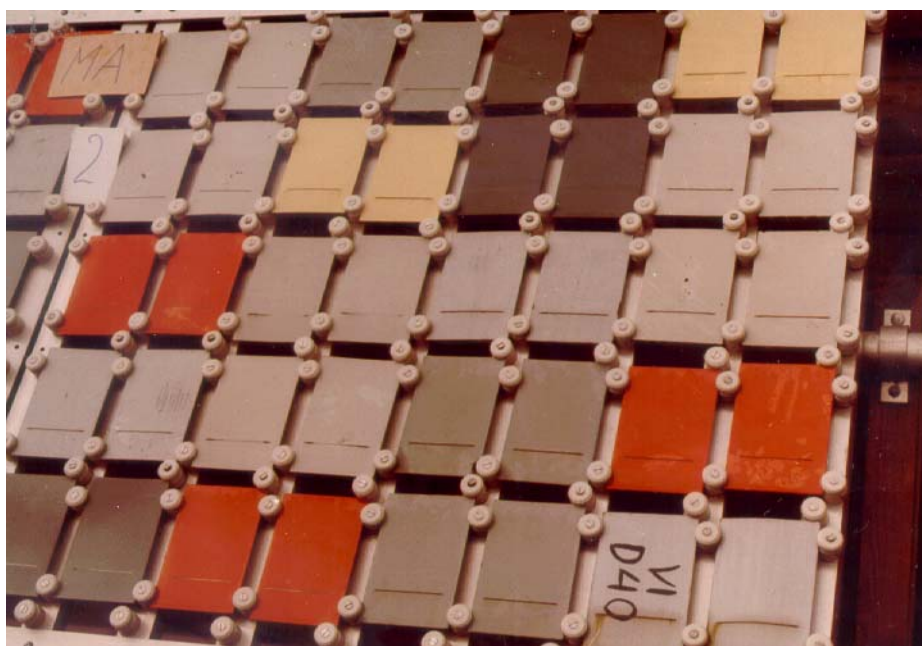


Atmosfærisk korrosjonsprøving av metall- og malingbeleggsystemer på stål under ulike miljøforhold

Sluttrapport (etter ca. 24 års eksponering)

Odd Anda



Innhold

	Side
Sammendrag og konklusjoner	3
1 Innledning	7
2 Stasjonene	7
3 Historikk	9
4 De utprøvde systemserier	11
5 Evalueringsmetodikk	11
6 Evalueringsresultater	13
6.1 Metalliserte belegg (A-serien). Evaluering høsten år 2000.....	13
6.1.1 Beskrivelse av utseendet og skader for A-serien fra Borregaard:.....	13
6.1.2 Beskrivelse av utseendet og skader for A-serien fra Birkenes.....	14
6.1.3 Beskrivelse av utseendet og skader for A-serien fra Tananger:.....	14
6.1.4 Beskrivelse av utseendet og skader for A-serien fra CMI:	15
6.2 Sammendrag: A-serien (tidligere evalueringer og etter 24 år).....	15
6.3 Sammendrag av tidligere evalueringer av malte systemer.....	19
6.3.1 B-serien. Overmalte Zn- og Al-belegg.....	20
6.3.2 C-serien. Zn-etylsilikat og vannbasert Zn-alkalisilikat	21
6.3.3 D-serien. Overmalt Zn-etylsilikat og vannbasert Zn- alkalisilikat.	21
6.3.4 E-serien. Ref. systemer m/Zn-rik epoxy shopprimer eller etsprimer som underlag	21
6.4 Sluttevaluering av overmalte belegg etter ca. 24 års eksponering på Borregaard og Tananger.....	25
6.4.1 Borregaard	31
6.4.2 Tananger.....	31
7 Referanser	32
Vedlegg A Deltakere i prosjektet	35
Vedlegg B Tykkelsesmåling av metalliserte belegg.....	39
Vedlegg C Beskrivelse av tilstanden for de ulike systemene etter ca. 24 års eksponering.....	43
Vedlegg D Resultater fra de første evalueringer	49

Sammendrag og konklusjoner

Prosjektet: "Atmosfærisk korrosjonsprøving av umalte og malte sink- og aluminiumbelegg på stål, samt umalte og overmalte sinkrike malingbelegg på stål" ble startet i desember 1976.

Hovedformålet med prosjektet var å skaffe grunnlag for valg av optimale beskyttelsessystemer – teknisk, økonomisk og miljømessig – under ulike miljøforhold.

Både produsenter og brukere har støttet prosjektet økonomisk. Antallet bidragsytere har blitt redusert med årene (fra 21, NILU ikke inkludert, til 4), og har de siste 10 årene bare omfattet:

- Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Bruavdelingen
- Hærens forsyningskommando (HFK)
- Statnett (NVE) og
- Norzink

I Vedlegg A finner vi en fortegnelse over alle bidragsyterne.

Målestasjonene har vært lokalisert på Borregaard, Folehavnen (Sandefjord), Tangen (Brevik), Birkenes, Tananger og i Bergen.

NILU har utarbeidet en tilpasset skadegradsskala (Haagenrud og Anda, 1978) for vurdering av nedbrytningsgraden. Prøvene bestod av stålplater påført enten sink (Zn) - eller aluminium (Al) belegg, Duplex-systemer med Zn eller Al og ulike malingsystemer eller ulike typer malingsystemer med primere. Vi vil nevne at før påføring av alkydmaling på termisk sprøytet underlag ble etsprimer (max 10 µm) benyttet som "buffer" og porefyller. Nedenstående tabell viser de systemer som ble utprøvd.

A	Varmforsinket og flammesprøytet sink, lysbuesprøytet, flammesprøytet aluminium og varmaluminisert belegg (System A1-A9). 9 systemer.
B	Varmforsinket og flammesprøytet sink og lysbuesprøytet aluminium, belagt med henholdsvis alkyd, klorkautsjuk (KK)(1 og 3 strøk), vinyl (1 og 3 strøk), og polyuretan (System B10-B30). Totalt var det 18 slike såkalte Duplex-systemer.
C	Sinkrike primere av typen uorganisk Zn-etylsilikat og vannbasert Zn-alkaliesilikat (C31-C32). 2 systemer.
D	Overmaling av de sinkrike primere i serie C med de samme overmalingsystemer som i serie B, dvs. alkyd, KK, etc. (System D33-D46). 12 systemer.
E	Referansesystemer på bart stål, herunder organisk, sinkrik epoxyshopprimer med overmalingsystemene fra serie B (System E47-E53), samt etsprimer overmalt med henholdsvis alkyd, KK og vinyl (System E54-E57); og linoljebasert blymønje på forrustet prøve (System F58). 10 systemer.

Alle metalliserte belegg ble eksponert i ca. 24 år med unntak av Tangen hvor eksponeringen varte i 12,5 år, og på Folehavnen 250 hvor den varte i ca. 8,5 år. Malingsystemene ble eksponert i minst 8,5 år på alle stasjoner, og et utvalg av malingsystemer ble eksponert på Borregaard og Tananger i ca. 24 år. Prøvene på Tananger ble dog de første ca. 6 årene eksponert på Folehavnen ved Sandefjord (10 m fra sjøen). De ble så flyttet til en miljømessig antatt likeartet lokalitet på Tananger. En figurlig fremstilling av eksponeringene er vist i Figur 2.

Konklusjoner

Metalliserte belegg:

- Det har ikke vært synlige forskjeller i holdbarhet mellom uttettet og tett stål i de ulike miljøer bortsett fra på Borregaard (sur industriatmosfære) hvor uttettet stål var klart dårligere etter 24 års eksponering. Prøvene med uttettet stål (A1 og A2) på Borregaard viste tydelige svakhetsstegn etter 8,5 år. Det gjorde ikke de andre metalliserte systemene.
- Visuelt syntes flammesprøytet sink å være på høyde med de aluminiserte beleggene. Figur 6 og 7 viser A-serien etter 14,5 års eksponering på henholdsvis Borregaard og Tananger.
- Etter ca. 24 års eksponering har sinkbeleggene på Borregaard blitt klart dårligere enn de aluminiserte prøvene. På Tananger var det mest de varmforsinkede beleggene som var i dårlig forfatning. For øvrig holdt de metalliserte beleggene fremdeles bra.
- Prøvene med lysbuesprøytet og flammesprøytet aluminium (A7 og A8) stod best på praktisk talt alle stasjonene. Disse systemene synes å kunne holde i ytterligere mange år.
- A9 (varmaluminisert Al, 25µm) ytet fremdeles bra beskyttelse både på Borregaard og Tananger etter ca. 24 års eksponering, selv om prøven så lite pen ut allerede etter få års eksponering pga oksidasjonsprodukter og smuss. Skadegradstallet ble således vurdert for høyt ved de første evalueringene.
- Bortsett fra i sur industriatmosfære (slik som på Borregaard) syntes det ikke å være noen spesielle fordeler knyttet til tykkere sinkbelegg enn rundt 100µm.

Overmalte belegg:

- Av Figur 8 går det frem hvordan de ulike malingsystemer har klart seg de første 8,5 år av eksponeringsperioden. Beste karakter på de ulike stasjoner var som følger:
Borregaard: B24 (lys-buesprøytet Al med 3 strøk alkyd).
Folehavnen-10 m (Sandefjord)/Tananger: B19 (flammesprøytet Zn med tre strøk KK). D44 (vannbasert Zn-alkalisilikat med ett strøk vinyl) og E47 (Zn-rik epoxy shopprimer pluss 3 strøk alkyd) var ikke langt etter.
Folehavnen-250 m: B24 (lys-buesprøytet Al med 3 strøk alkyd).

Tangen, Brevik: B10 (varmforsinket med alkyd), B15 (varmforsinket med tre strøk vinyl), B17 (flammesprøytet Zn med tre strøk alkyd) og B24 og C31 (Zn-etylsilikat).

Birkenes: B21 (flammesprøytet Zn med ett strøk vinyl) og C31.

Marineholmen/CMI (Bergen): B21 og B22 (flammesprøytet Zn med tre strøk vinyl).

- De fleste malingsystemene hadde greid seg bra etter 8,5 års eksponering på alle stasjoner. Flest systemer ble raskest dårlig på skvett-stasjonen på Folehavnen ved Sandefjord. Der hadde 16 systemer passert skadegrad 2 etter 3,5 år, og de fleste av disse allerede etter 1,5 år.
- Et utvalg av malte prøver ble eksponert på stasjonene Borregaard og Tananger i ca. 24 år. Tilnærmet alle malingsystemene var etter disse årene mer eller mindre ødelagt på begge stasjoner. Skadene var imidlertid av ulik art. For de systemer hvor det kun dreide seg om erosjon eller slitasje av øvre malingsjikt, vil en overmaling etter vasking sannsynligvis reparere skaden. En slik skade er således ikke så alvorlig som eksempelvis avflaking eller rustgjennomslag, selv om skadegradstallene kan være de samme. I tabellene 4 og 5 er resursbehovet ved eventuell reparasjon tatt hensyn til ved vurderingen.
- Med utgangspunkt i det ovenstående vil vi særlig fremheve B17 (flammesprøytet Zn med tre strøk alkyd) og B26 (lysbuesprøytet aluminium med tre strøk KK-maling) som gode malingsystemer på begge stasjonene. Dessuten skal fremheves B24 og B25 (lysbuesprøytet aluminium med henholdsvis 3 strøk alkyd og ett strøk KK) på Borregaard og B19 (flammesprøytet Zn med tre strøk KK) på stasjonen Tananger som gode malingsystemer.
- Når det gjelder forholdet mellom ett og to toppstrøk observertes følgende:

Stort sett ga tre toppstrøk best beskyttelse med noen få unntak.

For systemene med sink og KK (B18 og B19) ga ikke antall strøk noe synlig utslag i alkalisk miljø etter 8 ½ år (Tangen, Brevik).

Systemene med sink pluss vinyl (B21 og B22) ga liten forskjell mellom ett og tre strøk, med unntak av eksponeringen på skvettstasjonen Tananger hvor ett strøk raskt ble for dårlig.

Systemene med aluminium og KK (B25 og B26) så generelt ut til å gi noe bedre resultat med bare ett toppstrøk; men utseendet ble mindre pent.

Vannbasert Zn-alkalisilikat pluss KK (D41 og D42) ga dårlig resultat i fuktig og marint miljø (Tananger og Birkenes) med ett strøk; ellers var forskjellen liten på de andre stasjonene.

Vannbasert Zn-alkalisilikat pluss vinyl (D44 og D45) ga nokså like resultater etter 8 ½ år med ett og tre strøk bortsett fra på Birkenes hvor ett strøk kom

spesielt dårlig ut. Både D44 og D45 hadde imidlertid fallert betydelig etter ca. 24 års eksponering på Borregaard og Tananger.

Atmosfærisk korrosjonsprøving av metall- og malingbeleggsystemer på stål under ulike miljøforhold

Sluttrapport (etter ca. 24 års eksponering)

1 Innledning

Prosjektet: ”Atmosfærisk korrosjonsprøving av umalte og malte sink- og aluminiumbelegg på stål, samt umalte og overmalte sinkrike malingbelegg på stål” ble startet i desember 1976.

