



Erfaringer med høysink primer på bruer i Finnmark

Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012-2015

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 513



Tittel

Erfaringer med høysink primer på bruer i Finnmark

Undertittel

Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012-2015

Forfatter

Ole Øystein Knudsen

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Tunnel og betong

Prosjektnummer

603242

Rapportnummer

Nr. 513

Prosjektleder

Synnøve A. Myren/ Bård Pedersen

Godkjent av

Bård Pedersen

Emneord

Varige konstruksjoner, korrosjon, vedlikehold, høysink primer, alkyd/KK

Sammendrag

Denne rapporten inngår i en serie rapporter fra Statens vegvesens etatsprogram Varige konstruksjoner, 2012-2015.

Vegdirektoratets Håndbok R762 "Standard beskrivelse for bruer og kaier" beskriver tre vedlikeholdssystemer, der Vedlikeholdssystem 3 består av tre strøk 50-60 μm sinkrik primer med minimum 95 vekt% sink (kalt høysink primer i denne rapporten), total beleggtykkelse minimum 150 μm . Et lignende beleggsystem ble påført på ni bruer i Finnmark i løpet av 1990-tallet, bestående av to strøk 60 μm høysink primer, total beleggtykkelse minimum 120 μm . Fire av disse bruene ble inspisert i oktober 2015. Fire andre bruer ble inspisert av Statens Vegvesen mel-lom 2013 og 2015. Beleggets tilstand på disse åtte bruene rapporteres og diskuteres her. I tillegg har to bruer blitt behandlet med høysink primer, som deretter har blitt overmalt med to strøk alkyd/KK. Disse to bruene ble også inspisert i oktober 2015, og tilstanden rapporteres og diskuteres her.

Antall sider 24

Dato Mars 2016

Title

Coatings with high zinc loading - Experiences from bridges in Finnmark

Subtitle

R&D Programme Durable structures 2012-2015

Author

Ole Øystein Knudsen

Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

Section

Tunnel and concrete

Project number

603242

Report number

No. 513

Project manager

Synnøve A. Myren/ Bård Pedersen

Approved by

Bård Pedersen

Key words

Durable structures, corrosion, maintenance, high zinc loading, alkyd/CR

Summary

This report belongs to a series of reports from the R&D-programme Durable structures 2012- 2015, carried out by the Norwegian Public Roads Administration (NPRA).

Handbook R762 "Standard description for bridges and quays" describes three coating systems for maintenance, where Maintenance System 3 consists of 3 coats zinc rich paint with minimum 95 wt.% zinc; each coat 50-60 μm , total minimum film thickness 150 μm . A similar system was applied on nine bridges in Finnmark during the 1990s, consisting of two coats (2 x 60 μm , total 120 μm) zinc rich paint with >95 wt.% zinc. Four of these bridges were inspected in October 2015. The four other bridges were inspected by NPRA between 2013 and 2015. The condition of the coating on these eight bridges is reported and discussed here. In addition, two bridges were protected with two coats of the same zinc rich paint and two coats of alkyd/CR. These two bridges were also inspected in October 2015, and the condition is reported and discussed here.

Pages 24

Date March 2016

Forord

Denne rapporten inngår i en serie rapporter fra **etatsprogrammet Varige konstruksjoner**. Programmet hører til under Trafikksikkerhet-, miljø- og teknologiavdelingen i Statens vegvesen, Vegdirektoratet, og foregår i perioden 2012-2015. Hensikten med programmet er å legge til rette for at riktige materialer og produkter brukes på riktig måte i Statens vegvesen sine konstruksjoner, med hovedvekt på bruer og tunneler.

Formålet med programmet er å bidra til mer forutsigbarhet i drift- og vedlikeholdsfasen for konstruksjonene. Dette vil igjen føre til lavere kostnader. Programmet vil også bidra til å øke bevisstheten og kunnskapen om materialer og løsninger, både i Statens vegvesen og i bransjen for øvrig.

For å realisere dette formålet skal programmet bidra til at aktuelle håndbøker i Statens vegvesen oppdateres med tanke på riktig bruk av materialer, sørge for økt kunnskap om miljøpåkjenninger og nedbrytningsmekanismer for bruer og tunneler, og gi konkrete forslag til valg av materialer og løsninger for bruer og tunneler.

Varige konstruksjoner består, i tillegg til et overordnet implementeringsprosjekt, av fire prosjekter:

- Prosjekt 1: Tilstandsutvikling bruer
- Prosjekt 2: Tilstandsutvikling tunneler
- Prosjekt 3: Fremtidens bruer
- Prosjekt 4: Fremtidens tunneler

Varige konstruksjoner ledes av Synnøve A. Myren. Mer informasjon om prosjektet finnes på vegvesen.no/varigekonstruksjoner

Denne rapporten tilhører **Prosjekt 1: Tilstandsutvikling bruer** som ledes av Bård Pedersen. Prosjektet vil generere informasjon om tilstanden for bruer av betong, stål og tre, og gi økt forståelse for de bakenforliggende nedbrytningsmekanismene. Dette vil gi grunnlag for bedre levetidsvurderinger og reparasjonsmetoder. Innenfor områdene hvor det er nødvendig vil det etableres forbedrede rutiner og verktøy for tilstandskontroll- og analyse. Prosjektet vil også frembringe kunnskap om konstruktive konsekvenser av skader, samt konstruktive effekter av forsterkningstiltak. Prosjektet vil gi viktig input i forhold til design av material- og konstruksjonsløsninger for nyere bruer, og vil således ha leveranser av stor betydning til Prosjekt 3: Fremtidige bruer.

Rapporten er utarbeidet av *Ole Øystein Knudsen, SINTEF Materialer og kjemi* på oppdrag fra Varige konstruksjoner.

Rapport

Erfaringer med høysink primer

Bruer i Finnmark

Forfatter(e)

Ole Øystein Knudsen



Rapport

Erfaringer med høysink primer

Bruer i Finnmark

EMNEORD:

zinc; Duplex Coatings;
belegg; Korrosjon;
Materialteknologi

RAPPORTNR

SINTEF A27367

VERSJON

1.0

DATO

2015-12-04

FORFATTER(E)

Ole Øystein Knudsen

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens Vegvesen

OPPDRAGSGIVERS REF.

