssystem	59
6 Korrosjonsbeskyttelse, Norge	60
6.1 Historikk	60
6.2 Generell strategi, korrosjonsbeskyttelse	62
6.3 Korrosjonsbeskyttelse, nye bruer	63
6.3.1 Beleggsystem	63
6.3.2 Utførelse	64
6.3.3 Kontroll	67
6.4 Varmforsinking	70
6.5 Pulverlakkering	71
6.5.1 Beleggsystem	71
6.5.2 Utførelse	72
6.6 Korrosjonsbeskyttelse, hengestenger og bærekabler	72
6.7 Innstøpningsgods	72
6.8 Vedlikehold av korrosjonsbeskyttelse	73
6.8.1 Beleggsystem	73
6.8.2 Utførelse	76
6.8.3 Kontroll	78
6.9 Erfaring med bruk og levetid	

7 Korrosionsskydd, Sverige	80
7.1 Historik	80
7.2 Generell strategi, korrosionsskydd	80
7.3 Korrosionsskydd, nya broar	80
7.3.1 Rostskyddssystem	80
7.3.2 Ytbehandling av räcken	81
7.3.3 Ytbehandling av lager, övergångskonstruktioner	82
7.3.4 Utformning	83
7.3.5 Utförande	84
7.3.6 Kontroll	85
7.4 Varmförzinking	86
7.5 Pulverlackering	86
7.6 Korrosionsskydd, linor och kablar	86
7.7 Ingjutningsgods	87
7.8 Underhåll av korrosionsskydd	87
7.8.1 Rostskyddssystem	87
7.8.2 Utförande	90
7.8.3 Kontroll	90
7.9 Erfarenhet vid användning och livslängd	90

1 Innledning

Rapporten er utarbeidet av en arbeidsgruppe nedsatt av NVF-utvalg 32: Bruer og tunneler. Arbeidsgruppens mandat var som følger:

Bakgrunn:

Det er i dag forskjellig regelverk for overflatebehandlingssystemer for brukonstruksjoner i stål i alle de nordiske landene. Dette gjelder blant annet:

- korrosjonsbeskyttende systemer
- metoder for godkjenning av malesystemer for korrosjonsbeskyttelse
- miljøklassifisering
- tekniske krav til utførelse
- kontroll

Formål

Formålet er å kartlegge:

- regelverkene og korrosjonsbeskyttende systemer som er i bruk i de Nordiske land
- erfaringer fra bruk og levetid for systemene

Arbeidsgruppen har bestått av følgende medlemmer:

Mogens H. Foder, Rambøl, Danmark
Vagn Jensen, Rambøl, Danmark
Petri Jarvinen, Tikkurila, Finland
Einar Hafliðason, Vegagerd Riksins, Island
Berit Tora Sand, Statens vegvesen, Norge
Knut A. Grefstad, Statens vegvesen, Norge
Yngve Thoren, Vägverket, Sverige

Arbeidsgruppen har vært ledet av Knut A. Grefstad

2 Korrosjonsbeskyttelse, bruer i Norden

2.1 Historikk

Malingstypene har endret seg som følge av økt fokus på miljø. De gamle blyholdige malingene er for lengst faset ut. Etterfølgerne som var basert på alkyd og klor kautsjuk er nå erstattet av malinger basert på epoxy, polyuretan og/eller akryl. Vannbaserte malinger er så langt tatt lite i bruk for anvendelse på bruer.

2.2 Generell strategi

Det legges generelt stor vekt på god konstruktiv utforming av bruer med tanke på overflatebehandling og vedlikehold. Nye konstruksjoner utføres ofte som lukkede kasser der innvendig korrosjonsbeskyttelse utføres ved avfuktning. Malingssystemer som brukes skal være godkjent av vegmyndighetene, og påføring og kontroll skal utføres av personer med utdanning og kompetanse på dette fagfeltet. Ståldeler til nye bruer overflatebehandles i verksted slik at kun reparasjon av skader, overmaling av sveiseskjøter evt. dekkmaling utføres i felt. I Danmark har arbeidstilsynet forbudt sprøyte påføring av epoksy- og polyuretanmalinger i felt slik at overflatebehandling på brostedet kun begrenser seg til sveiseskjøter og reparasjon av skader.

Norge og Island krever at alle nye bruer overflatebehandles med et duplekssystem som innebærer metallisering med sink eller aluminium i tillegg til fullt malingssystem. I Norge har dette har vært et krav de siste 30 årene.

2.3 Korrosjonsbeskyttelse av nye bruer

2.3.1 Beleggsystem

Malingsspesifikasjoner beskrives i henhold til ISO-standard eller vegmyndighetenes egne krav. Generelt gjelder krav til omfattende dokumentering av malingssystemene som tilbys. Systemene som anvendes er forskjellige, og i det følgende presenteres de ulike landenes malingssystem:

Finnland

1. Min 40 µm zink-rik epoxy primer, 2-komponent
2. Min 2 x 85 µm glimmerrik jernoksyd-pigmentert mellomstrøk, 2-komponent
3. Min 2 x 50 µm polyuretan toppstrøk, 2-komponente

Total filmtykkelse min 310 µm. På mindre konstruksjoner og mindre utsatte konstruksjonsdeler brukes samme system, men med 1 toppstrøk slik at total tykkelse er 240 µm.

Innvendig overflatebehandling av kassetverrsnitt, søyler og forankringskammer til henge- og skråstagbruer overflatebehandles med:

1. Min 2 x 125 µm harpiskmodifisert 2-komponent epoksy

For overflatebehandling av varmgalvanisert og sink-metalliserte konstruksjonsdeler som for eksempel rekkverk brukes følgende system:

1. Min 2 x 60 µm epoksy primer, 2-komponent
2. Min 40 µm polyuretan toppstrøk, 2-komponent

Total filmtykkelse 160 µm

Alle filmtykkelser er tørr filmtykkelse.

Norge

1. Min 100 µm ren termisk sprøytet sink
2. 25-30 µm epoksy polyamid tie-coat sealer
3. 100-125 µm epoksymastik
4. 80-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl

Total tørrfilmtykkelse min 285 µm.

Island

1. Metallisering med sink eller aluminium 100 µm
2. Grunnstrøk tilpasset metalliseringen 40 µm
3. Mellomstrøk, epoksy tykkfilmsmaling 220 µm
4. Dekkstrøk, polyuretan 60 µm

Total tørrfilmtykkelse min 420 µm.

Sverige

Type overflatebehandlingssystem skal minst tilsvare krav i Bro 2004, og hovedkonstruksjonen skal overflatebehandles i henhold til systemer beskrevet i ISO 12944-5 avhengig av hvilken korrosjonsklasse konstruksjonen er definert i. Grunnmalingen består av 40 µm sinkrik epoksyprimer eller 70-85 µm varmforsinking avhengig av stålets godstykkele. Den sinkrike malingen skal minst ha et sinkinnhold på 90 vektprosent i den tørre filmen.

Malingssystemene er bygd opp av jernglimmerpigmentert to-komponent epoksy og polyuretan.

Danmark

Overflatebehandlingssystem skal velges i henhold til DS/EN ISO 12944-5. Ofte gis en begrensning i antall systemer det kan velges mellom her, eller alternativt velger og leverer byggeherren det malingssystemet som skal anvendes. Produkt og malngstykkelse blir dermed ikke en konkurranseparameter.

2.3.2 Utførelse

Utførelse av overflatebehandlingen beskrives nokså detaljert av vegmyndighetene, og er i stor grad sammenfallende i hele Norden. På grunnlag av krav til utførelse skal entreprenør utarbeide arbeidsbeskrivelse som også skal ta hensyn til malingsleverandørens spesifikasjoner for malingsystemet.

Personell som skal utføre og kontrollere overflatebehandlingen skal ha erfaring og utdanning innen faget.

2.3.3 Kontroll

Hva som skal kontrolleres defineres av vegmyndighetene og er sammenfallende hos alle landene. Kontrollomfanget er beskrevet ulikt og presenteres derfor kort her:

Finland

Konstruksjonen deles inn i arbeidsområder, inspeksjonsområder og referanseområder. Anbefalt størrelse til inspeksjonsområdet er ca 100 m², og i hvert inspeksjonsområdet defineres et referanseområde der testmålinger utføres. Fortløpende inspeksjon og inspeksjon av det ferdige produktet gjøres i henhold til en utarbeidet kvalitetsplan og SFS 5873.

For måling av filmtykkelse velges et 10 m² stort område for hver påbegynte 100 m², hvorav 20 separate måleområder velges. Hver måling består av 3 enkeltmålinger innenfor 1 cm². Tørr filmtykkelse er godkjent dersom gjennomsnittet av 3 målinger er lik nominell filmtykkelse, og mindre enn 20 % av enkeltmålingene er 20 % under nominell filmtykkelse.

Danmark

I Danmark spesifiseres minimum korrosjonskategori C4 iht DS/EN 12944-2 for bruer over vann. Det kreves vanligvis utført prøveplater i tillegg til referansefelt på konstruksjonen. Referansefeltene skal være karakteristiske for de behandlede overflater og den klimatiske eksponeringen. Antall og størrelse av referansefelt fastlegges i henhold til retningslinjer i DS/EN ISO 12944-7 annek A. Kontrollområder defineres typisk som den enkelte konstruksjonsdel, og deles igjen inn i et antall måleområder som er typisk for materialer og utførelsesmetoder.

For måling av tørr filmtykkelse er det innført et nytt målesystem som er nedfelt i DS/ENV 1090-1:Utførelse av stålkonstruksjoner. Regelen er gjengitt i avsnitt 3.8.3, og det gjelder at én måling er ét måleresultat. Dersom 1 eller flere måleresultater er < 80 %, eller flere enn 20 % ligger mellom 80 og 100 % av spesifisert tørr filmtykkelse, kasseres kontrollområdet.

Ved utløpet av en 5 års garantiperiode stilles det krav til overflatebehandlingen i henhold til et sett akseptkriterier for synlige feil, ref. pkt 3.3.3.

Sverige

Kontroll er beskrevet generelt i Boverkets håndbok om stålkonstruksjoner, BSK avsnitt 9:65. I Bro 2004 finnes det et tillegg til det kontrollomfang som angis i BSK. Måling av beleggtykkelse utføres i henhold til SS-ISO 19840.

Norge

Kontroll skal utføres i henhold til kontrollplan utarbeidet av entreprenøren. Kontrollen deles inn i to kontrollklasser, og i varierende omfang avhengig av hvilken konstruksjonsdel som kontrolleres, ref tabell 6-2. For kontroll av tykkelse skal det i kontrollklasse 2 utføres én kontroll pr flate på henholdsvis 20 m², 10 m² og 1 m² avhengig av konstruksjonsdelens størrelse. I kontrollklasse 3 utføres 4 kontroller pr m² flate og/eller min. 4 kontroller pr element.

Hver punktmåling er et gjennomsnitt av tre målinger i avstand 25 mm.

Før arbeidene starter og så en gang pr måned skal det utføres en prosedyreprøve på prøveplate med størrelse min 0,5 m².

Island

Entreprenøren kontrollerer selv arbeidene i henhold til definerte krav før en uavhengig kontrollør undersøker alle overflater.

Tørr filmtykkelse defineres som et gjennomsnitt av 10 målinger på en 0,25 m² stor flate. Gjennomsnittstykkelsen skal ikke være mindre enn 95 % av definert tykkelse. Ingen av målingene skal være mindre enn 80 % av definert tykkelse. Der maksimal tykkelse er beskrevet for hver lag skal tørr filmtykkelse ikke være større enn 1,3 ganger den definerte tykkelsen uten at malingsleverandør godkjenner dette.

2.4 Varmforsinking

Varmforsinking utføres i alle nordiske land i henhold til EN ISO 1461. I SS-EN ISO 1461 er det det nasjonelle tillegget for Sverige angitt større skikttykkelser enn i EN ISO 1461. Tykkelse på 85 µm er en minimumstykkelse og det benyttes tykkere sjikt når dette er mulig å få til i forhold til stållegering i godset som skal metalliseres og miljø.

2.5 Pulverlakkering

I Norge anvendes pulverlakkering på varmforsinket gods og det benyttes da 75 µm polyester pulverlakk dersom ikke annet er beskrevet, totalt 165 µm belegstykkelse.

I de andre nordiske landene er pulverlakkering lite eller ikke brukt.

2.6 Hengestenger og bærekabler

Tråder til bærekabler varmforsinkes. Mellom trådene benyttes et spinnemiddel med korrosjonsbeskyttende effekt. I Norge og Danmark påføres kablene, etter kabelmontasje, samme malingsssystem som stålbruer for øvrig. I Sverige beskyttes kablene med et ytre rør av polyeten eller stål. Røret injiseres med sement, alternativt fett eller voks. Hengestenger overflatebehandles etter samme prinsipp.

I Danmark forventes det at tråder til kabler og hengestenger i fremtida vil overflatebehandles med den nye GALFAN-belegningen. Dette er en standardisert sink-aluminium belegning som består av 95 % Zn og 5 % Al. Denne belegningen forventes å gi vesentlig lengre holdbarhet enn ren sink, spesielt i surt miljø.

I forankringskammer og over tårnsadler benyttes som oftes avfuktningsanlegg.

Det er ofte egen spesifisering for korrosjonsbeskyttelse av kabler og hengestenger på store bruer.

Finland har ikke bygd hengebruer siden 1960-tallet. Vedlikehold utføres med samme overflatebehandlingssystem som øvrige konstruksjonsdeler.

2.7 Innstøpingsgods

Praksis for overflatebehandling av innstøpingsgods er varmforsinking eller syrefast stål. Finland og Island spesifiserer varmforsinking, Sverige varmforsinking eller rustfritt syrefast stål. Norge og Danmark spesifiserer normalt rustfritt syrefast stål. Rustfritt syrefast stål beskrives i henhold til ISO 10088.

I Norge skal delvis innstøpte skruer og gjengestenger være i rustfritt stål og syrefast kvalitet i henhold til NS-EN ISO 3506.

2.8 Vedlikehold av korrosjonsbeskyttelse

2.8.1 Beleggsystem

Beleggsystem for vedlikehold av stålbruer er ulikt i alle de nordiske landene. Danmark har tatt i bruk vannbasert maling. Det er maling på akrylbasis, den er svært elastisk og har god heft til underlaget. Malingen er miljøvennlig, og kan sprøyte påføres kun med bruk av enkel støvmaske og det er heller ingen spesielle forholdsregler mot hudkontakt. Avfallet er ufarlig og kan deponeres uten særlige foranstaltninger.

Vedlikeholdsmaling i Finland utføres primært med følgende system: 2 x min 100 µm aluminiumpigmentert epoxy, og min 50 µm polyuretan toppstrøk.

Island benytter normalt samme system og metoder ved vedlikehold som for overflatebehandling av nye bruer.

Norge bruker tre ulike vedlikeholdssystem avhengig av hvilken overflatebehandling konstruksjonen har. To vedlikeholdssystem benyttes til konstruksjoner som ikke er metallisert:

- 1) 40-75 µm sinkrik epoksy primer, min 125 µm epoksy mastik, 60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl. Total beleggtykkelse min 225 µm.
- 2) 50-60 µm sinkrik primer, 25-30 µm epoksy tie-coat sealer, min 125 µm epoksy mastik, 60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl. Total beleggtykkelse min 260 µm.

Vedlikeholdssystem 3 benyttes ved mindre skader på varmforsinket stål og består av 3 strøk sinkrik primer, total beleggtykkelse min 150 µm.

Ved vedlikehold av duplekssystem skal det ved rengjøring til bart stål påføres samme system som for nye bruer, med metallisering på stålet. Ved fornying av dekkstrøk påføres epoksy mastik og polyuretan. Skader på mindre rengjort areal enn 50x50 mm påføres sinkrik epoksy primer i stedet for metallisering.

Vedlikehold av overflatebehandling i Sverige deles inn i tre korrosjonsklasser, og det kan velges mellom 7 overflatebehandlingssystem hvorav fire av disse er system for overflatebehandling av rekkverk. For naglede bruer skal følgende system nyttes:

Rengjøring og blåserensing i henhold til Bro 2004, 55.322. Den blåserensede overflaten skal overenstemme med klassen "grov" i henhold til SS-EN ISO 8503-2. Gunnfarge av epoksy mastik tykkelse min 100 µm. Mellomfarge av typen EP (jernglimmerpigmentert tokomponent epoksy i henhold til SIS 18 51 01) i henhold til BSK (Broverkets handbok om stålkonstruksjoner), tykkelse min 100 µm. Dekkstrøket skal være i henhold til Bro 2004, 55.322, men tykkelsen skal være min 80 µm lagt i et strøk. Total beleggykkelse 280 µm. Kanter, skru- og bolteforbindelser skal påføres et ekstra strøk mellomfarge.

Overflatebehandlingssystem med krav til blåserensing: Overflatebehandlingen skal utføres i henhold til Bro 2004, 55.322, med følgende endringer:

Den blåserensede overflaten skal overenstemme med klassen "grov" i henhold til SS-EN ISO 8503-2. Gunnfarge av epoksy mastik tykkelse min 150 µm. Dekkstrøk av typen AY i henhold til BSK, tykkelse min 60 µm.

Overflatebehandling uten krav til blåserensing:

Rengjøring i henhold til Bro 2004, 55.322. Grunnfarge av "högvåtande" linoljeprodukt skal påføres slik at overflaten mettes og får et blankt utseende etter at løsemiddelet er fordunstet. Dekkfarge av fet alkydmaling påføres i 2 strøk der hvert strøk skal være min. 50 µm. Detaljer vedrørende rengjøring og overflatebehandling gis i teknisk beskrivelse.

Overflatebehandling av varmforsinket rekkverk:

Rengjøring og blåserensing i henhold til Bro 2004, 55.322. Alternativt blåserenses til ren, fast sink slik at overflaten tilsvare klassen "fin" i henhold til SS-EN ISO 8503-2. Grunnfarge av typen EP, tykkelse min 40 µm. Mellomfarge av typen EP i henhold til BSK, tykkelse min 100 µm. Dekkfarge i henhold til Bro 2004, 55.322.

Rekkverk som ikke er varmforsinket overflatebehandles i henhold til Bro 2004, 55.322.

2.8.2 Utførelse

Ved rengjøring og blåserensing stilles det krav til oppsamling av blåsemiddel og utslipp av forurenset vann. Dette medfører strenge krav til oppbygging av stillas og innkledning av disse. Utførelse av selve overflatebehandlingen avviker lite fra overflatebehandling på nye bruer. Norge og Danmark fokuserer på stripe coating av kanter, hjørner, vinkler, nagler- og skruehoder etc. I Danmark leverer byggherren malingen slik at malingsbesparelse ikke blir en økonomisk parameter. Det legges også vekt på at entreprenøren ikke ensidig fokuserer på produktivitet. Malingssystemet bygges fortrinnsvis opp av flere mindre lagtykkelser og det er derfor stor fokus på manglende lokal lagtykkelse.

Generelt beskrives krav til forbehandling i tilbudsokumentene med særlig fokus på rengjøring/avfetting. I Norge skal fremgangsmåte for rengjøring og påføring av maling avklares ved prosedyreprøver før arbeidene starter, og senere en gang pr måned i løpet av entreprisen. Disse utføres fortrinnsvis på prøveplater med størrelse min 0,5 m² eller på brukonstruksjonen.

2.8.3 Kontroll

Kvalitetskontroll av vedlikeholdsmaling baserer seg i stor grad på de samme prinsippene som for nye konstruksjoner. Kontroll av renhet og lagtykkelser er viktige parametere. Danske erfaringer viser at det er behov for andre akseptkriterier for konstruksjoner med skarpe kanter, nagler og skrueforbindelser enn for konstruksjoner med store plane flater.

2.9 Erfaring

Alle de nordiske landene har som ventet rimelig god erfaring så langt med de malingsystemene som er i bruk pr i dag. Felles er at systemene som er i bruk i dag ikke er mer enn 15-20 år gamle, og at denne perioden er for kort til å kunne være helt eksakt vedrørende erfaring. Men det er også et fellestrekk at det fokuseres mer på vedlikehold av ytre malingslag, og at det forventes et vedlikeholdsintervall på anslagsvis 15-20 år.

Norge har god erfaring med duplekssystem som ble tatt i bruk i 1960-årene og som fortsatt brukes. Kvaliteten på malingsystemet er likevel avgjørende for levetiden til duplekssystemet.

3 Korrosionsbeskyttelse, Danmark

3.1 Historik

Specifikation af malingsystemer til broer Danmark af nogen betydning anses at være begyndt med de gamle jernbanebroer fra 1930'erne: broerne over Lillebælt og Storstrømmen.

Dengang kontaktedes malingsproducenterne i Danmark for råd og vejledning og de store stålentreprenører sørgede for udførelsen af overfladebehandlingsarbejdet. På det tidspunkt var firmaet Dyrup den fremherskende malingleverandør indenfor korrosionsbeskyttelse af stål, tilsvarende Jotun i dag er i Norge.

Lillebæltsbroen blev i 1935 efter afrensning inden montage påført:

- Grundfarve: Pigmentsammensætning: Blymønje 35 vægt-%, zink og blykromat 10 vægt-% og jernoxid 40 vægt-%. Bindemiddel er linolie.
- Dækfarve: Grå mager mellemstrygningsfarve med pigment af blyhvidt og zinkhvidt som sammen med linolie danner små mængder bly- og zinksæber, der skaber en tæt og vejrmotstandsdygtig film.
- Dækfarve: Aluminiumfarve, kaldet "Aluminit", indeholdende 35-% aluminium-bronzeskæl. Bindemiddel på alkydbasis.
- Reparation af montageskader: 3. dækfarve: Aluminiumfarve, kaldet "Aluminit".

Flere tilfælde af blyforgiftning, konstateret i forbindelse med de store anlægsarbejder, medførte myndighedskrav om lavere blyindhold i malingerne.

Under krigen (~ 1940) blev broen påført en camouflagemaling. Malingsspecifikation kendes ikke.

Efter krigen, omkring 1950, blev der udført omfattende reparationer af malingen og broen fik sit oprindelige lysegrå udseende tilbage.

Overbygningen blev igen pletrepareret og påført ny vedligeholdelsesmaling i årene 1966-71, og er ikke senere blevet malet. Alle vedligeholdelsesmalingerne har været på alkydbasis, dog er som forsøg påført en vinyldekmalning på fag 60-64.

I Danmark var det således sædvane at benytte blymønjebaserede malingsystemer frem til midten af 1960'erne. Ståloverfladerne på nye broer blev mekanisk afrenset og påført 1-2 lag blymønje i værksted før transport til brostedet. Resterende del af malingsystemet blev påført på brostedet efter montage. På brostedet blev derefter afsluttet med alkydbaserede systemer og ofte blyholdige lyse kulører, 1-2 lag mellem- og 1 lag dekmalning.

På et tidspunkt var der megen fokus på nye bitumenbaserede behandlinger, og disse blev også forsøgt på broerne som mellemmalinger, men gav ved senere vedligehold store problemer (bl.a. svedte tjæren igennem) og måtte generelt fjernes fuldstændig på grund af manglende kompatibilitet med nyere og bedre produkter.

Først langt senere blev korrosionsbeskyttelse anset som en så betydningsfuld disciplin, at forhold og anbefalinger blev underkastet en mere teknisk vurdering. Dette resulterede i landets første, egentlige anbefalinger om korrosionsbeskyttelse, idet man i nationalt regi i 1982 udarbejdede DS/R 454: Anvisning for korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner, se /1/.

Dokumentet fik ikke samme status som øvrige danske normer og standarder, men var kun en anvisning, og det skyldtes bl.a. den voldsomme udvikling, der fandt sted indenfor området

materialer til korrosionsbeskyttelse af stål. Den var ikke egnet som basis for udbud af overfladebehandlingsarbejder, men som reference til sådanne. Selvom den kun var anvisning, prægede dens indhold alligevel systemer for korrosionsbeskyttelse længe efter, at bedre materialer og systemer dukkede op på markedet, så det tog lang tid for disse at slå igennem i praksis.

Fra midt i 1970'erne begyndte man at modernisere malingsystemerne til væsentlige konstruktioner som broer, men indtil da var den generelle opskrift diverse alkydbaserede systemer.

Følgende specifikation for vedligeholdsarbejder (pletreparationer) var typisk for den senere periode, som f.eks. fra Storstrømsbroen (Masnedundsbroen):

- Blæserensning: Sa 2½
- Grundning: 2 lag blymønje a 50 µm
- Mellemmaling: 2 lag epoxy a 55 µm
- Dækmaling: 2 lag epoxy a 55 µm

Udbud med anvendelse af DS/R 454 var typisk specifikation af en korrosionsklasse samt en foreskrevet opbygning af et malingsystem fra en specifik producent, som den bydende skulle prissætte, men også kunne supplere med et alternativ system forudsat, at kvaliteten kunne dokumenteres mindst at være den samme som i udbudet.

Specifikationer til overfladebehandlingsarbejder er fra omkring år 2000 baseret på den nye standard: DS/EN ISO 12944 (2000): Maling og lak - Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner med maling, se /2/.

Såvel tidligere som i dag vil specifikationer sædvanligvis indeholde særlige krav om udførelsen, overgange mellem forskellige behandlingssystemer og kontrol. Når det drejer sig om vedligehold af eksisterende konstruktioner anføres tillige oplysninger om underlag – såvel af stål som af maling, der ønskes bevaret.

Fra omkring 1970 skiftede man generelt på nye konstruktioner blymønjen i grundmalingen ud med ud med zinkholdige grundmalinger - enten i form af zinkethylsilikater eller zinkepoxyer. Fra omkring samme tid blev det almindeligt med mellemmaling i en tykfilm epoxy maling og afslutning med en mere elastisk klorkautsjuk eller vinylbaseret dækmaling. Sidstnævnte typer gav enklere og sikrere vedhæftning ved overmaling for vedligehold end epoxybaserede dækmalinger, som dog i nogen udstrækning blev anvendt på mindre stålbroer, der kunne behandles færdigt på værksted inden montage.