Hovedformålet med prosjektet var å skaffe grunnlag for valg av optimale beskyttelsessystemer – teknisk, økonomisk og miljømessig – under ulike miljøforhold.

Det er skrevet flere fremdriftsrapporter. Disse er alle tatt med i referansene. Denne rapport sammenfatter hele prosjektperioden.

Både produsenter og brukere har støttet prosjektet økonomisk. Antallet bidragsytere har blitt redusert med årene (fra 21, NILU ikke inkludert, til 4), og har de siste 10 årene bare omfattet:

- Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Bruavdelingen
- Hærens forsyningskommando (HFK)
- Statnett (NVE) og
- Norzink

I vedlegg A finner vi en fortegnelse over alle bidragsyterne.

Målestasjonene har vært lokalisert på Borregaard, Folehavnen (Sandefjord), Tangen (Brevik), Birkenes, Tananger og i Bergen.

En del forandringer har blitt gjort underveis, både når det gjelder målestasjoner og omfanget av prøveplater. Det viktigste av dette omtales under punktet ”Litt historikk”.

2 Stasjonene

Figur 1 viser en av stasjonene (Birkenes, 1999) som et eksempel på oppsetting. I Tabell 1 er miljøet beskrevet for de enkelte stasjoner. Hvilke stasjoner som hadde eksponeringer til ulike tider går frem av kapittel 3.

Tabell 1: Stasjonene med miljøbeskrivelser

I	Borregaard (Sarpsborg)	SO ₂ -forurenset industriatmosfære. (C4)*
II	Folehavnen 10m / Tananger 5-10m	Marin atmosfære med tidvis sjøsprøyt. (C5-M)*
III	Folehavnen 250m	Marin atmosfære 250m fra sjøen. (C3)*
IV	Tangen (Brevik)	Alkalisk (kalk) forurenset industriatmosfære. (C2)*
V	Birkenes (30km N for Kr.sand)	Landatmosfære. Mye nedbør. Av og til langtransportert sur nedbør. (C2)*
VI	Marineholmen / CMI (Bergen)**)	Marin byatmosfære. Lite industri påvirket. (C2)*

*) Parantesen refererer seg til miljøklassifisering i følge ISO-standard 12944-2 (ISO, 1996).

**) CMI står for Cristian Michelsens institutt. Bergen ingeniørhøyskole har overtatt bygget. Stasjonen var plassert på byggets tak.



Figur 1: Stasjonen Birkenes 1999

På alle disse stasjonene har man hatt miljømålinger under eksponeringstiden. Parameterne har stort sett være nedbørkjemi, NO₂ og SO₂-målinger og klimaparametere. Datadekningen er ikke like komplett for alle stasjoner gjennom alle årene, og i noen tilfeller har en brukt data fra andre operatører, eksempelvis Det norske meteorologiske institutt (DNMI). I referansene er de rapporterte miljødata tatt med frem til og med 1998. I disse datarapporter er også oppgitt den årlige korrosiviteten av stål på de ulike stasjoner.

De benyttede prøvestasjoner inngår i et nett av norske og nordiske prøvestasjoner. Gjennom interkorreleringsprogrammer for korrosjonshastigheter og miljømålinger

er stasjonene så godt karakterisert at resultatene ville kunne benyttes på andre lokaliteter under hensyntagen til miljødata fra disse lokaliteter.

3 Historikk

Historikk med milepeler er forsøkt fremstilt grafisk i Figur 2 . På Borregaard ble stasjonen flyttet i begynnelsen av 1995 til et annet tak innenfor fabrikkområdet.

Folehavnen ved Sandefjord hadde to målesteder. Det ene var plassert i sjøsprøytsone (Fo-10), mens det andre stasjonen var plassert 250m fra sjø (Fo-250). Fo-10 ble nedlagt i 1982 (dvs etter ca. 6 år). Alle prøveplatene ble imidlertid overflyttet til en sjøsprøytstasjon på Tananger ved Stavanger. Stasjonslokaliteten på Tananger var innenfor området til Shell-Raffineriet, Sola. AS Norske Shells virksomhet ble for øvrig nedlagt i år 2000.

NILUs stasjon på Tananger ble vurdert miljømessig sammenlignbar med sjøsprøytstasjonen på Folehavnen. Fo-250 ble nedlagt i 1985 (dvs. etter ca. 9 år).

Stasjonen Tangen ved Brevik ble nedlagt våren 1989 (dvs etter ca. 13 år).

I Bergen var stasjonen plassert på Marineholmen (på taket av høyt tårnliknende bygg i havneområde) frem til 1984 (dvs. etter ca. 8 år). Denne stasjon ble samme år flyttet til taket på Cristian Michelsens institutt (CMI), nå overtatt av Bergen ingeniørhøyskole.

Fra og med sommeren 1991 (dvs etter 14^{1/2} års eksponering) stod det igjen 2 plater av hvert system av de metallbelagte platene (systemserie A) på stasjonene Borregaard, Birkenes, Tananger og CMI.; dessuten stod det igjen et utvalg av de beste malingsystemene (2 av hvert) på Borregaard og Tananger. Det er bare disse prøveplatene som nå er evaluert etter ca. 24 års eksponering.

4 De utprøvde systemserier

Tabellen under viser alle de utprøvde systemene. Underlaget for beleggsystemene er 15 cm x 10 cm stålplater. Alle prøvene har riss gjennom beleggene ned til bart stål, 35 mm fra nedre kant og parallell med denne. Selve prepareringen av prøvene er beskrevet i fremdriftsrapport nr. 1 (Haagenrud, S.E., 1977). Noen systemer har ikke vært med i hele eksponeringsperioden, dels pga omfattende fallering og i noen få tilfeller også fordi prøveplatene har kommet bort.

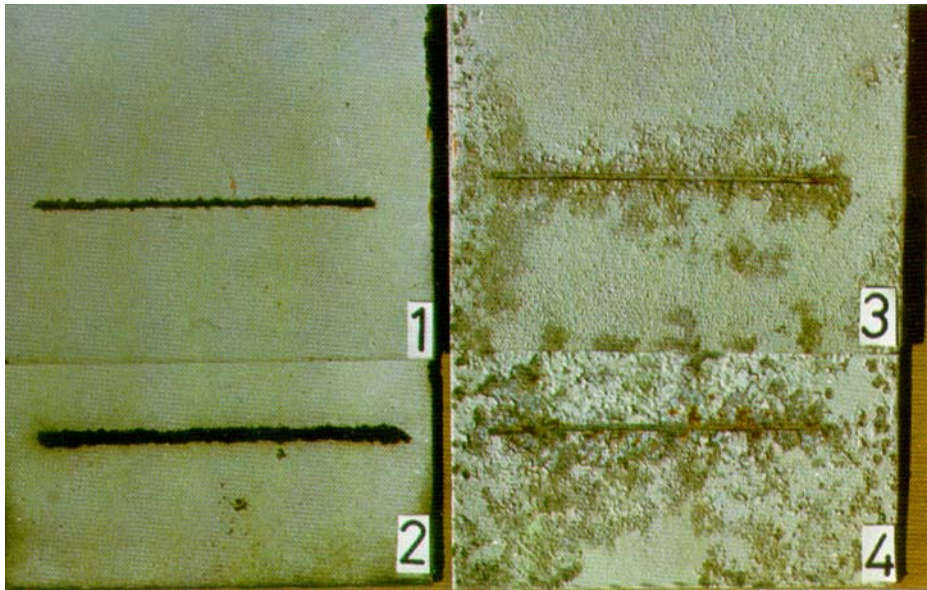
Tabell 2: De utprøvede systemene*.

A	Varmforsinket og flammesprøytet sink, lysbuesprøytet, flammesprøytet aluminium og varmaluminisert belegg (System A1-A9). 9 systemer.
B	Varmforsinket og flammesprøytet sink og lysbuesprøytet aluminium, belagt med henholdsvis alkyd, klorkautsjuk (KK)(1 og 3 strøk), vinyl (1 og 3 strøk), og polyuretan (System B10-B30). 18 såkalte Duplex-systemer systemer.
C	Sinkrike primere av typen uorganisk Zn-etylsilikat og vannbasert Zn-alkaliesilikat (C31-C32). 2 systemer.
D	Overmaling av de sinkrike primere i serie C med de samme overmalingsystemer som i serie B, dvs. alkyd, KK, etc. (System D33-D46). 12 systemer.
E	Referansesystemer på bart stål, herunder organisk, sinkrik epoxyshopprimer med overmalingsystemene fra serie B (System E47-E53), samt etsprimer overmalt med henholdsvis alkyd, KK og vinyl (System E54-E57); og linoljebasert blymønje på forrustet prøve (System F58). 10 systemer.

* Systemene hvor malingen inneholdt 2-komponent epoxy måtte utgå. En feil ble gjort under formuleringen ved at man feilaktig hadde tilsatt pigmentene til herder og ikke til basen i epoxy-toppstrøket. Malingen fikk derfor ikke den tilsiktede kvalitet, og evaluering av disse prøver ble følgelig ikke foretatt. Dette gjaldt systemene B13, B20, B27, D36, D43, E50 og E56.

5 Evalueringsmetodikk

NILU har utarbeidet en tilpasset skadegradsskala (Haagenrud og Anda, 1978). Denne er vist i Figur 3 med bilder av malte prøver som er representative for skadegradene. Beskrivelse følger i Tabell 3.



Figur 2: Skadegradsskala.

Tabell 3: Sammenlikning mellom skadegradskalaer anvendt av NILU og den som er beskrevet i NS-1191 (1980).

Beskrivelse av skadegrad	NILUs skala	Omtrentlig motsvarende til NS 1191
Få eller ingen svakheter	0	9 og 10
Ubetydelige svakhetsstegn	1	7 og 8
Tydelige svakhetsstegn	2	5 og 6
Alvorlige svakhetsstegn	3	3 og 4
Mer eller mindre defekt	4	0, 1 og 2

For de metalliserte beleggene kan det være noe vanskeligere å gi meningsfylte skadegradstall, fordi det visuelle bilde blir annerledes enn for de malte prøvene. En kan således ikke bruke billedskalaen vist i Figur 3. Prøveplatene blir gjerne svært lite pene etter forholdsvis kort tid på grunn av ujevn oksidering og tilsmussing av eksempelvis fugleskitt som vanskelig vaskes bort av vær og vind. Det er lagt relativt lite vekt på det estetiske ved evalueringen av A-serien, og stor vekt på metallbeleggets tilstand, dvs beskyttelsesevnen. Skadegradstallet bør derfor for denne serien jammføres med den beskrivende av prøveplattens overflate (Kapittel 6.1).

Malingsbelegget er vurdert separat. Det vil si at hvis et malingbelegg får et høyt skadegradstall betyr ikke dette nødvendigvis at et system totalt sett er dårlig. Eksempelvis vil systemet få høyt skadegradstall ved avflaking på forsinket stål. Den underliggende sinken vil imidlertid kunne beskytte stålet i lang tid fremover. I mange tilfeller syntes nedbrytningen å stoppe opp mer eller mindre etter mange års eksponering. Skadegradstall har da ofte blitt korrigert til bedre karakter ved neste evalueringsrunde. Begrunnelsen for å gjøre dette er således en tidligere overvurdering av skadens alvorlighet. I Tabell D1 i Vedlegg D vil man følgelig se at skadegradstall av og til er lavere ved neste evalueringsrunde.

Det har under evalueringen blitt lagt mest vekt på forholdene rundt risset, videre avflaking, sprekkdannelse, blærer, rust- og oksidgjennomslag.

For A-serien ble det forsøkt å måle beleggtykkelse ved hjelp av en magnetisk metode, og på den måten følge korrosjonsforløpet. Dette var imidlertid mislykket (se Tabell B1 i Vedlegg B). Ved å foreta en rekke målinger over hele plateoverflaten fant en at tykkelsen i stor grad var en funksjon av dyppemåten ved metallbeleggingen. En fant således et fortykket felt som gikk fra festepunktet (anvendt under dyppingen) diagonalt over platen til ene hjørnet. Disse tykkelsesforskjeller på samme overflate oversteg langt det en kunne forvente i tykkelsesreduksjon pga korrosjon.

6 Evalueringsresultater

Prøvene ble evaluert i laboratoriet høsten 2000, bortsett fra prøvene på Tananger som ble evaluert i felt sommeren 2000.

Noen plater er blitt mistet i løpet av de 10 siste årene. Det gjelder B22 på Birkenes, B25 på Tananger og A5 på CMI. Den siste evalueringen for disse blir følgelig etter 14^{1/2} år.

6.1 Metalliserte belegg (A-serien). Evaluering høsten år 2000

Tabell 4 viser skadegradstall etter 14,5 år og ca. 24 års eksponering for A-serien.

Tabell 4: Skadegradstall for A-serien etter 14,5 og ca. 24 års eksponering.