Bård Pedersen

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

24 inkludert vedlegg

GRADERING

Unrestricted

GRADERING DENNE SIDE

Unrestricted

ISBN

978-82-05851-2

SAMMENDRAG

Vegdirektoratets Håndbok R762 "Standard beskrivelse for bruere og kaier" beskriver tre vedlikeholdssystemer, der Vedlikeholdssystem 3 består av tre strøk 50-60 µm sinkrik primer med minimum 95 vekt% sink (kalt høysink primer i denne rapporten), total beleggtykkelse minimum 150 µm. Et lignende beleggssystem ble påført på ni bruere i Finnmark i løpet av 1990-tallet, bestående av to strøk 60 µm høysink primer, total beleggtykkelse minimum 120 µm.

Fire av disse bruene ble inspisert i oktober 2015. Fire andre bruere ble inspisert av Statens Vegvesen mellom 2013 og 2015. Informasjon om beleggets tilstand på disse bruene er hentet fra Brutus. Den siste brua ble fjernet i 2000.

Beleggets tilstand på disse åtte bruene rapporteres og diskuteres her.

I tillegg har to bruere blitt behandlet med høysink primer, som deretter har blitt overmalt med to strøk alkyl/KK. Disse to bruene ble også inspisert i oktober 2015, og tilstanden rapporteres og diskuteres her.

UTARBEIDET AV

Ole Øystein Knudsen

KONTROLLERT AV

Astrid Bjørgum

GODKJENT AV

Daniel Blucher

Dokumentet har gjennomgått SINTEFs godkjenningprosedyre og er sikret digitalt

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
01	2015-12-04	Første versjon

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Målsetning	5
2	Bruer beskyttet med Vedlikeholdssystem 3	6
2.1	Vesterelv 1	6
2.2	Flauan.....	8
2.3	Finnevik.....	9
2.4	Sandfjordelv 1	10
2.5	Neiden.....	11
2.6	Adamsfossen.....	12
2.7	Eva fossen	13
2.8	Ifjord bru	14
3	Bruer med overmalt høysink primer	15
3.1	Næringselv	16
3.2	Østerelv.....	17
4	Oppsummering av erfaringer med Vedlikeholdssystem 3	18
5	Sammenligning av Vedlikeholdssystem 3 med varmforsinking	19
6	Sammenligning av Vedlikeholdssystem 3 med System 1 dupleks belegg	21
7	Sammenligning av Vedlikeholdssystem 3 med Vedlikeholdssystem 1 og 2	21
8	Fremtidig bruk av Vedlikeholdssystem 3 på Norske veibruer	22
A	Vedlegg: Kart over bruene som er inkludert i rapporten	23

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Vegdirektoratets Håndbok R762 "Standard beskrivelse for bruer og kaier" beskriver tre vedlikeholdssystemer, der Vedlikeholdssystem 3 er som følger:

Sinkrik primer (minst 95 vektprosent sink i den tørre filmen)

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

Total belegtykkelse: Minimum 150 μm

I denne rapporten vil sinkrik primer med minst 95 vektprosent sink bli betegnet "høysink primer". I følge ISO 12944 er definisjonen på en sinkrik primer at den skal inneholde mer enn 80 vektprosent sink.

Et lignende beleggsystem ble påført på et antall bruer i Finnmark i løpet av 1990-tallet, spesifisert som følger:

Blåserensing til renhet: Sa 2.5.

Beleggsystem:

1. 60 μm høysink primer
2. 60 μm høysink primer

Total belegtykkelse: Minimum 120 μm

Selv om det kun har to strøk vil det bli betegnet "Vedlikeholdssystem 3" i denne rapporten.

Følgende bruer i Finnmark har blitt påført høysink primer:

Bru	Brunummer	Byggeår	År for påføring	Miljø
Vesterelv 1	20-0660	1958	1992	Værharde kyststrøk
Flauan	20-0932	1969	1992	Værharde kyststrøk
Finnevik	20-0930	1969	1992	Værharde kyststrøk
Sandfjordelv 1	20-0833	1964	1992	Værharde kyststrøk
Munkelv (tatt av flom i 2000)	20-0331	1949	1992	Innland
Neiden, gang- og sykkelbane	20-0235	1991	1991	Innland
Adamsfossen	20-0757	1961	1999	Indre kyststrøk
Evafossen	20-0769	1961	1999	Indre kyststrøk
Ifjord bru	20-0778	1961	1999	Indre kyststrøk

De fire første bruene ble inspisert i oktober 2015. For de fire siste bruene er beleggets tilstand vurdert ut fra bilder tatt ved Hovedinspeksjoner utført i 2013 og 2014.

I tillegg ble to bruer med overmalt høysink primer inspisert, det vil si et beleggsystem som til en viss grad representerer Vedlikeholdssystem 2. Bruene er listet opp i tabellen under. De ble påført et beleggsystem som trolig besto av følgende strøk:

1. 60 μm høysink primer
2. 60 μm høysink primer
3. 50 μm Vegvesenets spesifisering 115
4. 50 μm Vegvesenets spesifisering 118

Vedlikeholdssystem 2 er spesifisert som følger:

1. 50-60 μm sinkrik primer (95 vekt% Zn)
2. 25-30 μm epoksy tie-coat sealer
3. Min. 125 μm epoksymastik
4. 60-100 μm polyuretan eller polyuretan-akryl

Bru	Brunummer	Byggeår	År for påføring	Miljø
Næringselv	20-0521	1953	1992	Værharde kyststrøk
Østerelv	20-0506	1952	1992	Værharde kyststrøk