Følgende specifikation var typisk for den periode, som f.eks. fra Farøbroen (~1980), se /6/:

- Blæserensning: Sa 2½ - 3
- Grundning: 1 lag zinkethylsilikat 40 µm samt 10-15 µm "tie coat"
- Mellemmaling: 2 lag klorkautsjuk a 65 µm
- Dækmaling: 2 lag klorkautsjuk a 30 µm (påført på hele fladen på brostedet efter montage).

Den nye Lillebæltsbro, der blev indviet i 1970 blev påført et tilsvarende KK-system med en samlet lagtykkelse på 260 µm.

De hårdest eksponerede konstruktionsdele, som f.eks. opkanter på vejbaner, blev behandlet med tjæreepoxy eller carbomastiks i fuld tykkelse, idet disse systemer skulle være særligt robuste såvel over for korrosion som mekanisk påvirkning.

I slutningen af 1980'erne ændrede man dækmalingen til typisk at være polyuretanbaseret, da dette generelt både gav en bedre glans og en længere bevaring af dæklagets elasticitet og i dag tillige ofte med en længere overmalbarhedsperiode, hvilket vi sætter stor pris på.

Følgende specifikation svarende til korrosionskategori C4 med høj holdbarhed, H efter DS/EN ISO 12944 var typisk for den periode, som f.eks. fra Storebælt (1989), se /5/, i parentes er anført det aktuelt udførte produkttyper og lagtykkelser):

- Blæserensning: Sa 3
- Grundning: 1 lag zinkepoxy 50 µm
- Mellemmaling: min 160 µm epoxymaling (1 lag epoxypolyamid min 125 µm)
- Dækmaling: min 40 µm PU-maling (min 75 µm alifatisk polyuretan) - påført på værk med reparation på brostedet efterfølgende.

De aktuelle systemer skulle tillige af produktionsmæssige årsager have langt overmalingsinterval for at undgå afrensning ved reparation af allerede behandlede montagesamlinger.

Til sammenligning med den sidste kan anføres "som udført" oplysningerne om det udførte system på Øresundsbroens udvendige flader (specificeret i ~1992), hvor specifikation svarede til C5M H (korrosionskategori C5 Marin med høj holdbarhed) i henhold til DS/EN ISO 12944 (og BSK 99):

- Blæserensning: Sa 2½ -3
- Grundning: 1 lag zinkepoxy 40 µm
- Mellemmaling: 2 lag epoxypolyamid a min 125 µm
- Dækmaling: 2 lag polyuretan a min 50 µm - påført på værksted med reparation på brostedet efterfølgende.

Som det fremgår heraf er Øresundsbroen i princippet beskyttet med samme produkttyper som Storebælt, men de samlede antal lag er øget fra 3 til 5 og tykkelsen tilsvarende fra 250 til 390 µm. Den ekstraordinære gode beskyttelse på Øresundsbroen kan være gunstig set i relation til

- At gitterkonstruktioner på grund af geometrien er vanskeligere at beskytte effektivt end kassedragerbroer,
- At stålkonstruktionen på grund af togdriften tidsmæssigt vil være meget vanskelig tilgængelig for reovering af overfladebehandling,
- At inddækning for overfladebehandling skal være særdeles kraftig og effektiv, da der skal dimensioneres for togdrift i nabospor.

I perioden indtil omkring 2000 blev arbejdsbeskrivelser baseret på interne forskrifter fra bygherrer, der i praksis som oftest var DSB, De Danske Statsbaner, når det drejede sig om stålbroer. Den første egentlige danske udbuds- og anlægskravforskrift for stålbroer, der udkom i 2001, var således også for såvel stål- som overfladebehandlings afsnittet baseret på DSB's interne udbudsforskrifter, der blev opdateret og moderniseret.

Udbud efter den i dag gældende udbudsforskrift for stålbroer, afsnit 2, overfladebehandling, se /3/ er typisk specificeret ved en korrosionskategori og valgmulighed mellem enkelte af de systemer, der anføres som mulighed for pågældende korrosionskategori i DS/EN ISO 12944.

3.2 Generel strategi, korrosionsbeskyttelse

Der har fra starten altid været lagt stor vægt på gode og "korrekte" korrosionsbeskyttelsessystemer til broer. Det betyder bl.a., at man altid har søgt de nyeste og bedste systemer, dog under hensyntagen til en passende lang positiv erfaringsperiode med disse nye systemer. Man har således aldrig ønsket at "lægge bro til forsøgsmalinger".

I betragtning af den i dag langt kortere testperiode for nye produkter hos malingproducenterne, er nogle nu villigere til at udføre forsøg med nyere produkter på begrænsede områder af en bro. Det giver jo mulighed for hurtigere at tage nyudviklede typer i brug i praksis uden al for stor risiko for katastrofale resultater.

Valg af malingsystemer har som ovenfor anført dels været teknisk betinget, men også i høj grad baseret på miljøhensyn, især i de seneste årtier:

- Blyholdige - og så vidt mulig også andre tungmetalholdige produkter - har i henhold til Arbejdstilsynets forskrifter skulle udfases fra omkring 1990.
- Anvendelse af epoxy- eller polyuretanbaserede produkter har ikke måttet foreskrives i projekter fra omkring 1980 uden at overholde substitutionsprincippet, dvs. at mindre farlige produkter skulle bevise at føre til et teknisk dårligere slutresultat, og tjæreepoxy blev totalt forbudt fra omkring 1995.
- Arbejdstilsynet giver generelt ikke dispensation fra forbud mod sprøjtepåføring på brostedet af epoxy- og polyuretanbaserede produkter – Sprøjtepåføring tillades generelt kun under værkstedsforhold – end ikke på Storebæltsbroen kunne trods seriøs ansøgning opnås dispensation fra forbudet.
- Anvendelsen af opløsningsmiddelholdige malingprodukter har i henhold til Arbejdstilsynets forskrifter skulle reduceres mest muligt fra omkring 2000. Det betyder bl.a., at de traditionelle klorkautsjuk- akryl- og vinyltyper kun accepteres anvendt i fri luft (= udendørs) eller i specielt indrettede værksteder.
- Relevante værnemidler for malerne er generelt påbudt for alle ovennævnte systemtyper.

Med hensyn til påføringssted er også sket en udvikling.

- Indtil omkring 1970 påførtes al overfladebehandling normalt på brostedet – Broerne blev samlet af mindre delelementer, hvor alle samlinger først var nittede og senere boltede, og elementstørrelsen og lav pris for stilladsarbejder retfærdiggjorde fuld behandling på brostedet sammenholdt med, at blymønnen var relativt robust overfor klimaforhold under påføring.
- Med udfasning af blymønnen til fordel for andre, mere klima- og arbejdsmiljøfølsomme produkter, blev det optimalt at udføre så meget af behandlingen som muligt på værksted under kontrollerede forhold. Skift til en større grad af præfabrikation og samling ved svejsning samt højere priser for stilladsarbejde pegede i samme retning. For mange projekter blev det dog stadig krævet, at slutmalingen påførtes på brostedet for, at overfladen kom til at fremstå tilstrækkeligt ensartet og uden skader.
- Forbud mod sprøjtepåføring af epoxy- og PU-malinger betyder dog, at der i de seneste år for flere projekter har været foreskrevet, at slutmalingen også skal påføres på værksted, således at behandling på brostedet begrænses til at omfatte behandling af svejsesamlinger i få, men store montagestød og reparation af skader. Dette er således tilfældet for f.eks. Storebælts Østbro. Men det kan dog føre til, at overfladerne ved afleveringen af bygværket fremstår uensartet, og at entreprenøren ikke får mobiliseret tilstrækkelig kapacitet til at inspicere og på konditionsræssig måde at afhjælpe uundgåelige spredte skader, der opstår på de store flader.

Overbygningernes udformning har også influeret på behov for korrosionsbeskyttelse. Overbygninger opbygget af stænger og knudeplader har relativt store og visse steder tillige meget vanskeligt tilgængelige overflader, hvor der ofte er en del indbyggede "svage punkter" med knudeplader eller flanger, der er ikke afvandes tilstrækkeligt effektivt. Knudeplader udgør ofte tillige et yndet rede-/overnatningssted for visse fuglearter, som f.eks. duer eller falke. Begge forhold medfører risiko for dannelse af korrosionsskader i særligt disponerede lokale områder og kan give store problemer ved vedligehold af overfladebehandlingen.

På den 100 år gamle buebro Victoria Falls i Zambia, som Rambøll inspicerede i 2004, havde man ved designet gjort sig store anstrengelser for at undgå vandrette knudeplader og vandlommer i konstruktionen i det hele taget på grund af den periodevis vedvarende støvregn fra det nærliggende vandfald. En moderne kassedragerbro indeholder tilsvarende heller ingen flader, hvor snavs eller vand akkumuleres og vil derfor alt andet lige mere effektivt kunne beskyttes med et lavere klassificeret malingsystem end en gitterbro.

Sprøjtemetallisering er på grund af den relativt høje pris og lille kapacitet ved in situ anlæg til dato kun anvendt i relativt begrænsede tilfælde. Det kan dreje sig om særligt eksponerede konstruktionsdele, hvor tilgængelighed for senere vedligehold er meget vanskelig, og hvor konditionsmæssig reparation er nærmest umulig på grund af følgeskader i tilstødende materialer, som f.eks. stålbasisklodser for autoværn på ståldæk, indstøbte flanger på kompositbroer eller lejer og fuger på broer.

Sprøjtemetallisering medfører som en skærpende omstændighed behov for afrensning af underlaget til Sa 3 i stedet for Sa 2½, som normalt er tilstrækkeligt for en overfladebehandling med maling – også, hvor der kræves lang holdbarhed. Sprøjtemetallisering foreskrives ligeledes ved pletreparation af skader i nye varmforzinkede ståldele, fordi reparation med zinkrige malinger ikke kan give samme levetid som den uskadte varmforzinkede overflade.

Generelt anser vi ikke sprøjtemetallisering for speciel hensigtsmæssig på større overfladearealer, fordi risikoen for lokale fejl (manglende vedhæftning, lav lagtykkelse m.v.) er stor (og stiger med arealstørrelsen), konsekvenserne af sådanne fejl er alvorlige og vanskelige og kostbare at udbedre.

Som eksempler på anvendelse af sprøjtemetalliserede flader fra Storebælt kan nævnes:

- Friktionssamlinger inkl. anlægsflader i kablesadler: min 50 µm sprøjtemetallisering
- Lejer, dilatationsfuger, kablesadler, -klemmer og -sockets: min 80 µm sprøjtemetallisering afsluttet med samme behandling i mellem- og dækmaling som øvrige udvendige flader
- Fastgørelser for håndreb langs hovedkabel: min 150 µm sprøjtemetallisering
- Basisplader for autoværn: min 200 µm sprøjtemetallisering

Note: alle ovennævnte tykkelser er anført eksklusiv "tie coat", som altid anvendes.

Siden omkring 1990 er indstøbningsdele og ståldele i særligt aggressivt miljø som oftest specificeret udført i syrefast rustfrit stål. Derved undgår man behov for korrosionsbeskyttelse eller dannelse af skader i betonoverflader ved overgang mellem frie og indstøbte overflader på indstøbningsdele. I særlige tilfælde kan dog også være anvendt søvandsbestandigt aluminium.

3.3 Korrosionsbeskyttelse, nye broer

Siden 1960'erne – startende ved Den nye Lillebæltsbro – er de fleste større stålbroer i Danmark udført som lukkede kassedragerbroer, hvor de indvendige overflader korrosionsbeskyttes ved affugtning til 40-60 % RH, således at alene de udvendige flader skal korrosionsbeskyttes og vedligeholdes med maling. Fordelene er særdeles store:

- Overflader, som kræver vedligehold med maling, begrænses til typisk 30-40 % af den samlede ståloverflade.
- Behandling af de indvendige flader spares helt eller kan, afhængigt af produktionsproces og –varighed, begrænses til standard shopprimer.
- Miljøproblemer ved fremtidigt vedligehold af indvendige flader undgås helt.
- Tilbagebetalingstid for affugtningsanlæggene, der består af en affugtnings-, en ventilations- og en automatikenhed, er typisk helt nede på 3-5 år.

Broer over vand er som oftest specificeret med mørkeblå nuancer i dækmaling, som f.eks. Farø eller Storebælt. Lyse kulører vil alt andet lige lette muligheden for at inspicere for defekter – såvel begyndende korrosion som evt. utilsigtet revnedannelse, hvorimod valg af mørke kulører besværliggør sådanne observationer betragteligt. Dette kan være et udtryk for, at arkitektoniske valg prioriteres højest, som det også må formodes for Øresundsbroen, der er malet med sort dækmaling.

3.3.1 Malingsystem

Der forskrives ikke i den Almindelige ArbejdsBeskrivelser, AAB, se /3/, prioritering af mulige systemer beskrevet i DS/EN ISO 12944, idet dog anvendelse af alkydbaserede systemer både af tekniske og miljømæssige årsager ikke længere tillades. Oplysning om tilbudt system skal fremgå af tilbudet. Ved udbud vil bygherren dog ofte indsnævre valgmuligheden for at tilpasse systemet til den aktuelle konstruktionsudformning og mulighed for fremtidigt vedligehold. Tilgængelighed for påføring af dækmaling efter montage og deraf følgende krav om overmalbarhed af mellem- og dæklag vil også kunne influere på valg af malingsystem. Uanset hvilken type, der tilbydes, skal der leveres en mindst 5 år gammel reference for anvendelse af samme malingsystem på lignende konstruktion.

Krav til malingbehandling af stålbroer - såvel af nye som vedligehold af eksisterende – er beskrevet i udbudsforskrifter for stålbroer, afsnit 2 overfladebehandling, se /3/. Udbudsforskriften består af en Almindelig ArbejdsBeskrivelse, AAB, samt et paradigma for Særlig ArbejdsBeskrivelse, SAB-P, med en række brødtekster, som alt efter relevans for det aktuelle projekt vælges og suppleres.

Ved malingspecifikation til broer i dag specificeres i Danmark derfor normalt følgende, idet "DS/EN ISO 12944 (2000): Maling og lak - Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner med maling" i princippet anvendes, men i detaljer tilpasses de enkelte konstruktioner i form af præciseringer og tillægskrav:

- Krav til forbehandling: afrunding af skarpe kanter; krav om affedtning, afvaskning, afrensning, rugøring af underlag.
- Korrosionskategori i henhold til DS/EN ISO 12944 del 2 – sædvanligvis C4 med Høj holdbarhed, H, jf. DS/EN ISO 12944 del 5 for større broer over vand.
- Ofte en begrænsning af det antal systemer, som entreprenøren får mulighed for at vælge mellem efter DS/EN ISO 12944, del 5 anført i tabel A4, eller alternativt levering af maling som bygherreleverance, således at malingprodukt og -tykkelse ikke indgår som konkurrenceparameter.

- Krav til visuelt udseende, herunder kulør og glans af dækmaling.
- Krav til dokumentation af tykkelse af enkeltlag – typisk grunder – samt tillige af den samlede filmtykkelse af de enkelte malingsystemer. Der anvendes ofte mere end 1 system til store konstruktioner.
- Eventuelt krav til dokumentation af poretæthed for systemer, der alene beskytter via barriereeffekt (bør dog forsøges udeladt).
- Eventuelt krav til vedhæftning til underlag og mellem enkeltlag, men sædvanligvis alene dokumenteret på prøveplader (bør dog forsøges udeladt).
- Krav til udførelse af referencefelter og prøveplader, som bruges til at frasortere eventuelle produktrelaterede svigt ved udløb af afhjælpningsperioder (= garantiperiode).
- Acceptkriterier ved udløb af afhjælpningsperioden specificeret ved henvisning til DS/EN ISO 4628.

Malerentreprenøren anmodes således om at udarbejde en arbejdsbeskrivelse koordineret med malingleverandøren og forelægge denne for tilsynet/bygherren, inden arbejdet påbegyndes.

Som basis for udarbejdelse af en arbejdsbeskrivelse skal entreprenøren anvende udbudskontrolplanerne samt procesdiagrammerne i DS/EN ISO 12944, del 8, Anneks C og D eller et mere detaljeret oplæg angivet i udbudet.

Der skal udarbejdes en arbejdsbeskrivelse for hvert enkelt system, herunder maling på varmforzinkning, sprøjtemetallisering, rustfrie stål og lignende, samt for reparation af de enkelte systemer.

Arbejdsbeskrivelsen kan opbygges efter princip som vist i DS/EN ISO 12944-8, Anneks G og I, men alle følgende oplysninger skal være inkluderet:

Forbehandlingsmetode og -midler:

- Affedningsmetode, 12944-4, kap. 6.1
- Rensemethode og -middel, 12944-4, kap. 6.2
- Rensningsgrad og -ruhed, 12944-4, kap. 7 og 8

Malingsystem: 12944-5

Påføringsmetode og udstyr: 12944-7, kap. 5.3

Klimaforhold under udførelsen: 12944-7, kap. 5.2

Reparationsprocedurer for hvert system samt krav til overlap mellem de enkelte lag.

Evt. særlige sikkerhedsforskrifter.

3.3.2 Udførelse

Arbejdet kræves generelt tilrettelagt således, at så stor en del som muligt af arbejdet udføres på værksted.

Arbejdet kræves tillige udført af personel, der har gennemgået særlige fagligt kvalificerende kurser for de pågældende arbejdsoperationer. Formænd skal have gennemført et entreprenørmodul eller kunne dokumentere tilsvarende erfaring. Uddannelserne findes i Danmark som AMU-kurser.

Evt. overfladefejl i form af grubetæring, pladelus, svejsesprøjt, svejseslagger eller skarpe plade- og profilkanter eller -hjørner (afrundingsradius mindre end 2 mm) skal være afhjulp

inden overfladebehandling iværksættes. Dette medfører dog alligevel ofte, at der skal slibes manuelt efter blæserensning, fordi disse fejl ikke altid er mulige at detektere effektivt før blæserensning!

På nye svejste konstruktioner kræves neutralisering af svejsesømme svejst med beklædte elektroder. Utilstrækkelig neutralisering vil ad åre afspejle sig med nedbrydning af overfladebehandling i svejsezonen – en fejl der kan ses på flere eksisterende konstruktioner.

Blæsemidler til blæserensning foreskrives at skulle være af typen G (grit = skarpkantede uregulære korn) eller C (cylindriske skarpkantede korn) og resultere i en ruhed, der svarer til grundmalings krav, og en renhedsgrad som angivet i arbejdsbeskrivelsen. Entreprenørens forslag skal godkendes af malingleverandøren. Kvantssand anvendes efter omkring 1990 normalt ikke længere af arbejdsmiljømæssige årsager.

Der skal udføres behandling med anvendelse af afvigende kulører mellem de enkelte sprøjte- og udstigningslag (= "stripe coats"). Alle kanter og vanskeligt tilgængelige steder kræves udstukket med pensel.

3.3.3 Kontrol

Der kræves sædvanligvis udført såvel prøveplader som referencefelter for det anvendte system, hvor parterne: bygherre/ejer, entreprenør og malingleverandør i fællesskab har overvåget og kontrolleret, at alle udførelseskrav er overholdt. Referencefelter skal være karakteristiske for de behandlede overflader, og den klimatiske eksponering. Referencefelterne bruges senere ved garanti eftersyn til at frasortere fejl relateret til udførelsesmæssige forhold. Antal og størrelse af referencefelter fastlægges ud fra retningslinierne i DS/EN ISO 12944-7 Anneks A.

Destruktive prøvninger bør så vidt muligt undgås - og hvis det er nødvendigt under malingbehandling og ikke kun under forprøvning – bør sådan prøvning så vidt muligt udføres på prøveplader, der behandles som en integreret del af malingsbehandlingen

Kontrolområdets størrelse defineres typisk som værende den enkelte konstruktionsdel, der samles på værksted, f.eks. brodækelement, søjleelement, drager eller lign.

Kontrolområdet inddeles i et antal måleområder (konstruktionsdele/-flader), som med hensyn til materialer og udførelsesmetoder giver ensartede betingelser for udførelse af malingsarbejdet, og som dermed kan danne basis for en statistisk bearbejdning af måleresultaterne i måleområderne.

Kontrol af den færdige malingfilm tilpasses det aktuelt valgte system, således at de parametre, der er afgørende for systemets effektive beskyttelse, også kontrolleres, f.eks. tykkelse af zinkholdige grundere og samlet filmtykkelse af et barrieresystem.

Alle kontroller udføres på afgrænsede kontrolområder, hvor samme metoder og betingelser for påføring har været til stede, og udføres i princippet efter "80/20 % acceptkriteriet" jf. DS/EN 12944 del 7. Den dér angivne 80/20 % regel er dog uhyre mangelfuld, og er derfor erstattet af en ny dansk anerkendt udgave, som er gengivet i afsnit 3.8.3, se dette.

Ved udløbet af den 5-årige periode for afhjælpningspligt og ret stilles i AAB, se /3/ følgende acceptkriterier for synlige fejlstørrelser:

- Blæredannelse må ikke være større end grad 2, størrelse 2, i henhold til DS/EN ISO 4628/2,
- Rustdannelse må ikke være større end grad Ri 1 i henhold til DS/EN ISO 4628/3,
- Antal revner må ikke være større end grad 1, klasse 2, i henhold til DS/EN ISO 4628/4,
- Afskalningens omfang må ikke være større end grad 1, klasse 1, i henhold til DS/EN ISO 4628/5

- Kridtning må ikke være større end klasse 1, i henhold til DS/EN ISO 4628/5.

Arealer med sådanne defekter må for hver fejltypen maksimalt udgøre 0,1 % af kontrolområdets samlede overflade.

3.4 Varmforzinking

I Danmark anvendes varmforzinking helt generelt i størst mulig udstrækning som korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner. Det skyldes primært det meget gunstige forhold mellem opnået effektiv levetid og udgift dertil, samt ringe risiko for fejl i processen. Vi udformer i dag mange stålkonstruktioner med op til 50 års vedligeholdsfri driftstid netop ved anvendelse af varmforzinking. Så lang levetid kræver dog forøgede zinktykkelser i forhold til ISO 1461, typisk omkring 200 µm.

Varmforzinking har dog den ulempe, at emnestørrelserne nødvendigvis er begrænset til karstørrelser, hvilket sætter en grænse for konstruktioner, der kan varmforzinkes.

Alt broudstyr og indstøbningsdele er sædvanligvis specificeret udført som varmforzinket. Indtil omkring 1970 udførtes af æstetiske og afmærkningsmæssige årsager ofte en hvid dækmaling af broautoværn, men denne skallede hyppigt af som følge af forkert forbehandling af varmforzinkingens overflade. Specifikationer af varmforzinking har i hele perioden taget udgangspunkt i ISO 1461 og sædvanligvis er der hidtil krævet min 115 µm (største tykkelse i den gamle danske udgave af DS 1461) – også selv om den seneste revision af DS/EN ISO 1461 fra 1999 kun forskriver min 85 µm for ståltykkelser over 6 mm. I dag udføres alt broudstyr varmforzinket og fastgøres til hovedkonstruktionen således, at det kan udskiftes og omforzinkes uden konstruktive indgreb i hovedkonstruktionen – uanset om den er af beton eller stål. Det samme krav til varmforzinking på min 115 µm har også hidtil været gjort gældende for stålørstunneler udført i Danmark.

Der er tilbage i 90'erne i offentlig regi (for ELSAM, nu Energinet.dk) udført en grundig undersøgelse af de forhold, der styrer tykkelsen af varmforzinking på stål, se ref. /7/. Denne rapport har været anvendt som basis for de regler og krav, der anvendt i specifikationer har gjort det muligt at få leveret zinklagtykkelser på konstruktioner efter behov. Sådanne specifikationer er dog mest udbredt indenfor andre konstruktionsområder end broer.

I /7/ er anført dokumentation for, at man ved gængse stål kvaliteter i godstykkelser på ned til 4 mm uden større foranstaltninger sædvanligvis vil kunne opnå en tykkelse på min 150 µm på varmforzinking ved "rettidig omhu" under selve varmforzinkningsprocessen. Dette danner bl.a. også baggrund for, at vi fortsat opretholder det hidtidige krav på min 115 µm og tillige overvejer at skærpe det til min 150 µm. De min 85 µm anført i DS/EN ISO 1461 giver i henhold til DS/EN ISO 12944 kun beskyttelse til høj levetid i korrosionskategori C3, hvilket er for lidt til udstyrsdele på vejbaner som saltes om vinteren.

Stål, der skal varmforzinkes, kræves i henhold til DS/EN 10025-1 option 5 leveret i en kvalitet egnet til varmforzinking. Vor erfaring viser, at hvor varmforzinkingstykkelsen er kritisk for emnets holdbarhed, opnås lettest den ønskede varmforzinkingstykkelse ved, jf. DS/EN 10025-2, at specificere en højere stålstyrke, f.eks. stål S275 og S355 i stedet for S235 eller højere stål kvalitet, d.v.s. type J0 eller J2 i stedet for JR.

Uanset kvaliteten er det dog altid, hvor der er tale om mange ensartede emner, en god ide at kræve dypptest på et karakteristisk prøveemne,

For konstruktioner i jord er det sædvanligvis vanskeligere at vurdere korrosionsrisikoen, men en ny standard åbner mulighed for systematisk klassifikation af denne risiko. For stålørstunneler, hvor 85 µm varmforzinkning ikke skønnes at give tilstrækkelig korrosionsbeskyttelse, overvejes pt. forskellige supplerende behandlingsmetoder. Korrosionsrisiko for overflader i jord vurderes for tiden klassificeret ud fra DS/EN 12501: Beskyttelse af metalliske materialer mod korrosion - sandsynlighed for korrosion i jorden.

- Hvor der vurderes stor korrosionsrisiko for overflader i jord foreskrives supplerende udvendig epoxybehandling udført på værksted (til erstatning for tidligere in situ behandling med bitumenbaseret tynd isolation).
- Hvor der vurderes stor korrosionsrisiko for indvendige overflader, f.eks. i vand, foreskrives supplerende indvendig epoxybehandling udført på værksted/akrylbehandling in situ (til erstatning for tidligere in situ behandling med bitumenbaseret, tynd isolation).

3.5 Pulverlakering

Pulverlakering anvendes normalt ikke på broer i Danmark, men er på vej ind til visse typer vejudstyr, f.eks. på master for belysning eller afmærkning som erstatning for varmforzinkning, og pulverlakering forventes derfor også at blive introduceret for tilsvarende udstyr på broer.