A-serien	Belegg**	Borregaard		Birkenes		Tananger		Tangen*	CMI
		14,5 år	ca. 24	14,5 år	ca. 24	14,5 år	ca. 24	12,5 år	14,5 år
1	vZnU 460°C(80-120µm)	4	4	1	1	1,5	2	0,5	1
2	vZnU 560°C(80-120µm)	4	4	1	1	1-1,5	2,5	0,5	1
3	vZnT 460°C(180-220µm)	1-1,5	2,5	0,5-1	0,5-1	1,5	2	0,5	1
4	vZnT 560°C(80-120µm)	3	3,5	0,5-1	0,5-1	1,5	2	0,5	-
5	fZn 560°C(120µm+/-20%)	1,5	2,5	0,5	1	1	1,5	0,5	-
6	fZn 560°C(230µm+/-20%)	1	1,5-2	0,5	1	1	1,5	0,5	0,5-1
7	lAl(170µm+/-20%)	0,5-1	1,5	0,5-1	1	0,5	0,5	0,5-1	0,5-1
8	fAl(160µm+/-20%)	0,5	1,5	0,5	1	0,5-1	0,5	0,5-1	1
9	vAl(25µm)	1,5	2	1	1,5	1	1	2	1,5-2

* Eksponeringen ble avsluttet etter 12,5 år da stasjonslokaliteten skulle anvendes til andre formål.

** vZnU=varmforsinket uttettet stål

vZnT=varmforsinket tettstål

fZn=flammesprøytet uttettet stål

lAl=lysbuesprøytet aluminium

fAl=flammesprøytet aluminium

vAl=varmaluminisert

6.1.1 Beskrivelse av utseendet og skader for A-serien fra Borregaard:

- A1 Rustfarget over hele overflaten.
- A2 Rustfarget over hele overflaten.
- A3 Rustfarget over hele overflaten. Sinkbelegget syntes imidlertid å være lite berørt. Systemet har således fremdeles god beskyttelse. Liten endring siden sist evaluering.

- A4 Rustangrepet hadde kommet noe lenger innover overflatene på prøvene enn ved sist evaluering. Det er imidlertid fremdeles tykt lag med sink på platene, selv der hvor korrosjonen er størst. Det kunne se ut som sinken hadde punkteringer i belegget, og at jern ble tilført via disse.
- A5 Indikasjoner på at belegget hadde begynt å svikte. Ca. $\frac{1}{4}$ av overflaten hadde relativt grunt rustangrep.
- A6 Mye av sinken var oksidert; men systemet yter fremdeles god beskyttelse. Svake rustflekker kunne sees på overflaten.
- A7 Omtrent som ved forrige evaluering. Svært ruglet på overflaten; men virket homogen på avstand. Gråspettet på nært hold. Sammen med A6 det system som estetisk sett er minst svekket.
- A8 Omtrent som ved forrige evaluering. Svært ruglet på overflaten; men virket homogen på avstand. Gråspettet på nært hold.
- A9 Noe mer oksidert ved kantene enn forrige gang. Ellers ingen endring. Fremdeles god beskyttelse.

6.1.2 Beskrivelse av utseendet og skader for A-serien fra Birkenes

Det var bare ubetydelige forandringer å se på prøveplatene. Brun rust forekom i sparsom mengde på de 4 første systemene. Men slik var det også ved evalueringen etter 14 års eksponering. Siden har rusten i form av dels tynt belegg og dels som flekker over større partier av overflaten variert noe fra år til år, sannsynligvis mest avhengig av værforhold. Overflaten får et redusert utseende; men beskyttelsesevnen er sannsynligvis tilnærmet intakt. Av de enkelte systemer kan nevnes A9 som hadde fått noe mer korrosjonsprodukter langs kantene.

6.1.3 Beskrivelse av utseendet og skader for A-serien fra Tananger:

Generelt har ikke platene visuelt endret seg noe vesentlig fra 14 til 24 års eksponering. Alle systemene har for lengst fått lite dekorative overflater, selv om det er ulike grader av redusert utseende for de ulike systemene.

Denne serien er evaluert i felt.

- A1 Mer av sinkmetallet er synlig enn for 14 år siden, følgelig noe mindre skitten. Fugleskitt har gitt reaksjonsprodukter. Platen er imidlertid fremdeles mørk og uestetisk. Har brunskjær i det mørke. Mørk; men ellers fin i risset.
- A2 Som A1; men ett av hjørnene har korrosjonsskader, derfor dårligere karakter.
- A3 Som A1.
- A4 Som A1.
- A5 Overflaten er som før hvitspettet av Zn-oksider, men ellers pen og visuelt sett uskadet. Det meget grunne risset er tilsynelatende uskadet.
- A6 Som A5; men reaksjonsprodukter i nedre kant og ene side. Dette gir totalinntrykket estetisk sett noe dårligere enn A5.
- A7 Liten forskjell fra forrige evaluering. Gråspettet som før. Dette reduserer overflaten utseendemessig. Ellers noe ruglet overflate. Risset er grunt og meget fint.
- A8 Som A7; men noe jevnere og mattere i overflaten.
- A9 Samme mørkhet i de perifere delene av platene som ved evalueringen for 14 år siden. Litt mer korrosjon i kantene enn tidligere. Overflaten må karakteriseres som lite pen pga spesielt den mørke periferien.

6.1.4 Beskrivelse av utseendet og skader for A-serien fra CMI:

- A1 Jevnt mørk brun som ved forrige evaluering. Fremdeles var baksiden lite påvirket.
- A2 Som foregående; men baksiden var mer oksidert
- A3 Tynt, jevnt brunlig skikt.
- A4 Mindre pen brunlig overflate med tykkere korrosjon i to av kantene.
- A5 Mangler
- A6 Jevn pent oksidert overflate.
- A7 Grov, men jevn struktur i overflaten. Mørke flekker på baksiden.
- A8 Finere struktur enn i A7. Mørke flekker på baksiden.
- A9 Virket noe skitten (flekket). Svært mørkt, rundt riss. Noe korrodert langs kantene.

6.2 Sammendrag: A-serien (tidligere evalueringer og etter 24 år).

Etter en mer omfattende evaluering etter 3,5 års eksponering var konklusjonen at alle de metalliserte beleggene med unntak av A9 (varmaluminisert belegg, 25µm) var i god tilstand; men at det var stor forskjell i estetisk utseende. Dette var også hovedkonklusjonen etter 1,5 års eksponering. Sinkbeleggene syntes å påvirkes mer i surt enn i marint miljø, mens det for aluminiumbeleggene var omvendt. Sinkbeleggene hadde klart mindre rust i riss enn aluminiumbeleggene. På de nedbørsrike stasjonene Birkenes og Marineholmen var det etter 3,5 år rust i riss på alle de metalliserte belegg med unntak av det tykke varmforsinkede belegg (A3).

Det er også foretatt målinger av beleggtykkelse, både på utgangsmateriale (blindverdier) etter 3,5 års eksponering og etter 8,5 års eksponering. Resultatene fra disse målingene er vist i Tabell B.1 (i vedlegg). En merker seg her særlig at system A1 lå en del lavere enn de opprinnelige spesifikasjoner. NILU benyttet en elektromagnetisk metode (Elcometer-instrument) ved måling av de eksponerte plater. Metoden er meget følsom for ujevnheter i belegget. Den store ujevnheter og spredning i utgangsmaterialet gjorde at disse målingene ikke ga tilstrekkelig sikkerhet for å relatere eventuelle forskjeller til ulike miljøparametere.

Etter 8,5 års eksponering hadde de forsinkede platene med tynneste belegg (A1, A2 og A4) fått rustgjennomslag, særlig i nedre kant. På alle stasjoner stod de aluminiumsprøytete belegg (A7 og A8) best. Selv om de fleste platene ikke så pene ut pga smuss og/eller ujevn oksidasjon, kan tilstanden generelt karakteriseres som god i den forstand at beleggene fremdeles ga god korrosjonsbeskyttelse av underliggende stål.

Når det gjelder A9 har dette beleggssystem vært vanskelig å evaluere fordi prøven allerede på et tidlig stadium virket medtatt; men den har siden stabilisert seg. Det lite tiltalende utseende (smuss og oksidasjonsprodukter) førte til at systemet i begynnelsen fikk urimelig dårlig karakter. Siden er dette rettet opp. Figur 4 viser platene fra A-serien på Borregaard bare etter 1,5 års eksponering. Figur 5 viser A9 etter 8,5 års eksponering på alle stasjonene. Den mørke fargen kom allerede etter få år.

Etter 14,5 års eksponering har systemene A1, A2 og A4 rustet mye på Borregaard slik at det er liten beskyttelse i gjenværende sink. For øvrig hadde relativt lite skjedd siden foregående evaluering for 6 år siden.

Det så ut som varmforsinking holder noe bedre på tettet stål enn utettet stål i sure miljøer. Flammesprøytet sink på stål har jevnt over gitt bedre resultat enn varmforsinket stål. Tykkere Zn-belegg gir, ikke uventet, bedre beskyttelse.

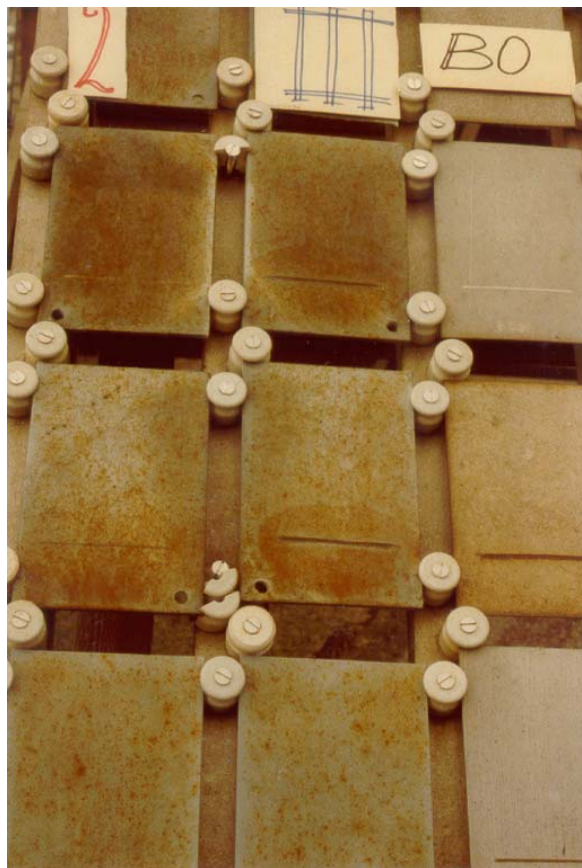
Det er vanskelig å skille lysbue- og flammesprøytet aluminium på stål. Begge metodene har gitt godt resultat. Selv A9 med bare 25µm belegg har klart seg meget bra gjennom alle årene på de fleste stasjoner. På Tangen hadde en imidlertid rustgjennomslag etter 12,5 års eksponering. Pittingtendenser kunne en også se på A9 prøven på CMI-stasjonen i Bergen etter 14,5 år.

En ranking av Zn- og Al-beleggning er usikker; men visuelt syntes flammesprøytet sink å være på høyde med de aluminiserte beleggene. Figurene 6 og 7 viser A-serien etter 14,5 års eksponering på henholdsvis Borregaard og Tananger.

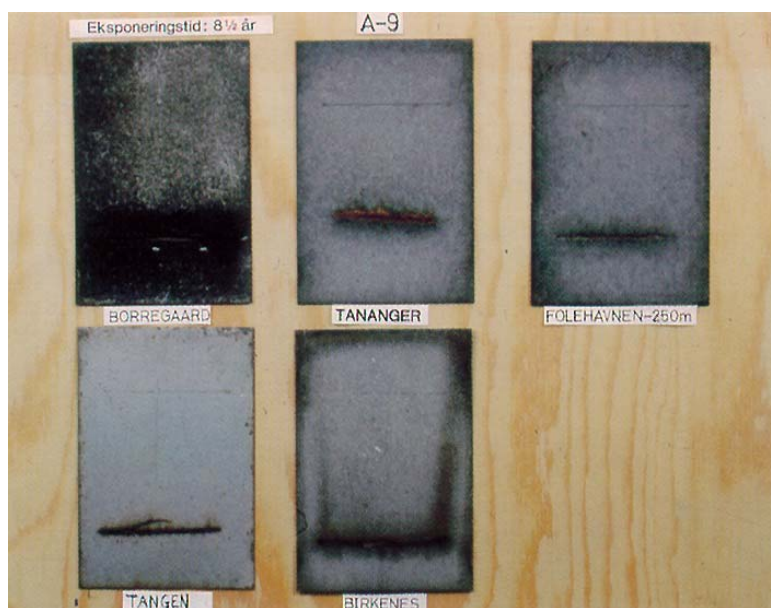
Etter ca. 24 års eksponering har sinkbeleggene nå blitt mer eller mindre ødelagt på Borregaard. På Tananger var det mest de varmforsinkede beleggene som så dårligst ut med stor rustutbredelse på overflaten. For øvrig holdt de metalliserte beleggene bra ennå.