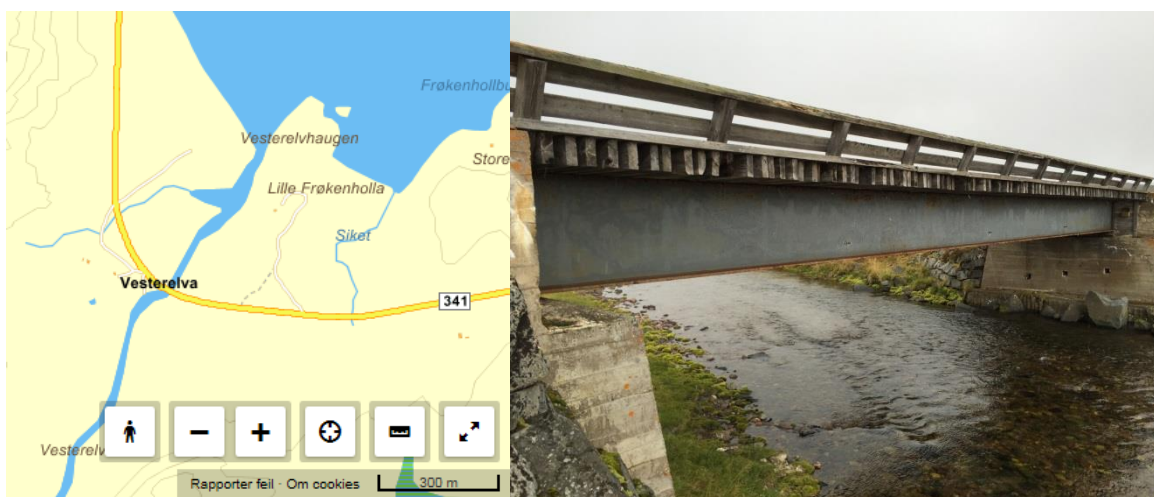
1.2 Målsetning

Målsetningen med rapporten er å samle erfaringer med Vedlikeholdssystem 3 fra bruer i ulike miljø der belegget har vært eksponert omkring 20 år for å estimere hva vi kan forvente av levetid. Vedlikeholdssystem 3 er sammenlignet med System 1 (dupleksbelegg), overmalt høysinkprimer og varmforsinking.

2 Bruer beskyttet med Vedlikeholdssystem 3

2.1 Vesterelv 1

Bru nr. 20-0660, lengde 19 m, vedlikeholdt med $2 \times 60 \mu\text{m}$ høysink primer i 1992. Brua ligger omkring 400 m fra havet. Eksponeringsmiljø: Værhardt kyststrøk. Figur 1 viser plassering og et oversiktsbilde.



Figur 1. Plassering av Vesterelv 1 bru og oversiktsbilde



Figur 2. Korrosjon på bærebjelkene. Bildet til venstre viser siden som er vendt mot sjøen, mens bildet til høyre viser siden som er vendt bort fra sjøen.



Figur 3. Effekt av filmtykkelse og kant. I det korroderte området i bildet til venstre var filmtykkelsen ca. 90 μm , mens i område uten korrosjon var filmtykkelsen 140 μm (kalibrert på glatt stål). Bildet til høyre viser mindre nedbrytning langs en kant, som indikerer at stripecoating har blitt utført.

Belegget er fullstendig nedbrutt på undersiden av bærebjolkene, som Figur 2 viser. På den siden av bjelkene som vender mot sjøen er mer enn 50% av belegget nedbrutt. Den siden av bjelkene som vender bort fra sjøen har mindre nedbrytning. Også her er det korrosjonsangrep, men langt mindre omfang. Sinkoksid som følge av korrosjon av sinken i belegget dekker det meste av overflata, men brunrust finnes bare i små flekker. Et unntak er to områder der belegget er fullstendig dekket av brunrust, som vist i Figur 3. I området med brunrust er belegget omkring 90 μm tykt, mens ved siden av er det omkring 140 μm . Den tydelige overgangen tyder på at det kun ble påført ett strøk her. Langs alle kanter som peker mot sjøen er belegget også hovedsakelig nedbrutt, og enten falt av eller gjennomtrukket av rust.

Ulik opptørking på grunn av ulik eksponering for sollys kan påvirke korrosiviteten på ulike sider av en konstruksjon. Det var imidlertid ingen sammenheng mellom eksponering for sol og korrosjon på sidene av bjelkene (eller noen av de andre bruene som ble inspisert). Dette kan imidlertid spille en rolle på undersiden av bjelkene. Belegget er mest nedbrutt på undersiden av bjelkene og dette kan skyldes at fuktighet tørker langsommere her, og at regnvann sjelden/aldri kommer til og vasker bort sjøsalt. Det er også som forventet at belegget er mest nedbrutt på den siden som vender mot sjøen, siden vær og vind vil deponere mer salt på denne siden. At belegget er nedbrutt langs kantene er heller ikke overraskende. Alle belegg som påføres som en våt film vil trekke seg tilbake over kanter på grunn av væskens overflatespenning, hvilket medfører lav filmtykkelse og tidlig nedbrytning her. Bildet til høyre i Figur 3 viser at belegget faktisk er noe mindre nedbrutt langs kanten enn midt under bjelken. Dette tyder på at stripecoating er utført. Kantene ser imidlertid ut til å være relativt skarpe, det vil si ikke avrundet. Kontrakten mellom Statens Vegvesen og utfører sa ikke noe om at sliping av kanter skulle utføres.

2.2 Flauan

Bru nr. 20-0932, lengde 6 m, vedlikeholdt med 2x60 μm høysink primer i 1992. Brua ligger omkring 200 m fra havet. Eksponeringsmiljø: Værhardt kyststrøk. Figur 4 viser plassering og oversiktsbilde.



Figur 4. Plassering av Flauan bru og oversiktsbilde



Figur 5. Nedbrytning av belegg på bærebjolkene på siden som vender mot havet (venstre) og siden som vender fra havet (høyre).

Beleggets tilstand på denne brua er omtrent identisk med tilstanden på Vesterelv 1, se Figur 5. Dette er som forventet siden begge ble malt i 1992 og har omtrent samme eksponeringsmiljø.

Tykkelsen på belegget ble målt til mer enn 120 μm i alle punkter som ble undersøkt.

2.3 Finnevik

Bru nr. 20-0930, lengde 7 m, vedlikeholdt med 2x60 μm høysink primer i 1992. Brua ligger omkring 150 m fra havet. Eksponeringsmiljø: Værhardt kyststrøk. Figur 6 viser plassering av brua og et oversiktsbilde.