Pulverlakering har dog en del ulemper, som formodentlig vil reducere omfang af dens anvendelse:

- Den er meget vanskelig at reparere med et tilfredsstillende resultat.
- Den stiller store krav til udformning og størrelse af emnet.
- Pulvermaterialerne kan endnu ikke leve op til samme kvalitet som de nye overfladebehandlingsmaterialer.

3.6 Korrosionsbeskyttelse kabelsystemer

På Storebælt (1990), se /5/, blev stillet følgende krav til korrosionsbeskyttelse af hovedkablet, som blev spundet på stedet:

- 5 mm trådene, som kablet er opbygget af skulle varmforzinkes med min. 300g/m² svarende til ca. 40 µm
- Hulrum mellem tråde skulle inden bevikling udfyldes med en pasta efter entreprenørens forslag (85 vol-% zink i polyuretan, i alt ~ 3 kg pr. m²)
- Det færdige kabel skulle bevikles med 3,5 mm varmforzinket tråd med min. 300g/m² zink svarende til ca. 40 µm.
- Oven på beviklingen blev krævet et malingssystem i min 150 µm tykkelse efter samme princip som de udvendige overflader på broen, idet der dog tillige skulle tillades mindre differensdeformationer mellem underliggende beviklingstråde uden, at dette måtte medføre revnedannelse i malingbehandlingen. Entreprenøren foreslog 2x40 µm zinkepoxy afsluttet med 110 µm PU-dækmaling.

På Storebælt (1990) blev stillet følgende krav til korrosionsbeskyttelse af hængere, som blev leveret som præfabrikerede kabler – enten som lockedcoil- eller paralleltrådkabler af 7 mm tråde:

Alle tråde skulle varmforzinkes med min. 300g/m² svarende til ca. 40 µm. Hængere skulle beskyttes med PE-kapper i henhold til DIN 8074 og DIN 8075. Lockedcoil typen blev valgt og hængerne er beskyttet med 7 mm PE-kapper.

Det forventes, at man også inden for broområdet vil overgå til at anvende tråde med den nye GALFAN-belægning, som vi anvender til typisk mastebarduner. GALFAN er en standardiseret zink-aluminium belægning, som består af 95 % Zn og 5 % Al. Den giver en væsentlig længere holdbarhed end den rene zink-belægning, især i surt miljø, så ca. 40 µm uden yderligere beskyttelse er vurderet til at kunne holde omkring 30 – 40 år i en korrosionskategori C4.

Oftest får vi leveret en belægningsvægt på næsten 400g/m², hvilket svarer til 50-55 µm lagtykkelse. Det er beregnet til at give en levetid i C4 på omkring eller > 50 år uden yderligere beskyttelse.

I forbindelse med vedligehold er der inden for de senere år som forebyggende foranstaltning mod korrosionsangreb udført affugtning af hovedkabler på flere eksisterende hængebroer i Danmark og udlandet, bl.a. Den nye Lillebæltsbro og også Höga Kusten i Sverige. Det overvejes også at forberede nye hængebroer for sådanne systemer. Herudover affugtes kritiske områder som kabelsadler samt spredningskamre og forankringszoner i ankerblokke også allerede i dag fra ibrugtagning af nye hængebroer, bl.a. på Storebælt.

3.7 Indstøbningsgods

Indstøbningsgods blev indtil omkring 1990 normalt krævet leveret varmforzinket med min 115 µm.

Efter omkring 1990 kræves normalt, at indstøbningsgods til broer leveres i rustfrit syrefast stål. Indtil i dag har det endvidere normalt været et tillægskrav at rustfrie indstøbningsdele skulle fraisoleres sort armering i betonen. Dette krav forventes nu lempet i en kommende revision af AAB for betonbroer, /4/ idet det vurderes, at kravet er overflødigt på grund af det rustfrie ståls immunitet overfor galvanisk påvirkning fra den sorte armering.

3.8 Vedligehold av korrosionsbeskyttelse

Til vedligehold af maling på eksisterende bygværker er i vid udstrækning tidligere blevet anvendt pletmaling – typisk når 5-10 % af overfladen var nedbrudt – med efterfølgende anvendelse af systemer, der er kompatible med de oprindeligt anvendte.

I de senere år er på flere broer benyttet en vandig akrylbaseret dækmaling oven på eksisterende klorkautsjuk eller epoxydækmaling, som er begyndt at blive sprødt. Akrylen udmærker sig bl.a. ved at kunne påføres oven på både epoxy- og PU-malinger, da den er meget elastisk og har særdeles god vedhæftning til underlaget.

Siden år 2000 har vi også i Danmark på ældre nittede stålbroer, hvor eksisterende maling fjernes totalt, som nyt system anvendt et vandigt akrylbaseret malingsystem, tidligere kaldet Noxyde og nu AntiOx, som altså er et rent barrieresystem. Forudgående forsøg har vist, at vedhæftningsevne er overordentlig god således, at risiko for underrust næsten undgås, og herudover bevares malingens elastiske egenskaber tilsyneladende også varigt. Alle de uundgåelige mindre spalter i nittede stålkonstruktioner spænder malingen let hen over, mens færre større spalter - som en del af behandlingen - må fuges op 1 eller 2 gange. Og sidst men ikke mindst er alle miljøproblemer også elimineret. Selv ved sprøjtepåføring af systemet kan man

nøjes med en simpel støvmaske, og der er heller ingen behov for særlige foranstaltninger mod hudkontakt som ved epoxy- eller PU-malinger. Og alt affald er tillige ufarligt og kan deponeres uden særlige foranstaltninger. Og med hensyn til overfladefinish kan opnås en glans næsten på samme niveau som for PU-maling påført med rulle.

Følgende eksempel på malingspecifikation af den sidstnævnte type er siden 2000 anvendt på Storstrømsbroen, der er opført i 1937 som en nittet stålkonstruktion med betondæk:

Forbehandling: afvaskning samt blæserensning til Sa 2½ efterfulgt af følgende malebehandling:

Lag	Produkt	Kulør	Lagtykkelse
S-1	AC Antiox sprøjtepåføring	1 rød	100 µm tft.
F-1	Forsegling med fugemasse ¹⁾		
U-1	AC Antiox udstikning	9002 gråhvid	-
U-2	AC Antiox udstikning	6011 grøn	-
S-2	AC Antiox sprøjtepåføring	5012 blå	150 µm tft.
F-2	Forsegling med fugemasse ²⁾		-
U-3	AC Antiox udstikning	7032 kiselgrå	-
S-3	AC Antiox sprøjtepåføring	8011 brun	150 µm tft.
U-4	AC Wall-Acryl, semigloss udstikning ¹⁾	WE9/03 grå ¹⁾	
S-4	AC Wall-Acryl, semigloss sprøjte- påføring/udstikning ³⁾	WE9/03 grå ¹⁾	70 µm tft. ¹⁾

Noter:

- 1) Fugning langs vejbanedrageres profilkanter mod beton.
- 2) Fugning øvrige spalter, der ikke kan forsegles ved udstikning (=stripe coat).
- 3) Dækmaling i AC Wall-Acryl, semigloss påføres ikke fingerfuger og sekundær stålkonstruktion under vejarealet (vejbanedragere), hvor behandlingen afsluttes med 3. lag AC Antiox sprøjtepåføring.

I 2003 blev på Lillebæltsbroen i modsætning hertil udbudt vedligeholdsarbejder, men som en "traditionel pletreparation", idet det blev vurderet ved en visuel inspektion, at der stadig var op til 5 % af totalarealet af overbygningen, som er på ca. 60.000 m², der havde rustangreb eller større afskallinger af malingen. Rustgennemslag var primært i samlinger. Vedligeholdelsesbehandlingen er udført med 2 lag a 125 µm epoxy tykfilmsmellemmaling og 60 µm vandig akrylbaseret dækmaling, der yder beskyttelse svarende til korrosionskategori C4 H. Afrensning er udført med højtryksspuling til intakt maling med efterfølgende mekanisk afrensning af rustne områder til St 3.



Forbehandling



Påføring Hempadur
4543/50630



Dækmaling Hemucryl
Enamel 58035

3.8.1 Forbehandling og malingsystem

Ved specifikation af vedligehold stiller vi i Danmark typisk krav til følgende særlige forhold i form af beskrivelser i udbudsdokumenter:

Krav til forbehandling: afrunding evt. skarpe kanter/affedt-/afvask-/afrensning/rugøring underlag:

- Underlaget skal beskrives såvel med hensyn til hvilke skadetyper, der forekommer som med hensyn til, hvilke malingslag, der eventuelt ønskes bevaret
- Omfang og placering af eventuelle skarpe valseprofilkanter og lign., der skal afrundes, skal anføres
- Rensningsprocessen omhandler ved vedligehold følgende:
 - Fjernelse af evt. flager af alkaliudfældninger fra ovenliggende betondæk på stålkonstruktionen
 - Fjernelse af fedt og olie fra spor og bevægelige dele
 - Fjernelse af snavs og salte

Eksisterende overfladebehandling afvaskes normalt ved højtryksspuling i henhold til DS/EN ISO 12944-4, pkt. 6.1.1. Til afrensningsprocessen kræves en hedtvandshøjtryksrenser anvendt, f.eks. med et arbejdstryk på 200-300 bar og en vandtemperaturer på 90 °C.

For konstruktioner, der korroderer på grund af salteksponering, som f.eks. stålele beliggende under utætte vejdæk, hvor der anvendes tørsalt, er det vigtigt, at salte fjernes effektivt inden malingsbehandling, og ikke mindst at kilden til generel salteksponeringen så vidt muligt fjernes inden vedligehold, f.eks. ved omisolering af betonbrodæk. For Storstrømsbroen, der har et områdevis utæt vejdæk, har det vist sig, at saltene ved den valgte vaskeprocedure kan fjernes til et niveau på max. 50 g/m² målt ved Bressle prøvning i henhold til DS/EN ISO 8502-6, et niveau som det aktuelle malingsystem er tolerant overfor.

Krav til visuelt udseende herunder kulør- og glansbestandighed af dækmaling

- på Storstrømsbroen påføres generelt en lys dækmaling for at fremtidig inspektion
- På få af de stærkest eksponerede og korroderede konstruktionsdele, som f.eks. vejbanedragere og på og under fingerfuger og er bevidst valgt brun slutkulør på dækmaling for at sløre fremtidig uundgåelig korrosion.

3.8.2 Udførelse

Ved vedligehold stiller vi i Danmark i udbudsmaterialet krav til følgende miljømæssige forhold:

- Eventuelt miljøkrav til blæseaggregat samt genopsamling af forbrugt blæsemiddel inklusiv miljøfarlige tungmetaller skal anføres
- Eventuelt miljøkrav til udledning af forurenede vand eller emission af støvpartikler til omgivelser skal anføres
- Eventuelt miljøkrav til støjemission skal anføres

På Storstrømsbroen, der er 3 km lang og forløber over vand, har miljømyndighederne stillet krav om genopsamling af min 95 % af det forbrugte blæsemiddel. I praksis har det vist sig muligt at opnå bonusgivende genopsamlingsprocenter på > 98 %. Denne høje procent skyldes flere forhold:

- At arbejdsområder, der blæserenses, inddækkes tæt (med transparent plastik) mod omgivelserne
- At alle konstruktionsdele afstøves grundigt efter blæserensning
- At den faste stilladsbund afdækkes med presenninger med store overlæg
- At forbrugt blæsemiddel fjernes effektivt med støvsugning, inden videre behandling foregår
- At der kun er få ikke tilgængelige områder eller hulrum i stilladsdele.

På Storstrømsbroen stilles udledningskrav til dokumentation af hvilket produkt og mængde, der er anvendt til afvaskning, samt stikprøveanalyse af det udledte vaskevand for uønskede tungmetaller og fedt- eller tjæreholdige produkter. I praksis blev efter vaskeforsøg udvalgt et effektivt, men miljøvenligt afrensingsmiddel, Nautilus, og dette indgik herefter i malingentreprise som en bygherreleverance. Analyseresultater af forureninger i det udledte vand varierer dog så meget, at det generelt er meget svært at konkludere noget baseret på disse målinger, og om der generelt udledes væsentlige mængder af tungmetaller under denne del af forbehandlingen.

Det er på Storstrømsbroen i år 2000 forsøgt at anvende "waterjetting" til afrensning af eksisterende malingsystem, men dette gav problemer med at overholde miljømyndighedernes udledningskrav, fordi det er vanskeligt at filtrere de faste forurenende stoffer fra inden udledning i underliggende recipient. Ved vedligeholdsmaling på Lillebæltsbroen er i perioden 2003-2007 anvendt højtryksspuling som afrensning før pletmalingen, men også her erfarer man problemer med at etablere effektive filtrering af afløbsvandet og at kontrollere udledte vandmængder. I praksis fordamper nemlig en del rens vand, så man ikke ved, om man får filteret alt vandet eller en del løber "ved siden af", uden at blive filteret.

Vedligehold i form af inspektion samt pletmaling i mindre omfang på alle større danske broer udføres normalt fra mobile eftersynsvogne, der køres ophængt på skinner i broens længderetning. Til inspektionsformål kan anvendes også mobile eftersynsplatforme, når sådanne ikke er fast installeret, som tilfældet er på de store broer.

Ved større vedligeholdsarbejder anvendes normalt faste stilladser opbygget på stålskeletter, som under arbejdet løbende flyttes fremad ved brug af eftersynsvogne, idet alle mobile platformsløsninger sædvanligvis vil have for lille arbejdsområde og sjældent give mulighed for at udføre mere end én operation samtidig, dvs. der let bliver spildtid mellem hærkning/tørring af de enkelte malinglag.

For stilladser stilles i forbindelse med vedligeholdsarbejder følgende funktionskrav, jf. miljøkravene ovenfor:

- Adgangsfaciliteter skal være sektioneret med støvtætte skillevægge mellem sektioner, hvor der blæserenses og sektioner, hvor der overfladebehandles (dette kan også overholdes ved ikke at udføre disse aktiviteter samtidig)
- Arbejdsområdet skal afskærmes med støvtæt klimaskærm mod omgivelserne og være forsynet med klimaanlæg med tilstrækkelig kapacitet til affugtning og ventilation
- Fastgørelsespunkter for stilladser til eksisterende konstruktioner skal være tilgængelig for manuel efterbehandling og inspektion efter nedtagning af stillads
- Al overfladebehandling skal kunne udføres i bekvemme arbejdsstillinger fra faste platforme på stilladset/vedligeholdsvogne
- Inddækning af stilladser kræves at skulle kunne holde til en minimum vindstyrke, f.eks. 20 m/s. Ved vindstyrker herover betaler bygherren for udbedring af evt. skader på inddækning og genbehandling af allerede behandlede flader, der måtte blive beskadiget
- Udformning af stillads skal sørge for, at afvanding fra brodæk kan rørføres gennem inddækningsområdet uden at beskadige allerede behandlede flader
- Der skal under overfladebehandling etableres en arbejdsbelysning på min 200 lux, således at der er perfekte forhold for at inspicere arbejdet på et vilkårligt tidspunkt.



Alt udstyr er på vejbanen, hvor et kørespor spærres, mens passage på forov sikres uhindret



Underste stilladسدæk set fra vejside. Bemærk ophæng i underflange af drager



Mellemdæk mellem hoveddragere – bemærk wire til ophæng af nedre dæk

Til orientering kan oplyses, at for malिंगentreprisen på Storstrømsbroen udgør stilladsarbejderne ca. 25 % af de totale udgifter til malingsarbejdet.

For malingspåføring i forbindelse med vedligeholdsarbejder gør vi i Danmark os overvejelser om følgende forhold, som vi anser for vigtige for et godt slutresultat:

- Vi ønsker opbygning af det samlede system med flere mindre lagtykkelser, da dette alt andet lige giver større sikkerhed mod lokalt for lav total lagtykkelse. Vi har således meget fokus på risiko for manglende lagtykkelse lokalt, som resulterer i drastisk reduceret holdbarhed.
- Ofte ønsker vi, at bygherren leverer malingen, således at man undgår, at malingsbesparelse er en parameter for større fortjeneste til entreprenøren og tilsvarende

mindre sikkerhed for bygherren (der bliver sparet på malingen med øget risiko for lave totale lagtykkelser)

- Vi lægger stor vægt på, at entreprenøren ikke for ensidigt fokuserer på produktivitet, men også anvender udstyr, der er i stand til at påføre malingen i en ensartet filmtykkelse på alle flader uden risiko for tørspøjtning grundet for stort dysetryk eller nedfald af malingsstøv på allerede behandlede flader. Ved risiko for sprøjtstøv skal afdækkes.
- Krav om udstikning (= "stripe coat") på bestemte flader/kanter anføres i beskrivelser for vedligeholdsarbejde. For ældre gitterkonstruktioner er dette særligt kritisk, og udeladelse vil medføre stor risiko for mangelfuld behandling. For Storstrømsbroen, der er en ældre nittet stålkonstruktion, er kravene således anført som følger:

” Tillæg til DS/EN ISO 12944-7, 5.1 og 5.3.3:

Første lag grundmaling skal påføres ved sprøjtning. Herefter skal der foretages en efterfølgende udstikning med afvigende kulør på alle svejsesømme, plade- og profilkanter, boltehoveder, møtrikker og eventuelle nitter og vanskeligt tilgængelige steder med pensel.

For alle efterfølgende påføringer skal der anvendes udstikning, som skal påføres med pensel i afvigende kulør inden sprøjtepåføringen, dog undtagen sidste lag dækmalning.

Herudover skal ligeledes forstryges/udstikkes alle øvrige områder, hvor almindelig airless sprøjtning ikke giver tilfredsstillende dækning på grund af konstruktionsudformningen eller på grund af ru overflader.

Forstrygning/udstikning skal regnes udført med pensel med hyppige dyp.

Hvert lag skal altid dække det foregående lag fuldstændigt (også udstikning).”



Storstrømsbroen - udstikning af vindkryds



Storstrømsbroen - udstikning af tværdrager

Et særligt vedligeholdelsesproblem udgøres af spalter i alle ældre nittede eller boltede konstruktioner. Det er vigtigt, at al spaltekorrosion afrenses så godt det er muligt, og at der derefter foretages en effektiv forsegling. Ved større spalter, hvor malingfilmen efterhånden risikerer at revne, er det nødvendigt at indføre fugning som en integreret del af malingsystemet og kompatibelt med dette. Der henvises til eksemplet i tabellen afsnit 3.8, der viser den foreskrevne behandling for Storstrømsbroen.

3.8.3 Kontrol

Selvom udførelsen af kontrol generelt anses for at være entreprenørens ansvar, stiller vi klare krav til omfang og typer af kontrol, der skal gennemføres og dokumenteres.

Når vi nævner 80/20-reglen til lagtykkelseskontrol, henviser det til et helt nyt godkendelses/kassationskriterium for maling lagtykkelser, som er nedfældet i det danske forord til DS/ENV 1090-1: Udførelse af stålkonstruktioner.

Reglen ser ud som følger:

Godkendelse/kassation gælder hele det inspektionsparti, som kontrolområdet repræsenterer. Én måling er ét måleresultat.

- a) Ved **første måling** ligger maks. 10 % af måleresultaterne mellem 80 og 100 % af specificeret tørfilmtykkelse, og ingen er < 80 % ⇒ kontrolområdet er **godkendt**.
- b) Ved **første måling** ligger max. 20 % af måleresultaterne mellem 80 og 100 % af specificeret tørfilmtykkelse, og ingen er < 80 % ⇒ målingen **gentages**, men på et nyt område og med det dobbelte antal målinger i forhold til første måling.
- c) Ved **anden måling** ligger max. 20 % af måleresultaterne mellem 80 og 100 % af specificeret tørfilmtykkelse, og ingen er < 80 % ⇒ kontrolområdet er **godkendt**, ellers **kasseret**. Der kan **ikke** udføres yderligere målinger gældende for samme kontrolområde.
- d) Hvis 1 eller flere måleresultater ligger under 80 %, eller flere end 20 % ligger mellem 80 og 100 % af specificeret tørfilmtykkelse ⇒ kontrolområdet er **kasseret**. Der kan **ikke** udføres yderligere målinger gældende for samme kontrolområde.

Krav til dokumentation af tykkelse af enkeltlag – typisk grunder – samt tillige af den samlede filmtykkelse af de enkelte malingsprodukter

Ved specifikation af lagtykkelser på Storstrømsbroen er der for det valgte vandige akrylsystem, som alene beskytter ved barriereeffekt, indlagt en ekstra sikkerhed på 20 % i forhold til minimum tykkelse specificeret i henhold til DS/EN ISO 12944-4. Der accepteres således ikke tykkelser under den af producenten nominelt anbefalede, selv ved kontrol efter 80/20-reglen. Dette er besluttet ud fra den vurdering, at malingforbruget betyder langt mindre økonomisk end arbejdslønnen til at påføre malingen, og konsekvensen af lokale underskridelser i total lagtykkelse er store og kostbare.

Eventuelle krav til dokumentation af poretæthed for systemer der alene beskytter ved barriereeffekt

For barrieresystemet på Storstrømsbroen er f.eks. specificeret følgende:

”Der udtages pr. kontrolområde tilfældigt og jævnt fordelt 6 prøvefelter af 1 m² samt 6 prøvelængder (smalle flader) af 1 m længde.

Godkendelse for poresøgning vil ske således:

- Efter 2. lag sprøjtning skal overfladebehandlingen være poretæt.
- Konstruktionselementet kasseres, hvis ovennævnte krav ikke er overholdt overalt (det medfører, at der påføres et ekstra lag maling på kasserede områder).
- Hvis et konstruktionselement kasseres udvides kontrollen for poretæthed til nabofelterne på hver side de udvalgte prøvefelter, dvs. yderligere 12 prøvefelter og 12 prøvelængder inden for kontrolområdet.”

- Acceptkriterier ved udløb af afhjælpningsperioden specificeret ved henvisning til DS/EN ISO 4628
- For Storstrømsbroen er f.eks. specificeret følgende metoder for at tage højde for at fremtidige skader på nitter/kanter henholdsvis flader ikke blandes sammen:

”Skader på nitter, kanter og flader opgøres separat inden for hvert kontrolområde:

- Ved skader på nitter tælles disse pr. stk. Der tillades 5 x det i AAB, anførte fejlomfang, dvs. 0,5 %, idet der dog kræves udbedring af enkeltskader, såfremt der er mere end 10 nitter i række, som har skader ud over acceptkriteriet.
- Ved skader langs kanter tælles disse i m. Der tillades det i AAB anførte fejlomfang, dvs. 0,1 %, idet der dog kræves udbedring af enkeltskader, såfremt der er kanter længere end 1,0 m, som har skader ud over acceptkriteriet.
- Ved skader på flader gælder det i AAB generelt anførte acceptkriterium, dvs. 0,1 %, idet der dog kræves udbedring af enkeltskader, såfremt der er flader større end 0,02 m², som har skader ud over acceptkriteriet.

Undtaget fra garantikrav er alle pladesamlinger, såfremt udstikning er udført i alle malingslag, og såfremt lagtykkelsen på hver side af pladesamlingerne minimum er som foreskrevet.”

Ved eventuelle grubetæring (rustgrad D) gælder garantikravene ikke. Det er dog en forudsætning for garantifritagelsen, at entreprenøren, som angivet i SAB pkt. 2.4.3.2, har registreret området på kontrolskema 2, jf. SAB-bilag 12, og at arealerne er overfladebehandlet i henhold til beskrivelsen.”

For overflader, hvor korrosionseksposering og påføringsmetoder varierer for de enkelte elementer, er det særdeles vigtigt, at acceptkriterierne ved udløb af afhjælpningsperioder differentieres, se ovenfor, så de afspejler disse forhold. Derved undgår man at måtte acceptere hyppige skader på begrænsede områder med udstikninger, fordi de ved gennemsnits betragtninger af større kontrolområder slås sammen med store fejlfrie, sprøjtepåførte områder. Omvendt bør acceptkriterierne også på retfærdig vis åbne mulighed for en uundgåelig større fejlfrekvens på de områder, der er vanskeligt tilgængelige for behandling, se pkt. 3.8.1.

3.9 Erfaring med brug og levetid

Erfaringer med tidligere anvendte systemer er ikke særlig præcist opgjort. Da det er de ældste broer, der er længst erfaring med, er det samtidig de vanskeligste hvad angår korrosionsbeskyttelse. De vigtigste af disse broer er så store, at der næsten altid har været anvendt princippet at overfladebehandle kontinuert. Dermed menes, at der hvert år behandles en passende del af broen, således at man efter en årrække vender tilbage til samme del igen, og denne årrække er så systemets driftstid til reovering.

Denne driftstid har antagelig aldrig været mindre end 15 år, og fra 1950'erne typisk 20 til 25 år for alle anvendte systemer. Til gengæld blev reoveringer dengang ofte udført som fuldstændig nye systemer helt fra rensed stål. Det var der god fornuft i, da man dels udnyttede det gamle system til grænsen af dets formåen og dels kunne udnytte de nyudviklede systemer, som ikke ville være kompatible med de ældre systemer, og derfor alligevel skulle på afrenset stål.

I de seneste årtier og fremover vil man nok i større grad basere vedligehold på reoveringer af de ydre malingslag, hovedsagelig dækmalingslag, således at denne fornyes før det er nødvendigt

at gå helt i bund til ståloverfladen. På grund af de bedre materialer og megen fokus på udførelse og kontrol, antages disse vedligehold ikke at skulle gennemføres oftere end ca. hvert 25-nde år.

For de store danske broers vedkommende er der meget lidt variation i den korrosive eksponering. Det skyldes ganske enkelt, at landet er fladt, alle broer ligger over eller i nærheden af havvand, og vestenvinden er fremherskende overalt, om end kraftigst i den vestlige del af landet.

På Storstrømsbroen som eksempel males pt. hvert år ca. 10.000 m², hvilket svarer til, at man efter en periode på omkring 25 år er parat til at gentage behandlingen, når den forventede levetid er udlevet. Efter anvendelse af forskellige produkter gennem årene med vekslende resultat, er siden år 2000 fortsat med samme vandbaserede akrylsystem, som efter udførelsesmæssige indkøringsproblemer det første år nu ser ud til at fungere rigtig godt og give forventning om den tilstræbte levetid.

Maling leveres som nævnt ovenfor som bygherreleverance. De systemer, som pt. fjernes totalt, er omkring 25 år gamle og typisk tjæreepoxy/carbomastiks, KK-system og alkydsystem afhængigt af konstruktionsdelenes korrosive eksponering med tjæreepoxy/carbomastiks på de hårdest eksponerede vejbanedragere. Ind til videre er der gode forhåbninger om, at dette system fremover vil kunne have en lang levetid – og på grund af meget vanskelig tilgængelighed med behov for store stilladser er pletreparation ikke en aktuell option for denne konstruktion, hvor der kun fra vedligeholdsvogne er bekvem adgang til konstruktionen på den ene yderside, under vejbanen.

På Farøbroen, som er udført i 1985 og beskyttet med et KK-system forventes genbehandling at skulle ske om omkring 10 år. Tidspunktet for vedligehold ved pletreparation er passeret nu, dvs. at korrosionsskadernes omfang er mere end ca. 5 %. På den nye Lillebæltsbro holdt et tilsvarende system 20 år, inden det i 1990 blev vedligeholdt med pletmaling. En gentagen pletmaling af denne bro er også planlagt inden for den kommende 10-årsperiode. På Lillebælt er de langsgående over-/ydere på brokassen dog herudover behandlet en ekstra omgang. Det er særdeles tydeligt, at den klimatiske eksponering fra sol, regn og ikke mindst vind er betydeligt hårdere på disse flader end på de øvrige undersider på brokasserne.

Referencer

Ref.	Udgiver	Titel	År
/1/	Dansk Standard	DS/R 454 Anvisning for korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner	1982
/2/	Dansk Standard	DS/EN ISO 12944 del 1-8, Maling og lak - Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner med maling	2000
/3/	Vejregler, Udbudsforskrifter	Stålbroer, afsnit 2 Overfladebehandling	2001
/4/	Vejregler, Udbudsforskrifter	Betonbroer, afsnit 5 Armering	2004
/5/	Storebælt	East Bridge	1998
/6/	Vejdirektoratet	The Superstructure of the Faroe Bridges	1987
/7/	ELSAM (Energinet.dk)	ELSAM, F&U Projekt 1993-623476, del B, Varmforzinkning til større lagtykkelse (En operationel parameterundersøgelse)	Nov. 1996

4 Corrosion protection, Finland.

4.1 History

In Finland, bridge structures made from wrought iron have been protected with linseed oil varnish since the 1890s. In the early 1900s, cast steel bridge structures were protected primarily with natural oil-based red lead primers and finishes. Paint finishes were frequently pigmented with aluminium for improved weather and water resistance. Fissures and cavities were filled with red-lead putty or lead wool to prevent water penetration. Surface cleaning was performed with scrapers or wire brushes. Painting carried out during this period remained in service until the 1960s.

In 1934, by decision of the national Railroad Board (Rautatiehallitus), a set of guidelines were enforced regarding the painting of iron or steel bridges and bridge members and the quality and handling of bridge paints and finishes. The instructions given regarding the pre-treatment of surfaces prior to painting differ little to those still observed to today. Priming was to be performed as soon as possible after cleaning, and the surface to be painted had to be totally dry and at least +2 °C in temperature. The priming of bridges was permitted only using red lead. The coating colours were linseed oil varnish based with added pigments, such as lead white and carbon black. Colourful effects were achieved by further adding ochre or chrome oxide to the paint. The following corrosion protection treatment was with stand oil, which was prepared by boiling pure linseed oil or a mixture of linseed and tung oil at relatively high temperature until it gained a treacly texture. Turpentine was then added as a thinner. Only a skilled craftsman was allowed to prepare the mixture. Work safety was also taken into account.

In the 1940s, alkyd paints with red-lead based primers were introduced. Bridge painting carried out during this period lasted through to the end of the 1970s.

The 1960s and 70s then saw the introduction of box girder bridges and large plate girder bridges with concrete decks. During this period bridge structures were painted with alkyd paints using red-lead alkyd primers. The problem faced with these bridge structures is the constant effects of condensation on the broad box and plate surfaces and the flow of alkaline water from cracks in the concrete deck. Alkyd paints have poor resistance to both of these stresses. Damage also occurred during transportation of the bridge segments to the bridge site during construction.

Sand blasting only came into use as a surface cleaning method in bridge work in the early 1960s, even though the method had been known since the 1930s. Lapinlahti Bridge in Helsinki, 1962, was the first sandblasted bridge in Finland.

In the 1970s and 80s zinc-rich epoxy and zinc-rich silicate primers were generally used and chlorinated rubber paint as the intermediate layer and topcoat. The weakness of chlorinated rubber paints were their softness and susceptibility to chalking.

Since the 1980s, steel bridges have been manufactured as far as possible at the factory. This has placed whole new demands on anti-corrosive painting and has led to the adoption of paints and paint systems that are faster drying and have higher resistance to increasing stresses. Special attention has been paid to industrial safety and environmental protection. Since the 1990s, zinc-rich epoxy primers, micaceous iron oxide or aluminium pigmented epoxy intermediate coatings and polyurethane topcoats have been predominantly used for new construction painting. Water-based paints have been trialled, but are not likely to enter widespread use until the next decade.

Pitch and coal-tar epoxy coatings have been used since the 1980s to a minor extent for bridge equipment and for the interior surfaces of box girders. Use of coal-tar epoxies has nowadays been phased out due to their carcinogen content.

The standardisation of anti-corrosive paints has a long history. The groundwork laid down by the chemical industry federation Kemian Keskusliitto and the PSK standards of the Prosessiteollisuuden standardisointikeskus (the current PSK Standards Association) was continued in the 1980s when the Finnish Standards Association's SFS standards for anti-corrosive painting came into use. These were in turn abolished when the new international ISO 12944 series was brought into use in 1998.

Tubular steel bridges were first introduced in Finland in the 1930s, but became widespread only in the 1960s. Protection of tubular steel bridges has always consisted of hot-dip galvanization. Bitumen and, later, coal-tar epoxy were first used as additional protection for waterway bridges, and epoxy and polyurethane in underpasses. Steel pipes with damaged hot-galvanized coatings have been protected, for example, with cathodic protection since the end of the 1980s.

Steel railings have been hot-dip galvanized since the 1960s. Prior to this, alkyd-based paint systems were mainly used.

Swiss metal spraying pioneer, Max Schoop, produced the first metal flame-sprayed coatings in around 1910. In Finland, the Road Region of Kainuu began zinc metal spraying of railings in 1978. Vinyl paint or varnish has been used as additional protection on bridges of salted roads.

Temporary anti-rust agents have been used with varying success for protection of railings and other bridge equipment in the 1980s and 90s. The running surfaces of roller bearings have been protected with grease since the 1950s in new constructions and rusty bearings have been totally grease-protected since the end of the 1970s. Trials have also been carried out with grease varnish in the 1990s.

4.2 General strategy, corrosion protection

The minimum target service life for corrosion protection systems, after which repainting or other treatment is required, is as follows:

- | | |
|---------------------------------------|----------|
| • New construction painting | 30 years |
| • Maintenance painting | |
| ○ Repainting | 25 years |
| ○ Repair painting (patch-up painting) | 15 years |
| • Hot-dip galvanizing | 40 years |
| • Zinc metal spraying | 30 years |

Other general quality requirements include:

- The coating shall be uniform in terms of colour and other properties that affect its external appearance.
- The coating shall be free of pinholes or other defects that may reduce its anti-corrosive properties.
- The thickness of the paint system or metal coating shall fulfil the nominal film thickness requirement stated in the corrosion protection plan.

- The average pull-off test result of the fully set coating shall comply with the requirements set for different paint types (range 2-4 N/mm²). The predominant cause of coating failure during pull-off adhesion testing must be cohesive failure.
- The average adhesion strength of a set zinc or aluminium sprayed surface tested in accordance with the ISO 4624 standard shall be at least 2 N/mm².
- Painting work shall be performed under the appropriate conditions (air/treated surface temperature, relative humidity) specified for the coating in question. If necessary, corrosion protection shall be performed under appropriate shelter against weather conditions.
- The minimum recovery rate of blasting waste generated during removal of old coatings (particularly maintenance painting) is 90%. This requires efficient recovery methods and waste handling in compliance with environmental authority requirements.

Only paint systems that have been laboratory and field tested and approved by the Finnish Road Administration (Finnra) are used. The test conditions defined to correspond to Finnish conditions. Alternatively, products manufactured in other EU or European Economic Zone countries or Turkey can be approved if their standard of quality is permanently certified in a manner equivalent to the above in regard to safety, health and usability.

In the choice of corrosion protection systems and materials, the most lifecycle cost-effective and environmentally sustainable solutions are sought. Water-based paint systems have been tested and trialled at several sites since the 1990s, although their use has remained minimal to date.

New steel bridges are designed to facilitate corrosion protection and to provide easy access for maintenance painting.

Painting is carried out as far as possible at the factory. On-site painting is typically reserved only for construction welds, damage sections and top coating.

The minimum warranty period for new construction painting is five years and for maintenance painting three years, during which period surfaces must display no signs of rusting or any other visible faults. The maintenance painting warranty does not apply to old paintwork defects that the contractor is not, according to the corrosion protection plan and the maintenance contract, required to repair.

4.3 Corrosion protection, new bridges

4.3.1 Corrosion protection systems

The corrosion protection systems currently in use in Finland are presented in the Finnra publication General Quality Requirements for Bridge Construction, Part 4, Steel structures (SYL 4). Of all systems tested and approved, one system is nowadays applied almost universally to the painting of new bridges:

TIEL 4.12 (Finnra system code) system:

- Min 40 µm zinc-rich epoxy primer, 2-component
- Min 2 x 85 µm micaceous iron oxide pigmented epoxy intermediate paint, 2-component
- Min 2 x 50 µm polyurethane topcoat, 2-component
- Total dry film thickness min 310 µm.

In small and secondary structures the same system is used but with only one top coat layer, the total dry film thickness being 240 µm.

The same paint system used for general bridge protection is typically also used for the protection of bearings and expansion joints.

For the interior surfaces of box structures and the interior surfaces of pylons and anchor chambers of suspension and cable-stayed bridges, and as additional protection for ground-embedded structures and galvanised steel pipes the TIEL 4.3 system is used:

- Min 2 x 125 µm resin modified epoxy, 2-component, total dry film thickness 250 µm.

For additional protection of hot-dip galvanized and zinc metal sprayed railings and other structures, the TIEL 4.20 system is used:

- Min 2 x 60 µm epoxy primer, 2-component. Priming is performed with thinned paint as a sealer coat.
- Min 40 µm polyurethane topcoat, 2-component
- Total dry film thickness 160 µm.

Use of alkyd and chlorinated rubber paint systems has been largely phased out due to their low resistance to concrete alkalinity and susceptibility to cracking and chalking.

4.3.2 Execution of corrosion protection work

In preparation for carrying out corrosion protection work, the contractor draws up a corrosion protection work plan. The framework for the plan is provided by the requirements specified in the construction plan for the bridge in question and in part four of General Quality Requirements for Bridge Construction (SYL4). The plan defines the different corrosion protection stages as well as the coating operation and materials used. The corrosion protection plan also specifies the following:

- Pre-treatment of steel substrates and, if necessary, painted surfaces (incl. surface roughness and blasting material), including possible prefabrication priming
- Paint system used, incl. Finnra codes
- Products used and colour code per layer (specifications and colour card annexed)
- Paint layers, their nominal dry film thicknesses and permitted variation ranges
- Wet film thicknesses
- Reinforcement painting and spot painting of difficult-to-paint details/areas
- Filling of cracks and pinholes
- Appropriate painting equipment and tools
- Definition of paint layers and corrosion protection of joints between different materials
- Conditions requirements and conditions-specific drying times recoating times
- Patch-up painting instructions
- Work sites and possible protective measures and structures
- Environmental protection and handling of waste

- Name of corrosion protection engineer and responsible works foreman.

Pre-treatment is performed in accordance with the work plan and the level of pre-treatment specified by the coating specification. Surface unevenness and sharp edges that reduce the durability of the coating are first removed. According to the SFS 8145 standard, the quality grade requirement for structural steelwork is O5.

The preparation grade and required pre-treatment measures are determined on the basis of the properties of the treated surfaces and the requirements set by the coating system. The rust removal degree/ preparation grade level is defined and estimated according to the SFS-ISO 8501-1 standard. Zinc-rich epoxy primers require a surface cleaning degree of Sa 2 ½. A cleaning degree of Sa 2 is sufficient for surface tolerant epoxy primers. For galvanised surfaces, the zinc salts are removed and the surfaces roughened by light blast-cleaning immediately prior to painting.

When applying new paint coats the surfaces to be painted must be free of salt and other dirt. If a painted coat or a coat in progress becomes soiled, it must be washed before applying a further coat. Surfaces are wetted with water and cleaned by brush, if necessary, a suitable, e.g., alkaline detergent that is appropriate for the purpose of use and the environment. After brushing, the surfaces are pressure cleaned at 100–150 bar from a distance of about 0.5 metres and then rinsed with abundant clean, fresh water.

Tests are then carried out to verify the cleanness and salinity of the surface prior to painting.

Coating materials are delivered and stored according to the instructions of the manufacturer and the ISO 12944-7 standard. The products must be identifiable and traceable. The colours of the different layers of the paint system must be distinguishable from each other to facilitate inspection.

Corrosion protection work is executed taking into consideration the condition requirements stated in the coating specification and the manufacturer's instructions, the temperature of paint and work plan requirements and other work related requirements. The coating is applied in layers of specified thickness in accordance with the corrosion protection plan.

Each layer must be allowed to dry for at least the over coating time specified in the product data sheet before applying the next complete coat.

Areas and details that are difficult to paint, such as notches, holes and narrow fissures, are treated in connection with each spray painting by brush, or brush and roller, to attain sufficient film thickness. This reinforcement painting is performed with "wet-on-wet" technique.

Plate edges and corners, rivets, bolt heads and threads and the edges of holes are reinforcement painted with an extra intermediate coat using a brush or brush and roller.

Surface fissures and pinholes that are not filled with protective paint are caulked with filler compatible with corrosion protection system.

Relative humidity during corrosion protection work must be in accordance with the requirements of the product data sheet. The temperature of the painted surface must be at least 3 °C above dew point, i.e., the temperature at which water condenses on the surface of the steel.

The conditions required for development of the desired paint film properties are maintained during drying and hardening, using weather shelter as necessary.

The painting tools and equipment used must be appropriate for the paint type and site in question. Rollers are only used in bridge painting for reinforcement painting of difficult-to-paint areas, in which case the coat is always finished by brush.

A sufficiently wide area around the construction welds of structural components are left unpainted. The paint layers are each terminated with a mist-coated border at approximately 200 mm intervals. All heat-damaged paint is removed from around the weld joint as far as the undamaged coating.

Repair painting is carried out to the required dry film thickness according to the original paint system and following the instructions and requirements of the coating specification.

In new bridge protection, recovery of blasting and paint spraying waste is not required because the amount of patch-up painting work at the construction site is minor and the paints used have a relatively minimal impact on the environment.

4.3.3 Quality control

A quality plan is drawn up for the entire corrosion protection contract, specifying the following:

- Works schedule
- Personnel responsible for works management, corrosion protection treatment and quality control and their qualifications
- Measurement equipment used in work and work inspections and the calibration of this equipment
- Provisions made for work safety hazards and exceptional situations
- Repair procedures and
- Declarations of conformity.

In addition, a work stage specific corrosion protection quality plan is drawn up, specifying:

- Division of the structure into work areas, inspection areas and reference areas. The recommended size of work area is equivalent to the total area that can be normally blast-cleaned within 4–8 hours. The recommended inspection area size is approximately 100 m². Within each inspection area a reference area is selected, within which the required test measurements are performed.
- Work-time quality assurance measures and quality control measurements per work area, inspection area and reference area.
- Work stage specific conformity with requirements. These include, for example:
 - Items to be measured and inspected and the related quality requirements and acceptance limits
 - Scope of inspections and measurements, their timing and measurement schemes
 - Inspection and measurement methods, equipment and responsible persons, and
 - Inspection and measurement documentation (Finnra record templates).

When drawing up the work stage quality plan, the entire corrosion protection work can be counted as a single stage.

For small-scale corrosion protection projects, the project-specific and work stage-specific quality plans can be combined within a single corrosion protection quality plan.

Work-time inspections and inspections of the completed protective treatment are performed according to the quality plan and in compliance with the SFS 5873 standard.

- All stages are visually inspected upon completion to determine the following:
- Surface cleanness
- Possible coating flaws such as drips, blisters, creases, pinholes, craters and cracks
- Coating condition of difficult-to-paint areas and details, such as edges and narrow spaces
- Colour, gloss level and smoothness of the topcoat.

Film thickness measurements are performed according to the agreed standard method using approved measurement equipment and following the measurement equipment manufacturer's instructions. Measurement devices are always calibrated prior to use in accordance with the manufacturer's instructions using a calibration strip of approximately the same thickness as the measured coating and a SFS 5873 standard compliant smooth calibration disc.

For film thickness measurement, a single 10 m² reference area is selected from each starting 100 m² section of the measured coating, i.e. per each inspection area, from which 20 separate measurement areas are then selected. Three test measurements are performed on each of the approximately 1 cm² measurement areas, the average value of which comprises one measurement result. The dry film thickness is considered sufficient if the average measurement value is at least equal to the required nominal film thickness, and if no more than 20 % of the measurement values are 20% below the nominal film thickness. The total dry film thickness may typically be no more than three times the nominal film thickness. Film thickness measurement is performed for the primer coat, the entire paint film and for any patch-up painting carried out separately on site.

Adhesion tests are performed according to the quality plan and the ISO 4624 standard. The average result (in general at least 6 measurements) must fulfil the requirement set up for pull-off adhesion test. In addition, the predominant cause of failure in pull-off adhesion test must be cohesive failure within the coating.

The conformity of the coating is determined by comparing the results of the visual inspections and measurements with the set requirements.

Prior to applying the primer coat, a visual inspection of all surfaces is performed to determine the quality and surface cleanness of the steelwork. Surfaces are also visually inspected after each coat application. The film thickness of each layer is inspected by means of wet film measurement.

Condition data (air temperature and relative humidity and the surface temperature of the painted substrate) is measured for each work area and each work shift.

Records are made of all inspections and measurements carried out and are annexed in the corrosion protection quality report. The records are based on Finnra's report templates.

Steps are then typically taken to correct any detected corrosion protection flaws or defects. If, in exceptional cases, repair is not possible or appropriate, the developer accepts a moderate decrease in quality. A written deviation report, annexed to the corrosion protection quality report, is drawn up of all remaining flaws and defects.

4.4 Hot-dip galvanizing

Hot-dip galvanization has been used for corrosion protection of bridge structures since the 1960s. The main application target has been bridge railings. Railings, on which aesthetic requirements are also placed, are coated with an epoxy-polyurethane paint system which, in addition to achieving the desired appearance, also enhances the corrosion protection of the hot-dip galvanized components.

The recommended steel silicon content for hot-dip galvanizing is 0.15—0.22% in order to achieve an over 90 μm thick zinc coating with a coarse, porous surface profile. The ISO 1461 standard is applied in hot-dip galvanization.

4.4.1 Quality requirements

- The required zinc coating thickness is determined according to the table below:

Thickness requirements for hot-galvanized coatings of bridge structures (Finnra)

Steel thickness, mm	Average coat thickness, μm (minimum) ¹⁾	Local coat thickness, μm (minimum) ²⁾
$t > 6$	100	90
$3 < t \leq 6$	85	75
$1.5 < t \leq 3$	60	50

1) Average local coat thickness.

2) Local coat thickness refers here to the average of the individual measurement readings (5 readings) in the measurement area. Individual measurement readings may be lower than this figure.

- The colour of the final, visible surfaces must be even.
- Adhesion of the coating to the substrate is tested in accordance with the ISO 22063 /54/ standard.
- Hot-dip galvanized parts must be free of adverse drip lines or slag layers. Galvanized products must be transported and stored in such a way as to prevent adverse build-up of white rust.
- The zinc thickness of bolts, nuts and other joint components (centrifuged parts) must comply with the ISO 1461 /51/ standard as shown in Table 3.
- The maximum zinc temperature for hot-dip galvanizing of whole parts is 460 °C and for hot-dip galvanizing of bolts, nuts and other joint components 570 °C.
- Hot-dip galvanized components must not be heat-straightened.

- Formation of damaging hydrogen must be prevented during installation of hot-dip galvanized steel parts in the cast concrete structure. Hydrogen reaction prevention measures must be specified in the work plan. The formation of hydrogen in connection with concreting can be reduced by sufficient weathering, aging or coating of galvanized steel parts. A low water to cement ratio also reduces the hydrogen reaction.

4.4.2 Quality control and documentation

Galvanizing plants must have an approved quality assurance system for quality control purposes. The galvanizing contractor must draw up a technical work plan for the galvanizing operations, with zinc thickness measured according to the ISO 2178 standard.

A galvanization certificate is required, stating that hot-dip galvanization meets the set requirements, such as:

- Galvanizability
- Steel silicon content
- Pickling method and agents
- Galvanizing method and agents
- Cooling
- Finishing and inspection

Measurement certificates must be included as annexes to the galvanization certificate.

4.4.3 Pre-treatment and painting

If hot-dip galvanized surfaces are also to be painted, the painting requirements set for the substrate and for galvanization must also be taken into consideration.

In order to achieve a smooth, tough zinc surface for painting, the hot-dip galvanized substrate must have a steel silicon content of below 0.04%. This typically means that a max. 90 µm thick zinc coat is achieved.

For additional protection of hot-dip galvanized railings and other structures, the TIEL 4.20 system is used:

- Min 2 x 60 µm 2-component epoxy primer
- Min 40 µm 2-component polyurethane topcoat
- Total dry film thickness min 160 µm.

Prior to pre-treatment, any zinc spikes, splatter and drip lines that may hamper either the use of the component or its painted appearance must be removed.

Cleaning of the galvanized surface is essential to ensure proper adhesion of the paint film. The surface of hot-dip galvanized steel contains zinc corrosion products that are zinc-coloured and therefore extremely difficult to detect, as well as other impurities derived from the environment. These impurities must be always carefully removed.

Hot-dip galvanized surfaces are carefully and thoroughly sweep blast cleaned to preparation grade SaS according to the SFS 5873 standard using appropriate shot (e.g. 0.2–0.5 mm alumina or natural sand) at low pressure (1.5–3.5 bar). The zinc surface to be painted must be thoroughly roughened all over taking care, however, not to remove the zinc.

Special care must be taken to ensure that the most important stage in painting hot-dip galvanized structures, i.e. priming, is performed correctly. The recommended method for the first primer coat is spray application using the "misty-coat" technique, which helps eliminate the formation of blisters and pinholes in the paint surface. In "misty-coat" technique, the primer is typically thinned 20 – 40 % and one or more thin layers are applied on the zinc surface until all surface pores are sealed. The primer coat itself is then applied as usual; approximately 15 minutes after "misty-coating".

Subsequent paint layers are applied as normal according to specified paint system.

Long-term, positive experiences have also been obtained regarding use of duplex treatment, i.e. a combination of hot-dip galvanizing and painting, for the protection of railings in prominent locations.

4.5 Powder coating

Powder coatings have not been used for corrosion protection of road bridges. Trials have been conducted on bridge railings, but the results received have not led to the use of powder coatings for the protection of bridge structures.

4.6 Corrosion protection, hangers and main cables

Suspension bridges have not been built in Finland since the 1960s. Originally, alkyd-based protection systems were used for the protection of hangers and suspension cables, and alkyd paints were used also for maintenance painting. In recent years, maintenance painting has been increasingly based on the TIEL 4.9 system:

- Min 100 µm, surface tolerant aluminium pigmented epoxy paint, 2-component
- Min 100 µm, surface tolerant aluminium pigmented epoxy paint, 2-component
- Min 50 µm, polyurethane topcoat, 2-component
- Total dry film thickness 250 µm.

Filling of surface fissures is performed with suitable polyurethane filler prior to topcoating.

Cable-stayed bridge cables are typically made from hot-dip galvanized wires and protected with either grease- or grout-injected weatherproof plastic tubing.

4.7 Steel partly grouted in concrete

Steel parts that are embedded in concrete are typically protected with epoxy paints. In many cases the parts to be epoxy coated have been hot-dip galvanized. Before painting the galvanized parts, zinc salts are removed and the surface roughened by light sweep blast cleaning. If only hot-dip galvanizing is used for corrosion protection, it must be ensured that the fresh zinc cannot react with the concrete, thus weakening the protective properties of the zinc and forming pores through the concrete structure. This requires either weathering for a minimum of three months or surface pickling.

4.8 Maintenance of corrosion protection systems

4.8.1 Corrosion protection systems

Modern maintenance painting is primarily based on the TIEL 4.9 system:

- Min 100 µm, surface tolerant aluminium pigmented epoxy paint, 2-component
- Min 100 µm, surface tolerant aluminium pigmented epoxy paint, 2-component
- Min 50 µm polyurethane topcoat, 2-component
- Total dry film thickness min 250 µm.

This system is used nowadays both in maintenance painting and repainting when cleaning to preparation grade Sa2½ as required for use of zinc-rich primers cannot be achieved. The system is also suitable for patch-up painting and over coating of old alkyd paint systems.

Current use of water-based paint systems in maintenance painting is minimal.

4.8.2 Execution of corrosion protection work

Maintenance painting observes largely the same instructions and requirements as for new construction painting (see Section 3.3.2). However, surface cleaning is more demanding than in new painting. This is due to the rust degree of components and, in old structures, details that are often difficult to clean and paint.

Blasting waste recovery and handling requirements often at least double the cost of corrosion protection. Recovery of lead containing waste is essential for environmental protection purposes and its handling is expensive.

4.8.3 Quality control

Quality control of maintenance painting is based on the same principles as for new construction painting (see Section 3.3.3). Special attention is paid to rust removal and the paintability of cleaned surfaces and to protection work conditions and blasting waste recovery.

4.9 Experiences of use and estimated lifetimes

Both positive and negative experiences have been obtained from Finnish Road Administration bridge corrosion protection systems. The old red lead containing paint systems used after the 1940s lasted surprisingly well for dozens of years without significant maintenance painting. The primary cause of damage in these cases was the alkalinity of the concrete, to which the alkyd paints had low resistance. Heavy condensation was also a major contributing factor.