Det rustsjikt som etter hvert dannes på de forsinkede (særlig varmforsinkede) prøver gjør at de taper i utseende; men bortsett fra prøvene på Borregaard var de fortsatt beskyttet av sinkbelegget. Skraper man av rusten på overflaten sees groper i sinken. Det er tydelig at jerntilførselen til overflaten kommer gjennom disse gropene. Der det var mest rust fant en også de største gropene og også størst tetthet av disse. En får således korrosjon selv med tykke sinkbelegg, men prosessen må karakteriseres som langsom. Felteksponeringen har likevel vist at prosessen går raskere i sure miljøer.

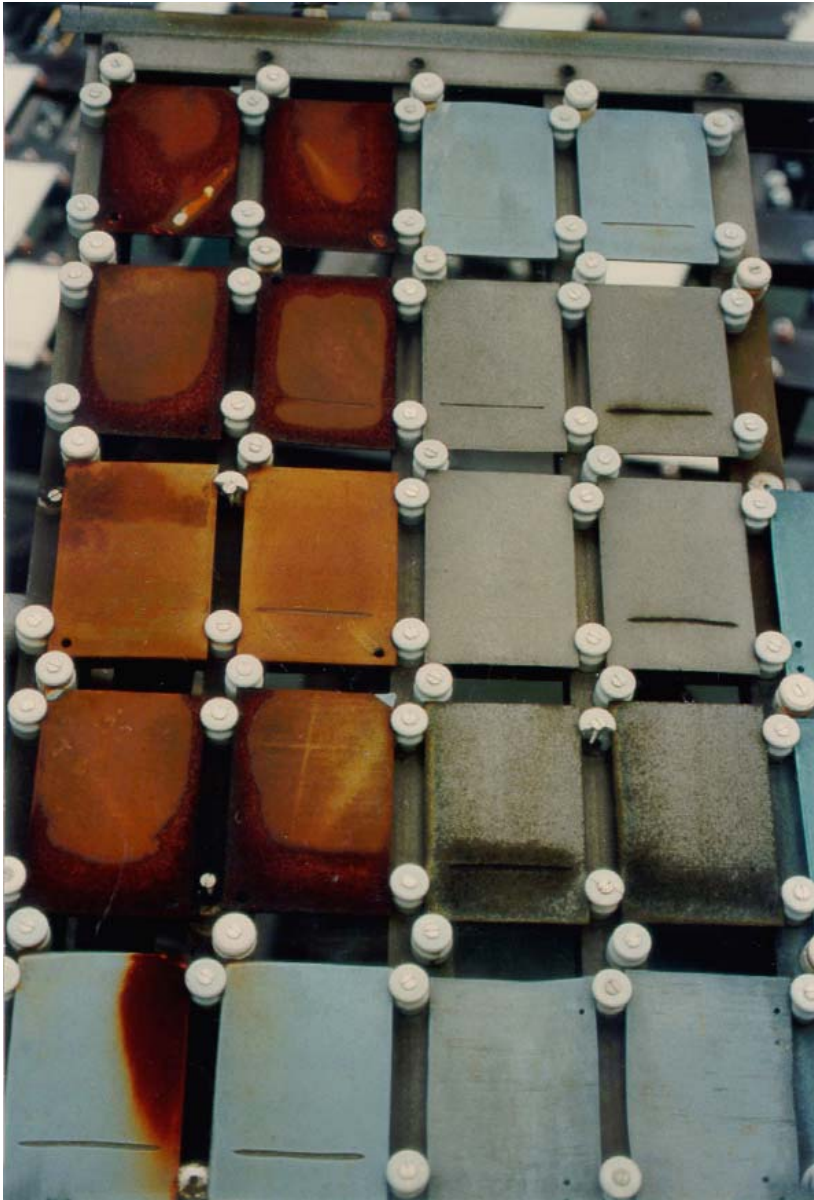
Systemene A7 og A8 (Al-belegg) stod best på praktisk talt alle stasjonene. Disse systemene synes å kunne holde i ytterligere mange år.



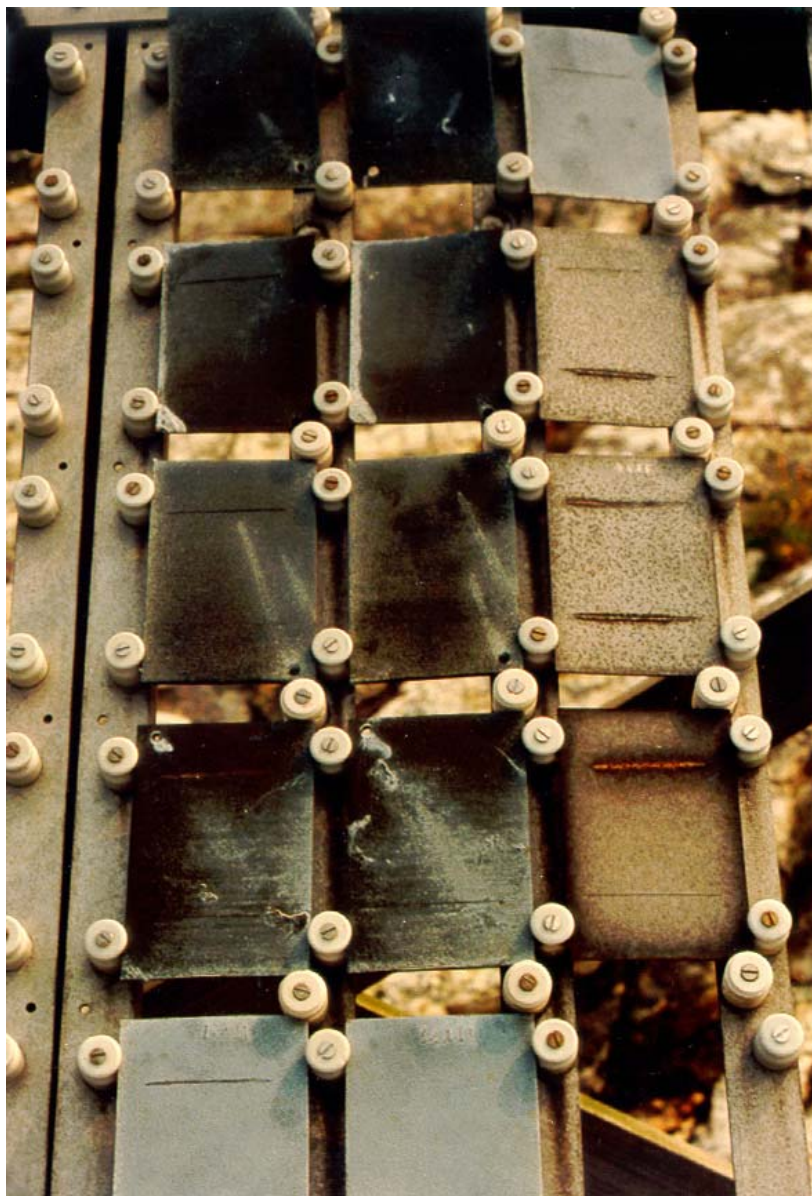
Figur 3: Metalliserte belegg fra Borregaard etter 1,5 års eksponering. Prøvene er skjemma av rustflekker som i dette tilfelle skyldtes forurensninger. Øverste plate til venstre er A2 og nest nederste plate til høyre er A9. Dette ytre utseende kunne variere fra år til år.



Figur 4: Prøve A9 er her vist for alle stasjoner etter 8,5 års eksponering. Den mørke skjemmende fargen kom etter få års eksponering.



Figur 5: A-serien på Borregaard etter 14,5 års eksponering. Det er to prøver av hvert system. Parallellene viser meget likartet påvirkning. Vi ser her at eksempelvis A9 visuelt kan virke i bedre forfatning etter 14,5 enn etter 8,5 års eksponering (jamsfør Figur 5).



Figur 6: A-serien på Tananger etter 14,5 års eksponering. Prøveplatene til høyre (A6, 7, 8 og 9) mangler paralleller.

6.3 Sammendrag av tidligere evalueringer av malte systemer

Av Figur 8 går det frem hvordan de ulike malingsystemer har klart seg de første 8,5 år av eksponeringsperioden. Figurene 9 og 10 viser prøvenes utseende fra henholdsvis Borregaard og Tananger etter 8,5 års eksponering.

Vi bruker i beskrivelsen uttrykkene ”har klart seg dårlig”, ”fallert” eller ”ikke holdt” om malingsystemer med skadegrad over 2.

Syst.	Borregaard			Folehavnen 10				Folehavnen 250				Tangen, Brevik			Birkenes			Marineholmen ¹⁾					
	1,5 år	3,5 år	8,5 år	1,5 år	3,5 år	5,5 år	8,5 år	1,5 år	3,5 år	5,5 år	8,5 år	1,5 år	3,5 år	4,5 år	8,5 år	1,5 år	3,5 år	4,5 år	8,5 år	1,5 år	3,5 år	8,5 år	
B10							2-2,5																
B11		3			2,5				3								3					2-3,5	
B12																							
B14		2-2,5			2,5				2,5														
B15					3					2-2,5													
B16					3				2,5														2-2,5
B17																							
B18			2,5-3				2,5-3			2,5													2-2,5
B19																							
B21					3				3														
B22					3																		
B23		3									1-3				3-3,5		3					3,5	
B24																							
B25																							
B26																							
B28																							
B29*						4				3													
B30																							
C31		2,5-3																					2-2,5
C32																							
D33																							
D34					3				2,5-3														
D35							2-2,5																
D37										2,5													
D38*					2,5					2,5			2,5-3										
D39													3,5										
D40		1,5-3										3				3					2,5		
D41							2,5										3-3,5						
D42																							
D44																3,5							
D45													2,5						1,5-3				
D46		3,5								2,5		3			2,5		4					3,5	
E47																							
E48					2,5				2,5														
E49																							
E51					4				3,5											2-2,5			2,5
E52						2,5																	
E53							2,5																
E54					2,5				2,5														
E55						2-2,5																	
E57					3																		
F58		3			2,5				2,5				2,5							2,5-3		2-3,5	

* Systemet har ett års kortere eksponeringstid

Figur 7: Rød farge indikerer når skadegradstallet har oversteget 2. Grønn farge har de malingsystemer fått som ikke har fått skadegradstall over 2 etter 8,5 års eksponering. I venstre kolonne er de malingsystemene hvor skadegradstallet er 2 eller mindre på alle stasjoner etter 8,5 års eksponering merket med lysegrønn farge.

6.3.1 B-serien. Overmalte Zn- og Al-belegg.

I sur industriatmosfære (Borregaard) hadde malingsystemer med varmforsinket stål overmalt med ett strøk KK-maling (B11) eller ett strøk vinyl (B14) ikke holdt etter 3,5 års eksponering. Tre strøk med de samme malingene (B12 og B15) hadde imidlertid holdt bra etter 8,5 år.

Dersom underlaget var flammesprøytet Zn holdt systemene bedre for begge toppstrøksmalingene; men med ett strøk KK (B18) passertes skadegrad 2 etter 8,5 år. Flammesprøytet Zn overmalt med polyuretan (B23) ble dårlig etter 3,5 års eksponering. De øvrige systemene med flammesprøytet sink hadde ikke kommet over skadegrad 2 etter 8,5 år.

Under marine forhold (Folehavnen) var det flere av malingsystemene som raskere hadde blitt dårligere enn på Borregaard. Bra etter 8,5 år var B12, B17 (flammesprøytet Zn med alkylid toppstrøk) og B19 (med 3 strøk KK).

Alle malingsystemer med Al-underlag var bra på alle stasjonene unntatt B29 (med 3 strøk vinyl) som for øvrig ble dårlig allerede etter 3,5 år.

B23 ble dårlig etter 8,5 år. Dette var også det eneste malingsystem i denne serien som passerte skadegrad 2 etter 8,5 år på Tangen (alkalisk miljø, avsetninger av kalksteinstøv).

På Birkenes har man relativt rent miljø (en såkalt bakgrunnstasjon) med mye nedbør som av og til kan være forurenset av langtransportert surt regnvann. Bortsett fra B11 og B23 som forfalt etter 3,5 år, var resten av malingsystemene bra etter 8,5 år.

I Bergen (Marineholmen) ble B11 og B23 dårlig etter 3,5 år. B23 har for øvrig bare greid seg over 8,5 år på en stasjon (skvett-stasjonen Fo-10).

6.3.2 C-serien. Zn-etylsilikat og vannbasert Zn-alkalisilikat

Denne serien inneholdt prøver hvor en bare testet primer, og var således ikke å oppfatte som egne malingsystemer.

Zn-etylsilikat (C31) ble dårlig på Borregaard etter 3,5 år og på Marineholmen etter 8,5 år. Ellers stod systemene bra på alle stasjoner.

6.3.3 D-serien. Overmalt Zn-etylsilikat og vannbasert Zn-alkalisilikat.

På Borregaard ble D46 (vannbasert Zn-alkalisilikat med toppstrøk polyuretan) dårlig allerede etter 1,5 år. Dette malingsystem holder stort sett dårlig også på de andre stasjonene.