Figur 6. Plassering av Finnevik bru og oversiktsbilde

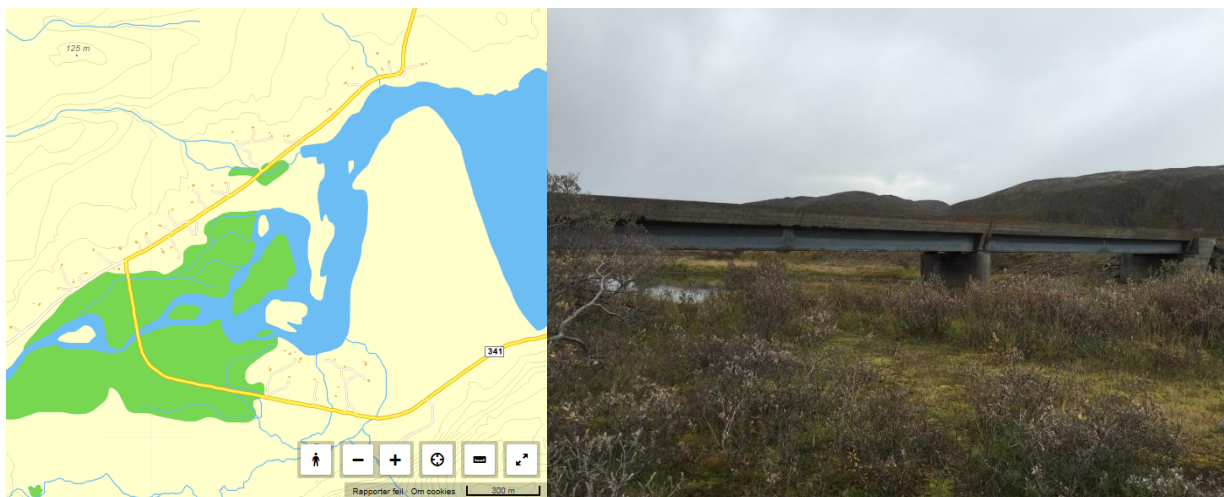


Figur 7. Nedbrytning av belegget på bjelkene. Til venstre vises den bjelken som står nærmest sjøen, den siden som er vendt mot sjøen. Til høyre vises midterste bjelke vendt fra sjøen.

Tilstanden til belegget på Finnevik bru er identisk med tilstanden på Flauan og Vestereelv 1. Nedbrytningen som er vist i Figur 7 er svært lik det som vises i Figur 2 og Figur 5. Tykkelsen på belegget var over 150 μm i de punktene som ble målt.

2.4 Sandfjordelv 1

Bru nr. 20-0833, lengde 39 m, vedlikeholdt med 2x60 µm høysink primer i 1992. Brua ligger litt over 1 km fra havet. Eksponeringsmiljø: Værhardt kyststrøk. Figur 8 viser plassering av brua og et oversiktsbilde.



Figur 8. Plassering av Sandfjordelv 1 bru og oversiktsbilde

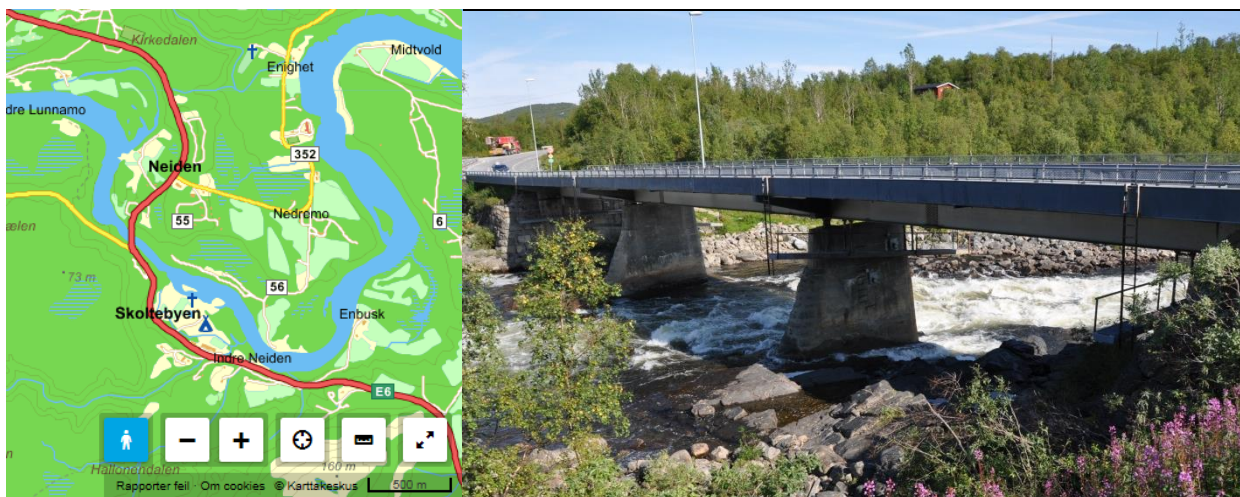


Figur 9. Nedbrytning av belegget på bjelkene. Til venstre vises den bjelken som står nærmest sjøen, den siden som vender mot sjøen. Til høyre vises den andre siden av brua, med bjelke som vender bort fra sjøen.

Av de fire bruene med høysink primer som ligger langs Fylkesvei 341 er dette den brua der belegget er i best tilstand. Det er rimelig å anta at dette skyldes at brua ligger mer enn 1 km fra havet og følgelig er noe mindre eksponert for sjøsalt. I motsetning til de andre bruene var det liten forskjell mellom de to sidene på bjelkene. Undersiden og kantene på bjelkene var imidlertid en god del angrepet. Beleggtykkelsen ble målt til over 150 µm. Som på Vesterelv 1 var det et område med tykkelse på omkring 90 µm der belegget var fullstendig gjennomtrukket av brunrust. Denne brua hadde brubane av betong, og opp mot betongen var belegget mer nedbrutt, hvilket kan skyldes korrosjon på sinken eller nedbrytning av bindemidler som følge av alkaliske betingelser grunnet avrenning fra betongen.

2.5 Neiden

Bru nr. 20-0235, lengde 62 m, ny gang og sykkelbane med 2x60 µm høysink primer i 1991. Brua krysser Neidenelva, noen km fra Munkefjorden. Eksponeringsmiljø: Innland. Figur 10 viser plassering av brua og et oversiktsbilde.



Figur 10. Plassering av Neiden bru og oversiktsbilde



Figur 11. Nedbrytning av belegget på gang og sykkelbane på Neiden bru.

Brua ble inspisert i september 2015 av Statens Vegvesen. Tilstandsvurderinga er gjort på bakgrunn av de bildene som ble tatt av belegget da. Det er kun gang- og sykkelbanene på begge sider av brua som er belagt med høysink primer.

På store deler av brua er belegget i god tilstand. I noen områder er det imidlertid gjennomslag av rust. Det er den eneste brua som er eksponert i innlandsmiljø, hvilket forklarer at belegget står bedre. Trolig ble belegget påført i verksted før montering på stedet, hvilket trolig også bidrar til å øke kvaliteten på belegget. Ingen tykkelsesmålinger er tilgjengelige.

På vertikale flater er belegget i god tilstand, mens på horisontale flater er det mer nedbrytning. Dette gjelder både opp- og nedover vendte flater, se Figur 11.