The later introduced lead-free alkyd paints and chlorinated rubber paints proved to have worse anticorrosive performance and were phased out after the 1980s, partly also due to their high susceptibility to cracking and chalking.

Positive experiences have been obtained over the past 20 years of the solvent-based epoxy and polyurethane paints currently in use. The service life targets (maintenance painting after minimum 15 years and repainting after 25 years) are likely to be achieved and the lifecycle costs of the coatings will remain moderate.

Transition to water-based paint systems is not considered necessary for the present, either for reasons of environmental protection or cost point of view. The biggest obstacle to the widespread use of water-based paints in Finland is their considerably higher requirement for favourable environmental conditions (air relative humidity and temperature) in comparison to solvent-based paints.

Reference publications

Finnish Road Administration (Finnra); Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Teräsrakenteet – SYL 4 (2005) (*General Quality Requirements for Bridge Construction, Part 4, Steel structures (SYL 4)*)

Finnish Road Administration (Finnra); Sillankorjausohjeet, Pintakäsittely 1.351 (20019) (*Bridge Repair Manual, Corrosion protection 1.351 (20019)*)

PSK Standards Association; PSK 2702 Kuumasinkittyjen teräsrakenteiden hankinta ja maalaus. Käyttösuositus prosessiteollisuudelle. Procurement and Painting of Hot Dip Galvanized Steel Constructions. Recommendation for Use in the Process Industry. (2004)

Compiled

Mauno Peltokorpi, Laatukonsultit Oy

Petri Järvinen, Tikkurila Oy

English translation by Finnra

5 Rostskydd, Island

5.1 Historisk överblick

I Island var det vanligt att bruka blymönjabaserade rostskyddssystem fram till slutet av 1960 årtalet. Man borstade stålytan och den blev påfört blymönja i 1-2 strök på verkstad innan ståldelen flyttades på byggplatsen. Täckfärgen (gärna 2 skikt) blev påfört på broplatsen efter montage. I årene omkring 1970 blev blymönja byt ut för zinkkromat på alkydbasis.

I årene 1974-1980 ändrades kraven, man startade med att sandblästra stålytan till minimum Sa 2 ½ och man började att bruka ett rostskyddssystem från Liquid Plastics som är sammansatt av:

1. Grundfärg 2 skikt Metal Primer – total tjocklek min 80 µm
2. Täckfärg 2 skikt Isoclad – total tjocklek min 240 µm

Från omkring 1980 blev alkyd / klorkautsjuk baserade färger tagit i bruk i överensstämmelse med norsk praxis:

1. Rostskyddssystem 1: Metalbeläggning plus alkyd/klorkautsjuk (dupleks-system)
2. Rostskyddssystem 2: Metalbeläggning plus alkyd (dupleks-system) (se kap 6.1)

Från omkring 1995 har man lagt vikt vid rostskyddssystem grundad på följande:

1. Metalrensning, sandblästring till minimum Sa3
2. Metalbeläggning med zink eller aluminium 100 µm
3. Grundbeläggning: Tillämpad på metallbeläggningen 40 µm
4. Mellanskikt: Epoxy tjockfärg 220 µm
5. Täckbeläggning: Polyurethan 60 µm

Total färgtjocklek minimum 320 µm

Total tjocklek av rostskyddssystemet, minimum 420 µm

5.2 Generell strategi, rostskydd

Målsetningen med korrosionssystem för stål för nya broar är:

- En god konstruktiv utförande av detaljer som försäkrar lång livstid och tillträde för underhåll av korrosionssystemet
- Sandblästring till minimum Sa3
- Metallbeläggning med zink eller aluminium 100 µm
- En total minimum tjocklek av rostskyddssystemet, innefattat zink- eller aluminiumbeläggning 420 µm
- Bruk av miljövänliga produkter

5.3 Rostskydd, nya broar

5.3.1 Rostskyddssystem

Förbehandling

Sand som används för blästring ska ha hårdhet och form som motsvarar krav om ytråhet och renhet. Sanden måste vara fri från damm och salter samt får inte innehålla mer än 1 % kisel och 2 % tungmetaller. Sand som används för sandblästring måste uppfylla krav enligt normerna ÍST EN 11124 och/eller ÍST EN 11126. Blästringssand måste godkännas av kontrollanten.

Metallskikt

För metallbeläggning ska rent aluminium användas. Beläggningens genomsnittstjocklek ska vara 120 µm. Uppmätt aluminiumtjocklek ska minst vara 100 µm.

Målning

Målarfärgen måste vara tillverkad av en vedertagen färgtillverkare och hela rostskyddssystemet måste komma från samma tillverkare. Rostskyddssystemet måste ha egenskaper som passar för lokala förhållanden och bör hålla i åtminstone 15-18 år innan första underhållsmålning behövs. På Island bör klimat alltid antas vara havsklimat, vilket präglas av ständig fuktighet och stora halter av salter, detta måste tas hänsyn till. Rostskyddssystemets totala tjocklek (metallbeläggning – grundbeläggning – mellanliggande skikt – täckbeläggning) måste vara större än 440 µm (0,44 mm). Entreprenören får maximalt erbjuda tre olika rostskyddssystem. Byggherren väljer sedan det system han tror är mest fördelaktigt med hänsyn till slitstyrka, pris och entreprenörens erfarenhet. Innan ett rostskyddssystem godkänns måste entreprenören visa att de system han/hon erbjuder uppfyller alla krav. Detta ska göras genom inlämning av följande information:

- Information om färgens kemiska och fysikaliska egenskaper samt information om behandling, torktid, nödvändig rengöring och stålets ytråhet.
- Föreskrift om hur färgerna ska blandas och förtunnas samt information om de instrument som rekommenderas.
- Resultat från test gjorda på rostskyddssystemet enligt vedertagna normer.
- En lista på konstruktioner där rostskyddssystemet har använts samt information om arbetsentreprenör, när arbetet utfördes och kontrollantens eller byggherrens representants namn.
- Annan information av relevans.

Även om byggherren godkänner och gör slutgiltigt val av rostskyddssystem ska entreprenören ta fullt ansvar för rostskyddssystemets kvalitet.

Färgen måste väljas enligt följande system:

- Grundbeläggning: Som passar metallbeläggningen (zink eller aluminium) 40 µm
- Mellanliggande skikt: Epoxy tjockfärg 220 µm
- Täckbeläggning: Polyurethan 60 µm
- Total färgtjocklek (minimal): 320 µm

Tjocklek för de olika skikten får ändras. Minimaltjocklek för grundbeläggning och mellanliggande skikt är 250 µm. Täckbeläggningen måste vara av vedertagen målarfärg med glansnivå över 70 % och den måste hålla glans och färg väl. Entreprenören bör välja olika färger för de olika skikten så att man ska enkelt kunna se skillnad mellan lager.

Slutgiltig färg för synliga ytor ska vara enligt entreprenadsavtalen

5.3.2 Utförande av arbetet

Förbehandling

Arbetet ska styras av människor som har sakkunskap eller väsentlig erfarenhet av förbehandling, målning och beläggning av stål. Dessa personer ska ta ansvar för arbetets kvalitet och de måste ha god kunskap om både viktiga element i processen och om de instrument och maskiner som används. Förbehandling eller målning får inte göras utomhus under perioden 1 oktober till 1 maj utan särskilt tillstånd från kontrollanten. Entreprenören ska hålla dagbok under förbehandlingsarbetets gång. I dagboken ska följande information dokumenteras dagligen:

Arbetsplats, information om vad som förbehandlas, lufttemperatur, fuktighet, stålets temperatur och en kort beskrivning av dagens väder (vindstyrka, vindriktning, målnighet, nederbörd).

Lufttemperatur, fuktighet och stålets temperatur ska mätas minst tre gånger dagligen, d.v.s. vid arbetets början, mitt på dagen och vid arbetets slut. Kontrollanten måste alltid ha tillgång till dagboken och till varje projektmöte ska en kopia av den lämnas in med arbetsledarens eller entreprenörens underskrift.

Innan förbehandling kan börja måste hela ytan tvättas noga. Olja, fett och andra föroreningar måste tas bort med passande rengöringsmedel. Därefter ska ytan högtryckstvättas med rent vatten för att skölja av alla salter och rengöringsmedel. Högtryckstvättning måste upprepas om salter eller annan smuts misstänks finnas kvar på ytan.

Vid förbehandling av en varmförzinkad yta ska zinkytan rengöras noga innan den målas. Det ska göras med högtryckstvätt med basiska oljerengöringsmedel. Därefter ska ytan sköljas med rent vatten. Alla rengöringsmedel måste noggrant sköljas bort.

Förbehandling ska göras med torr sandblästring. Sandblästringens noggrannhetsgrad ska vara i överensstämmelse med instruktioner från rostskyddssystemets tillverkare. Under målarfärg måste noggrannhetsgraden dock aldrig vara mindre än Sa 2,5 enligt ISO 8501-1 (SIS 05 59 00). Förbehandling under metallbeläggning ska vara av noggrannhetsgrad Sa 3,0. Stålets ytråhet efter förbehandling ska vara tillräcklig för att tillförsäkra rostskyddssystemets vidhäftning enligt färgtillverkarens instruktioner. Ytråhet ska mätas enligt ISO 8503-1-4. Ytråhet under aluminiumbeläggning ska vara minimalt "Medium (G)".

Efter sandblästring ska damm rensas bort från ytan. Om damm blåses bort måste luften vara helt fri från olja och vatten.

Metallskikt

Metallsprutningen ska styras av människor som har sakkunskap eller väsentlig erfarenhet av stålbeläggning. Dessa personer ska ta ansvar för arbetets kvalitet och de måste ha god kunskap om både viktiga element i processen och om de instrument och maskiner som används.

Metallbeläggning av stål ska utföras med instrument avsedda för att smälta metaller. Dessa instrument ska använda tryckluft för att flytta den smälta metallen på stålet. Metallbeläggning ska göras enligt normen ÍST EN 22063:1993 eller likvärdiga normer. Metallbeläggning måste ske inom 4 timmar från sandblästring. Vid undantag av denna tidsram måste särskilda åtgärder utföras, t.ex. användning av avfuktare.

Målning

Grundbeläggning och mellanliggande skikt ska målas med målarpensel på alla kanter innan ett heltäckande färglager sprutas på föremålet. Arbetet ska styras av människor som har sakkunskap eller väsentlig erfarenhet av stålmålning. Dessa personer ska ta ansvar för arbetets kvalitet och de måste ha god kunskap om både viktiga element i processen och om de instrument och maskiner som används.

Stål får inte målas utomhus under perioden 1 oktober till 1 maj utan särskilt tillstånd från kontrollanten.

Entreprenören ska hålla dagbok under förbehandlings- och målningsarbetets gång. I dagboken ska följande information dokumenteras dagligen:

Arbetsplats, information om vad som målas, ytans storlek, färgtyp och tillverkningsnummer, användning av färg, lufttemperatur, fuktighet, stålets temperatur och en kort beskrivning av dagens väder (vindstyrka, vindriktning, målnighet, nederbörd).

Lufttemperatur, fuktighet och stålets temperatur ska mätas minst tre gånger dagligen, d.v.s. vid arbetets början, mitt på dagen och vid arbetets slut. Kontrollanten måste alltid ha tillgång till dagboken och till varje projektmöte ska en kopia av den lämnas in med arbetsledarens eller entreprenörens underskrift.

Entreprenören ska skydda andra delar av byggnaden/konstruktionen från färgsot genom att täcka dem ordentligt. Kontrollanten kan begära uppehåll i målningsarbetet om skydden inte fungerar tillräckligt bra tills förbättringar har skett.

Målningsarbetet kan först börja när kontrollanten har gett sitt samtycke. Entreprenören ska anmäla till kontrollanten i god tid.

Entreprenören ska följa färgtillverkarens instruktioner när det gäller transport, förvaring och behandling av färgen samt instruktioner om själva målningsarbetet. I synnerhet måste föreskrift om maximal och minimal torktid mellan lager uppmärksammas.

Entreprenören bör använda de verktyg som rekommenderas av färgtillverkaren och se till att de alltid är i perfekt skick.

Om målningsarbetet utförs inomhus måste byggnaden uppfylla krav om belysning, rumstemperatur och luftväxling. Om sandblästring utförs i samma byggnad eller i närheten är det nödvändigt att se till att damm inte kan fastna i våt färg. Kontrollanten måste godkänna byggnaden för att målningsarbete ska få utföras där.

Grundbeläggning ska målas så fort som möjligt efter ytans förbehandling och alltid inom fyra timmar efter förbehandlingen.

Lufttemperaturen måste vara över färgtillverkarens gränsvärde och innan målningsarbetet får påbörjas måste stålets temperatur vara åtminstone 3°C ovanför daggpunkt. Under hela torktiden får lufttemperaturen inte sjunka under färgtillverkarens gränsvärde för torktemperatur. Målningsarbete kan inte utföras om fukthalten överstiger 90 %.

Skulle salter eller annan smuts ha satt sig på ytan mellan färglager, ska ytan högtryckstvättas igen innan nästa lager målas. Innan täckbeläggningen målas måste ytan vara ren, torr och på alla sätt i överensstämmelse med färgtillverkarens instruktioner.

Om maximal tid mellan lager har gått måste färgtillverkarens och kontrollantens rekommendationer följas. Färgens yta ska vara jämn och får inte ha några droppar, penselsträck, luftbubblor eller annat som minskar färgens slitstyrka och utseende.

Entreprenörens ansvar för målararbetet

Entreprenören ska ge två års garanti på målararbetet. Genom denna garanti tar entreprenören på sig ansvar för att reparera alla färgskador som har med bristfälligt utförande av arbetet att göra, enligt avtal. Garantin börjar gälla efter slutgiltig utvärdering av arbetet. Reparationer bör utföras inom ett år från garantins slut och de ska betalas av entreprenören.

Samma krav om förberedelser och arbetsprocesser gäller vid reparationer som vid arbetet från början.

Efter två år ska färgen undersökas. Vid garantiundersökningen bör både entreprenören och byggherren skaffa en representant. Byggherren kan begära att målningsarbetet görs om från början med samma ansvar om kvalitet som första gången om färgen inte uppfyller följande krav:

1) Färgen anses vara heltäckande och oförstörd om den uppfyller följande krav:

- Färgens utseende är bättre än Ri 1 enligt normen ISO 4628/3 med hänsyn till utveckling av rost.
- Utveckling av luftbubblor är mindre och mera utspridd än vad anses vara täthet 1 och storlek 1 enligt normen ISO 4628/2.
- Färgen får inte ha flagnat, varken mellan olika färglager eller mellan stål och färg.
- Om det handlar om något enstaka tillfälle, ska entreprenören sandblästra dessa ytor och måla enligt samma krav som första gången. Därefter anses entreprenören ha hållit sin del av avtalet.

2) Färgen anses vara förstörd om den inte uppfyller kraven i 1).

I så fall ska entreprenören sandblästra och måla alla ytor som anses vara förstörda enligt ursprungliga krav. Då garantin inte höll ska entreprenören ge ny garanti på grund av reparationerna med motsvarande garantiundersökning som i den ursprungliga garantin.

3) Mekaniska skador

- Färgskador som orsakats av målararbetet eller kvalitetskontroll ska repareras innan garantiperioden startas samt efter varje garantiundersökning. Entreprenören betalar alla kostnader i samband med detta.
- Byggherren betalar endast den kostnad som kommer på grund av hans eget arbete eller verksamhet eller på grund av tredje part.

5.3.3 Kontroll, metallskikt

Kvalitetskontroll

Entreprenören ska, t.ex. med byggnadsställning, se till att kontrollanten kan granska alla ytor efter aluminiumbeläggningen. Entreprenören ska också skaffa en assistent om kontrollanten begär. Även om arbetet inspekteras av entreprenörens kontrollant så ska entreprenören själv alltid ta fullt ansvar för arbetets kvalitet.

Innan entreprenören ber om utvärdering från kontrollanten måste han/hon själv kontrollera att hela arbetsprocessen har följts enligt instruktioner. Om små brister hittas ska entreprenören markera dem och reparera genast efter kontrollantens inspektion. Vid tillfällen där större brister hittas bör inspektionen avstanna och ny tid för inspektion bestämmas.

Torr filmtjocklek ska definieras som genomsnittet av 10 mätningar på en 0,25 m² stor yta.

Mätninginstrument som används för att mäta en metallskikts torra filmtjocklek måste korrigeras genom tjockleksmätningar av en plasthinna som har en känd tjocklek på sandblästrad yta. Dessutom kan ett korrigeringsvärde hittas för att subtrahera med mätta tjockleksvärden genom att mäta tjockleken på en plasthinna som har känd tjocklek både på en slipad slålplatta och på en sandblästrad yta.

Avvikelser

Metallbeläggningsens genomsnittstjocklek ska inte vara mindre än 95 % av definerad tjocklek. Ingen mätning av torr filmtjocklek får vara mindre än 80% av definerad tjocklek.

5.3.4 Kontroll, målning

Kvalitetskontroll

Entreprenören ska, t.ex. med byggnadsställning, se till att kontrollanten kan granska alla ytor före och efter målningen. Entreprenören ska också skaffa en assistent om kontrollanten begär. Även om arbetet inspekteras av entreprenörens kontrollant så ska entreprenören själv alltid ta fullt ansvar för arbetets kvalitet.

Innan entreprenören ber om utvärdering från kontrollanten måste han/hon själv kontrollera att hela arbetsprocessen har följts enligt instruktioner. Om små brister hittas ska entreprenören markera dem och reparera genast efter kontrollantens inspektion. Vid tillfällen där större brister hittas bör inspektionen avstanna och ny tid för inspektion bestämmas.

Torr filmtjocklek ska definieras som genomsnittet av 10 mätningar på en 0,25 m² stor yta.

Mätninginstrument som används för att mäta en beläggnings, en färgs eller en varmförzinknings torra filmtjocklek måste bestämmas genom tjockleksmätningar av en plasthinna som har känd tjocklek på en sandblästrad yta. Dessutom kan ett korrigeringsvärde hittas för att subtrahera med uppmätta tjockleksvärden genom att mäta tjockleken på en plasthinna som har känd tjocklek både på en slipad slålplatta och på en sandblästrad yta.

Avvikelser

Genomsnittstjockleken på färgens torrfilm ska inte vara mindre än 95 % av definerad tjocklek. Ingen mätning av torr filmtjocklek får vara mindre än 80 % av definerad tjocklek. Där maximal färgtjocklek i varje lager är bestämd får den torra filmtjockleken inte vara mer än 1,3 gånger den definerade tjockleken utan att färgtillverkaren godkänner det. Ingen mätning får vara mer än två gånger tjockare än definerad tjocklek.

5.4 Varmförzinkning

Rostskyddssystem

Varmzinkbeläggning av stål ska motsvara normerna ÍST EN 1461:1999 och ÍST EN 14713: 1999. I storleksförhållande med ståltjockleken måste följande zinktjocklek nås:

Ståltjocklek	Minimal zinktjocklek	Genomsnittszinktjocklek
t[mm]	[µm]	[µm] (minimalt)
t ≥ 6	100	115
3<t<6	85	95
1<t≤3	60	70

Utförande av arbetet

Varmförzinkningen ska styras av människor som har sakkunskap eller väsentlig erfarenhet av stålbeläggning. Dessa personer ska ta ansvar för arbetets kvalitet och de måste ha god kunskap om både viktiga element i processen och om de instrument och maskiner som används. Hål i slutna profiler som görs på grund av varmförzinkning måste vara gängade och de måste stängas med en bult efter varmförzinkningen.

5.5 Ingjutning av stål

Se 5.4 Varmförzinkning

5.6 Underhåll av rostskyddssystem

I vanliga fall används samma metoder för underhåll av rostskydd som när nya broar behandlas.

6 Korrosjonsbeskyttelse, Norge

6.1 Historikk

I Norge var det vanlig å benytte blymønjebaserte malingsystemer frem til midten av 1960-tallet. Ståloverflatene ble blåserenset og påført 1-2 strøk blymønje i verksted før transport til brustedet. Resterende del av malingsystemet ble påført på brustedet etter montasje.

I 1960-årene ble dupleks-systemet, det vil si metallbelegg pluss maling tatt i bruk på norske bruer. konstruksjonselementer i stål ble metallsprøytet med sink, "tettet" med washprimer og dertil gitt minst ett strøk grunnmaling (i form av sinkkromat på alkydbasis) før transport til brustedet hvor dekkmaling til slutt ble påført etter montasje i tillegg til fullt system ved montasjeskjøter.

Fra omkring 1970 ble det tatt i bruk alkyd/klorkautsjuk baserte malinger med blandingsforhold 1:1. Erfaring med dette blandingsforholdet var at modifikasjon med klorkautsjuk ga kortere herdetid og bedre motstand mot mekanisk påkjenning men over tid viste det seg at malingene ble for "sprø". Av denne grunn ble det i 1975 introdusert mer elastiske typer med alkyd/klorkautsjuk i forhold 2:1.

I 1977 utviklet Jotun A/S på oppdrag fra Vegdirektoratet et nytt sett malingsspesifikasjoner. Miljøhensyn gjorde at bly og sinkkromat ikke lenger var ønskelig som pigmenter og dette ble byttet ut med sinkfosfat og titanoksyd. To nye malingsspesifikasjoner ble resultatet og fra 1977 til ca 1990 var vanlig praksis å benytte et av to følgende korrosjonsbeskyttende systemer på nye stålbruer i Norge:

System 1: Metallisering pluss alkyd/klorkautsjuk (dupleks-system):

- Min 100 µm metallisering med sink eller aluminium
- maks 10 µm etsprimer spes. nr. 4
- 50 µm grunnmaling spes. nr 115
- 50 µm grunnmaling spes. nr 116
- 50 µm dekkmaling 2:1 spes. nr 117
- 50 µm dekkmaling 2:1 spes. nr 118

System 2: Metallisering pluss alkyd (dupleks-system):

- Min 100 µm metallisering med sink eller aluminium
- Maks 10 µm etsprimer spes. nr. 4
- 50 µm grunnmaling spes. nr 107
- 50 µm grunnmaling spes. nr 108
- 50 µm dekkmaling spes. nr 109
- 50 µm dekkmaling spes. nr 110

I system 1 var forholdet alkyd/klorkautsjuk på 2:1. I dekkmalingsene ble det benyttet jernglimmer og aluminium i flakform. For å forenkle kontroll av utførelsen hadde samtlige strøk ulik farge. Metallisering med sink ble med noen få unntak brukt på grunn av lavere kostnader enn ved bruk av aluminium. På grunn av kortere herdetid mellom strøkene ble spes. 115-118 i hovedsak enerådende med unntak av korrosjonsbeskyttende belegg på kabler og hengestenger hvor det kun ble beskrevet bruk av spes 107-110 på grunn av større elastisitet i tørr film.

Disse to systemene var ganske enerådende helt frem mot 1990. Statens vegvesen eide spesifikasjonene og fikk dem laget hos ulike malingsfabrikkanter etter forutgående konkurranse på pris. Så kjøpte alle entreprenører inn maling til lik pris gjennom en innkjøpsavtale mellom Statens vegvesen og fabrikant.

Frem mot 1990 kom det nye malingsystemer i bruk og etter hvert begynte Statens vegvesen å benytte epoksy/polyuretan. I 1997 ble følgende system introdusert som alternativ til de to alkyd og alkyd/klorkautsjukbaserte systemene:

System 3. Metallisering pluss epoksy/polyuretan (dupleks-system):

- Min 100 µm metallisering med sink eller aluminium
- 25-30 µm epoksy tie-coat sealer
- 100-125 µm epoksymastik
- 80-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl

Til bruk i system 3 ble maling fra tre spesifikke leverandører prekvalifisert og produktnavn tatt direkte inn i Statens vegvesen Håndbok nr 026: Prosesskode 2 og maling fra andre måtte godkjennes spesielt av Bruseksjonen i Vegdirektoratet.

I 2005 sluttet Jotun, som da hadde avtalen, med å fabrikkere de to malingsystemene basert på alkyd/klorkautsjuk og alkyd. Alkyd/klorkautsjuk basert maling utviklet giftig klogass under produksjonen, noe som ikke var forenlig med HMS-krav og den alkydbaserte malingen solgte i så små kvanta at det produksjonsteknisk ikke lenger var interessant. Av denne grunn blir samtlige nye bruer nå korrosjonsbeskyttet med System 3: Metallisering pluss epoksy/polyuretan (dupleks-system)

I ny utgave av Statens vegvesen Håndbok nr 026: Prosesskode 2 fra 2007 har system 1 og 2 gått ut og System 3 med metallisering pluss epoksy/polyuretan (dupleks-system) blitt enerådende på nye bruer. I tillegg er metallisering med aluminium ikke lenger tillatt da erfaringer fra oljebransjen viser at aluminium som overmales med epoksy ikke fungerer på grunn av syredannelse mellom sjiktene.

Ved vedlikehold av dupleks-systemer, det vil si korrosjonsbeskyttende system med metallisering i bunn, har filosofien vært å utføre vedlikehold på et tidspunkt hvor det i hovedsak kun har vært nødvendig med avfeting/vask av overflaten og fornying av topp

Ved vedlikehold har det vært vanlig å bruke samme malingsystem som det originale hvis det har vært mulig å få tak i. Selv om blymønje er gått ut av bruk, er det ønskelig å beholde original uskadd malingsfilm med blymønje i bunn. Flikk på bart stål utføres da med sinkrik epoksy og så påføres epoksymastik og polyuretan på alle flater.

I ny utgave av Statens vegvesen Håndbok nr 026: Prosesskode 2 fra 2007 er det beskrevet følgende tre vedlikeholdssystemer:

Vedlikeholdssystem 1: Sinkrik epoksy primer (minst 90 vekt % sink i den tørre filmen) pluss epoksy/polyuretan:

- 40-75 µm sinkrik epoksy primer
- Min. 125 µm epoksymastik
- 60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl

Vedlikeholdssystem 2: Sinkrik primer (minst 95 vekt % sink i den tørre filmen) pluss epoksy/polyuretan:

- 50-60 µm sinkrik primer
- 25-30 µm epoksy tie-coat sealer
- Min. 125 µm epoksymastik
- 60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl

Vedlikeholdssystem 3: Sinkrik primer (minst 95 vekt% sink i den tørre filmen):

- 50-60 µm sinkrik primer
- 50-60 µm sinkrik primer
- 50-60 µm sinkrik primer

I tillegg benyttes samme system som på nye bruer, det vil si delvis eller full utskifting til metallisering pluss epoksy/polyuretan (dupleks-system).

6.2 Generell strategi, korrosjonsbeskyttelse

Overordnede mål for korrosjonsbeskyttelse av stål på nye bruer er:

- En god konstruktiv utforming av detaljer som sikrer lang levetid og tilkomst for vedlikehold av korrosjonsbeskyttelsen
- Miljøvennlige produkter i et totalregnskap for hele levetiden på brua
- Økonomisk optimalt system basert på LCC (Life Cycle Cost) analyse

For å nå disse målene er det valgt å benytte dupleks-system som korrosjonsbeskyttelse på alle nye stålbruer. Ved å metallisere vil systemet brytes ned fra overflaten uten underrusting i nevneverdig grad. Det blir derfor lange vedlikeholdsintervaller og, dersom vedlikehold utføres på riktig tidspunkt, i det alt vesentlige kun behov for avfetting, vask og fornying av dekkstrøk. Omfang av skjerming, oppsamling av avfall, rengjøring av underlaget og antall strøk blir dermed lavt, noe som medfører små utslipp og lave kostnader.

Statens vegvesen har som en del av rutinene for kontroll og godkjenning av planer for nye bruer at tegningsgrunnlaget gjennomgås spesielt med henblikk på tilkomst og tilrettelegging for senere inspeksjon og vedlikehold. På denne måten sikres det at detaljutformingen er tilfredsstillende. Videre er det et krav at den utførende skal benytte FROSIO-inspektører, det vil si spesielt utdannede og sertifiserte inspektører, til å forestå kvalitetssikringen ved utførelse. Normalt vil

byggherren i tillegg engasjere egen FROSIO-inspektør for uavhengig stikkprøvekontroll i verksted og på byggplass.

I driftsfasen inngår normalt årlig rengjøring for å fjerne smuss og sand samt tinesalter på utsatte stålelementer. Optimalt tidspunkt for vedlikehold definert i Statens vegvesen Håndbok nr 136: Inspeksjonshåndbok for bruer fra 2000. Vedlikehold skal utføres når 3-4 % av toppstrøket er nedbrutt, det vil si lenge før det oppstår korrosjon.

6.3 Korrosjonsbeskyttelse, nye bruer

6.3.1 Beleggsystem

I det etterfølgende er det beskrevet korrosjonsbeskyttende system for ubehandlede ståloverflater på større konstruksjonselementer.

Systemet er et såkalt duplekssystem bestående av et katodisk beskyttende metallbelegg pluss malesystem. Valg av korrosjonsbeskyttende system skal gjøres av byggherren. Dersom ikke annet er angitt, skal system nr. 1 med termisk sprøytet sink benyttes.

System 1. Metallisering pluss epoksy/polyuretan (dupleks system)

Forbehandling: Alkalisk avfetting

Blåserensing: Renhet: Sa3

Ruhet: Medium G, $R_{y5} = 50-85 \mu\text{m}$

Beleggsystem:

1. Minimum 100 μm ren termisk sprøytet sink
2. 25-30 μm epoksy polyamid tie-coat sealer
3. 100-125 μm epoksymastik
4. 80-100 μm polyuretan eller polyuretan-akryl

Total beleggtykkelse: Minimum 285 μm .

For siste strøk velges tykkelse i samsvar med produsentens anvisninger for den aktuelle malingstype (kfr. teknisk datablad)

Alle oppgitte tykkelser er tørrfilmtykkelser. Hvert strøk skal ha ulik farge. Fargekode på siste dekkstrøk skal fremgå av den spesielle beskrivelsen i konkurransegrunnlaget. De ulike malingsprodukter og ev. tilsetninger, tynnere etc. som skal anvendes skal være fra samme leverandør. Entreprenøren skal oppgi leverandør og malingssystem. Leverandøren skal levere teknisk datablad som inneholder følgende opplysninger:

- Krav til forbehandling
- Volum % fast stoff
- Våtfilmtykkelse/tørrfilmtykkelse (maks/min spesifisert)
- Overmalingsintervall ved 5, 10 og 23° C (maks, min)
- Anbefalt tynner (mengde og type)
- Teoretisk dekkevne

- Anbefalinger/krav vedrørende påføring

Malesystem i beleggsystem 1 skal prekvalifiseres i henhold til ISO 20340 Procedure A. Malesystem som tilfredsstiller krav i NORSOK M-501, "System no. 1", er prekvalifisert. (Sinkrik primer erstattes med termisk sprøytet sink og tie-coat i beleggsystemet)

Tabell 6-1: Akseptkriterier for malesystem i beleggsystem 1	
Test	Akseptkriterier
ISO 20340	<p>Akseptkriterier angitt i ISO 20340 gjelder. I tillegg gjelder:</p> <p>Adhesjon over 5 MPa før test og mindre enn 50 % reduksjon etter test (NS-EN ISO 4624)</p> <p>Kritting: Rating 2 eller mindre (NS-EN ISO 4628-6)</p> <p>Overmalbar med toppstrøk etter testing uten mekanisk bearbeiding av overflate. Adhesjon minst 5 MPa (NS-EN ISO 4624)</p>

Tie-coat skal være av type tokomponent upigmentert epoksy polyamid.

I tillegg til prekvalifisering kreves dokumentert betydelig erfaring med beleggsystemet med hensyn til korrosjonsbeskyttende effekt, generell nedbrytning og overmalbarhet med vedlikeholdsbelegg

Byggherren forbeholder seg likevel retten til å avvise prekvalifiserte systemer med bakgrunn i dårlige erfaringer fra egne eller andres konstruksjoner.

Alle malingsprodukter og løsningsmidler skal være lagret i den originale emballasjen og være merket etter leverandørens retningslinjer. Produksjonsnummer og holdbarhetsdato skal vises på alle beholdere.

6.3.2 Utførelse

Entreprenøren skal utarbeide detaljerte prosedyrer for påføring av belegget. Prosedyren skal forelegges leverandøren for godkjenning. Prosedyren oversendes byggherren for kommentarer.

For alle systemene gjelder at utførelsen skal være i henhold til de etterfølgende prosesser og leverandørens tekniske datablad. Der det er uoverensstemmelser mellom prosessene og databladene, skal byggherren informeres og valg foretas i samråd med leverandøren.

Generelle utførelseskrav

Dersom ikke annet er angitt, skal overflatebehandlingen, med unntak av flikking etter montasje og ev. siste dekkstrøk, gjøres ferdig i verkstedet eller under tak før montasje. For å unngå korrosjon på stål og hvitrust på sink, skal blåserensing og påføring av termisk sprøytet sink og malingssystem skje uten transport eller mellomlagring utendørs eller i fuktige omgivelser og med minst mulig tid mellom hver operasjon. For påføring av malingssystem utføres de enkelte arbeidsoperasjoner innenfor tidsvindu i henhold til malingleverandørss anbefaling. Overflatebehandlingen skal i størst mulig grad gjennomføres før de enkelte deler sammenbygges, slik at alle deler får den foreskrevne behandling.

Alt personell som utfører overflatebehandling skal ha "Fagbrev for maskin- og industrimaler". Ufaglært personell skal kun delta etter individuell forhåndsgodkjenning av byggherren.

Vask/avfetting

Alle overflater som skal behandles vaskes/avfettes med avfettende vaskemiddel. Ståloverflaten vaskes med avfettende middel, så som spesielt egnede vaskemiddel, spesielle emulsjoner eller vanddamp. Alle rester av rengjøringsmiddel må fjernes med rent vann.

Blåserensing

Metalliske blåsemidler skal ha egenskaper iht. NS-EN ISO 11124. Ikke metalliske blåsemidler skal oppfylle kravene i NS-EN ISO 11126. Blåsemiddel skal velges slik at spesifisert ruhet og renhet oppnås.

Blåserensing utføres med trykkluft eller slynge. Ved bruk av slynge, må ekstra blåserensing med skarpkantet grit påregnes for å tilfredsstillе ruhetskravet. Trykkluften skal være tørr og oljefri. Fettete eller oljeimpregnerte gjenstander må rengjøres før de blåses. Dersom ikke annet er angitt av leverandøren eller i beskrivelsen gjelder følgende krav:

- Renhet: Sa 3 iht. NS-EN ISO 8501-1
- Kloridmengde skal være maks 20 mg/m² iht NS-EN ISO 8502-6
- Ruhet: 50-85 µm iht. NS-EN ISO 8503-1 G segment 3

Stålmaterialene må lagres og blåserenses under slike forhold at kondens ikke oppstår. Rensede flater må ikke berøres med bare fingre, eller utsettes for regn, oljedrypp eller annen form for forurensing. Etter blåsing må alle løse rester av blåsemiddelet, blåses eller helst suges bort fra ståloverflaten.

Blåserensede flater skal snarest mulig påføres første lag av det valgte korrosjonshindrende belegg. Ved det minste tegn til synlig rustdannelse på flater som er rengjort til Sa3 kreves omblåsing og ny fjerning av løse partikler. All blåserensing, metallbelegning og maling skal foregå ved temperaturer over 5°C. Relativ fuktighet skal være lavere enn 70 % for blåserensing og metallisering og lavere enn 80 % ved maling. Stålets temperatur skal ligge minst 3°C over duggpunktet ved påføring av metallbelegg og primer, og minst 2° C over ved de påfølgende malingsstrøk.

Ståloverflater som skal overflatebehandles, skal rengjøres ved blåserensing. Malte eller metalliserte flater som er blitt forurenset, skal omhyggelig rengjøres før nytt lag maling påføres. Ståldelene sprøyteforsinkes innen 4 timer etter blåserensing. Før videre behandling skal beleggtykkelsen kontrolleres og godkjennes.

All varmsprøyting skal foretas iht. NS 1975, og belegget skal tilfredsstillе kravene i denne standard. Dersom ikke annet er angitt, forlanges det en minimumstykkelse på 100 µm. Metallbelegget skal påføres med jevnest mulig tykkelse. Belegg som er ujevnt (bølget) og med store tykkelsesvariasjoner kan bli krevd fjernet, og nytt belegg påført. Det samme gjelder hvis en ved måling finner flere punkter som har mindre tykkelse enn spesifisert verdi, (100 µm)

Rengjøring

Metallisering eller malingsbelegg som er blitt forurenset, skal avfettes og rengjøres grundig før videre maling.

Avfetting foretas ved at overflaten bearbeides grundig med et flyktig organisk løsningsmiddel, et egnet vaskemiddel, en spesiell emulsjon eller vanddamp. Overflater som har vært utsatt for saltholdig atmosfære, må i tillegg spyles grundig med rent ferskvann for å fjerne salter fra porer og fordypninger.

Dessuten skal alle flater spyles med rent vann etter rengjøring med løsnings-/vaskemiddel. Dersom overflatene er sterkt forurenset av f.eks. sveiserøyk, kjemikalier, spesielle fettstoffer ol., må entreprenøren utarbeide spesielle prosedyrer for rengjøring. Disse skal forelegges byggherren for kommentarer.

Påføring av maling

Alle malingsprodukter skal omrøres med drill el. tilsvarende for å blande pigmenter og væske tilfredsstillende. Etter omrøring skal det sikres at innrørt luft får tid til å slippe ut.

Når det gjelder blanding og tynning, samt påføringsmetode og utstyr, skal malingleverandørens retningslinjer følges.

Maling med tunge pigmenter, f.eks. sink skal omrøres kontinuerlig under påføring.

Malingen påføres normalt med høytrykkssprøyte eller pensel i den tykkelse og i de antall lag som er angitt i det valgte malingsystem. I enkelte tilfeller kan såkalt malerhanske benyttes (kabler, rekkverkssprosser ol.). Kompressorluft skal være fri for olje og vann.

Med unntak for fuktighetsherdende malinger, skal det under malerarbeider påses at det ikke kommer fuktighet til noen type maling. Påføringen skal bare skje når underlaget er absolutt fritt for fuktighet og omhyggelig rengjort for forurensninger. Når det gjelder krav til temperatur og luftfuktighet, vises det til «Generelle utførelseskrav» prosess 85.3 c. Om nødvendig må den del som skal males bygges inn og oppvarmes. Oppvarmingsmetoden skal godkjennes av byggherren.

Hvert strøk skal påføres kontinuerlig over hele flaten og være fri for nålehull, porer, blærer og helligdager. Drypping, siging etc. skal unngås. Forekomst av slike skader fjernes umiddelbart og overflaten belegges på nytt.

Hvert strøk skal tørke og overmales i henhold til teknisk datablad gitt av malingleverandør.

Områder som pga. konstruksjonens form og dimensjon er vanskelig tilgjengelig med sprøyte, samt skrueforbindelser, slipte kanter og avrundete hjørner, påføres et strøk maling med kost, (stripecoating), for å sikre tilfredsstillende beleggtykkelse i disse områdene. Denne lokale behandlingen utføres før hvert av malingsstrøkene som skal påføres med sprøyte.

Tørrfilmtykkelse på hvert strøk skal være i samsvar med malingleverandørens tekniske datablad hvis ikke annet er angitt i den spesielle beskrivelsen. Tilsvarende gjelder for malingsystemets totale tykkelse.

Teknisk datablad skal være tilgjengelig på utførelsesstedet til enhver tid.

Montasjeskjøter

I område ved montasjesveis avtrappes de ulike lagene (blåserensing, sink, maling) med ca 100 mm for hvert lag. Det bør ikke benyttes maskering da dette vil gi markerte overganger. Alle grader i overgangene mellom de ulike lag skal utjevnes ved lett skraping med glassplate. Det skal være min. 100 mm bart stål på hver side av skjøten. Når skjøtesonene er blåserenset etter utført sveising, skal overgangen metall/renset stål skrapes med glassplate for å fjerne ujevnheter i metallbelegget. Forøvrig bygges overflatebehandlingen av skjøtesonene opp som ellers på konstruksjonen.

Friksjonsflater i friksjonsforbindelser påføres 30-50 µm termisk sprøytet sink og 25-30 µm epoksy polyamid tie-coat sealer men ikke maling utover dette i kontaktflatene.

Reparasjoner av overflatebehandling

All hvitrust på metallisering skal fjernes før overmaling. Dersom hvitrust ikke lar seg fjerne uten at metalliseringen forringes, skal denne fjernes, stål blåserenses til Sa 3 og metallisering utføres på nytt.

Ved skader i malingsbelegget skal kanter pusses ned og området rengjøres før det males på nytt med de antall strøk som er skadet (med sprøyte for store reparasjoner og med kost for mindre områder). Er skaden på en kant, hjørne el. og reparasjonen utføres med sprøyte, skal det i tillegg males lokalt med kost mellom strøkene.

Dersom metallbelegget er skadet, rengjøres området og skaden repareres med sinkrik primer som angitt for vedlikeholdssystem 2. Deretter påføres det samme malingsystem som brua for øvrig. Større skader, dvs. skader større enn 50x50mm, blåserenses til rent stål og metalliseres på nytt.

Overflatebehandling etter montasje skal, sammen med overflatebehandlingen i verkstedet, utgjøre en komplett overflatebehandling,

Sveiste skjøter

Skjøtområdet rundt montasjesveiser rengjøres. Sveisen og områder som ikke var metallisert før montasje, blåserenses. Det er viktig at områder som ikke skal blåserenses maskeres skikkelig for å hindre skader i belegget pga. sprut. Skjøtområdet påføres komplett korrosjonsbeskyttelse som brua for øvrig.

Skrudde skjøter

Etter tiltrekking rengjøres skruene omhyggelig for alt smøremiddel. Samtlige skruehoder, muttere, underlagsskiver og skruendeer fullmales som brua for øvrig.

6.3.3 Kontroll

Kontrollen skal utføres iht. utarbeidet kontrollplan utarbeidet av entreprenøren. Personer som er ansvarlige for inspeksjon og verifisering av kontrollarbeidet skal være kvalifisert iht. NS 476 "Regler for godkjenning av inspektører for overflatebehandling". Arbeidene skal kontrolleres av person med god fagkunnskap. Kontrolløren skal kunne dokumentere relevant praksis og kunnskaper tilsvarende NS 476.

Alle forhold på produksjonsstedet/byggeplassen som påvirker kvaliteten på overflatebehandlingen, slik som vær og vind, temperatur, luftfuktighet, duggpunkt, ståltemperatur, etc. skal registreres minst to ganger pr. skift og alltid når forholdene endres vesentlig. Registreringer skal oppbevares og oversendes byggherren på forlangende.

For kontrollen skal entreprenøren ha følgende standarder og utstyr tilgjengelig:

- NS-EN ISO 8501-1 (Atlas for visuell kontroll av overflatens renhet)
- Øvrige relevante standarder for kontroll av overflatebehandling.
- Utstyr for tape test (NS-EN ISO 8502-3)
- Utstyr for Bresle test (NS-EN ISO 8502-6)
- ISO Surface profile comparator (NS-EN ISO 8503-1)
- Magnetisk tørrfilmykkelsemåler
- Våtfilmykkelsemåler
- Hygrometer/Psycrometer

- Lufttermometer
- Ståloverflatetermometer
- Duggpunktskalkulator
- Tape - ASTM D3359
- Skarp tynn kniv
- Mikroskop med lys, 30 x
- Inspeksjonsspeil
- Adhesjonstester (NS-EN ISO 4624)

Overflateruhet kontrolleres iht. NS-EN 8503-1. Renhet mht. støv kontrolleres med tapetest iht. NS-EN ISO 8502-3. Saltmengde kontrolleres iht. NS-EN ISO 8502-6.

Heft sjekkes i enkeltpunkter for metallbelegg og for maling mellom hvert strøk når malingsystemet er tørket og herdet. Fortrinnsvis måles heft på separate prøveplater som forbehandles og belegges parallelt med selve konstruksjonen. Heft måles iht. NS-EN ISO 4624 Pull-off test. Heft for metallisering målt under produksjon skal være minst 3,5 MPa og for maling minst 2 MPa. Skader etter heftprøver skal utbedres.

Før påføring av tie-coat skal termisk sprøytet sink kontrolleres visuelt for skader, ujevnheter og forekomster av hvitrust (sinkoksyd og sinkhydroksyd).

Våtfilmtykkelse skal sjekkes jevnlig under påføring. Dersom ikke annet er nevnt i den spesielle beskrivelsen skal tørrfilmtykkelsen kontrolleres for hvert strøk og for det totale maling/beleggsystemet.

Hvert strøk maling kontrolleres visuelt for helligdager, mekaniske skader, pinholes osv.

Kontrollen utføres i et omfang som angitt i tabell 6-2 dersom ikke annet er angitt i den spesielle beskrivelsen.

Tabell 6-2				
Kontroll klasse	Flate	Visuell kontroll	Kontroll av heft ¹⁾	Kontroll av tykkelse
2	Store plane flater uten stivere ²⁾	100 %	En kontroll pr. 40m ² flate.	En kontroll pr. 20m ² flate.
	Store plane flater med stivere ³⁾	100 %	En kontroll pr. 20m ² flate.	En kontroll pr. 10m ² flate.
	Små flater eller komplisert geometri ⁴⁾	100 %	En kontroll pr. 10m ² flate, minst en kontroll pr. 10 element. ⁵⁾	En kontroll pr. m ² flate, minst en kontroll pr. element. ⁵⁾
3	Alle flater	100 %	En kontroll pr. m ² flate og/eller minst en kontroll pr. element. ⁵⁾	4 kontroller pr. m ² flate og/eller min. 4 kontroller pr. element. ⁵⁾

- 1) Omfang som nedenfor dersom ikke annet er angitt i den spesielle beskrivelsen. Destruktive heftprøver kan, etter avtale med byggherren, tas på spesielle prøveplater som belegges parallelt med selve arbeidet
- 2) Utvendige kasser og store livplater, platebærere
- 3) Vanlige platebærere

- 4) Fagverksstaver og områder med mye stivere etc.
- 5) Som element regnes ferdig enhet fra verksted som skal monteres på brusted el. (fagverksstav, tverrkryss, bjelke osv.)

Tykkelser skal kontrolleres med magnetisk tykkelsesmåler iht. NS-EN ISO 2178. Måler kalibreres hver fjerde brukstime ved bruk av folier i det aktuelle tykkelsesområdet. For å oppnå ensartet kalibrering, skal det kalibreres på sandblåst flate. Dersom det kalibreres på planslipt flate skal det gjøres et fradrag på 20 µm på de verdier som måles for belegg på sandblåst flate dersom ikke annet er beskrevet.

Hver punktmåling er et gjennomsnitt av tre målinger i avstand 25 mm. Ingen punktmåling, dvs gjennomsnitt av tre målinger, skal være mindre enn 90 % av spesifisert tykkelse.

Eksempel på avlesninger:

Tabell 6-3		
Beskrivelse av belegg/tykkelse	Avlesninger, kalibrert på sandblåst flate	Avlesninger, kalibrert på planslipt flate
Sink, min. 100 µm	Min. 100 µm	Min. 120 µm
1. Strøk maling, min. 25 µm	Min. 125 µm	Min. 145 µm
2. Strøk maling, min. 100 µm	Min. 225 µm	Min. 245 µm
3. Strøk maling, min. 60 µm	Min. 285 µm	Min. 305 µm

Avlesninger skal registreres. Registreringer skal oppbevares og oversendes byggherren på forlangende.

Prosedyreprøvene utføres på prøveplater med størrelse min 0,5 m². Dersom flere systemer skal brukes, legges minimum en prøve med hvert system.

Omfang av prøveprosedyrer skal fremgå av den spesielle beskrivelsen.

Alle arbeidsprosedyrer skal utføres på stedet, og det skal legges min. en prøve før arbeidene starter og så en pr måned i løpet av entreprisen.

Byggherren kan pålegge entreprenøren å legge ytterligere prosedyreprøver dersom forholdene tilsier det. Entreprenøren skal til enhver tid ha resultatene tilgjengelig for byggherren.

Det føres journal og utføres kontroller som beskrevet for påføring.

- 100 % visuell kontroll etter hver arbeidsoperasjon. Det kontrolleres spesielt at det ikke oppstår nålestikk i malingsstrøk. Gjelder spesielt for sealer/tie-coat på termisk sprøytet sink.
- Renhet i henhold til NS-EN ISO 8501-1
- Renhet i henhold til NS-EN ISO 8503-3, tape test. En kontroll pr prøve
- Renhet i henhold til NS-EN ISO 8502-6 (Bresle-metoden) En kontroll pr prøve.
- Ruhet i henhold til NS-EN ISO 8503-1. En kontroll pr. prøve
- Heft i henhold til NS-EN ISO 4624 Pull-off test. En kontroll pr. prøve
- Tørr filmtykkelse. Tre målinger pr. prøve.

6.4 Varmforsinking

Med varmforsinking forstås sinkbelegging ved neddypping i flytende sink. All forbehandling med alkalisk avfetting og beising samt varmforsinking skal foretas iht. NS-EN ISO 1461, og belegget skal tilfredsstillende kravene i denne standard.

Ståloverflaten forbehandles med alkalisk avfetting for fjerning av fett og annen forurensning og beising for fjerning av korrosjonsprodukter og glødeskall.

Dersom tykkelse på varmforsinket belegg skal være større enn minimumstykkelser beskrevet i NS-EN ISO 1461 vil dette fremgå av andre deler av prosesskoden som refererer til denne prosessen eller det skal fremgå av den spesielle beskrivelsen. Det må da legges spesielt til rette for at beskrevet sinktykkelse skal være mulig å oppnå ved at det beskrives forbehandling, stålmateriale og godstykkelser som ivaretar tykkelseskrav.

Beleggetykkelsen kan inndeles i klasser, avhengig av behovet for beskyttelse, godstykkelse og grunnmaterialets sammensetning og overflatebeskaffenhet:

Klasse A: Beregnet på gjenstander til alminnelig bruk. Beleggetykkelsen i nedenstående tabellen svarer til minste beleggetykkelse i NS-EN ISO 1461 og kan oppnå på de fleste stål- og støpejernsorter.

Klasse B: Beregnet på gjenstander til svært korrosivt miljø og/eller når det kreves lang levetid. Denne klassen vil være aktuell for de fleste av Statens vegvesens konstruksjoner langs veiene, som ikke i tillegg skal ha dekkskikt. Beleggetykkelsene i nedenstående tabell kan oppnås på varmvalsede, silisiumtettede stålsorter og på varmvalsede stålsorter uten silisium hvis overflaten er stålsandblåst.

Klasse C: Beregnet på gjenstander i ekstremt korrosivt miljø og/eller når det kreves ekstra lang levetid. Beleggetykkelsene i nedenstående tabell kan oppnås på varmvalsede, silisiumtettede stålsorter hvis silisiuminnholdet er over 0,3 %.

Merknad – Før klasse B eller C foreskrives må egnet stålsort være spesifisert. Videre bør utførende varmforsinker rådspørres.

Tabell 6-4: Tykkelse på sinkbelegg ved varmforsinking						
Produkt (nominell tykkelse. t)	Klasse A		Klasse B		Klasse C	
	Min. tykkelse lokalt	Gjennomsnitts- tykkelse på hver gjenstand	Min. tykkelse lokalt	Gjennomsnitts- tykkelse på hver gjenstand	Min. tykkelse lokalt	Gjennomsnitts- tykkelse på hver gjenstand
mm	µm	µm	µm	µm	µm	µm
Stål $t > 6$	Se NS-EN ISO 1461, Tabell 2		100	115	190	215
Stål $3 < t \leq 6$			85	95	115	140
Stål $1,5 < t \leq 3$			60	70		
Små gjenstander ¹⁾	Ikke anvendelig					
Støpegods						
¹⁾ Små gjenstander som varmforsinkes i kurver og siden sentrifugeres for at overskuddsink skal fjernes.						

Ved varmforsinking utløses indre spenninger i materialet, slik at skadelige deformasjoner kan oppstå. Eventuell kaldretting skal skje i samråd med byggherren.

Hvis varmforsinkingen blir skadet, f.eks. ved boring av hull eller kaldskjæring i de ferdige forsinkede ståldeler, må dette utbedres omgående etter metode iht. NS-EN ISO 1461. Byggherren bestemmer hvilken av de tre godkjente metodene, sinkpulvermaling, sinkstift eller metallisering som skal brukes. Ved autogenskjæring må herdesonen slipes bort før behandling.

Varmforsinket stål som skal påføres maling eller pulverlakk, skal ikke håndteres, transporteres eller mellomlagres utendørs eller i fuktige omgivelser. Det skal være minst mulig tid mellom varmforsinking og videre belegning. Dette for å unngå hvitrust.

Nupper og klumper skal generelt fjernes etter varmforsinking. Varmforsinkede flater som skal males, blåserenses lett og løse partikler fjernes. Varmforsinkede flater som skal pulverlakk, skal ikke blåserenses.

Skruer, skiver og muttere skal være varmforsinket, iht. NS-EN ISO 10684. Skruer med mindre diameter enn 12 mm leveres syrefaste.

6.5 Pulverlakkering

Gjelder pulverlakkering på varmforsinket gods.

6.5.1 Beleggsystem

Testmetoder for prekvalifisering av pulverlakk:

Tabell 6-5	
Test	Akseptkriterier
ISO 20340	Akseptkriterier angitt i ISO 20340 gjelder. I tillegg gjelder: <ul style="list-style-type: none"> • Adhesjon over 5 MPa før test og mindre enn 50 % reduksjon etter test (NS-EN ISO 4624) • Krittning: Rating 2 eller mindre (NS-EN ISO 4628-6) • Overmalbar med toppstrøk etter testing uten mekanisk bearbeiding av overflate. Adhesjon minst 5 MPa (NS-EN ISO 4624)

Det benyttes polyester pulverlakk dersom ikke annet er angitt i den spesielle beskrivelsen i konkurransegrunnlaget.

Fargekode på pulverlakk må fremgå av den spesielle beskrivelsen.

Varmforsinking og pulverlakkering skal utføres i samme lokale uten transportering eller mellomlagring utendørs eller i fuktige omgivelser. Anlegg skal være ISO 9001 godkjent eller ha NBI teknisk godkjenning for pulverlakkering.

Beleggsystem:

1. 90 µm metallisk sink påført ved dypping i smelte
2. Sinkfosfat eller sink-manganfosfat konverteringssjikt
3. Min 75 µm polyester pulverlakk eller tilsvarende produkt

Total beleggtykkelse: 165 µm

6.5.2 Utførelse

Det skal ikke forekomme hvitrust på flater som skal pulverlakeres. For påføring utføres de enkelte arbeidsoperasjoner innenfor tidsvindu iht. lakkleverandørens anbefaling.

Dersom noen av de ovennevnte krav strider mot lakkleverandørs anbefaling, skal sistnevntes anbefaling følges.

Spesifisert tørrfilmstykkelse skal ikke være lavere enn det som ble benyttet ved kvalifiseringstesting og minimum 75µm.

Før pulverlakkering skal varmforsinking kontrolleres for forekomster av hvitrust (sinkoksyd og sinkhydroksyd).

6.6 Korrosjonsbeskyttelse, hengestenger og bærekabler

Detaljert beskrivelse av korrosjonsbeskyttelse av hengestenger, bærekabler og festelementer er gitt i Statens vegvesen Håndbok nr 122: Kabler for hengebruer og skråstagbruer.

På kortere hengebruer benyttes lukkede spiralslåtte bærekabler hvor hver tråd varmforsinkes. Mellom trådene benyttes det spinnemiddel som også vil ha korrosjonsbeskyttende effekt. De ytre lagene består av spiralslåtte Z-tråder som lukker kablet for fukt. Etter kabelmontasje påføres fullt malesystem som beskrevet for stålbruer. Samme prinsipp brukes generelt på hengestenger.

På lengre hengebruer vil antall lukkede kabler bli så stort at det ikke blir tilkomst for senere vedlikehold. Av denne grunn ble det på hengebruene i trekantsambandet benyttet parallelltrådkabler med varmforsinkede enkeltråder, ytre lag dekket av sinkpasta og viklet med varmforsinket tråd som så ble påført fullt malesystem som for spiralslåtte kabler. Hardangerfjordbrua som nå er under prosjektering vil få samme systemet men vikles med polyutelenduk istedenfor malesystem. I tillegg vil kablene bli avfuktet.

Detaljer som kabelhoder, lagre og festelementer for bærekabler og hengestenger levers som oftest varmforsinket og påføres fullt malingsystem etter montasje. I tillegg benyttes som oftest avfuktingsanlegg iforankringskammer og over tårnsadler.

6.7 Innstøpningsgods

Delvis innstøpt stål skal generelt være i rustfritt stål og syrefast kvalitet iht. NS-EN 10088, nr. 1.4435, 1.4436 eller tilsvarende. Delvis innstøpte skruer og gjengestenger for innfesting av bruutstyr skal være i rustfritt stål og syrefast kvalitet i henhold til NS-EN ISO 3506, kvalitet A4-80 eller tilsvarende. For å forenkle eventuell senere utskifting, skal rustfrie muttere påføres egnet voks eller emulsjon. Eventuelt kan varmforsinkede skiver og muttere benyttes.

6.8 Vedlikehold av korrosjonsbeskyttelse

6.8.1 Beleggsystem

Vedlikehold av duplekssystem:

Ved vedlikehold av såkalte duplekssystem bestående av et katodisk beskyttende metallbelegg pluss maling, benyttes system 1: Metallisering pluss epoksy/polyuretan (duplekssystem) som beskrevet for nye stålkonstruksjoner. Det legges fullt system på forbehandlet bart stål og epoksy mastik og polyuretan ved fornying av dekkstrøk. Skader med mindre rengjort areal enn 50x50 mm påføres sinkrik epoksy primer som beskrevet for Vedlikeholdssystem 1 eller sinkrik primer som beskrevet for Vedlikeholdssystem 2. Deretter påføres samme malingsystem som på konstruksjonen forøvrig.

Vedlikehold av malingsystem:

Ved vedlikehold av korrosjonsbeskyttende belegg som ikke er bygd opp som duplekssystem benyttes vedlikeholdssystem 1 eller 2 avhengig av hvilket system konstruksjonen har. Det legges fullt system på forbehandlet bart stål og epoksy mastik og polyuretan ved fornying av dekkstrøk.

Ved full utskifting av eksisterende korrosjonsbeskyttelse, må det vurderes om det skal benyttes duplekssystem eller bare nytt malingsystem i form av vedlikeholdssystem 1 eller 2.

Vedlikehold av varmforsinking:

Ved mindre skader på varmforsinking benyttes vedlikeholdssystem nr 3. Ved større skader må korrosjonsbeskyttende system beskrives spesielt. Ved maling på varmforsinkede overflater er det spesielt viktig å sikre heft.

Generelle krav til korrosjonsbeskyttende system:

Med unntak av vedlikeholdssystem 3 skal hvert strøk ha forskjellig farge. Fargekode på siste strøk skal fremgå av beskrivelsen. De ulike malingsprodukter som inngår i vedlikeholdssystem 1 og 3 og ev. tilsetninger, tynnere, etc., som skal anvendes, skal være fra samme leverandør.

For vedlikeholdssystem 2 skal leverandør av sinkrik primer/maling gi aksept på at overliggende malingsprodukter og ev. tilsetninger, tynnere, etc., er forenlige. Med unntak av sinkrik primer/maling skal øvrige malingsprodukter og ev. tilsetninger, tynnere, etc., som anvendes, være fra samme leverandør.

Den utførende skal oppgi leverandør og malingsystem. Leverandøren skal levere tekniske datablad som inneholder følgende opplysninger:

- Krav til forbehandling
- Volum % fast stoff
- Våtfilmtykkelse/tørrfilmtykkelse (maks/min spesifisert)
- Overmalingsintervall ved 5, 10 og 23° C (maks, min)
- Anbefalt tynner (mengde og type)
- Teoretisk dekkevne
- Anbefalinger/krav vedrørende påføring

Alle malingsprodukter og løsemidler skal være lagret i den originale emballasjen og være merket med leverandørens retningslinjer. Produksjonsnummer og holdbarhetsdato skal vises på alle beholdere.

Dersom ikke annet er angitt, skal vedlikehold av korrosjonsbeskyttelse bestående av rene malingsystemer utføres med følgende systemer:

Vedlikeholdssystem 1: Sinkrik epoksy primer (minst 90 vekt % sink i den tørre filmen) pluss epoksy /polyuretan

Forbehandling (minimumskrav som skal tilfredsstilles):

Fjerning av løstsittende maling og korrosjonsprodukter

Avfetting med egnet vaskemiddel og spyling med rent ferskvann

Blåserensing: Renhet: Sa 2.5

Ruhet: Medium G, $R_{y5} = 50-85 \mu\text{m}$

Beleggsystem:

1. 40-75 μm sinkrik epoksy primer
2. Min 125 μm epoksy mastik
3. 60-100 μm polyuretan eller polyuretan-akryl

For første og siste strøk velges tykkelse i samsvar med produsentens anvisninger for den aktuelle malingstype (konferer produktdatablad)

Total beleggykkelse: Minimum 225 μm . Alle oppgitte tykkelser er tørrfilmtykkelser.

Det stilles følgende generelle krav til vedlikeholdssystem 1:

- Beleggsystem skal prekvalifiseres i henhold til ISO 20340 Procedure A. og være kvalifisert i henhold til NORSOK M-501 "System no. 1"
- Sinkrik epoksy primer skal minst ha 90 vekt % sink i tørr filmen.
- Det skal dokumenteres at sinkrik primer evner å gi katodisk beskyttelse av underlaget over tid.

Testmetoder for prekvalifisering (Vedlikeholdssystem 1):

Tabell 6-6	
Test	Akseptkriterier
ISO 20340	Akseptkriterier angitt i ISO 20340 gjelder. I tillegg gjelder: Adhesjon over 5 MPa før test og mindre enn 50 % reduksjon etter test (ISO 4624) Kritting: Rating 2 eller mindre (ISO 4628-6) Overmalbar med toppstrøk etter testing uten mekanisk bearbeiding av overflate. Adhesjon minst 5 MPa (ISO 4624)
Sinkrike primere Evne til katodisk beskyttelse av underlaget testes ved at stålplater blåserenses som angitt for vedlikeholdssystem 1 og påføres sinkrik primer i henhold til spesifikasjon for det gjeldende beleggssystem. Den malte overflaten eksponeres så for kunstig sjøvann (ASTM D1141) i 100 dager, hvor korrosjonspotensial måles daglig.	Korrosjonspotensialet skal i løpet av testen ikke overstige -800 mV målt mot mettet calomel elektrode (SCE).

I tillegg til prekvalifisering kreves dokumentert betydelig erfaring med beleggssystemet med hensyn til korrosjonsbeskyttende effekt, generell nedbrytning og overmalbarhet ved gjentatt vedlikehold.

Vedlikeholdssystem 2: Sinkrik primer (minst 95 vekt % sink i tørr filmen) pluss epoksy/polyuretan

Forbehandling (minimumskrav som skal tilfredsstilles):

Fjerning av løstsittende maling og korrosjonsprodukter

Avfetting med egnet vaskemiddel og spyling med rent ferskvann

Blåserensing: Renhet: Sa 2.5

Ruhet: Medium G, $R_{y5} = 50-85 \mu\text{m}$

Beleggssystem:

1. 50-60 μm sinkrik primer
2. 25-30 μm epoksy tie-coat sealer
3. Min 125 μm epoksy mastik
4. 60-100 μm polyuretan eller polyuretan-akryl

Total beleggtykkelse: Minimum 260 μm

Alle oppgitte tykkelser er tørrfilmtykkelser. For første og siste strøk velges tykkelse i samsvar med produsentens anvisninger for den aktuelle malingstype (konferer produktdatablad)

Det stilles følgende generelle krav til vedlikeholdssystem 2:

- Sinkrik primer skal minimum ha lik 95 vekt % sink i den tørre filmen.
- Epoksy tie-coat sealer (Skal tilfredsstillende krav som for nye bruer)
- Epoksy mastik og polyuretan eller polyuretan-akryl skal de generelle krav som er satt til vedlikeholdssystem 1.

Vedlikeholdssystem 3: Sinkrik primer (minst 95 vekt % sink i tørr filmen)

Forbehandling (minimumskrav som skal tilfredsstillende):

Fjerning av løstsittende maling og korrosjonsprodukter

Avfetting med egnet vaskemiddel og spyling med rent ferskvann

Blåserensing:

Renhet: Sa 2.5

Ruhet: Medium G, $R_{y5} = 50-85 \mu\text{m}$

Beleggsystem:

1. 50-60 μm sinkrik primer
2. 50-60 μm sinkrik primer
3. 50-60 μm sinkrik primer

Total beleggtykkelse: Minimum 150 μm

Tykkelse velges i samsvar med produsentens anvisninger for den aktuelle malingstype (konferer produktdatablad) Alle oppgitte tykkelser er tørrfilmtykkelser.

Det stilles følgende krav til vedlikeholdssystem 3:

- Sinkrik primer skal minimum ha sinkinnhold lik 95 % i den tørre filmen.

6.8.2 Utførelse

Stillaser/skjerming

Alle arbeider skal utføres på betryggende måte i samsvar med gjeldende Norsk Standard for de materialer som benyttes, samt etter regler fra Statens Arbeidstilsyn.

Om det planlegges å påføre konstruksjonen spesielle belastninger utover dem som konstruksjonen er beregnet for, skal det dokumenteres med beregninger som forelegges byggherren for godkjenning.

Stillaset skal bygges inn og det skal skjermes/tildekkes slik at søl, sprut og nedfall fra de arbeidsoperasjoner som utføres ikke kan forårsake skader og/eller tilsmussing av brukere, konstruksjonselementer, kabler, rør og omgivelser. Eventuell tilsmussing skal fjernes og skader utbedres til minst samme kvalitet som før tilsmussing.

Stillas skal henges opp i konstruksjonen slik at denne ikke påføres skader og ha slik utforming at avstand til konstruksjonen er optimal for det arbeidet som skal utføres.

Den utførende skal utarbeide tegninger som viser utforming og opphengning av stillas. Eventuelle sår og/eller helligdager etter forankring og opphengning skal repareres med produkter som gir en kvalitet etter endt reparasjon som minst tilsvarer eksisterende betong, overflatebehandling av betong og korrosjonsbeskyttende belegg av stål.

Kran eller kurvbil skal være sertifisert/godkjent for persontrafikk. Som skjermer tillates ikke stativ med lette presenninger og lignende. Skjerming skal bygge konstruksjonen helt inn slik at all blåsesand og alt annet avfall kan samles opp for deponering som spesialavfall på godkjent deponi.

Dersom konstruksjonen blir påført ekstra vindkrefter fra skjerming skal det utføres statiske beregninger for å kontrollere at konstruksjonen tåler økt vindlast. Disse fremlegges byggherren for kontroll.

Forbehandling

Alle overflater som skal behandles, avfettes med egnet vaskemiddel og spyles med rent ferskvann.

Ved fornying av dekkmaling fjernes nedbrutt maling med forsiktig høytrykkspyling eller lett blåserensning. Trykk, vannmengde og avstand mellom dyse og objekt skal optimaliseres for å gi best mulig resultat. Høytrykkspyling utføres på en slik måte at maling med dårlig heft fjernes og intakt maling blir sittende igjen. Høytrykkspyling må gjøres på en slik måte at minst mulig vann presses inn i hulrom og spalter.

Ved behov slipes intakt eksisterende maling eller varmforsinking med sandpapir eller sliperondel for å sikre heft for ny dekkmaling. Sliping skal være tilstrekkelig til at heftkrav tilfredsstilles og samtidig så skånsom at eksisterende belegg bevares best mulig.

På hengestenger og kabler skal spinnemiddel fjernes fullstendig fra overflaten.

Ved delvis utskifting av beleggsystem og full fornying av dekkstrøk kan nedbrutt maling fjernes med forsiktig høytrykkspyling eller lett sandblåsing dersom underliggende strøk lar seg frilegge uten å påføres skader ved behandlingen.

Alle typer forbehandling av gjenværende korrosjonsbeskyttende belegg som skal overmales, gjøres med forsiktighet for å unngå skader. Overganger mellom bart stål og inntakt korrosjonsbeskyttelse skal være gradvis og bygges opp etter lokal sliping. Hvis nødvendig benyttes maskering for å sikre at eksisterende korrosjonsbeskyttende belegg ikke skades i forbindelse med rengjøringen eller slipingen.

Alt blåseavfall skal samles opp og deponeres på godkjent mottak.

Fremgangsmåte for rengjøring må avklares ved prosedyreprøver. Dersom saltinnhold på ståloverflaten etter blåserensning er for høyt, må det vaskes på nytt og blåserensning foretas til beskrevet renhet (Sa 2,5 for malingsystem og Sa 3 for duplekssystem.)

For øvrig som for påføring på nye konstruksjonselementer i stål og den spesielle beskrivelsen i konkurransegrunnlaget.

Påføring

Sinkrik primer påføres kun på bart, blåserenset stål. Hvis nødvendig benyttes maskering for å forhindre overmaling av eksisterende belegg med sinkrik primer. Alle flater påføres deretter beskrevet system.

Det skal utføres stripecoating av kanter, hjørner, vinkler, nagle- og skruerhoder, etc., før sprøytemaling for hvert respektive strøk. Stripecoating skal ha like lang tørketid som leverandørens anvisning for sprøytemaling.

For trange spalter hvor det er vanskelig å komme til, skal det utarbeides spesielle arbeidsprosedyrer som sikrer så godt resultat som mulig.

For øvrig som for påføring på nye konstruksjonselementer i stål og den spesielle beskrivelsen.

6.8.3 Kontroll

Kontrollklasse 2 som angitt for nye konstruksjonselementer i stål skal benyttes dersom annet ikke er beskrevet.

Prosedyreprøvene gjøres fortrinnsvis på prøveplater med størrelse min 0,5 m² eller på brukonstruksjonen. Prosedyreprøve for å avklare behov for ekstra vasking og blåserensing for å fjerne salt, utføres på brukonstruksjonen. Dersom flere systemer og påføringsmetoder skal brukes, foretas minst en prøve med hvert system og påføringsmetode.

Alle arbeidsprosedyrer skal utføres på stedet, og det skal foretas minst en prøve for hvert system og påføringsmetode før malingsarbeidene starter, og så en pr måned i løpet av entreprisen. Videre utføres prosedyreprøver ved avvik og dersom klimaforhold eller lignende forandres vesentlig.

Typiske arbeider som krever prosedyreprøver:

- Rengjøring/blåserensing
- Full utskifting av korrosjonsbeskyttelse, sprøytemaling
- Full utskifting av korrosjonsbeskyttelse, påføring med kost eller malerhanske i trange spalter eller på flater som ikke kan sprøytes
- Overganger mellom full utskifting og vedlikehold av eksisterende korrosjonsbeskyttelse.

Beskrivelse av prosedyreprøver skal fremgå av den spesielle beskrivelsen i konkurransegrunnlaget.

Byggherren kan pålegge entreprenøren å gjennomføre ytterligere prosedyreprøver dersom forholdene tilsier det. Entreprenøren skal til enhver tid ha resultatene tilgjengelig for byggherren.

6.9 Erfaring med bruk og levetid

Det er kun erfaring med system nr 1: Metallisering pluss epoksy/polyuretan (duplekssystem) som omtales i det etterfølgende. Generelt gjelder at mangelfull geometrisk utforming, utførelse og kontroll er hovedårsak til dårlig kvalitet og kort levetid på korrosjonsbeskyttende systemer på norske bruere sammen med skader fra transport og montasje samt mangelfullt utført korrosjonsbeskyttelse av montasjeskjøter på brystet.

Dagens system med metallisering med sprøytet sink og bruk av malingsproduktene epoksy tie-coat sealer, epoksy mastik og polyuretan eller polyuretan-akryl har på det lengste vært i bruk i 15 år, og det er derfor ikke mulig å si noe om forventet levetid eller rettere sagt vedlikeholdsintervaller hvor toppstrøket fornyes. Forløperen til nåværende system nr 1 med metallisering, etsprimer og 4 strøk maling a' 50 µm alkyd/klorkautsjuk baserte malinger er det imidlertid lang erfaring med. Overmalingsintervall varierer noe avhengig av klima brua står i og ligger innenfor en tidshorisont på 25-40 år. Det er da snakk om mindre flikk av lokale skader og fornying av dekkstrøk og det er en forutsetning at opprinnelig kvalitet på utførelse var tilfredsstillende.

Svært avgjørende for levetiden er kvaliteten på malingsdelen i duplekssystemet. Som følge av manglende kvalitet ved utførelse eller manglende vedlikehold, vil det kunne utvikles hvitrust på den underliggende, sprøytete sinken og dersom dette blir omfattende må korrosjonsbeskyttelsen skiftes ut i sin helhet.

Referanser:

- Statens vegvesen: Rapport nr. 1994-08: Temahefte, overflatebehandling av eksisterende stålbruer. Del I, II og III. (1994)
- Statens vegvesen: Håndbok nr 026: Prosesskode 2 (2007)
- Statens vegvesen: Håndbok nr 122: Kabler for hengebruer og skråstagbruer (1999)
- Statens vegvesen: Håndbok nr 136: Inspeksjonshåndbok for bruer (2000)

7 Korrosionsskydd, svenska broar

7.1 Historik

Korrosionsskyddet för äldre broar är utförda enligt "Ytbehandlingsföreskrifter, EF 101" utgivna av Statens Vägverk. Enligt en utgåva från 1980 användes bland annat blymönjegrund och zinkrik grundfärg. Som täckfärg användes syntetisk lackfärg, epoxitjära, klorkautschukfärg och zinksilikat. I Bronorm 1988 infördes ett målningsystem för broar. Målningsystemet överensstämmer i stort sett med system S7.09-EP(Zn)/EP/PUR som anges i 7.3.1. År 1999 infördes ett antal rostskyddssystem enligt ISO 12944-5. De utvalda systemen framgår av 7.3.1. Utförandereglerna i Bro 2004 överensstämmer i stort sett med de som fanns i "Ytbehandlingsföreskrifter, EF 101". Eftersom system S7.09-EP(Zn)/EP/PUR nästan alltid används har vi använt i stort sett samma rostskyddssystem sedan 1988.

7.2 Generell strategi, korrosionsskydd

Nya broar ska utformas så att de kan ytbehandlas, inspekteras och underhållas. På broar med zinkrik grundfärg bör täcksiktet åtgärdas innan det katodiska skyddet skadats. Strategin för underhållet av korrosionsskyddet på äldre broar framgår av 7.8.1

7.3 Korrosionsskydd, nya broar

7.3.1. Rostskyddssystem (Bro 2004)

Verifiering av rostskyddssystem

Rostskyddssystem ska minst vara verifierade enligt Bro 2004, 10.822. Rostskyddssystemen får användas efter godtagandet resultat från Scab-provning enligt BSK, avsnitt 8:72, under förutsättning att det finns intyg från påbörjad fältexponering. Resultatet från Scab-provningen ska vara högst 4,5 år för C4-system och C5-M-system samt högst 2,5 år gammalt för C3-system.

Huvudkonstruktionen ska ytbehandlas med ett av följande rostskyddssystem:

- Rostskyddssystem för korrosivitetsklass C3 ska utföras enligt ISO 12944-5, tabell A.3, system S3.24-EP(Zn)/AY.
- Rostskyddssystem för korrosivitetsklass C4 ska utföras enligt ISO 12944-5, tabell A.4, system S4.22-EP(Zn)/EP/PUR.
- Rostskyddssystem för korrosivitetsklass C5-M ska utföras enligt ISO 12944-5, tabell A.7, system S7.09-EP(Zn)/EP/PUR.
- Rostskyddssystem för korrosivitetsklass C4 ska utföras enligt ISO 12944-5, tabell A.9, system S9.11-EP/PUR.
- Rostskyddssystem för korrosivitetsklass C5-M ska utföras enligt ISO 12944-5, tabell A.9, system S9.12-EP/PUR.

Med EP avses en järnglimmerpigmenterad tvåkomponents epoxi enligt SIS 18 52 01.

Rostskyddssystem för ytbehandling ska för varje delyta uppfylla kraven i BSK, tabell 8:72i.

För tvärförband godtas enbart varmförzinkning enligt tabell 55-1.

Om inget specifikt rostskyddssystem anges på ritningen ska stålkonstruktioner förses med metalliskt korrosionsskydd. Detta ska utföras genom varmförzinkning enligt SS-EN ISO 1461 och ska minst uppfylla kraven på zinksiktet för respektive korrosivitetsklass enligt tabell 55-1.

Kanter och notchar i huvudkonstruktion och skruvförband ska behandlas en gång extra med mellanfärg. Skiktjockleken ska för det extra skiktet uppgå till minst 40 µm.

7.3.2 Ytbehandling av räcken (Bro 2004)

74.44 Ytbehandling

74.441 Alla ståldetaljer som inte är av rostfritt stål ska förzinkas. Varmförzinkning ska utföras enligt 74.442, 74.443 och 74.444. Som ett alternativ till varmförzinkning kan sprutförzinkning enligt 74.445, 74.446 och 74.447 godtas. Se dock avsnitt 74.3.

I den tekniska beskrivningen anges om sprutförzinkning godtas som ett alternativ till varmförzinkning.

Stänkskyddsplåt ska ytbehandlas med Plastisol minst (200 µm) på sidan mot körbanan och Organisol minst (50 µm) på sidan från körbanan eller likvärdig plastbeläggning.

74.442 Ståldetaljerna ska varmförzinkas minst enligt SS-EN ISO 1461, tabell NA.1, Fe/Zn 115. Undantagen är brickor som ska varmförzinkas minst enligt SS-EN ISO 1461, tabell 2 samt skruvar och muttrar som ska uppfylla kraven i 54.6. Se dock avsnitt 74.3.

Eventuella skador där avståndet mellan zinkbelagda ytor är större än 3 mm ska lagas enligt 55.324.

74.443 Om så anges i den tekniska beskrivningen ska nedre delen av varmförzinkade räckesståndare, upp till minst 100 mm över betongytan, ytbehandlas enligt BSK, tabell 8:72e, system S9.11-EP/PUR.

74.444 Då varmförzinkade räcken ska målas av estetiska skäl ska följande målningssystem användas. För detta målningssystem godtas att kravet på provning enligt 55.34 inte uppfylls.

Rengöring enligt 55.322.

Svepblästring till klass "fin" enligt SS-EN ISO 8503-2 (G). Efter renblästringen ska zinksiktets tjocklek uppfylla krav enligt 74.442.

Målning med mellanfärg av färgtyp EP enligt BSK, tabell 8:72g. Skiktjockleken ska vara minst 75 µm.

Målning med täckfärg av färgtyp PUR enligt BSK, tabell 8:72g. Skiktjockleken ska vara minst 75 µm.

Krav på målning av räcken av estetiska skäl anges i den tekniska beskrivningen.

I den tekniska beskrivningen anges om andra målningssystem kan godtas för räcken målade av estetiska skäl.

- 74.445 Sprutförzinkning av ståldetaljer utförs enligt följande.
- Rengöring ska utföras med högtryckstvättning varvid trycket vid munstycket ska vara minst 20 MPa.
 - Ytorna ska blåstras till Sa 2 ½ enligt SS 05 59 00 och ha ytråhet grov enligt SS-EN ISO 8503-2.
 - Metallsprutning ska utföras enligt SS-EN 22 063 med Zn 85 Al 15 till en skiktjocklek som minst motsvarar SS-EN ISO 1461, tabell NA.1, Fe/Zn 115.

Undantagen är brickor som ska varmförzinkas minst enligt SS-EN ISO 1461, tabell 2 samt skruvar och muttrar som ska uppfylla kraven i 54.6.

Eventuella skador där avståndet mellan zinkbelagda ytor är större än 3 mm ska lagas enligt 55.324.

Rör och hålprofiler som ska sprutförzinkas ska tillslutas och täthetsprovas enligt 56.325.

- 74.446 Om så anges i den tekniska beskrivningen ska den nedre delen av sprutförzinkade räckesständer, upp till minst 100 mm över betongytan, ytbehandlas enligt följande.

Försegling med epoxisealer med tjocklek 15 - 25 µm som ska utföras inom 4 timmar efter sprutförzinkningen.

Målning med mellanfärg av färgtyp EP enligt BSK, tabell 8:72g. Skiktjockleken ska vara minst 75 µm.

Målning med täckfärg av färgtyp PUR enligt BSK, tabell 8:72g. Skiktjockleken ska vara minst 75 µm.

- 74.447 Sprutförzinkade räcken ska målas av estetiska skäl ska följande målningssystem användas. För detta målningssystem godtas att kravet på provning enligt 55.34 inte uppfylls.

Försegling med epoxisealer med tjocklek 15 - 25 µm som ska utföras inom 4 timmar efter sprutförzinkningen.

Målning med mellanfärg av färgtyp EP enligt BSK, tabell 8:72g. Skiktjockleken ska vara minst 75 µm.

Målning med täckfärg av färgtyp PUR enligt BSK, tabell 8:72g. Skiktjockleken ska vara minst 75 µm.

Krav på målning av räcken av estetiska skäl anges i den tekniska beskrivningen.

I den tekniska beskrivningen anges om andra målningssystem kan godtas för räcken målade av estetiska skäl.

7.3.3 Ytbehandling av lager, övergångskonstruktioner enligt Bro 2004

- 72.411 Motgjutna stålytor ska rengöras och lämnas omålade eller förses med ett temporärt rostskydd som lätt kan avlägsnas vid montering. En 30 mm bred kant in på motgjutna stålytor ska dock vara ytbehandlad.

- 72.412 Skruvar ska uppfylla kraven i 54.6 eller minst uppfylla kraven för rostfritt stål enligt SS 14 23 43. Om skruven ska gjutas in i betong ska den minst uppfylla kraven för rostfritt stål enligt SS 14 23 43. Om ingjutningshylsa används ska denna ytbehandlas 30 mm in på den motgjutna ytan.

- 72.413 Rostskyddssystem till lager ska uppfylla kraven enligt 72.414 eller enligt 72.415.
- 72.414 Rostskyddssystemet ska vara uppbyggt av grundfärg, försegling och täckfärg och ska vara verifierat enligt 55.34.
- Förbehandlingen ska utföras enligt 55.322.
- Grundfärgen ska utgöras av metallsprutning enligt SS-EN 22 063 med Zn 85 Al 15 och tjocklek minst 85 µm.
- Förseglingen ska utgöras av epoxisealer med tjocklek 15 - 25 µm.
- Täckfärgen ska utgöras av färgtyp PUR eller av färgtyp EP enligt BSK, tabell 8:72g och med tjocklek minst 100 µm.
- 72.415 Rostskyddssystemet ska uppfylla kraven enligt SS-EN 1337-9. Dessutom ska systemets totala torra tjocklek uppgå till minst 205 µm och systemet ska uppfylla kraven enligt 55.321 för korrosivitetsklass C4. Förbehandlingen ska utföras enligt 55.322. Systemet ska verifieras enligt 55.34.
- 73.551 De stålytor på övergångskonstruktion som inte motgjuts ska rengöras och ytbehandlas enligt 72.41.
- Motgjutna ytor ska rengöras och lämnas omålade. En 30 mm bred kant på randprofilens underyta ska alltid ytbehandlas enligt 72.41.
- Som motgjuten stålyta räknas underytan på randprofilerna, förankringsplåtarna och till dessa svetsade kramlor.
- Om stålytorna förses med temporärt rostskydd ska detta vara lätt att avlägsna vid monteringen.
- 73.552 Vid beläggning med direktgjuten slitbetong ska de ytor av randprofilerna som kommer i kontakt med slitbetongen vara ytbehandlade enligt 73.551.

7.3.4 Utformning (Bro 2004)

Notch och fri kant

Notchar i stålkonstruktioner som ska ytbehandlas med rostskyddssystem ska fasas i 45° till 1/3 av materialtjockleken. Notchar i stålkonstruktioner som rostskyddsbehandlas genom metallisering behöver inte fasas. Radien på notchen ska vara minst 50 mm.

Fria kanter, hål, svetsar och ytor på konstruktionsdelar inklusive notchar som ska ytbehandlas med rostskyddssystem eller rostskyddsbehandlas genom metallisering ska bearbetas så att de uppfyller kraven för förbehandlingsgrad P3 enligt SS-ISO 8501-3.

Avfuktning

Utrustningar för avfuktning ska utformas så att den relativa luftfuktigheten i lådsektionen aldrig överstiger 40 %. Utrustningen ska styras med automatisk reglerteknik. Givare till utrustningen ska placeras så att den relativa luftfuktigheten i hela lådsektionen mäts. Avfuktningssystemet ska förses med anordningar som larmar vid driftfel. Driftkostnaderna för elförbrukningen ska beaktas.

Stållådan ska vara tät, till exempel ska notchar sättas igen. Glödskal ska vara avlägsnade på insidan.

Lådsektionens utsida ska ytbehandlas enligt avsnitt 55.3. Lådsektionens insida ska förses med en ljus primer med en minsta tjocklek av 15 µm.

Omedelbart innan avfuktningssystemet tas i bruk ska insidan rengöras noggrant genom borstning och dammsugning.

Eventuellt krav på ytbehandling av lådsektionens insida anges i den tekniska beskrivningen.

Tät lådsektion

För att förhindra invändig korrosion har ställådor utförts täta. Särskilda krav på provning av tätheten har krävts. Metoden kommer att införas vid revideringen av våra regler under år 2008.

7.3.5 Utförande (Bro 2004)

Allmänt

Ytor som inte kan rostskyddsbehandlas efter montering ska ges fullständig rostskyddsbehandling före montering.

Anligningsytor i skruvförband ska förses med grundfärg och ett skikt mellanfärg vid korrosivitetsklasserna C4 och C5-M. Vid korrosivitetsklass C3 ska anligningsytorna i skruvförband förses med grundfärg och ett skikt täckfärg. Efter montage och slutlig uppspänning kompletteras ytbehandlingen enligt 55.32. Före kompletterande målning ska varmförzinkade fästelement avfettas. Varmförzinkningen får anses ersätta grundfärg EP(Zn).

Ytor som berörs av montagesvetsning får inte ytbehandlas i verkstad. Grundfärg och mellanfärg ska hållas fria så att överlappande målning kan utföras efter montage.

Målning med grund- och mellanfärg samt del av täckfärgsskiktet ska utföras i verkstad (målningstation). Se dock 55.311.

I den tekniska beskrivningen anges om alla skikt ska utföras i verkstad eller om resterande täckfärgsskikt ska appliceras efter det att brobaneplattan gjutits och formen avlägsnats.

Ytor som motgjuts av betong ska förbehandlas och förses med minst grund- och mellanfärg på en bredd av minst 50 mm utefter plåtens kanter. Om förlorad form används ska det ytbehandlade området ökas till minst 50 mm från den förlorade formens kant.

Om prefabricerade betongelement används ska anligningsytorna och minst 50 mm in från gjutöppningarnas kant förses med minst grund- och mellanfärg.

De delar av plåtar som ska förses med svetsbultar får inte rostskyddsmålas före svetsningen av svetsbultar.

Brobaneplattor av stål ska på undersidan rostskyddsmålas med produkter som är resistent mot temperaturer upp till 120 °C.

Krav på kulörbeständighet anges i den tekniska beskrivningen.

En ansvarig person för arbetsledning och tillsyn ska finnas utsedd. Denna ska liksom de som utför rostskyddsarbetet ha erforderlig kompetens.

Exempel på lämplig utbildning är "Diplomkurs för rostskyddsmålare" och "Inspektör av rostskyddsmålning".

Förbehandling

Före blästring ska salter, olja och andra föroreningar avlägsnas genom högtryckstvättning varvid trycket vid munstycket ska vara minst 20 MPa. Blästringen ska utföras med skarpkantade blästerkorn typ "grit". Blästrade ytor ska ha ytråhet medium enligt SS-EN ISO 8503-2.

Utförande av ytbehandling

Tryckluft och blästermedel ska uppfylla kraven i "Anvisningar för kontroll av rostskyddsmålning" (Korrosionsinstitutet), avsnitt 2.3 och 2.4.2. Separatorer och renare ska användas.

Efter blästring ska ytan dammsugas, borstas eller blåsas med ren komprimerad luft så att alla blästerprodukter och rester av blästermedel avlägsnas.

Fortsatt rostskyddsbehandling ska utföras innan återrostning har skett.

Färgtillverkarens instruktioner om spädning, temperatur, maximala färgtjocklekar och övermålningsintervall ska följas.

Samtliga färgskikt och extra kantmålning ska kunna skiljas åt.

Detta kan uppnås genom att färgskikten har avvikande kulörer.

Ytor med dammbeläggning eller stänk av betong, asfalt m.m. ska rengöras innan efterföljande skikt appliceras.

Ytor ska före målning vara fria från salter och andra föroreningar, t.ex. klorider och sulfater.

Vid applicering av grund-, mellan- och täckfärg ska stål- och lufttemperaturen vara minst +5 °C. Den relativa fuktigheten ska vid appliceringstillfället vara högst 85 %.

Grundfärgen ska appliceras genom sprutning.

Mindre bättringar kan utföras genom strykning om eventuella föroreningar från rulle och pensel avlägsnas från färgskiktet.

Mellan- och täckfärg ska appliceras genom strykning, rullning eller högtryckssprutning. Vid rullning ska färgen efterslätas.

Skador som är högst 5 cm² ska rengöras till Sa 2½ och beläggas minst 50 mm in på oskadad ytbehandling med aluminiumpigmenterad epoximastic med tjocklek 100 µm. Därefter påförs mellanfärg och täckfärg enligt det ordinarie rostskyddssystemet. Epoximasticken ska vara kompatibel med det ordinarie rostskyddssystemet.

Vid skador som är större än 5 cm² ska rostskyddssystemet återställas genom överlappsmålning, enligt 55.312, grundfärg/grundfärg och mellanfärg/mellanfärg minst 50 mm in på oskadad beläggning. Grundfärg får dock aldrig läggas på mellanfärg.

Rostskyddssystemen förutsätter att stålets temperatur vid förbehandling och målning är minst 3 °C högre än den omgivande luftens daggpunkt.

7.3.6 Kontroll

Grundkontroll

Grundkontroll enligt BSK, avsnitt 9:65, ska redovisas på blankett 1. Blanketten finns på Vägverkets hemsida.

Mätning av belägningens skiktjocklek ska utföras enligt SS-ISO 19840. Mätning av testytors skiktjocklek ska utföras enligt Annex B. Vid kontroll av tjocklek hos färgskikt samt metallbeläggningar ska skiktjockleken mätas över blästerprofilens toppar enligt annex A. Grundfärg EP(Zn) mäts med en cirka 100 µm tjock folie mellan sond och grundmålad yta. Mätresultatet redovisas exklusive folietjocklek.

Kontroll av skiktjocklek av varmförzinkade skikt ska i tillämpliga delar utföras enligt SS-ISO 19840.

Vid ytbehandling med grundfärg av färgtyp EP(Zn) ska grundkontrollen omfatta kontroll av att levererad färg uppfyller kraven på zinkinnehåll. Grundfärgen ska ha ett zinkinnehåll av minst 90 % beräknat på den torra färgen och uttryckt i viktsprocent.

Tilläggskontroll

Tilläggskontroll av stålkonstruktioner ska utöver vad som anges i BSK, avsnitt 9:71 utföras med minst följande omfattning

- Kontroll av livplåtars planhet, 50 %, samt kontroll av lagerplattors anliggning mot underflänsar, 100 %.
- Visuell kontroll av ytrenhet och ytråhet, minst ett prov per 100 m² stålyta.

Vidhäftningsprovning ska med ändring av vad som anges i BSK, avsnitt 9:71 utföras enligt SS-EN ISO 4624.

7.4 Varmförzinkning

Tabell 55-1 Zinkskikt för respektive korrosivitetsklass

Korrosivitetsklass	Zinkskikt enligt SS-EN ISO 1461
C3	tabell 2
C4	tabell NA.1, Fe/Zn 115
C5-M	tabell NA.1, Fe/Zn 115

Ovanstående ytbehandlingssystem tillämpas t.ex. för inspektionsbryggor.

Lagning av obelagda eller skadade ytor enligt SS-EN ISO 1461, 6.3 och bilaga C.5 ska utföras med metallsprutning enligt SS-EN 22 063 med Zn 85 Al 15 till en skiktjocklek som ska vara minst 30 µm större än den rekommenderade lokala skiktjockleken i SS-EN ISO 1461, tabell 2 respektive tabell NA.1.

7.5 Pulverlackering

Regler för pulverlackering av broar och räcken saknas.

7.6 Korrosionsskydd, linor och kablar (Bro 2004)

54.541 Trådar till kablar till hängbroar ska vara varmförzinkade med minst 300 g/m². Förzinkningen ska göras med en metod som utesluter risk för väteförspredning. Krav enligt 54.52 och 54.53 gäller efter förzinkning. Kabel och förankringar ska tätas så att vatten hindras att tränga in i kabeln.

Ytterligare rotskydd för kablar till hängbroar anges i den tekniska beskrivningen.

Kablar till snedkabelbroar ska minst förses med ett rotskydd enligt antingen 54.542, 54.543 eller 54.544 samt ett yttre rotskydd enligt 54.545.

54.542 Varje individuell lina förses med ett lager fett eller vax som även fyller hålrummen mellan trådarna samt ett skikt med tättslutande polyeten.

- 54.543 Varje hel kabel bestående av trådar förses med ett lager fett eller vax som även fyller hålrummen mellan trådarna samt ett skikt med tättslutande polyeten.
- Varje individuell lina varmförzinkas med 225 g/m² med toleransen –15 +25 g/m² samt förses med ett lager fett eller vax som även fyller hålrummen mellan trådarna samt ett lager tättslutande polyeten.
- Detta rostskydd tillsammans med ett yttre rör enligt 54.545 kan anses godtagbart utan injektering.
- 54.545 Kablarna ska skyddas med ett yttre rör av polyeten eller stål. Röret ska vara tillräckligt tjockt för att klara påkänningarna under monteringen och injekteringen eller fyllningen samt spänningarna av vindlast. Tjockleken ska vara minst $\phi/50$ eller 3 mm för stålrör och $\phi/16$ eller 5 mm för polyetenrör. Polyetenmaterialet ska vara av hög densitet, PE-HD. Röret ska injekteras med cement alternativt fyllas med fett eller vax.
- I den tekniska beskrivningen anges om injektering ska utföras.
- Kabel och förankringar ska tätas så att vatten hindras att tränga in i kabeln.

7.7 Ingjutningsgods

Ingjutningsgods ska vara varmförzinkat eller av rostfritt stål motsvarande SS-EN 10088 nummer 1.4436 eller bättre. Gångstänger för fastsättning av räcke på bro över elektrifierad järnväg ska dock vara av rostfritt stål nummer 1.4462.

7.8 Underhåll av korrosionsskydd

7.8.1 Rostskyddssystem (Brounderhåll 2006)

B.3.1 Allmänt

Ommålning av stålkonstruktioner ska utföras i korrosivitetssklass C3, C4 eller C5-M.

Ommålning av stålkonstruktioner ska utföras med system enligt B.3.2 t.o.m. B.3.9. Målningssystem enligt B.3.5 ska användas för svärmålade stålkonstruktioner, t.ex. fackverk med många överlappsskarvar där blästring enligt B.3.4 inte går att utföra samt vid övermålning av målningssystem som innehåller blymönja.

Vilket system som ska användas anges i den tekniska beskrivningen.

Ommålning samordnas lämpligen med inspektion av svets-, nit- och skruvförband.

I den tekniska beskrivningen anges om blästeravfall ska samlas upp och var det i så fall ska deponeras.

Genom partiell ommålning av konstruktionsdelar som är i särskilt behov av detta kan ommålning av stålkonstruktionen i sin helhet förskjutas några år. Sådan ommålning kan vara ekonomisk vid rostgrad Ri3.

För att undvika att målningssystem som innehåller blymönja åldras utförs vanligen ommålning med rostskyddssystem enligt B.3.5 senast vid rostgrad Ri3.

Rostskyddssystem enligt B.3.4 och B.3.5 är enklare system som är avsedda endast för broar med kort planerad återstående livslängd, dvs. för broar med rostgrad Ri 4 enligt SS-EN ISO 4628-3 och en planerad återstående livslängd av högst ca 10 år. I miljöer motsvarande korrosivitetsklass C3 och lägre kan rostskyddssystem enligt B.3.5 även användas för broar med en planerad återstående livslängd av högst ca 20 år.

Rostskyddssystem enligt B.3.6 t.o.m. B.3.9 är system för ommålning av räcken.

B.3.2 System för broar som inte är nitade

Broar som inte är nitade ska ommålas med rostskyddssystem enligt Bro 2004, 55.322.

B.3.3 System för nitade broar

Nitade broar ska ommålas med följande rostskyddssystem.

- Rengöring enligt Bro 2004, 55.322.
- Blästring enligt Bro 2004, 55.322. Dock ska den blästrade ytans råhet överensstämja med klassen "grov" enligt SS-EN ISO 8503-2.
- Grundfärg av epoximastic med tjocklek minst 100 µm.
- Mellanfärg av färgtyp EP enligt BSK, tabell 8:72g med tjocklek minst 100 µm.

Täckfärg för korrosivitetsklass C3, C4 eller C5-M ska utföras enligt Bro 2004, 55.322, dock ska täckfärgen appliceras med endast ett skikt med tjockleken minst 80 µm.

Kanter samt skruv- och nitförband ska förses med ett extra skikt mellanfärg enligt Bro 2004, 55.325.

B.3.4 System med krav på blästring

Ommålning med krav på blästring ska utföras enligt Bro 2004, 55.322 med följande ändringar.

- Den blästrade ytans råhet ska överensstämja med klassen "grov" enligt SS-EN ISO 8503-2.
- Grundfärgen ska utgöras av epoximastic med tjocklek minst 150 µm.
- Täckfärgen ska utgöras av färgtyp AY enligt BSK, tabell 8:72g med tjocklek minst 60 µm.

Vid blästringen ska all löst sittande färg avlägsnas liksom all rost. Fastsittande färg kring en renblästrad yta ska endast mattas ned genom blästring. Färgen vid kanterna ska minskas i tjocklek så att en jämn övergång uppstår. Blästerstrålen ska riktas på ett sådant sätt att den gamla färgen inte lyfts upp.

B.3.5 System utan krav på blästring

Ommålningen utan krav på blästring ska utföras enligt följande rostskyddssystem.

- Rengöring enligt Bro 2004, 55.322. Dock ska trycket vid munstycket vara minst 30 MPa.
- Löst sittande färg ska avlägsnas med en metod som anges i den tekniska beskrivningen.

- Rostiga ytor med rostgrad B, C och D ska bearbetas till utseende motsvarande B St 2, C St 2 respektive D St 2 enligt SS 05 59 00. Metallytor får inte bearbetas så att de blir blanka.
- Grundfärg av högvätande linoljeprodukt ska appliceras så att ytan mätts och får ett blankt utseende efter att lösningsmedlet avdunstat.
- Täckfärg av fet alkydfärg ska appliceras i två skikt och ha en tjocklek av minst 50 µm vardera.
- I den tekniska beskrivningen anges om ovan angivet rostskyddssystem ska utökas för t.ex. spalter, nitar, eller ytor i sämre skick. Aktuella åtgärder kan vara extra behandling av spalter och fläckvis behandling av rostiga ytor med grundfärg. Även fläckvis applicering av färg till en tjocklek av minst 40 µm på spalter, nitar och ytor i sämre skick kan vara ett alternativ.

I den tekniska beskrivningen kan även anges om det ställs särskilda estetiska krav på ytorna.

Av Vägverket godtagna produkter redovisas i bilaga 3.

För detta rostskyddssystem godtas att kravet på provning enligt Bro 2004, 55.34 inte uppfylls.

Ytbehandlingen ska beträffande sprickbildning och avflagningskrav minst uppfylla krav enligt BSK, tabell 8:72i.

Dessutom ska

- Grad 2 uppfyllas vid ritsprovning enligt SS-EN ISO 2409,
- Täthet 1 storlek 3 uppfyllas vid provning av blåsbildning enligt SS-EN ISO 4628-2 och
- Ri 2 uppfyllas vid provning av rostgrad enligt SS-EN ISO 4628-3.

B.3.6 System för varmförzinkade räcken

Vid ytbehandling av varmförzinkat räcke ska följande rostskyddssystem användas.

- Rengöring enligt Bro 2004, 55.322.
- Blästring enligt Bro 2004, 55.322. Alternativt blästras till ren fast sittande zink, och då ska den blåstrade ytans ytråhet överensstämja med klass "fin" enligt SS-EN ISO 8503-2.
- Grundfärg av färgtyp EP(Zn) enligt BSK, tabell 8:72g med tjocklek minst 40 µm.
- Mellanfärg av färgtyp EP enligt BSK, tabell 8:72g med tjocklek minst 100 µm.
- Täckfärg enligt Bro 2004, 55.322, korrosivitetsklass C4.

Hål och snittytor som utförs vid reparation av varmförzinkat räcke ska ytbehandlas enligt Bro 2004, 55.323.

B.3.7 System för räcken som inte är varmförzinkade

Ommålning av målat räcke som inte är varmförzinkat ska utföras enligt Bro 2004, 55.322.

B.3.8 System vid skador på räcketständer

Vid ommålning av skador i ytbehandlingen på nedre delen av räcketständer till varmförzinkade räcken ska målningsystem enligt B.3.6 användas.

Ommålningen ska minst omfatta 30 mm nedåt och 100 mm uppåt från betongytan. Bortbilning och ilagning av betong ska utföras enligt A.5.

B.3.9 System för estetiskt målade räcken

Ommålning av estetiskt målade räcken med skador i varmförzinkningen ska utföras med rostskyddssystem enligt B.3.6.

Vid ommålning av estetiskt målade räcken utan skador i varmförzinkningen ska målningsystem enligt Bro 2004, 74.444 användas.

7.8.2 Utförande

Samma regler som i 7.3.2.2 gäller.

7.8.3 Kontroll

Samma regler som i 7.3.3 gäller.

7.9 Erfarenhet vid användning och livslängd

Dagens rostskyddssystem med zinkrik grundfärg har använts i cirka 20 år. Med normal underhållsmålning av täcksiktet behövs förmodligen inte en total ommålning.

Referenser:

Vägverket: Vägverkets allmänna tekniska beskrivning för nybyggande och förbättring av broar, Bro 2004.

Vägverket: Vägverkets allmänna tekniska beskrivning för underhåll av broar, Brounderhåll 2006.

Boverket: BSK 99 Boverkets handbok om stålkonstruktioner.

Korrosions och Metallforskningsinstitutet: Anvisningar för kontroll av rostskyddsmålning, Bulletin 104.

NVF
Vejdirektoratet
Niels Juels Gade 13
Postboks 9018
DK-1022 København K
Danmark
Telefon +45 7244 33 33 telefax +45 33 32 98 30
E-post: nvf@vd.dk

NVF
c/o Vägförvaltningen
Postbox 33
FIN-00521 Helsingfors
Finland
Telefon +358 204 22 2575 telefax +358 204 22 2471
E-post: nvf@finra.fi

NVF
c/o Landsverk
Box 78
FO-110 Torshavn
Færøerne
Telefon +298 340 800 telefax +298 340 801
E-post: lv@lv.fo

NVF
c/o Vegagerdin
Borgartun 7
IS-105 Reykjavik
Island
Telefon +354 522 1000 telefax +354 522 1009
E-post: hreinn.haraldsson@vegagerdin.is

NVF
c/o Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
NO-0033 Oslo
Norge
Telefon +47 22 07 38 37 telefax +47 22 07 37 68
E-post: publvd@vegvesen.no

NVF
c/o Vägverket
SE-781 87 Borlänge
Sverige
Telefon +46 243 757 27 telefax +46 243 757 73
E-post: nvf@vv.se

NVF-rapporterna kan beställas via respektive lands sekretariat per telefon, fax, e-post eller post. Se kontaktuppgifterna på näst sista sidan.
En uppdaterad rapportförteckning finns på förbundets nordiska hemsida, <http://www.nvfnorden.org>.