Bortsett fra på Folehavnen hadde D40 (vannbasert Zn-alkalisilikat med alkyd) blitt dårlig allerede etter 1,5 år på de andre stasjonene.

På Folehavnen holdt etylsilikat med KK og vinyl som toppstrøk (D34-D38) fra 3,5 til 8,5 år (D38 ble dårlig allerede etter 2,5 års eksponering).

På Tangen ble D40 og D46 dårlig etter 1,5 år (gjelder også Birkenes), D38 etter 3,5 år og D39 (Zn-etylsilikat og polyuretan) og D45 (vannbasert Zn-alkalisilikat og vinyl) etter 4,5 år.

Malingsystemet D44 (vannbasert Zn-alkalisilikat med ett strøk vinyl) ble dårlig på Birkenes etter 1,5 år; men holder bra på de andre stasjonene etter 8,5 år.

Ser vi bort fra D38 med polyuretan som toppstrøk, har Zn-etylsilikat som underlag greid seg bra både på Tangen og Birkenes.

I Bergen har nesten alle malingsystemene i denne serien holdt seg godt etter 8,5 års eksponering. Unntaket er som tidligere nevnt D40 og D46.

6.3.4 E-serien. Ref. systemer m/Zn-rik epoxy shopprimer eller etsprimer som underlag

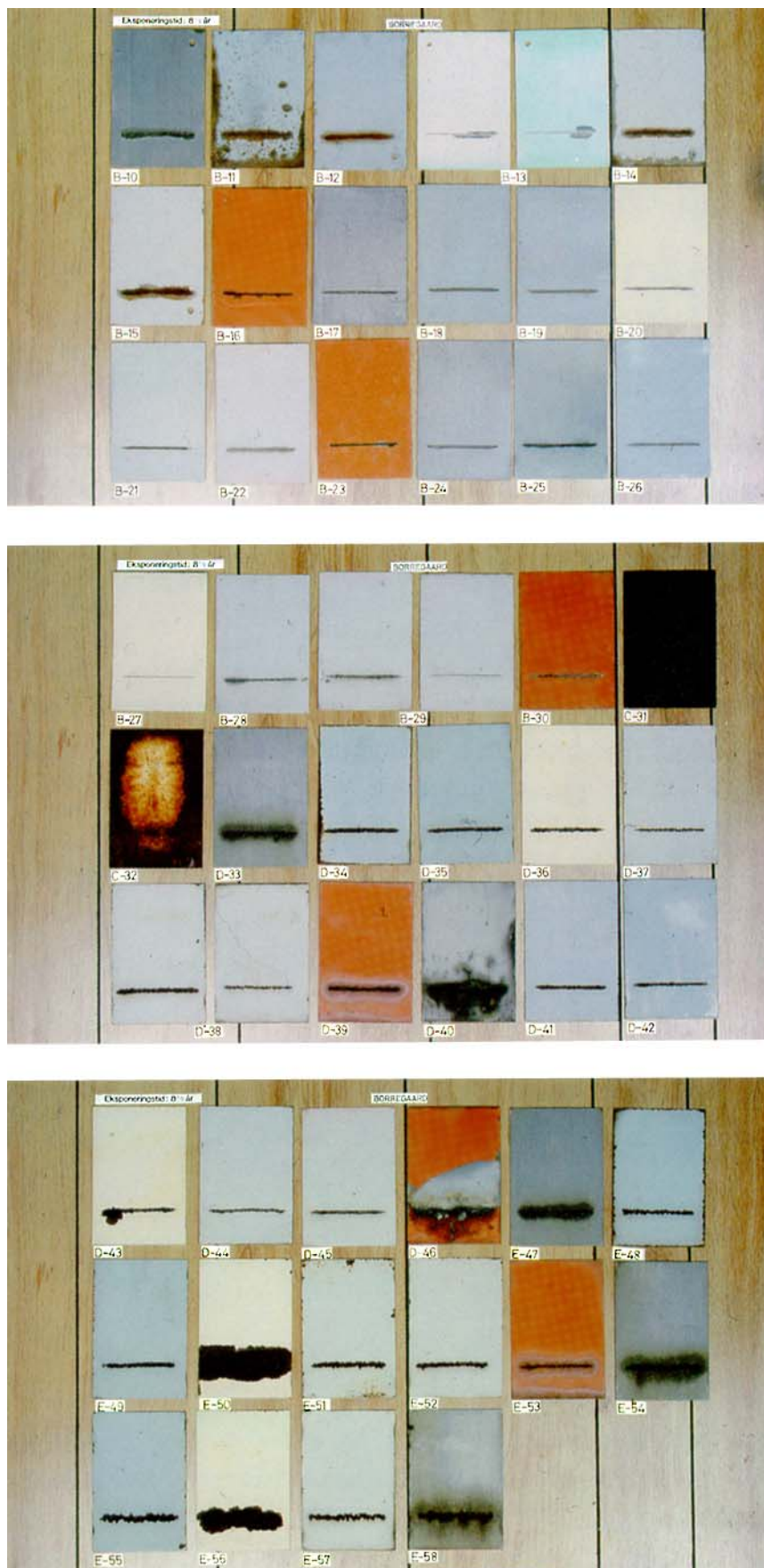
På Borregaard og Tangen var alle malingsystemene bra etter 8,5 år.

På Fo-10 holdt bare E47 (Zn-rik epoxy shopprimer og alkyd) og E49 med 3 strøk KK. På Fo-250 holdt flere malingsystemer noe lenger.

På Birkenes og Marineholmen var der bare E51 (Zn-rik epoxy shopprimer med ett strøk vinyl) som hadde betydelig svikt etter 8,5 år.

Malingsystemet F58 (forrustet prøve + linoljebasert blymønje + alkyd) hadde passert skadegrad 2 på alle stasjoner etter 8,5 års eksponering (på Folehavnen allerede etter 1,5 år, på Borregaard, Tangen og Marineholmen etter 3,5 år og på Birkenes etter 8,5 års eksponering).

De neste evalueringene kom etter 14,5 og ca. 24 års eksponering. Disse omfattet kun et utvalg av de overmalte prøvene på stasjonene Borregaard og Tananger. Prøvene fra Fo-10 ble overført til Tananger i 1982, dvs etter 5,5 års eksponering. Eksponeringene for overmalte prøver på de andre stasjonene ble avvirket etter 8,5 år.



Figur 8: Alle systemene med maling etter 8,5 års eksponering på Borregaard



Figur 9: Alle systemene med maling etter 8,5 års eksponering på Tananger.

6.4 Sluttevaluering av overmalte belegg etter ca. 24 års eksponering på Borregaard og Tananger

Av Tabell 5 kan man se at lite hadde skjedd fra 8,5 til 14,5 års eksponering. Ingen ”nye” systemer hadde fallert i denne tiden.

Etter ca. 24 år var tilnærmet alle malingsystemer både på Borregaard og Tananger i meget dårlig forfatning, med unntak av de som er merket med grønt i kolonnen for tilstandskarakter i Tabell 5.

Totalt sett, hvor det er tatt hensyn til begge stasjoner, syntes malingsystemene B17 (flammesprøytet Zn + alkyd) og B26 (lysbuesprøytet Al + 3 strøk KK) å ha greid seg best gjennom hele eksponeringsperioden på ca. 24 år.

I vedlegg C følger en tekstet gjennomgåelse av evalueringen av de enkelte systemer.

Nedenfor er vist tabellariske fremstillinger av evalueringene. Systemene er sortert på to måter.

I Tabell 5 er systemene sortert etter anvendt underlagsmaling, og i Tabellene 6a og 6b er type toppstrøk sorteringsgrunnlaget.

Skadene var nå kommet så langt at vedlikehold i de fleste tilfeller vil være nødvendig for videre bevaring av underlaget.

Skadegradstallene viste seg da ikke å være spesielt godt egnet når man skulle vurdere vedlikeholdsbehovet for de ulike systemer. Om et malingsystem er skadet kan underlaget likevel gi god beskyttelse over lengre tid. Det kan også være slik at selv om skadeomfanget er like stort av eksempelvis to systemer, så kan reparasjonen av det ene systemet være mindre resurskrevende enn for det andre systemet. Disse forhold gir ikke skadegradstallene tilfredsstillende opplysninger om. Det er derfor denne gang forsøkt å summere og vurdere de antatt viktigste parametere som virker inn på et malingsystems vedlikeholds- og resursbehov. Dette kommer til uttrykk i en tilstandskarakter (se beskrivelse av kolonne 9 nedenfor).

I Tabell 6a, b er vist de parametere som er brukt.

Under denne senere delen av felteksponeringen ble det generelt brukt to parallellprøver. Dersom begge prøvene viste skade i forhold til parameteren angis dette med et to-tall, og med et ett-tall dersom det bare gjelder den ene prøven. Er skaden liten settes tallet i parentes.

Kolonne 4: Slitasje:

Indikerer mer eller mindre jevn fjerning av toppstrøket. Dette er lettest å se dersom underlaget har en annen farge som da vil trenge gjennom. Malinger som er pigmentert kan bli mørkere dersom pigmentene lettere blir sittende igjen enn bindemidlet (eksempelvis systemene med alkyd toppstrøk). I de tilfeller man bare

kan fornye det slitte malingsjiktet behøver ikke dette representere noen alvorlig skade.

Kolonne 5: Oksidgjennomslag:

Her menes at oksid-dannelser (korrosjonsprodukter) i metallbelegget i underlaget har trengt gjennom toppstrøket i større eller mindre grad. I et tidlig stadium vil man vanligvis bare se blæredannelser. Etter hvert vil blærene sprekke og oksidet trenger frem til overflaten. For metalliserte jernplater har vi oksider av sink eller aluminium. Disse kan fremdeles beskytte underlaget i lengre tid selv om systemet som sådant er defekt. Gjennomslaget i malte jernplater som ikke er metalliserte vil bestå av rust. Dette må betraktes som en mer alvorlig skade som vanligvis vil kreve snarlig utbedring.

Kolonne 6:

Rust/riss: Indikerer hvorvidt det forekom rust eller ikke i risset.

Kolonne 7:

Avf./riss: Indikerer tydelig avflaking i tilknytning til risset.

Kolonne 8: Kantskade:

Dette vil si at plateprøven har mistet malingen i kantene, eller at man har avflaking innover mot overflaten med utgangspunkt i kantene.

Kolonne 9:

Summen av tallene fra kolonne 4 til kolonne 8. Hvis tallet er angitt i parentes er det ved summeringen bare gitt halv verdi. Noen systemer har fått et større tall i denne kolonnen enn summen. Det skyldes at systemet har andre skader enn de som beskrives av de 5 ovennevnte parametrene. De beste systemene er angitt i tabellene med mørk grønn bakgrunn, og de dårligste med grå bakgrunn.

Kolonne 10:

Skadegradstall i følge skalaen beskrevet under kapittel 5.

Tabell 5: Malingsystemene sortert etter underlag.

Syst.	Underlag	Toppstøkk	Borreg. Etter 8,5 år	Etter 14,5 år	Etter ca.24 år Skadegrad	Tilstand	Tananger Etter 8,5 år	Etter 14,5 år	Etter ca. 24 år Skadegrad	Tilstand
B10	vZn (v)	3 Alkyd	1-1,5	1,5-2	3	4	2-2,5	-		
B12		3 KK	1-1,5	2	3-3,5	6	2	-		
B16		3 PU	1,5	1,5-2	3,5	8	1-1,5	1,5-2	2,5-3	8
B17	v Zn	3	1	1	2,5-3 1)	2	1,5	0,5-1	1	1
B18		1	2,5-3	2	3	6	2,5-3	1	3 1)	3
B19		3	0,5	1-1,5	2 2)	3	0,5-1	2	3	2
B21		1 V	1,5-2	1,5	3 2)	3	4	-		
B22		3	1,5	1,5	3,5 2)	5	2,5-3	-		
B23		3	2,5-3	-			1,5	1,5	2,5	3
B24	v Al	3	0	1-1,5	2,5-3 1)	2,5	1,5	1,5	2,5	5
B25		1	1	0,5	3 1)	2	1,5	0,5		
B26		3	1-1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	2,5	2
B30	Zn m	3	1-1,5	1,5	2,5	4	1,5-2	0,5-1	2,5	3
D33		2	0,5-1	1,5	3	5	1,5	1,5	3-3,5	6
D35		3	1-1,5	1	2,5-3	6	2-2,5	-		
D39		3	1,5	-			1,5-2	1	2,5	3
D41	v Zn m	1	1-1,5	1	3-3,5	8	2,5	-		
D42		3	1-1,5	1	2	5	1,5	-		
D44		1	1,5	1,5-2	3,5	9	1	1,5-2	3-3,5	6
D45		3	1,5	1,5	3,5	7	1,5-2	1,5	3,5	8
D46		3	3,5	-			1,5	1,5	4	10
E47	Zn shopp.	3	0,5-1	1,5	3	6	1	1,5	3-3,5	6,5
E49		3	1-1,5	1	2,5	7	2	-		
E52		3	1,5	1,5	3,5	8	2-2,5	-		
E54	Etsp.	3	0,5-1	1,5	3	5	2-3,5	-		
E57		3	1,5	1-1,5	3,5	8	3	-		

1) Behov for vedlikehold pga. jevn siltasje av toppstøkket. For øvrig er det ubetydelig eller ingen skade å se, og underliggende stål er intakt.