2.6 Adamsfossen

Bru nr. 20-0757, lengde 32 m, vedlikeholdt med 2x60 µm høysink primer i 1999. Brua krysser en elv ca. 100 m fra Laksefjorden. Eksponeringsmiljø: Indre kyststrøk. Figur 12 viser plassering av brua og et oversiktsbilde.



Figur 12. Plassering av Adamsfossen bru og oversiktsbilde



Figur 13. Beleggtilstand på Adamsfossen bru i 2013

Brua ble inspisert i juli 2013 av Statens Vegvesen. Belegget hadde da 14 års eksponering. Tilstandsvurdering er gjort fra de bildene som ble tatt under inspeksjonen i 2013.

Figur 13 viser at belegget hovedsakelig er i god tilstand på denne brua. En del nedbrytning finnes på undersiden av bjelkene, der korrosjon på sink og stål sprer seg fra kantene. Brua står i indre kyststrøk og er følgelig eksponert i mindre korrosivt miljø enn bruene langs Fylkesvei 341. Belegget er fra 1999, hvilket vil si at det var 14 år gammelt da bildene ble tatt, og 10 år yngre enn belegget på bruene langs Fylkesvei 341 som ble inspisert nå i 2015. Dette er også en vesentlig faktor.

2.7 Evafossen

Bru nr. 20-0769, lengde 15 m, vedlikeholdt med 2x60 μm høysink primer i 1999. Eksponeringsmiljø: Indre kyststrøk. Brua krysser en elv ca. 100 m fra Laksefjorden, like ved Adamsfossen bru. Figur 14 viser plassering av brua og et oversiktsbilde.



Figur 14. Plassering av Evafossen bru og oversiktsbilde



Figur 15. Beleggtilstand på Evafoss bru i 2013

Evafoss bru ble inspisert samtidig som Adamsfossen bru i 2013. Tilstanden til belegget på Evafoss er identisk med Adamsfoss. Dette er som forventet siden bruene ligger like ved hverandre og belegget ble påført omtrent samtidig i 1999.

2.8 Ifjord bru

Bru nr. 20-0778, lengde 13 m, vedlikeholdt med 2x60 µm høysink primer i 1999. Brua ligger ca. 600 m fra Laksefjorden. Eksponeringsmiljø: Indre kyststrøk. Figur 16 viser plassering av brua og et oversiktsbilde.



Figur 16. Plassering av Ifjord bru og oversiktsbilde



Figur 17. Beleggtilstand på Ifjord bru i 2013

Belegget på Ifjord bru er i samme tilstand som på Adamsfoss- og Evafooss bru. Brua har samme eksponeringsmiljø som Adamsfoss og Evafooss, og belegget ble påført omtrent samtidig med de to andre bruene i 1999.

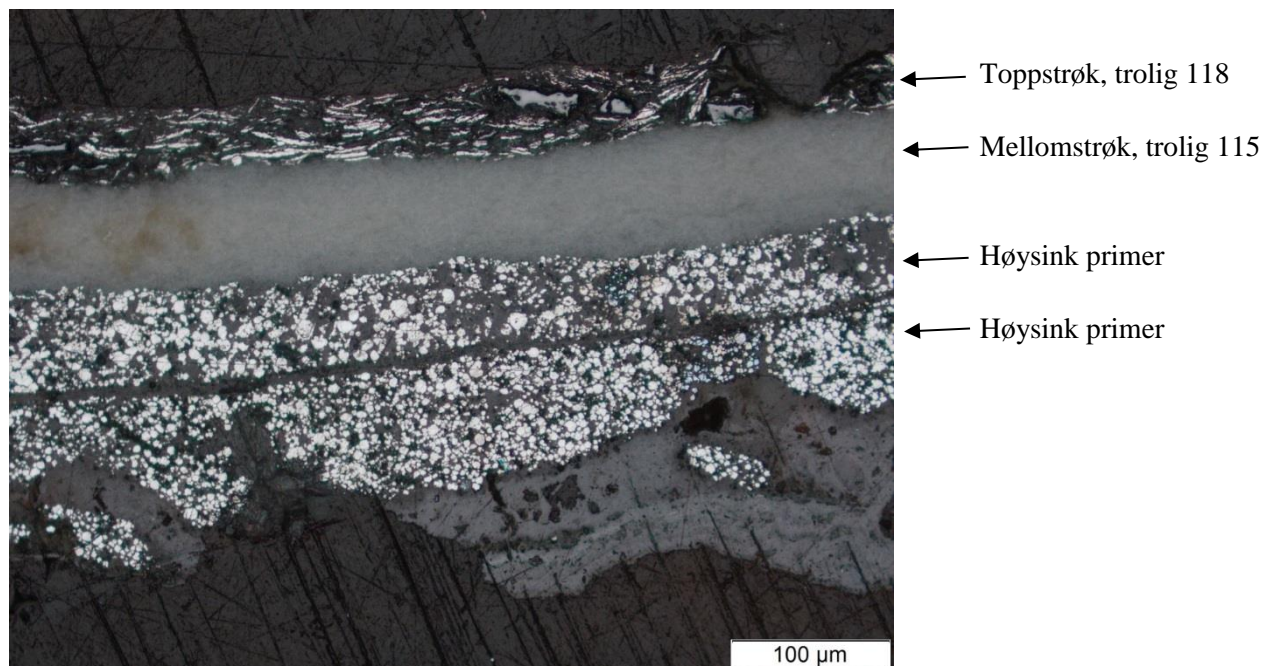
3 Bruer med overmalt høysink primer

Spesifikasjonen til belegget som ble påført på Næringselv og Østerelv har ikke vært tilgjengelig, slik at vi ikke vet med sikkerhet hva som ble spesifisert og påført. Ved påføring av høysink primer med overmaling har det historisk sett blitt benyttet to alternative spesifikasjoner, som er gjengitt under. I Alternativ 2 har det vist seg at primeren trolig bare inneholdt omkring 91 % sink. Figur 18 viser et tverrsnitt av et flak maling tatt fra en av bjelkene på Østerelv. Tverrsnittet viser at det er Alternativ 1 som er benyttet. Bjørnar Larsen fra Statens Vegvesen var involvert i vedlikeholdet av disse to bruene og hevder at det var Alternativ 1 som ble benyttet, enten med ett eller to strøk høysink primer.