2) Relativt store skader har her oppstått i større eller mindre deler av malingsystemet. Underliggende stål er imidlertid fremdeles godt beskyttet pga. sink eller aluminium eller oksider av disse.

KK=Klorokausjukk maling, PU=polyuretan maling, V=vinyll maling

Underlagsbehandling for toppstøkk:

vZn=varmforsinket uttetter stål

fZn=flammesprøytet sink på uttetter stål

Al=lysbuesprøytet aluminium på stål

Zn m=sinkrike malinger

Zn shopp=Sinkrik epoxy shopprimer

Etsp =Etsprimer

Tabell 6a: Borregaard. Malingsystemene sortert etter toppstrøk. Evaluering etter 24 år.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Syst.	Underlag	Toppstrøk	1.Sittasje	2.Oksidj.	3.Rustfritt	4.Avfl./fritt	5.Kantskader	Tilstand	Skadegrad	Merknader
B10	v Zn	3 Alkyd	2		1	1		4	3	Baksiden tilnærmet intakt
B17	f Zn	3	2					2	2,5 - 3 1)	Baksiden tilnærmet intakt
B24	f Al	3	2			(1)		2,5	2,5 - 3 1)	Baksiden tilnærmet intakt
D33	Zn m	2	2		2	(2)		5	3	Litt rustflekker på en plate. Mørk rundt riss
E47	Zn shopp.	3	2		2	(2)		6	3	Mørk rundt riss. Sentrale deler OK
E54	Etsp.	3	2		2	(2)		5	3	Mørk rundt riss. Sentrale deler OK
B12		3 KK	2		2	2	2	6	3 - 3,5	Bra i sentrale deler
B18		1		2	(2)	1	2	6	3	
B19		3			1	1	(2)	3	2 2)	
B25		1	2					2	3 1)	Virker spøttet pga. gjenværende pigment
B26		3		(2)*		(2)		2	2	*) Små blærer som har sprukket
D35		3			2	2	2	6	2,5 - 3	Bra i sentrale deler
D41	v Zn m	1	(2)	1*)	2	2	2	8	3 - 3,5	*) Rustgjennomslag
D42		3			2	(2)	2	5	2	
E49		3		(2)	2	2	2	7	2,5	
B16		3 PU			2	2	2	8	3,5	Avflaking, særlig under riss (reduserer tilstand). Sopp
B23		3								
B30		3		*)	(2)	(2)*		4	2,5	*) Blæredannelser. Sopp
B21		1 V		2			(2)	3	3 2)	
B22		3	2	(2)		1	(2)	5	3,5 2)	Mønjeunderlaget kom frem. Baksiden hadde sopp
D44		1	2*)	2	2	(2)	2	9	3,5	*) Lyst spøttet utseende
D45		3	2		2	2	(2)	7	3,5	Mønjeunderlaget kom frem.
E52		3	2*)		2	2	2	8	3,5	*) En plate mindre slitt. Mønjeunderlaget kom frem
E57		3	2		2	2	2	8	3,5	Mønjeunderlaget kom frem

1) Behov for vedlikehold pga. jevn sittasje av toppstrøket. For øvrig er det ubetydelig eller ingen skade å se, og underliggende stål er intakt.

2) Relativt store skader har her oppstått i større eller mindre deler av malingsystemet. Underliggende stål er imidlertid fremdeles godt beskyttet pga. sink eller aluminium eller oksider av disse.

KK=Klorakutsjuk maling, PU=polyuretan maling, V=vinyll maling

Underlagsbehandling for toppstrøk:

vZn=varmforsinket utrettet stål

fZn=flammesprøytet sink på utrettet stål

fAl=lysbuesprøytet aluminium på stål

Zn m=sinkrike maling

Zn shopp=sinkrik epoxy shopprimer

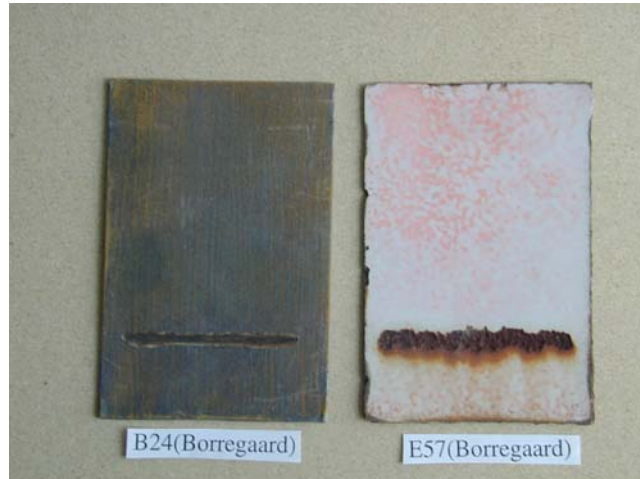
Etsp.=Etsprimer

Tabell 6b: Tananger (stasjonen flyttet fra Folehavnen i 1982). Malingsystemene sortert etter toppstrøk.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Syst.	Underlag	Toppstrøk	1.Sillasje	2.Oksidj.	3.Rust/riss	4.Avfl./riss	5.Kantskade	Etter ca. 24 år Tilstand	Skadegrad	Merknader
B17	f Zn	3 Alkyd	(2)					1	1	
B24	I Al	3	(2)	2*)				5	2,5	*)Alvorlig gjennomslag og uestetisk.
D33	Zn m	2	(2)	(2)*	2	1	(2)	6	3 - 3,5	*)Noen rustflekker
E47	Zn shopp.	3	(2)	(1)	2	2	(2)	6,5	3 - 3,5	
B18		1 KK	(2)	2				3	3	Merkere i hjørner og rundt kantene
B26		3		2*)				2	3	*)Særlig viktene. Uestetisk, men god beskyttelse ennå
B16	vZn	3 PU		(2)*		(2)		2	2,5	*)Noen blærer har sprukket, men god beskyttelse
B23		3		2		2	2	8	2,5 - 3	Dårlig helt. Mange blærer på flaten (redusert tilstand)
B30		3		1*)		1	(2)	3	2,5	Blæretendenser på overflaten
D39		3		*)		2	(2)*	3	2,5	*)Ujevnt på de to platene. Blærer ved riss
D46	vZn m	3			2	2	2*)	10	4	*)Blæredannelser eller fendenser
D44		1 V		*)	1		(2)	6	3 - 3,5	*) Store stykker korrodert bort. Gir derfor tilstand 10
D45		3	2*)		2	2	2	8	3,5	*)Underliggende mønne var synlig



Figur 10: System B18 (flammesprøytet Zn med ett strøk KK). Prøvene er fra Tananger (til venstre) og Borregaard etter ca. 24 års eksponering (forstørrelse 6,4 x). Pga de tynne malingsjiktene vil Zn-oksider fra underlaget presse seg gjennom og danne blærer som etter hvert sprekker. I sur atmosfære som på Borregaard vil imidlertid oksidene vaskes mer eller mindre ut slik at man får groper (pittings). Nær sjø som på Tananger skjer ikke dette. Oksidene løses lite, malingsjiktet blir presset bort, og man får en ruglet overflate bestående av oksider, havsalter og eventuelt rester av et erodert toppstrøk.



Figur 11: Bildet viser eksempler på en sannsynligvis mindre alvorlig skade som man kan kalle slitasje eller erosjon. Dette skyldes dels vær og vind og dels kjemisk forvitring. Det øverste malingsjiktet er i større eller mindre grad slitt bort, og underlagssjiktet blir synlig dersom det har en annen farge som i disse tilfeller. For malingsystemet E57 forekom også kraftig krittning. Disse slitasjefenomenene forekom både på Borregaard og Tananger. Prøvene er fra Borregaard etter 24 års eksponering.

6.4.1 Borregaard

Av Tabell 6a kan det se ut som malingsystemer med vinyl som toppstrøk stort sett har fått dårligere karakter enn system med andre toppstrøk. Det er for øvrig vanskelig å finne noen klar sammenheng mellom toppstrøk og skader.

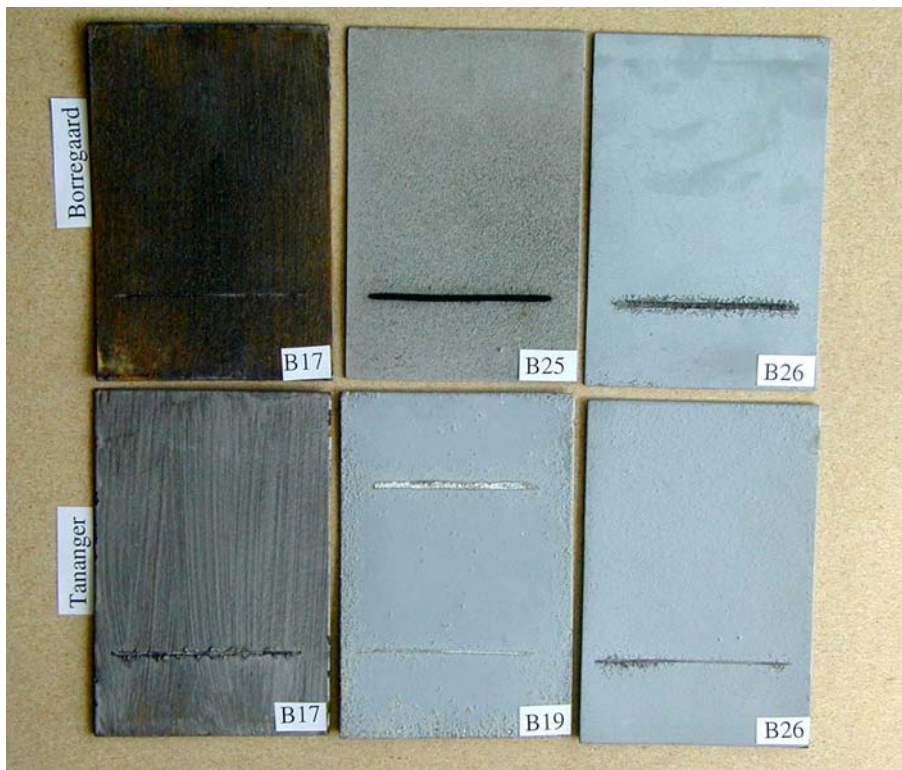
I Tabell 5 går det imidlertid klart frem at de aller fleste systemer med aluminium- eller sinkunderlag var bedre enn systemer med malingunderlag. Det skyldtes at selv om toppstrøket ødelegges vil underliggende metall samt fremstikkende oksider fremdeles kunne beskytte systemet over lang tid. B16 med 3 toppstrøk polyuretan på varmforsinking er imidlertid et unntak. Panelet var her i meget dårlig forfatning pga. avflaking. Vi vil særlig fremheve systemene med aluminiumunderlag (B24, 25 og 26). De greier seg fremdeles meget godt. (B30 hadde blæredannelser og sopp og var et unntak). Like bra var systemet med flammesprøytet sink som underlag og 3 strøk alkyd som toppstrøk (B17).

6.4.2 Tananger

Av Tabell 6b ser man at det innenfor systemer med samme toppstrøk var store variasjoner i skader. Særlig var dette markert for systemer med polyuretan som toppstrøk. Her var B17 (flammesprøytet Zn med tre strøk alkyd) aller best. Sammen med B19 (flamme-sprøytet Zn med tre strøk KK) og B26 utgjorde disse de systemer som hadde klart seg best på Tananger.

Tabell 5 viser at også på Tananger var det systemer med aluminium eller sink som underlag som stod best, og igjen var det slik at system B16 var et unntak med dårlig karakter (blærer og heftsvikt).

Vi kan ikke foreta noen fullstendig sammenlikning mellom de to målestasjonene, hvorav Borregaard har sur industriatmosfære mens Tananger representerer en kyststasjon i sjøsprøytsonen. Dette skyldes at vi hadde mistet noen systemer på Tananger. Det så imidlertid ut som om de systemer som var bra på den ene stasjonen også var bra på den andre stasjonen. Det største avviket representerte system D44 (1 strøk vinyl som toppstrøk på sinkmaling). Der hadde systemet klart seg atskillig bedre på Tananger enn på Borregaard.



Figur 12: Malingsystemene som syntes å tåle eksponeringen på ca. 24 år best på Borregaard og Tananger.

7 Referanser

Det er skrevet 4 fremdriftsrapporter og 2 ”sluttrapporter” fra prosjektet:

Haagenrud, S.E.(1977) Atmosfærisk korrosjonsprøving av umalte og malte sink og aluminiumbelegg på stål, samt umalte og overmalte sinkrike malingbelegg på stål. Fremdriftsrapport nr. 1. Lillestrøm (NILU OR 6/77).

Anda, O og Haagenrud, S.E.(1978) Atmosfærisk korrosjonsprøving av umalte og malte sink og aluminiumbelegg på stål, samt umalte og overmalte sinkrike malingbelegg på stål. Fremdriftsrapport nr. 2, evaluering etter 1¹/₂ års eksponering. Lillestrøm (NILU OR 44/78).