I prosesskoden fra 2014 er det beskrevet to vedlikeholdssystemer med overmalt sinkrik primer, som også er gjengitt i tabellen. Erfaringene fra Østerelv og Næringselv bru kan til en viss grad si noe om hva vi kan forvente av disse vedlikeholdssystemene.

Tabell 1. Ulike spesifikasjoner for beleggsystemer med overmalt sinkrik primer.

<p>Alternativ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 60 µm høysink primer 2. 60 µm høysink primer 3. 50 µm Vegvesenets spesifikasjon 115 4. 50 µm Vegvesenets spesifikasjon 118 	<p>Alternativ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 25 µm høysink primer 2. 50 µm Vegvesenets spesifikasjon 115 3. 50 µm Vegvesenets spesifikasjon 116 4. 50 µm Vegvesenets spesifikasjon 117 5. 50 µm Vegvesenets spesifikasjon 118
<p>Vedlikeholdssystem 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 40-75 µm sinkrik epoksy primer (90 vekt% Zn) 2. Min. 125 µm epoksymastik 3. 60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl 	<p>Vedlikeholdssystem 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 50-60 µm sinkrik primer (95 vekt% Zn) 2. 25-30 µm epoksy tie-coat sealer 3. Min. 125 µm epoksymastik 4. 60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl



Figur 18. Tverrsnitt av belegget på Østerelv bru.

3.1 Næringselv

Bru nr. 20-0521, lengde 14 m, ble vedlikeholdt i 1992 med to strøk høysink primer, samt Vegvesenets spesifikasjon 115 og 118. Brua ligger omkring 300 m fra havet. Eksponeringsmiljø: Værhardt kyststrøk. Figur 19 viser plassering av brua og et oversiktsbilde.



Figur 19. Plassering av Næringselv bru og oversiktsbilde



Figur 20. Beleggtilstand på Næringselv bru i 2015

Tykkelsesmålinger viste tykkelser på 150 - 250 μm . Belegget på de tverrgående bjelkene er svært nedbrutt som Figur 20 viser. På de langsgående bjelkene er belegget i bedre tilstand, spesielt på de vertikale flatene. De horisontale flatene og kantene har vesentlig mer nedbrytning.

3.2 Østerelv

Bru nr. 20-0506, lengde 40 m, ble vedlikeholdt i 1992 med to strøk høysink primer, samt Vegvesenets spesifikasjon 115 og 118. Brua ligger noen få meter fra havet. Eksponeringsmiljø: Værhardt kyststrøk. Figur 21 viser plassering av brua og et oversiktsbilde.



Figur 21. Plassering av Østerelv bru og oversiktsbilde



Figur 22. Beleggtilstand på Østerelv bru i 2015

Brua har samme belegg som på Næringselv. Det er fullstendig nedbrutt på tverrgående bjelker og avstivende fag, se Figur 22. Langsgående bjelker har noe mindre nedbrytning på landsiden, mens på siden som vender mot sjøen er belegget fullstendig nedbrutt, se Figur 21 og Figur 22.

Brua står bare noe få meter fra havet og er den brua som står i det mest korrosive miljøet av de bruene som er inkludert i denne rapporten.

4 Oppsummering av erfaringer med Vedlikeholdssystem 3

I værhardt kyststrøk har Vedlikeholdssystem 3 vært påført fire bruer langs Fylkesvei 341; Vesterelv 1, Flauan, Finnvik og Sandfjordelv 1. Bruene har stått siden 1992 uten vedlikehold, det vil si 23 år nå i 2015. På Vesterelv 1, Flauan og Finnvik er belegget svært nedbrutt på flater som vender mot sjøen, langs kanter og på horisontale flater, slik at vedlikehold burde vært utført for noen år siden. Levetiden for Vedlikeholdssystem 3 i slikt miljø kan derfor antas å være omkring 15 år. På Sandfjordelv 1 som ligger lengre fra havet enn de tre andre bruene er tilstanden bedre slik at en levetid på 20 - 25 år kan forventes.

I indre kyststrøk har Vedlikeholdssystem 3 vært påført tre bruer langs Fylkesvei 98; Evafooss, Adamsfooss og Ifjord. Bruene har stått siden 1999 uten vedlikehold, det vil si 16 år nå i 2015. På disse bruene er belegget i god stand på flatene, mens det er en del nedbrytning langs kanter. Foreløpig har nedbrytningen ikke ført til særlig korrosjon på stålet. Korrosiviteten der disse tre bruene står kan trolig sammenlignes med Sandfjordelv 1, eller litt mildere. Det kan trolig gå noen år til før vedlikehold er nødvendig, slik at en levetid på 20-25 år kan forventes.

Neiden er den eneste brua i undersøkelsen som ligger i innlandsstrøk. Brua har stått siden 1991 uten vedlikehold, det vil si 24 år i 2015. Tilstanden til belegget er svært varierende. I noen områder er belegget i god stand, mens i andre områder er det totalt nedbrutt. Spesielt horisontale flater ser ut til å være utsatt. På disse flatene trenger belegget vedlikehold nå. Basert på erfaringene fra denne brua har Høysink primer en forventet levetid på over 25 år i innlandsklima.

At levetiden ikke er enda lengre i innlandsklima kan skyldes at rent vann faktisk er ganske korrosivt for sink. Varmforsinking har lang levetid på grunn av dannelse av et sjikt sinkkarbonater på overflata. Hvis ikke dette dannes, for eksempel når en varmforsinket overflate eksponeres neddykket i rent og bløtt vann, kan sinkbelegget korrodere bort i løpet av noen få år. Det er rimelig å anta at sinkkarbonat i liten grad dannes på sinken i en høysink primer. Tilførsel av karbondioksid, som fører til dannelse av karbonat, vil være begrenset. I tillegg har alle sinkpartiklene i belegget et svært stort overflateareal, slik at det kreves svært mye karbonat for å passivere alle partiklene. Således er kanskje tilgang på fuktighet en viktigere parameter for levetiden på høysink primer. Fuktighet fra regn, sprut fra elv/sjø og kondens vil føre til korrosjon på sinken.