Haagenrud, S.E. og Klinge, R.(1979) Atmospheric corrosion testing of metallized, metallized and painted, and painted steel. Fremdriftsrapport nr. 3. Lillestrøm (NILU OR 36/79).

Haagenrud, S.E., Henriksen, J.F. og Anda, O. (1981) Atmosfærisk korrosjonsprøving av umalte og malte sink og aluminiumbelegg på stål, samt umalte og overmalte sinkrike malingbelegg på stål. Fremdriftsrapport nr. 4, 3¹/₂ års eksponering. Lillestrøm (NILU OR 16/81).

Haagenrud, S.E., Henriksen, J.F. og Anda, O. (1986) Atmosfærisk korrosjonsprøving av umalte og malte sink og aluminiumbelegg på stål, samt umalte og overmalte sinkrike malingbelegg på stål. Sluttrapport for 8¹/₂ års felteksponering. Lillestrøm (NILU OR 29/86).

Anda, O. (1991) Atmosfærisk korrosjonsprøving av metall – og malingbeleggsystemer under ulike miljøforhold. Rapport etter 14¹/₂ års eksponering. Lillestrøm (NILU OR 63/91).

Andre referanser:

Anda, O. og Henriksen, J.F. (1988) Overvåking av korrosjon 1981-1986. Lillestrøm (NILU OR 32/88).

International Organization for Standardization (1996) Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Part 2: Classification of environments. Genève (ISO 12944-2).

International Organization for Standardization (1992) Corrosion of metals and alloys - Classification of corrosivity of atmospheres. Genève (ISO 9223).

Ofstad, T. og Henriksen, J.F. (1988) Klassifisering av korrosjonsmiljø på NILUs feltstasjoner. Lillestrøm (NILU OR 86/88).

Ofstad, T. (1990) NILUs feltstasjoner for korrosjon. Miljø- og korrosjonsmålinger 1989. Datarapport. Lillestrøm (NILU OR 76/90).

Ofstad, T. (1991) NILUs feltstasjoner for korrosjon. Miljø- og korrosjonsmålinger 1990. Datarapport. Lillestrøm (NILU OR 50/91).

Ofstad, T. (1992) NILUs feltstasjoner for korrosjon. Miljø- og korrosjonsmålinger 1991. Datarapport. Lillestrøm (NILU OR 89/92).

Ofstad, T. (1993) NILUs feltstasjoner for korrosjon. Miljø- og korrosjonsmålinger 1992. Datarapport. Lillestrøm (NILU OR 51/93).

Ofstad, T. (1995) NILUs feltstasjoner for korrosjon. Miljø- og korrosjonsmålinger 1993. Datarapport. Kjeller (NILU OR 8/95).

Ofstad, T. (1996) NILUs feltstasjoner for korrosjon. Miljø- og korrosjonsmålinger 1994. Datarapport. Kjeller (NILU OR 3/96).

Ofstad, T. (1997) NILUs feltstasjoner for korrosjon. Miljø- og korrosjonsmålinger 1995. Datarapport. Kjeller (NILU OR 5/97).

Ofstad, T. (2000) NILUs feltstasjoner for korrosjon. Miljø- og korrosjonsmålinger 1996-1998. Datarapport. Kjeller (NILU OR 31/2000).

Vedlegg A
Deltakere i prosjektet

Listen under viser alle deltakere i prosjektet i startfasen. De fleste av disse trakk seg etter hvert. Over så lang tid som i dette tilfellet, vil flere av firmaene kunne ha endret navn og kontaktpersoner. I parentes bak hver firmaadresse er angitt det siste året de var deltaker i prosjektet. Noen av disse årstallene er usikre. En strek i parenteser indikerer at vedkommende firma kun har ytet teknisk assistanse.

I tillegg til de nevnte deltakere hadde man også en internasjonal deltaker i ”International Lead Zinc Research Organization”, New York, ved dr. Dodd S. Carr. Organisasjonen bidrog med \$ 1 000 i 1977.

Produsentgruppe

Norzink
v/tekn.kon. T. Jore
Postboks 83
5751 ODDA (2000)

Metalliseringsverket A/S
v/kontorleder Hans Lund
Ole Deviks vei 24
0611 OSLO (1990)

A/S Jotunggruppen
v/lab.sjef Y. Olavesen
Postboks 305
3201 SANDEFJORD (1985)

A/S Valvoline Oil
v/avd.sjef T. Nerdrum
Postboks 2880, Kampen
OSLO 5 (1978?)

A/S Nodest Industrier
v/disp. Bjørneby/Oslokontoret
v/lab.sjef J. Grimeland
3400 LIERBYEN (1977?)

Waardals Kjemiske Fabrik
v/siv.ing Odd H. Waardal
Strandgt 209
5000 BERGEN (1991)

Alcro Carboline
v/Marine Manager J. Halvorsen
Strandgt 14
5000 BERGEN (1977?)

Stabil-Alna
v/ing. Finn Hansen
1545 HVITSTEN (1983)

HEMPEL
v/E. Klyve
5305 FLORVÅG (1991)

A/S Elkem Spigerverket
v/lab.sjef R Hulbaklien
Postboks 4224 Nydalen
OSLO 3 (-)

Sønnichsen Rørvalseverket A/S
v/Magister A. Færden
Sandakerveien 116
OSLO 4 (-)

Star Maling og Lakkfabrikk A/S
v/Widerøe
Postboks 114
3001 DRAMMEN (1990)

Brukergruppe

Statnett
Kraftledningsavd.
v/Svein M. Fikke
Postboks 5192, Majorstua
0302 OSLO (2000)

Vegdirektoratet
Bruavdelingen
v/overing R Klinge
Grenseveien 97
0663 OSLO (2000)

Teledirektoratet
v/S. Medalen
Universitetsgt 2
OSLO 1 (1983)

Norges Statsbaner
Teknisk Laboratorium
v/A. Bøhn
Vei 3391, Grorud
OSLO 9 (-)

Hærens Forsyningskommando
v/overing Odd Solheim
Lørenveien 38 Oslo Mil/Løren
0585 OSLO (2000)

A/S Borrsgaard
v/ing Hollemd
1701 SARPSBORG (-)

Mons Brynildsrud Maskin A/S
Postboks 158
v/F. Hansen
1360 NESBRU (1985?)

Forskningsgruppe
Norsk Institutt for Luftforskning
v/forsker Svein E Haagenrud
Postboks 130
2001 LILLESTRØM

Norges Tekniske Høgskole
Korrosjonssentret
v/inst.ing E Bardal
Mekanisk teknologi
7034 TRONDHEIM -NTH

Norges Skipsforskningsinstitutt
v/avd.ing Finn Jensen
Postboks 147, Asnes
3201 SANDEFJORD

Det norske Veritas
Materialtekniske Institutt
v/overing L. Atteraa
Lars Hillesgt 34
5000 BERGEN

Vedlegg B

Tykkelsesmåling av metalliserte belegg

Tabell B1: Tykkelse av metalliserte belegg på stål målt ved magnetisk metode og kjemisk oppløsning (Haagenrud et al., 1986). NILU har målt beleggtykkelse med magnetisk metode (Elcometer) etter 8 1/2 års eksponering. Tykkelse er oppgitt i μm .

A-serien	Produsent	Belegg*	Spesifikasjon	Beleggtykkelser (ueksponert):		Beleggtykkelser etter 3,5 og 8,5 års eksponering											
				Elcometer	Oppl.**	Borregaard		Fo-10		Fo-250		Tangen***		Birkenes		Marineh.	
						3,5**	8,5	3,5**	8,5	3,5**	8,5	3,5**	8,5	3,5**	8,5	3,5**	8,5
1	Elkem	vZnU 460°C	80-120 μm		56	51	51	>	54	>	63	>	65	60	58	57	
2	"	vZnU 560°C	80-120 μm		93	77	>	89	>	98	98	88	>	86	>		
3	"	vZnT 460°C	180-220 μm		192	176	176	186	186	186	192	186	178	>	185	185	
4	"	vZnT 560°C	80-120 μm		102	90	81	90	87	91	91	91	80	80	85	85	
5	SINTEF	fZn 560°C		120 μm +/-20%	137	116	116	132	>	145	>	121	>	143	143	109	
6	"	fZn 560°C		230 μm +/-20%	264	223	>	218	>>	220	>	219	>>	232	>>	244	>
7	"	fAl		170 μm +/-20%	128	132	>>	86	>>	110	>>	118	>>	161	>>	133	
8	"	fAl		160 μm +/-20%	164	177	>	193	>>	219	219	189	>>	233	200	194	
9	"	vAl 25 μm	25 μm		36	34	29	32	32	35	26	35	28	35	26	35	

* vZnU=varmforsinket uttettet stål

vZnT=varmforsinket tett stål

fZn=flammesprøytet uttettet stål

fAl=lysbuesprøytet aluminium

fAl=flammesprøytet aluminium

vAl=varmaluminisert

** Kjemisk oppløsning utført av av A/S Elkem Spigerverket

*** Eksponeringen ble avsluttet etter 12,5 år da stasjonslokaliteten skulle anvendes til andre formål.

Vedlegg C

Beskrivelse av tilstanden for de ulike systemene etter ca. 24 års eksponering

Beskrivelse av tilstanden for de ulike systemene etter 24 års eksponering. I parentes er angitt skadegrad. Prøvene som har polyuretan som toppstrøk (rødorange farge) hadde bleknet en god del mer på Tananger enn på Borregaard.

Borregaard

- B-10** (3) Slitt, men ellers bra. Lite rust i riss, men noe avflaking rundt riss på en av platene. Baksiden var fin.
- B-12** (3-3,5) Malingen sprukket rundt kant og riss. Sentrale deler av overflaten var bra. Rust i riss. Baksiden hadde ikke rust i riss.
- B-16** (3,5) Malingen flaker av fra riss og kanter, særlig nedenfor riss som inneholdt rust. Litt svertesopp. Baksiden så atskillig bedre ut.
- B-17** (2,5-3) Slitt som nr 10, ellers bra. Lite rust i riss og ingen avflaking. Baksiden var fin
- B-18** (3) Slitt, særlig langs kanter hvor vi også hadde en overflatisk rusting. Svært lite rust i riss, men litt oppsprekking. Baksiden var atskillig bedre, men noe slipp langs kantene.
- B-19** (2) En plate har sprekkdannelse i filmen. Dette skyldtes ufullstendig herding p.g.a. uheldige lagringsforhold. Bare den ene plate har noe rust i riss og avskalling rundt risset. Litt oppsprukket langs kantene. Baksiden var fin.
- B-21** (3) Slitt omtrent som nr 18, men har greid seg noe bedre langs kantene. Risset var fint. Baksiden var imidlertid atskillig bedre da den var mindre slitt.
- B-22** (3,5) Toppstrøket er borte men neste strøk (mønje) beskytter ennå. Riss hadde noe avskalling, ellers bra. Litt avskalling langs kantene. Baksiden var atskillig bedre, dog med litt svertesopp Toppstrøket var her bare lite medtatt.
- B-24** (2,5-3) Samme beskrivelse som nr 17.
- B-25** (3) Malingen synes å beskytte underlaget ennå selv om sjikttykkelsen nå er meget tynn og overflaten hadde ruglet struktur. Riss og kanter var bra. Baksiden er noe mindre slitt.
- B-26** (2) Korte sprekker i malingfilmen. Oksidet under sprenger på, og dette gir også blæretendenser. Ikke rustdannelser, men noe oppsmuldring rundt riss. Baksidens overflate er fin. Lite oppsmuldring, men litt rust i riss (omvendt av fremsiden).

- B-30** (2,5) Blærer fylt med oksid rundt riss og langs nedre kant. Lite rust. Svertesopp. Meget bra langs kantene. Baksiden hadde tendens til blærer rundt riss, ellers bra.
- D-33** (3) Slitt. Rust i riss og noen rustgjennomslag (flekker). Mørk rundt riss. Bra langs kanter. Den sentrale delen av overflaten er bra. Baksiden var mindre slitt.
- D-35** (2,5-3) Selve filmen var fin. Rust i riss og sprukket en del langs kantene hvor det også var noe rust.
- D-41** (3-3,5) Slitt og sprukket langs kantene hvor det også var rust. Rust i riss.
- D-42** (2) Rust i riss med litt avflaking. Litt oppsprekking langs kantene.
- D-44** (3,5) Slitt. Rust i riss. Litt oppsprukket langs kantene.
- D-45** (3,5) Toppstrøket var nesten borte slik at primeren ble synlig. Rust i riss. Litt sprukket langs kantene. Baksiden hadde ennå toppstrøket nesten intakt.
- E-47** (3) Som nr. 33.
- E-49** (2,5) Som nr. 42.
- E-52** (3,5) Toppstrøket nesten helt borte på den ene plate (primeren kom da til syne). Rust og oppsmuldring rundt riss. Også rust langs kantene.
- E-54** (3) Som nr. 33.
- E-57** (3,5) Mye av toppstrøket var borte. Rust i riss. Noe oppsmuldring langs kantene.

Tananger

- B-16** (2,5-3) Ikke rust. Malingfilmen virker sprø. Avflaking særlig ved riss.
- B-17** (1) Noe slitt, ellers fin.
- B-18** (3) Mange blærer som var fulle av oksid. Blæren var sprukket, men beskyttelsen var fremdeles god pga. underliggende sink. Ikke rust i riss. Mørk i flere av hjørnene. Baksiden var nesten fri for maling (bare oksid).
- B-19** (3) Blærer langs kantene, opp til 2 cm inn fra kanten. Hvitt oksid i riss. De sentrale deler er bra. Forside og bakside ser temmelig like ut. Merk at det bare var en plate til denne evalueringen.

- B-23** (2,5) Litt oppsprekking og avskalling i kantene. Blæredannelser (stor forskjell på parallellene). Ikke rust i riss.
- B-24** (2,5) Ikke pen Tendens til blæredannelser med oksid. Ikke rust i riss. Blæredannelsen var tydeligst på baksiden.
- B-26** (2,5) Tendens til blæredannelser med oksid, særlig ved riss som ikke hadde rust.
- B-30** (2,5) Blæredannelser med oksid under. Noe ujevnt. Ikke rust i riss.
- D-33** (3-3,5) Slitt. Rustflekker. Rust i riss.
- D-39** (2,5) Blærer langs kant og i riss. Rust i riss. Ellers bra.
- D-44** (3-3,5) Rustflekker og rust i riss.
- D-45** (3,5) Toppstrøket hadde begynt å forsvinne. Mye rust i riss og langs kanter.
- D-46** (4) Platene var korrodert inn fra sidene. De sentrale delene var imidlertid bra.
- E-47** (3-3,5) Slitt. Rust i riss og langs kantene.

Vedlegg D

Resultater fra de første evalueringer

Resultater fra de første evalueringene (fra 1,5 år til 8,5 år). Rute uten tall betyr at skadegradstallet ikke er nedtegnet. Eksponeringstiden for malingsystemene B29 og D38 er ett år mindre enn angitt i tabellen. Dette skyldtes at prøvematerialet ble laget på ny året etter opprinnelig start.

Tabell D1: Skadegradstall for de første eksponeringsårene. Rute uten tall betyr at skadegradstallet ikke er nedtegnet. Eksponeringstiden for systemene B29 og D38 er ett år mindre enn angitt i tabellen.

Syst.	Borregaard			Folehavnen 10			Folehavnen 250			
	1,5 år	3,5 år	8,5 år	1,5 år	5,5 år	8,5 år	1,5 år	3,5 år	5,5 år	8,5 år
A1	0	0	2-2,5	0	0	1,5	0	0		1,5
A2	0	0	2-2,5	0	0	1,5	0	0		1
A3	0	0	1	0	0	1,5	0	0		1
A4	0	0	0,5	0	0	1,5	0	0		1
A5	0	0	0,5	0	0	1	0	0		0,5
A6	0	0	0,5	0	0	1	0	0		0,5
A7	0	0	0,5	0	0-0,5	0,5	0	0		0-0,5
A8	0	0	0,5	0	0-0,5	0,5	0	0		0-0,5
A9	2	3	1,5	0	0,5	1	0	0		1-1,5
B10	0	0	1-1,5	0	1-2	2-2,5	0	1,5		1,5
B11	2	3		2,5	2,5-3		3	3-4	2,5-3	3,5-4
B12	0	2	1-1,5	2	2	2	2	2	1,5-2	1,5-2
B14	0	2-2,5		2,5	4		2,5	2,5	2,5-3	4
B15	0	1,5-2		1	3		0	2	2-2,5	2,5
B16	0	2,5	1,5	3	0,5	1-1,5	2,5	1,5		2-2,5
B17	0	0	1	0	0,5	1,5	0	0		1,5
B18	0	0,5	2,5-3	0	0	2,5-3	0	2		2,5
B19	0	0	0,5	0	0	0,5-1	0	0,5		1
B21	0	1	1,5-2	3	4	4	3	2,5-3		2,5
B22	0	1	1,5	3	2,5-3	2,5-3	0	1,5-2		2
B23	0	3	2,5-3	0	0-1,5	1,5	0	0,5-2		1-3
B24	0	0	0	0	0-1	1,5	0	0		0,5
B25	0	0	1	0	1	1,5	0	0,5		1
B26	0	1-2	1-1,5	1,5	1-1,5	1,5	1	1-2		1,5
B28	0	0		0	0,5		0	0		1
B29*		2						3		3,5
B30	0	0	1-1,5	0	0-0,5	1,5-2	0,5	0-0,5	3	1,5
C31	0	2,5-3		0	0		0	1		1,5-2
C32	0	0,5		0	0		0	0,5		0,5-1
D33	1	1-2	0,5-1	1,5	1,5	1,5	1	1,5		1
D34	0	1,5		1	1,5-2,5		1	2,5-3	1,5-2	3,5
D35	0	1,5	1-1,5	0	1,5	2-2,5	0	1,5		1
D37	1	2		0	1-2		0	2	1-2	2,5
D38*		1,5						1,5-2		2,5
D39	2	2	1,5	2	1,5	1,5-2	2	1-1,5		1,5
D40	0	1,5-3		0,5	0,5-1		0	2		1,5-2
D41	0	1	1-1,5	0	1	2,5	0	0-0,5		1,5-2
D42	0	0,5	1-1,5	0	1	1,5	0	0,5		1,5
D44	0	1	1,5	0	0,5	1	0	1		1,5
D45	0	1,5	1,5	0	0,5-1	1,5-2	0	1,5		1-1,5
D46	3,5	3,5	3,5	0	1	1,5	0	0,5-1	2,5	1-3
E47	0	1,5	0,5-1	1	1-1,5	1	0	1,5		1,5
E48	1,5	2		2,5	3		2,5	2,5-3		3
E49	0	1,5	1-1,5	1	1,5	2	2	2		1,5
E51	2	2,5		4	4		3,5	4	3,5-4	4
E52	1	1,5-2	1,5	0,5	1,5-2	2-2,5	2	2		1,5-2
E53	2	2		2	2,5		2	1,5		2
E54	0	2	0,5-1	2,5	1,5	2-3,5	2,5	2		1,5
E55	0	2		1,5	2-2,5		1	1,5		1,5-2
E57	1	2	1,5	3	2,5-3	3	3	2	2	1,5-2
F58	1	3		2,5	2,5-3		2,5	3	2,5	2,5-3

* Systemet har ett års kortere eksponeringstid

Tabell D1: *forts.*

Syst.	Tangen, Brevik				Birkenes				Marineholmen**		
	1,5 år	3,5 år	4,5 år	8,5 år	1,5 år	3,5 år	4,5 år	8,5 år	1,5 år	3,5 år	8,5 år
A1	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	1
A2	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	1
A3	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0,5-1
A4	0	0	0	0	0	0	0	0-0,5	0	0	0,5
A5	0	0	0	0	0	0	0	0-0,5	0	0	
A6	0	0	0	0	0	0	0	0-0,5	0	0	0-0,5
A7	0	0	0	0-0,5	0	0	0	0-0,5	0	0	
A8	0	0	0	0-0,5	0	0	0	0-0,5	0	0	
A9	0	0	0	0,5	0	1	1	0,5	2	2	
B10	0	0	0	0	0	0	0	0,5-1	0	0	0,5-1
B11	0	1,5	1,5	2,5	0	3	3	2,5	0	2-3,5	2,5-3
B12	0	0	0	0-0,5	0	1	1	1,5	0	1,5	1,5
B14	0	0	0	1,5	0	1,5-2	1,5-2	0,5-1	1	2	2
B15	0	0	0	0	1	1,5-2	1,5-2	1	1	1-1,5	1-1,5
B16	0	0,5-1,5	0,5-1,5	0-0,5	0	1,5	1,5	1,5-2	0	1,5	2-2,5
B17	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1	0	0	0,5-1
B18	0	0	0	0,5	0	1,5	1,5	1,5	0	0	2-2,5
B19	0	0	0	0-0,5	0	0	0	0,5	1	0	0,5
B21	0	0	0	0-0,5	0	0	0	0	0	0,5	0-0,5
B22	0	0	0	0-0,5	0	0	0	0-0,5	0,5	0	0-0,5
B23	0	0	0	3-3,5	0	3	3	3,5	0	3,5	3,5
B24	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5
B25	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0,5
B26	0	0	0	1	0,5	1	1	1	0	0,5	1
B28	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5
B29*		0	0	0,5		0,5		1		1	1-1,5
B30	0	0	0	0,5	0	0	0	1	0	1	1,5
C31	0	0	0	0	0	0-0,5	0-0,5	0	0	0,50	2-2,5
C32	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	1
D33	0,5	0,5-1	0,5-1	1	2	0,5	3	1,5-2	2	1,5	1
D34	0	0	0	1	1	1,5	1,5	1	0,5	1,5	1,5
D35	0	0	0	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1
D37	0	0	0	0,5	2	1,5	1,5	1,5-2	2	1	1,5-2
D38*		2,5-3	2,5-3	1,5		1,5		1-2		1,5	1
D39	2	0,5	3,5	1,5-2	2	1,5	1,5	1	3	1,5	1
D40	3	3	3	4	3	3,5	4	4	2,5	3-3,5	3
D41	0	0	0	1,5	0	3-3,5	3-3,5	2,5-3	0	1,5	0,5-1
D42	0	0	0	1	0	0	0	1-2,5	0	0,5	1
D44	1	2	2	2,5	3,5	3	3	3	0	0,5	1,5
D45	0	1,5	2,5	2-3	1,5	1,5	1,5	1,5-3	0	1	1
D46	3	4	4	4	4	4	4	4	3,5	3-3,5	3-3,5
E47	1	0	0	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1	1	1,5
E48	0,5	0-0,5	0-0,5	1,5-2	2	1,5	1,5	1,5	0,5	1	1,5
E49	1,5	0-1	0-1	1	1,5	1	1	1	2	0,5-1,5	1
E51	2	0,5-1,5	0,5-1,5	1-1,5	2,5	1,5-2	1,5-2	2-2,5	2	1	2,5
E52	1	0	0	0,5-1	2,5	1,5-2	1,5-2	1,5	2	1-1,5	1-1,5
E53	0	0-1	0-1	1	2	1,5	1,5	1,5-2	2	1,5	1,5
E54	0	0-1	0-1	1	1	2	2	1,5	0	0,5-1	1
E55	2	0-0,5	0-0,5	1	1	1,5	1,5	1,5	1	1	1
E57	1	0	0	0,5-1	2	1,5	1,5	1	1,5	1-1,5	1
F58	0,5	2,5	2,5	3	0,5	1,5	1,5	2,5-3	0,5	2-3,5	2,5

* Systemet har ett års kortere eksponeringstid

**Havnebygning i Bergen. Etter 1984 har eksponeringen foregått på CMI.



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKSRAFFORT	RAPPORT NR. OR 52/2001		ISBN 82-425-1298-1 ISSN 0807-7207
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 53	PRIS NOK 130,-
TITTEL Atmosfærisk korrosjonsprøving av metall- og malingbeleggsystemer på stål under ulike miljøforhold Sluttrapport (etter ca. 24 års eksponering)		PROSJEKTLEDER Odd Anda	
		NILU PROSJEKT NR. O-8674	
FORFATTER(E) Odd Anda		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVERE Statens vegvesen Vegdirektoratet Bruavdelingen v/sjefingeniør. R. Klinge Grenseveien 97 0663 OSLO	Hærens forsyningskommando v/overing. Odd Solheim Lørenveien 38 Oslo Mil/Løren 0585 OSLO	Statnett Kraftledningsavd v/Svein M. Fikke Pb. 5192 Majorstua 0302 OSLO	Norzink v/tekn. kons. T. Jore Postboks 83 5751 ODDA
STIKKORD Feltprøving	Metallisering	Maling	
REFERAT Utprøving av 51 ulike metalliserte, metalliserte og malte og malte beleggssystemer på stål har pågått i ca. 24 år (fra desember 1976) på fra 6 til 4 stasjoner. De siste årene var eksponeringsprogrammet redusert. De siste 10 år ble således de metalliserte beleggene eksponert på 4 stasjoner, mens et utvalg av de beste systemer med maling bare ble eksponert i de to mest aggressive miljøene (Borregaard og Tananger). Prosjektet er nå avsluttet og alle prøver er tatt ned. Rapporten gir informasjon om beleggenes holdbarhet i et bredt spekter av ulike atmosfæriske miljøer.			
TITLE Atmospheric Corrosion Testing of metallic, metallic and painted and painted steel.			
ABSTRACT This report gives the results (relationship between corrosion and environment) from 24 years of exposure of 51 different systems of metallic, metallic and painted and only painted steel on six test sites (4 sites and a reduced number of systems the last years) in different types of atmospherical environments.			

* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU
 B Begrenset distribusjon
 C Kan ikke utleveres