Det har i ulike sammenhenger blitt hevdet at nedbrytningen av høysink primer på bruene langs Fylkesvei 341 skyldes feil under påføring, det vil si dårlig rengjøring eller manglende stripecoating. Det er vanskelig å si noe sikkert om dette så lang tid etter påføring, men det som ble observert på bruene tyder ikke på dette. Nedbrytningen av belegget følger et normalt mønster, som for eksempel at nedbrytningen er størst der belastning fra sjøen og fukteperiode er størst. Der belastningen er mindre har belegget stått bra og heften er god. Feil under påføring ville ført til nedbrytning av belegget også på mindre belastede flater. At belegg feiler over kanter er også normalt, selv med avrundning og stripecoating.

Oppsummert kan vi forvente følgende levetider for høysink primer, basert på bruene som er undersøkt i denne rapporten:

Værharde kyststrøk	15-20 år
Indre kyststrøk	20-25 år
Innlandsstrøk	over 25 år

5 Sammenligning av Vedlikeholdssystem 3 med varmforsinking

Av bruene med Vedlikeholdssystem 3 er det kun Neiden som har varmforsinkede deler. Det er derfor bare denne brua som gir en direkte sammenligning av Vedlikeholdssystem 3 med varmforsinking. Ristene i gang- og sykkelbanen på Neiden bru er varmforsinket. Disse er helt uten korrosjonsangrep, se Figur 11. Selv om Vedlikeholdssystem 3 har stått bra på denne brua har varmforsinking åpenbart stått bedre. Forventet levetid for 75 µm varmforsinking i innlandsklima er 100 år ifølge American Galvanizers Association, se Figur 23. På Neiden bru har Vedlikeholdssystem 3 allerede gjennomslag av korrosjon på enkelte steder etter 24 års eksponering. Trolig kan belegget stå 10 år til før vedlikehold er nødvendig, men levetiden vil likevel bare være 1/3 av varmforsinking.

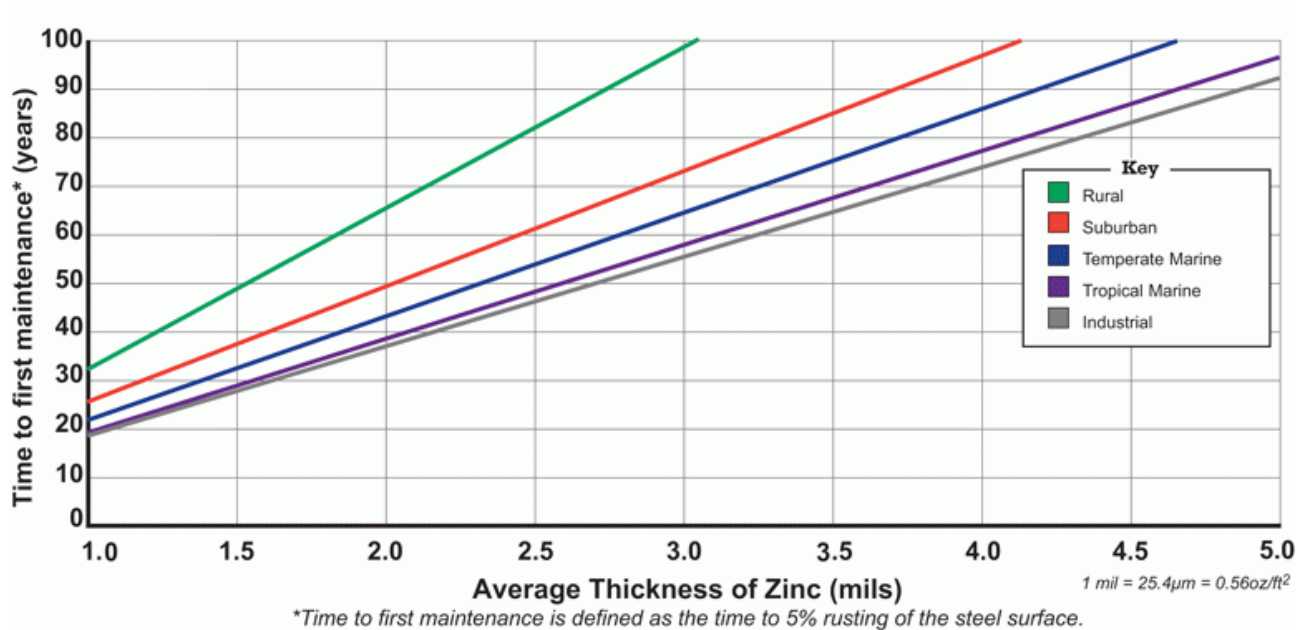
Både Næringselv og Østerelv har varmforsinket rekkverk og autovern. Bjelkene på disse to bruene er belagt med to strøk høysink primer og to strøk Vegvesenets alkyd/klorkautsjuk maling (alkyd/KK), som beskrevet tidligere. Siden disse to bruene står kun få km fra bruene med Vedlikeholdssystem 3 på Fylkesvei 341 er det rimelig å anta at korrosiviteten er sammenlignbar. Spesielt Østerelv bru står svært utsatt til med kort avstand til havet, og trolig i et mer korrosivt miljø enn noen av de andre bruene.

På Østerelv bru er varmforsinkinga fortsatt i svært god stand, uten antydning til korrosjonsskader, se Figur 24. Tykkelsen til sinkbelegget ble målt til omkring 70 µm på rekkverket og 40 µm på autovernet. I følge Figur 23 kan man forvente 40 års levetid for 50 µm varmforsinking i kystklima, og over 60 år for 75 µm. Disse tykkelsene ble målt etter over 20 års levetid, slik at total forventet levetid for rekkverk og autovern på denne brua forventes å bli henholdsvis 80 og 60 år. Sammenlignet med levetiden til Vedlikeholdssystem 3 som nå trenger vedlikehold etter 23 år, tyder dette igjen på at varmforsinking kan forventes å gi tre ganger så lang levetid.

Det er flere årsaker til at varmforsinking gir vesentlig lengre levetid enn Vedlikeholdssystem 3:

- Dannelsen av et tynt sjikt av sinkkarbonat på overflata av varmforsinking. Sinkkarbonatet passiverer sinken svært effektivt og reduserer sinkens korrosjonshastighet til 1 µm/år eller lavere. De observerte korrosjonshastighetene på bruene med Vedlikeholdssystem 3 tyder på at sinkkarbonat dannes i mindre grad. Dette er også rimelig siden karbonatet dannes i en reaksjon med karbondioksid i lufta. Tilgangen på karbondioksid vil være lavere inne i primeren.
- Varmforsinking dekker vanligvis kanter svært godt, siden det er en legeringsreaksjon mellom stål og sink. Enhver maling eller belegg som påføres som en våt film vil trekke seg tilbake fra kanter.
- Sinkpartiklene i en høysink primer har et svært stort samlet overflateareal. Sammenlignet med 1 m² varmforsinking vil sinkpartiklene i 100 µm høysink primer ha et overflateareal på over 250 m² (antatt partikkelstørrelse 5 µm). De har derfor et mye større areal der korrosjon kan foregå.
- Metallurgisk binding til stålet sikrer svært god adhesjon

I tillegg er varmforsinking svært billig og raskt å påføre. Varmforsinking bør derfor benyttes over alt hvor det er teknisk mulig.



Figur 23. Levetid til varmforsinking som funksjon av beleggtykkelse og eksponeringsmiljø (kilde: American Galvanizers Association). 1 mil = 25 µm



Figur 24. Tilstanden til varmforsinking på Østerelv bru. Rekkverk og brudekke er varmforsinket, mens bjelkene under har to strøk høysink primer og to strøk alkyd/KK.

6 Sammenligning av Vedlikeholdssystem 3 med System 1 dupleks belegg

Vedlikeholdssystem 3 og System 1 har aldri blitt brukt på samme bru, slik at vi ikke har grunnlag for en direkte sammenligning. Likevel kan vi med sikkerhet si at System 1 gir vesentlig bedre korrosjonsbeskyttelse enn Vedlikeholdssystem 3. Bergsøysundbrua og Nordhordlandsbrua ble overflatebehandlet omtrent samtidig og står eksponert i enda mer korrosivt miljø enn for eksempel bruene langs Fylkesvei 341, men korrosjonsbeskyttelsen har fungert langt bedre. System 1 vil åpenbart gi lengre levetid enn Vedlikeholdssystem 3.

Som det fremgår av denne rapporten starter nedbrytning av belegg ofte fra kanter i konstruksjonen. Dette skyldes at alle belegg som påføres som en våt film vil trekke seg tilbake fra kanter for å redusere sitt overflateareal. Filmtykkelsen blir derfor lavere over kanter. Selv om avrunding av kanter og stripecoating hjelper noe, kommer man aldri helt bort fra dette problemet. En viktig fordel med System 1 er at termisk sprøytet sink ikke har denne egenskapen. Sinken stivner umiddelbart etter at den har truffet overflata, slik at vi får minst samme tykkelse over kanter som på flater.

7 Sammenligning av Vedlikeholdssystem 3 med Vedlikeholdssystem 1 og 2

Igjen er det vanskelig å gjøre en sammenligning siden høysink primer og konvensjonelt malingsbelegg ikke er benyttet på samme bru. Hvis vi kan si at belegget på Næringselv og Østerelv representerer Vedlikeholdssystem 2, er det tydelig at Vedlikeholdssystem 3 har gitt bedre beskyttelse.

På en overflate beskyttet med en høysink primer vil en skade i belegget være katodisk beskyttet av sinken i belegget omkring. Så lenge primeren ikke er overmalt vil det være mye sink tilgjengelig for å gi denne beskyttelsen. Når primeren er overmalt vil bare den sinken som er eksponert i omkretsen av skaden være elektrokjemisk aktiv og kunne yte katodisk beskyttelse. Resten av sinken vil være beskyttet av overmalinga og vil ikke kunne bidra. Hvis belegget er uten skader der stålet blir eksponert vil overmaling gi lengre levetid, siden sinken i en høysink primer vil ha en viss korrosjonshastighet. Derimot, hvis det oppstår skader i belegget vil overmaling gjøre at skaden er mindre beskyttet og korrosjon vil bre seg under belegget omkring. Erfaringsmessig oppstår det ulike skader der stålet blir eksponert. Det kan for eksempel være mekaniske skader under installasjon av brua eller vedlikehold, gjennomslag av rust fra kanter og lignende, eller påføringsfeil.

Fra offshore olje og gass installasjoner har vi sett at beleggssystemer bestående av sinkepoksy primer (80-85 vekt% sink), epoksymastik mellomstrøk og polysiloksan toppstrøk typisk har en levetid på omkring 10 år før vedlikehold må settes inn. Dette er installasjoner som står i korrosjonsklasse C5-M miljø. Om korrosiviteten på de aktuelle bruene kommer opp i samme klasse er ikke undersøkt, men Østerelv gjør trolig det. Hvis vi kan anta at de øvrige bruene også ligger i korrosjonsklasse C5-M vil 2-3 strøk høysink primer gi noe bedre levetid enn typiske offshore beleggssystemer. I en sinkepoksy med 80-85 vekt% sink, som normalt brukes offshore, vil sinken i stor grad være beskyttet av epoksyen. Disse produktene er utviklet for overmaling, og er ikke tenkt å gi katodisk beskyttelse.

8 Fremtidig bruk av Vedlikeholdssystem 3 på Norske veibruer

Som denne rapporten viser, kan vi forvente en levetid for Vedlikeholdssystem 3 på omkring 15-25 år avhengig av eksponeringsmiljø. Det er kortere enn forventet levetid til både varmforsinking og System 1. Varmforsinking og System 1 må derfor normalt spesifiseres fremfor Vedlikeholdssystem 3 der det er mulig.

Det er to fordeler med Vedlikeholdssystem 3 som gjør at det i noen tilfeller er aktuelt å bruke det på norske veibruer:

- Det påføres på stedet som en maling, som gir stor fleksibilitet med hensyn til påføringsmetode
- Det kan være billigere og raskere å påføre enn System 1.
- Det høye sinkinnholdet gjør at filmen er ganske åpen, slik at all sinken i belegget er aktiv og kan bidra til katodisk beskyttelse av stålet. Ved skader i belegget vil et stort areal av sink omkring bidra til beskyttelse.

For bruer med restlevetid som er sammenlignbar med estimert levetid for Vedlikeholdssystem 3, vil dette være et godt alternativ ved overflatevedlikehold. Hvis det kan tillates at brua korroderer en periode på slutten av levetiden kan dette trolig forlenges opp mot 20-30 år restlevetid, avhengig av korrosivitet.

Vedrørende bruk av Vedlikeholdssystem 1 og 2 så er det lite dokumentasjon på hvilken levetid det vil gi. Problemet med dekning over kanter og sveiser vil trolig medføre tidlig nedbrytning her. Andre skader i belegget, for eksempel mekaniske, må som diskutert over også antas at vil oppstå.

A Vedlegg: Kart over bruene som er inkludert i rapporten





Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen