



# Vedlikehold av belegg på bruer

Når bør vedlikeholdet starte?

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 980



**Tittel**

Vedlikehold av belegg på bruer

**Undertittel**

Når bør vedlikeholdet starte?

**Forfatter**

Ole Øystein Knudsen

**Avdeling**

Teknologi Drift og vedlikehold

**Seksjon**

Teknologi Drift og vedlikehold

**Prosjektnummer**

C15677

**Rapportnummer**

980

**Prosjektleder**

Tarjei Karlsen Bruaas

**Godkjent av**

Tore Lysberg

**Emneord**

Materialteknologi; Korrosjon; Bru; Belegg; Vedlikehold

**Sammendrag**

Denne rapporten er utarbeidet i prosjektet "Optimat bruvedlikehold for reduserte levetidskostnader", som er ett samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen og SINTEF. Målsetningen med denne rapporten er å foreslå retningslinjer for hva som er rett tidspunkt for vedlikehold av belegg med hensyn på levetidskostnader.

Gjennomgang av tilstand på belegget på en rekke bruer viser at skader i belegg i hovedsak skyldes påføringsfeil. Og levetiden til belegg bestemmes da ofte av korrosiveten der brua står.

**Title**

Maintenance of steel coating on bridges

**Subtitle**

When should the maintenance start?

**Author**

Ole Øystein Knudsen

**Department**

O&M Technology

**Section**

O&M Technology

**Project number**

C15677

**Report number**

980

**Project manager**

Tarjei Karlsen Bruaas

**Approved by**

Tore Lysberg

**Key words**

Materials technology; Corrosion; Bridge; Coatings; Maintenance

**Summary**

This report is written as part of the project "optimized bridge maintenance to reduce life cycle costs", which is a collaboration project between the Norwegian public roads administration and SINTEF. The purpose of this report is to suggest guidelines for the optimal time to initiate maintenance of steel coatings on bridges to reduce lifecycle costs.

Visual assessment of coating damages on several bridges showed that most of the damages were due to application errors. Thus, the lifespan of the coating often is determined by the corrosivity where the bridge is located.







SINTEF

# Rapport

## Vedlikehold av belegg på bruer

Når bør vedlikeholdet starte?

### Forfatter(e):

Ole Øystein Knudsen

### Rapportnummer:

2023:01125 - Åpen

### Oppdragsgiver(e) (evt samarbeidspartner):

Statens vegvesen

Foto: Håkon Matre,  
Statens vegvesen





SINTEF Industri  
Postadresse:  
Postboks 4760 Torgarden  
7465 Trondheim  
Sentralbord: 40005100  
info@sintef.no

Foretaksregister:  
NO 919 303 808 MVA

# Rapport

## Vedlikehold av belegg på bruer

Når bør vedlikeholdet starte?

### EMNEORD

Materialteknologi;  
Korrosjon; Bru; Belegg;  
Vedlikehold

### VERSJON

1.0

### DATO

2024-02-09

### FORFATTER(E)

Ole Øystein Knudsen

### OPPDRAGSGIVER(E)

Statens vegvesen

### OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

Tarjei Karlsen Bruaas

### PROSJEKTNUMMER

102024718

### ANTALL SIDER

31

### SAMMENDRAG

Denne rapporten er utarbeidet i prosjektet "Optimalt bruvedlikehold for reduserte levetidskostnader", som er et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen og SINTEF, finansiert av Statens vegvesen og Forskningsrådet.

Målsetningen med denne rapporten er å foreslå noen retningslinjer for hva som er rett tidspunkt for vedlikehold av belegg med hensyn på levetidskostnader.

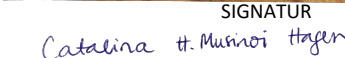
### UTARBEIDET AV

Ole Øystein Knudsen

 SIGNATUR

### KONTROLLERT AV

Catalina H.M. Hagen

 SIGNATUR

### GODKJENT AV

Dirk Nolte

 SIGNATUR

COMPANY WITH  
MANAGEMENT SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001 • ISO 14001  
ISO 45001

### RAPPORT NR.

2023:01125

### ISBN

978-82-14-07817-6

### GRADERING

Åpen

### GRADERING DENNE SIDE

Åpen

# Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1.0	2024-02-09	Første versjon

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>6</b>
1.1	Bakgrunn .....	6
1.2	Målsetning .....	6
<b>2</b>	<b>Klassifisering av skadegrad og skadekonsekvens i Brutus</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Beleggsystemer</b> .....	<b>8</b>
3.1	Historiske beleggsystemer .....	8
3.2	Systemer for nybygg og totalrehabilitering .....	8
3.3	Vedlikeholdssystemer .....	9
<b>4</b>	<b>Degradering av belegg over tid</b> .....	<b>10</b>
4.1	Påføringsfeil .....	10
4.2	Tilfeldige skader gjennom bruas levetid .....	11
4.3	Aldring .....	11
<b>5</b>	<b>Strategier for vedlikehold av belegg</b> .....	<b>12</b>
5.1	Forebyggende vedlikehold.....	12
5.2	Korrektivt vedlikehold .....	12
5.3	Mulighetsbestemt vedlikehold .....	13
<b>6</b>	<b>Korrosivitet</b> .....	<b>13</b>
6.1	Klimaklassene som benyttes i Brutus.....	13
6.2	Korrosivitetsklasser i henhold til ISO 9223 .....	13
6.3	Korrosjonshastighet avtar med tiden .....	14
6.4	Sammenheng mellom korrosivitet og levetid til Vegvesenets dupleksbelegg .....	15
6.5	Hvordan estimere korrosivitetsklasse?.....	16
<b>7</b>	<b>Kostnader for vedlikehold av belegg</b> .....	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Kriterier for reparasjon av belegg</b> .....	<b>20</b>
8.1	Forebyggende eller korrektivt vedlikehold? .....	20
8.2	Reparasjon av påføringsfeil.....	21
8.3	Lokale skader med konsekvens for bæreevne.....	22
8.4	Skadekonsekvens for degradert belegg .....	22
8.5	Skadekonsekvens for korrosjonsskader der belegget er degradert .....	23
<b>9</b>	<b>Metode for reparasjon av belegg</b> .....	<b>23</b>
9.1	Full utskifting av eksisterende korrosjonsbeskyttelse .....	23
9.2	Reparasjon av små skader i malingsbelegg.....	23
<b>10</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>24</b>

**BILAG/VEDLEGG**

---

Vedlegg A: Kostnadselementer

Vedlegg B: Eksempler på beleggskader og vurdering av behov for vedlikehold

Vedlegg C: Estimert korrosivitet på stålbruer langs kysten med lengde over 100 m

---

## Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet i prosjektet "Optimalt bruvedlikehold for reduserte levetidskostnader", som er et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen og SINTEF. Målsetningen med denne rapporten er å foreslå noen retningslinjer for hva som er rett tidspunkt for vedlikehold av belegg med hensyn på levetidskostnader.

Gjennomgang av tilstanden til belegget på en rekke bruer viser at skader i belegget i stor grad skyldes påføringsfeil. På bruer med dupleksbelegg er det typisk nålestikk, tørrsprøyting av sink og for lav filmtykkelse på malingsbelegget. På bruer med malingsbelegg skyldes skader typisk lav filmtykkelse over kanter og dårlig beskyttelse i overlappende skjøter. Spesifikasjon 115-118, som ble påført et stort antall stålbruer før 2000, er basert på en blanding av alkyd og klor-kautsjuk (alkyd/KK). Alkyd tåler ikke høy pH og brytes ned i kontakt med betong. Mange bruer har derfor degradert belegg og korrosjon på stål der stålet er i kontakt med betong.

De eldste beleggene som fortsatt står uten reparasjon eller overmaling er trolig fra rundt 1970. Belegg fra den tiden er basert på alkyd eller alkyd/KK bindemiddel. Det finnes eksempler på bruer i innlandsmiljø der belegget helt eller delvis har stått uten vedlikehold siden de ble påført. Degradering som følge av aldring av spesifikasjon 115-118 (og varianter av disse) ser derfor ut til å ta over 50 år. De eldste bruene med epoksy og polyuretanbaserte belegg er fra 1990 tallet, slik at vi har mindre grunnlag for å si noe om aldring av slike belegg. I andre industrier ble epoksybelegg tatt i bruk i stort omfang på 1980-tallet, slik at man nå har omkring 40 år med erfaring med slike belegg. Det er ikke noe som tyder på vesentlig degradering som følge av aldring i løpet av denne tiden. Vi kan derfor anta at både eldre og moderne belegg kan holde i minst 50 år, hvis de er korrekt påført og uten mekaniske skader.

Korrosiviteten der brua står vil avgjøre hvor lenge vedlikehold av belegg kan utsettes. I et lite korrosivt miljø, typisk innlandsmiljø, kan vedlikehold av belegg normalt utsettes i flere tiår før korrosjon blir en trussel mot konstruksjonens bæreevne. I et korrosivt miljø nær sjøen må vedlikehold startes tidligere, men også her kan det utsettes i mange år hvis det er nødvendig.

Gjennomsnittlige priser for vedlikehold av belegg på hengebruer fra to anbudskonkurranser i 2022 viser at full rehabilitering med blåserensning og påføring av nytt System 1 dupleksbelegg kostet omkring 3200 kr/m<sup>2</sup>, mens fornying av toppstrøk med epoksymastik og polyuretan kostet 1800 kr/m<sup>2</sup>. Kostnader for tilkomst, trafikkavvikling og dokumentasjon utgjorde omkring 45 % av de totale kostnadene for begge bruene. Med disse prisene vil det lønne seg å gå for en strategi med korrektivt vedlikehold, det vil si å utsette vedlikeholdet lengst mulig og utnytte belegget maksimalt før det repareres, uavhengig av hvor stort omfanget av blåserensning og full rehabilitering blir.

Kort oppsummert:

- I et lite korrosivt miljø (C2) kan vedlikehold utsettes i mange tiår hvis korrosjonsangrepene er begrenset til overflatekorrosjon (lokale korrosjonsangrep, for eksempel i overlappende skjøter, kan imidlertid være mer alvorlige og kreve tidligere tiltak).
- Forebyggende vedlikehold bør begrenses til reparasjoner med lite omfang som kan utføres med enkel tilkomstteknikk som brulift eller vedlikeholdsvogn.
- Hvis det må bygges stillas for å utføre vedlikeholdet vil det lønne seg å utsette vedlikeholdet så lenge som mulig og utnytte levetiden til det eksisterende belegget maksimalt (korrektivt vedlikehold).
- Hvis annet vedlikehold skal utføres som medfører bygging av stillas, vil det ofte lønne seg å utføre vedlikehold av belegg også (mulighetsbestemt vedlikehold).



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Statens vegvesen (SVV) og fylkeskommunene forvalter over 17 000 bruer og 1100 tunneler langs norske veier som skal holdes i forskriftsmessig stand. Både bruer og tunneler designes for 100 års levetid. SVV har en målsetning om at levetiden aldri skal begrenses av teknisk tilstand, det er trafikkbehovet som skal være avgjørende. Beslutning om å rive ei bru tas på en tidshorison over noen få år, slik at den bærende strukturen i praksis vedlikeholdes som om brua skal ha uendelig levetid. Bruene krever derfor et betydelig inspeksjons- og vedlikeholdsbudsjett.

Av de 17 000 bruene vi har i Norge er omkring 2600 stålbruer med korrosjonsbeskyttende belegg. Samlet overflateareal med belagt stål er nesten 3 millioner m<sup>2</sup>. Hvis vi antar at kostnaden for vedlikehold av belegg er omkring 3000 kr/m<sup>2</sup>, og at hver bru trenger overflatevedlikehold ca. hvert 35 år, tilsier det et årlig behov på omkring 200 millioner kroner til vedlikehold av belegg. Bevilgningene til overflatevedlikehold er lavere i dag, trolig fordi mange bruer ikke er kommet i den alderen hvor vedlikeholdet starter. Behovet for bevilgninger vil imidlertid øke i fremtiden, også fordi det nå planlegges flere store stålbruer, som for eksempel Bjørnafjordbrua. Den brua alene vil øke arealet med belagt stål på norske bruer med 10%. Med så store vedlikeholdskostnader er det viktig å prioritere riktig og gjøre best mulige valg for å få mest ut av bevilgningene og velge en strategi som gir lavest mulige vedlikeholdskostnader for hver enkelt bru.

Med så mange bruer spredt over hele landet er det mange som er involvert i arbeidet og mange som skal fatte beslutninger om vedlikehold. Det er derfor vanskelig å få til en enhetlig forvaltning, og det er vanskelig å sikre kompetanse i alle ledd. Det at forvaltning av bruer på fylkesveiene er overført til fylkene i forbindelse med regionreformen forsterker denne utfordringen.

Det overordnede FoU målet med prosjektet har vært å forstå sammenhengen mellom beleggets levetid og vedlikeholdskostnader på den ene siden, og miljø-, konstruksjon- og driftsparametere på den andre siden, for å kunne etablere kriterier for når og hvordan overflatevedlikehold skal iverksettes.

## 1.2 Målsetning

Målsetning med denne rapporten er å sammenfatte resultater fra prosjektet med hensyn på:

- Hvilke parametere som påvirker beleggets levetid
- Hvordan belegg brytes ned over tid
- Kostnader for vedlikehold av belegg på bruer
- Kriterier for når vedlikehold av belegg bør starte

## 2 Klassifisering av skadegrad og skadekonsekvens i Brutus

Dette er godt beskrevet i Håndbok V441 Bruinspeksjon og skal ikke utdypes i detalj her, men bare kort presenteres for å vise hvordan klassifiseringen kan brukes i prioritering av vedlikehold av belegg i ulike situasjoner. Skader på belegg er beskrevet i kapittel 6.4.2 i håndboka, og kapittel 4.2 i vedlegg 1 som viser eksempler på skader.

Skadegrad for belegg klassifiseres etter type skade, siden ulike skader har ulik alvorlighetsgrad:

Skadegrad 1	Kritting/misfarging av overflaten
Skadegrad 2	Porer/blæring/krakelering/avflaking
Skadegrad 3	Nedbrytning til sink-/aluminiumsprimer (grunning) <sup>1</sup>
Skadegrad 4	Eksponering av metalloverflaten <sup>2</sup>

<sup>1</sup> TSZ/TSA for bruer med duplexbelegg

<sup>2</sup> For stålbruer vil dette være eksponering av stålet. Stålet vil da som regel korrodere.

Skadegrad for korrosjon fastsettes som følger:

Skadegrad 1	Ståloverflate helt dekket av fastsittende belegg, generelt uten korrosjon <sup>1</sup>
Skadegrad 2	Ståloverflate som har begynt å korrodere, hvor overflatebelegg har begynt å løsne
Skadegrad 3	Ståloverflate der overflatebelegg er borte eller kan skrapes av. Synlige korrosjonsgroper er ikke dannet
Skadegrad 4	Ståloverflate der belegget er borte. Synlige rustgroper er dannet i stor utstrekning

<sup>1</sup> Dette er i så fall ikke en korrosjonsskade, slik det står beskrevet i Håndbok V441 nå

Vegvesenet operer med fire ulike typer konsekvens av en skade:

- B Skade som kan påvirke bæreevnen
- T Skade som kan påvirke trafiksikkerheten
- V Skade som kan øke vedlikeholdskostnadene
- M Skade som kan påvirke miljø/estetikk.

Skade på overflatebehandling vil i første omgang påvirke vedlikeholdskostnader og miljøet, men kan redusere bruas bæreevne hvis korrosjon i beleggsråder får utvikle seg for langt før de blir reparert.

Følgende konsekvensgrader benyttes:

1. Liten konsekvens. Ikke behov for tiltak
2. Middels konsekvens. Vurder om tiltak skal registreres i Brutus
3. Vesentlige konsekvens. Forslag til tiltak registreres i Brutus. Inspeksjonsintervall må vurderes.
4. Stor konsekvens. Bruforvalter/oppdragsgiver kontaktes umiddelbart.

I Brutus multipliseres skadegrad med konsekvensgrad som gir et tall mellom 1 og 16, og som sier noe om risiko forbundet med skaden og hvor mye det haster å utføre vedlikehold. Konsekvensgrad alene skal imidlertid være avgjørende vedrørende behov for vedlikehold.

Siden korrosjon er en langsom prosess vil det som regel gå lang tid fra en beleggskada oppdages til bruas bæreevne er truet. For bruer som står i lite korrosivt miljø kan det ta mange tiår, slik at belegget i mange tilfeller ikke behøver å vedlikeholdes, hvis vi bare skal ta hensyn bruas bæreevne. Dette blir nærmere diskutert i kapittel 0 i denne rapporten.

## 3 Beleggsystemer

### 3.1 Historiske beleggsystemer

En historisk oversikt over beleggsystemer som er benyttet av Statens vegvesen er dokumentert av Reidar Klinge [1]. En kort oversikt gjengis her.

Blymønje var det suverent mest brukte belegget for korrosjonsbeskyttelse av stålbruer i Norge fram til 1965. I utgangspunktet var bindemidlet basert på linolje, som etter hvert ble erstattet med alkyd omkring 1950. Nesten alle bruer med byggeår før 1965 ble derfor originalt beskyttet med blymønje.

Dupleksbelegg med termisk sprøyta sink (eller aluminium) ble innført i Vegvesenets beleggspesifikasjon i 1969. Før det var det spesifisert blymønje som førstestrøk på alle bruer. Imidlertid ble det allerede fra 1965 anbefalt å bruke dupleksbelegg på kystbruer. Et forsøk med dupleksbelegg ble gjort på Djupfjordbrua i 1958. Den omfattende bruken av dupleksbelegg på kystbruer ble startet med Tjeldsundbrua som ble åpnet i 1967. Blymønje kunne fortsatt brukes på innlandsbruer helt fram til 1977, da spesifikasjonen av dupleksbelegg også ble gjeldende for innlandsbruer.

Før 1969 hadde ikke Statens vegvesen noen egen spesifikasjon for maling, så ulike produkter som var på markedet ble brukt. I 1969 kom den første av vegvesenets egne spesifikasjoner basert på alkyd bindemiddel. Denne herdet langsomt, så i 1972 kom en ny spesifikasjon basert på Alkyd/KK (KK = klor-kautsjuk) i blandeforhold 1:1. Disse malingene ble harde og sprø, så i 1977 endret man blandingsforholdet Alkyd/KK til 2:1. Senere i 1977 ble det bestemt at sinkkromat skulle skiftes ut med sinkfosfat på grunn av den høye toksisiteten. Spesifikasjon 107-110 med rent alkyd bindemiddel og 115-118 med alkyd/KK 2:1 ble da introdusert. Spesifikasjon 115-118 ble benyttet til omkring 2000. Fra midten av 1990-tallet ble malingsbelegg basert epoksy og polyuretan gradvis mer og mer brukt, og i 2004 ble 115-118 forbudt på grunn av det høye innholdet av løsemidler. I 2007 ble Håndbok R762 revidert og 115-118 ble erstattet med epoksy/polyuretan baserte systemer.

**Tabell 1. Sammensetning til Spesifikasjon 7-18, Spesifikasjon 107-110 og Spesifikasjon 115-118**

Strøk	Alkyd Fra 1969	Alkyd/KK 1:1 Fra 1972	Alkyd/KK 2:1 1977	Alkyd Fra september 1977	Alkyd/KK 2:1 Fra september 1977
1	7 sinkkromat, gul	11 sinkkromat, gul	15 sinkkromat, gul	107 sinkfosfat, hvit	115 sinkfosfat, hvit
2	8 sinkkromat, gul	12 sinkkromat, gul	16 sinkkromat, gul	108 sinkfosfat, gul	116 sinkfosfat, gul
3	9 grå	13 grå	17 grå	109 grå	117 grå
4	10 grå	14 grå	18 grå	110 grå	118 grå

### 3.2 Systemer for nybygg og totalrehabilitering

Vegnormal N400 Bruprosjektering beskriver i dag to beleggsystemer for stålbruer, som er vist i Tabell 2, der System 2 er anbefalt for korrosivt miljø, det vil si langs kysten. For epoksymastik er det angitt 125-150 µm filmtykkelse. For enkelte produkter i denne kategorien er minimum filmtykkelse høyere enn dette, hvilket ikke bør ekskludere dem fra bruk.

**Tabell 2. Beleggsystemer for korrosjonsbeskyttelse av stålbruer**

	System 1	System 2
1	minimum 100 µm termisk sprøytet sink eller sinklegering med opptil 15 % aluminium	minimum 100 µm termisk sprøytet sink eller sinklegering med opptil 15 % aluminium
2	maksimum 25 µm to-komponent epoksy polyamid sealer	maksimum 25 µm to-komponent epoksy polyamid sealer
3	125-150 µm epoksymastik	125-150 µm epoksymastik
4	60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl	125-150 µm epoksymastik
5		60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl

### 3.3 Vedlikeholdssystemer

Vedlikeholdssystemene som er angitt i Håndbok R762 er vist i Tabell 3. For valg av vedlikeholdssystem er følgende spesifisert:

- Ved full utskifting av eksisterende korrosjonsbeskyttelse, skal det vurderes om det skal benyttes duplekssystem eller bare nytt malingsystem i form av Vedlikeholdssystem 0, 1 eller 2.
- Ved vedlikehold av duplekssystem bestående av et katodisk beskyttende metallbelegg pluss maling, benyttes Vedlikeholdssystem 0 eller 1.
- Ved vedlikehold av korrosjonsbeskyttende belegg som ikke er bygd opp som duplekssystem benyttes Vedlikeholdssystem 0, 1 eller 2 avhengig av hvilket system konstruksjonen har.
- Epoksymastik og polyuretan benyttes ved fornying av dekkstrøk.

Håndbok R762 skiller mellom vedlikehold og utskifting av eksisterende belegg. Om utskifting av eksisterende belegg betyr at hele brua blåserenses og påføres nytt belegg, eller om en delvis blåserensing også betraktes som utskifting er ikke forklart. Vanlig praksis i dag er at bruer som er beskyttet med dupleksbelegg blir blåserenset der det er korrosjon på stål eller sinkbelegg og at nytt dupleksbelegg påføres, mens de områdene som ikke er angrepet av korrosjon kun får fornying av toppstrøk. Fullstendig utskifting av belegg har kun skjedd der det eksisterende belegget generelt gir dårlig beskyttelse eller der belegget er basert på blymønje. I denne rapporten brukes ordet "vedlikehold" om all reparasjon av belegg.

**Tabell 3. Systemer for vedlikehold og utskifting av korrosjonsbeskyttende belegg på stål**

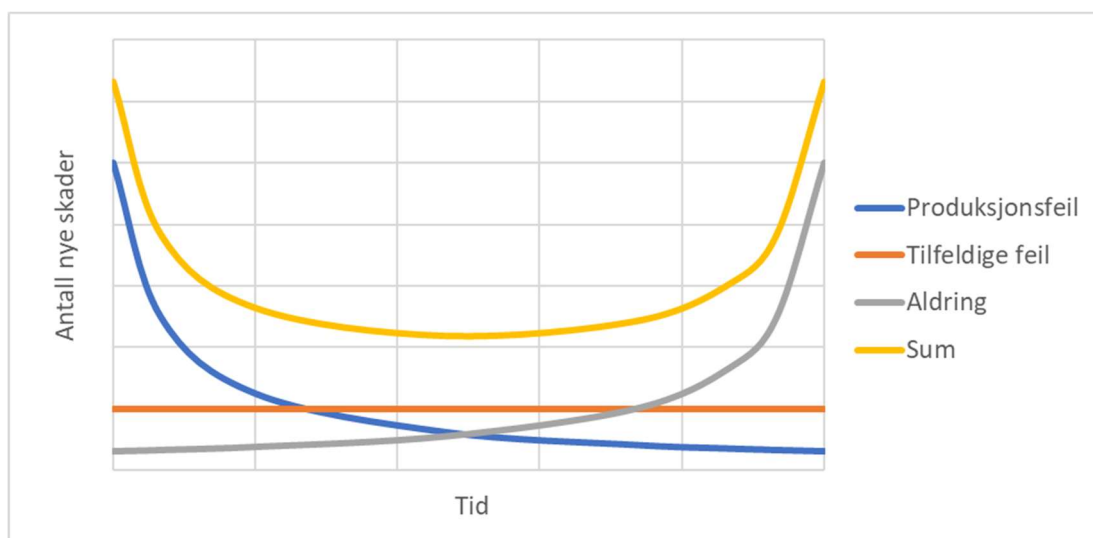
	System 0	System 1	System 2	System 3
1	40-75 µm sinkrik epoksy primer	40-75 µm sinkrik epoksy primer	50-60 µm sinkrik primer	50-60 µm sinkrik primer
2	Minimum 125 µm epoksymastik	Minimum 125 µm epoksymastik	25-30 µm epoksy tie-coat sealer	50-60 µm sinkrik primer
3	60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl	60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl	Minimum 125 µm epoksymastik	50-60 µm sinkrik primer
4			60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl	
Kommentar	Iht. NORSOK M-501	Min. 90 % sink i primer	Min. 95 % sink i primer	Min. 95 % sink i primer



## 4 Degradering av belegg over tid

Figur 1 viser den såkalte badekarkurven for feilrate på industrielle produkter som funksjon av brukstid. I starten vil produksjonsfeil gi en høyere sannsynlighet for at produktet feiler. Så kommer en forhåpentligvis lang periode med tilfeldige feil som følge av bruk, før det mot slutten av produktets levetid vil oppstå feil som følge av aldring. Kurven er også gyldig for korrosjonsbeskyttende belegg [2]:

- Produksjonsfeil kan typisk være dårlig kantdekning, nålestikk, tørrsprøyting, for lav filmtykkelse, dårlig forbehandling eller salter på overflata
- Tilfeldige feil kan typisk være steinsprut eller andre mekaniske skader
- Feil som følge av aldring vil typisk være krittning, sprekking eller kjemisk degradering



Figur 1. "Badekarkurven" for skader og feil på et produkt [2]

### 4.1 Påføringsfeil

Figur 2 viser en oversikt over årsak til skader i belegget på Tjeldsundbrua i 2015. Alle bildene fra inspeksjon av brua ble gjennomgått, og sannsynlig årsak til de ulike skadene ble kategorisert basert på utseende og hvor de befant seg. Statistikken viser antall skader og ikke påvirket areal. Brua ble åpnet for trafikk i 1967 og er beskyttet med et TSZ dupleksbelegg, som en av de aller første bruene i Norge som fikk dette belegget. Belegget er vedlikeholdt en gang, trolig på 1980-tallet, uten at det finnes dokumentasjon på dette i Vegvesenets arkiver. asdf

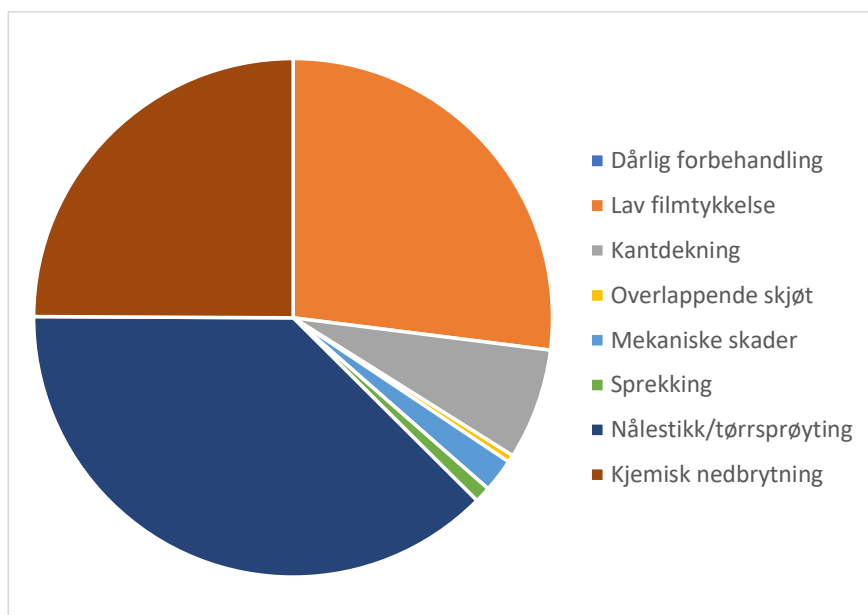
Oversikten viser at fire årsaker til feil i belegget dominerer og utgjør 95% av alle skadene:

- Lav filmtykkelse på malingsbelegget: Kjennetegnes ved at sinkbelegget starter å korrodere under malingsbelegget uten andre synlige årsaker. Det gamle beleggssystemet bestående av fysisk tørkende alkyd/klorkautsjuk maling kunne påføres i svært tynne strøk. Moderne epoksymalinger er mindre utsatt for denne typen feil fordi malinga må påføres i en viss tykkelse for at den skal flyte sammen til en kontinuerlig film. Maleren ser når det er påført tilstrekkelig med maling.
- Dårlig kantdekning er en variant av lav filmtykkelse, men her er årsaken at våt maling trekker seg unna skarpe kanter (og andre ujevnheter som sveiser). Avrunding av kanter og stripemaling skal redusere faren for dette.
- Nålestikk og tørrsprøyting skyldes feil under henholdsvis påføring av sealer og metallisering.
- Kjemisk nedbrytning på denne brua skyldtes hydrolyse av alkyd bindemiddel i kontakt med betong. På bjelkene som ligger opp mot betongen vil malinga eksponeres mot høy pH fra porevann i

betongen, som over tid vil løse opp alkyd bindemidlet. Epoksymalinger tåler høy pH svært godt og skal ikke være utsatt for denne typen skade.

De tre første punktene i lista over gjelder feil som har oppstått under påføring av belegget. Til sammen utgjør de omkring 70 % av skadene. Kjemisk nedbrytning utgjorde 25 % av antallet skader, mens de resterende typer feil utgjorde bare omkring 5 %. En undersøkelse av flere bruer på samme måten vil sikkert gi litt forskjellige tall, men statistikken for Tjeldsundbrua sammenfaller med resultater fra andre typer konstruksjoner, som offshore plattformer. De fleste korrosjonsangrep på malt stål skyldes feil fra påføring av belegget.

Når relativt lange levetider for dupleksbelegg er oppnådd, selv når det er påført med mange skader i malingsbelegget, skyldes det den langsomme korrosjonshastigheten til sinkbelegget under malinga, se kapittel 0 og 6.4. Økt bevissthet omkring påføringsfeil som nålestikk, tørrsprøyting og kantdekning når belegget påføres vil bidra til å øke levetiden til belegget og redusere levetidskostnadene.



**Figur 2. Fordeling av type feil i dupleksbelegget på Tjeldsundbrua, estimert fra bilder tatt under inspeksjon i 2015**

## 4.2 Tilfeldige skader gjennom bruas levetid

Mekaniske skader utgjør trolig mesteparten av de tilfeldige skadene som oppstår i belegget under bruk, som for eksempel påkjøring, steinsprut og brøyteskader. Malte overflater under veibanen vil naturlig nok være mer utsatt enn under veibanen. Som vist i Figur 2 utgjorde mekaniske skader en liten andel av skadene på Tjeldsundbrua, som har underliggende fagverk.

## 4.3 Aldring

"Badekarkurven" i Figur 1 antar at belegget vil starte å degradere hurtig som følge av aldring ved et tidspunkt, som markerer slutten av beleggets levetid. Det er imidlertid usikkert om malingsbelegg har en slik plutselig økning i skader som følge av aldring. Det er også lite informasjon om når det eventuelt kan forventes å skje. Rombaksbrua er trolig den brua med dupleksbelegg der belegget er best dokumentert [3]. Etter 41 år

(1970-2011) ble toppstrøket fornyet, men det var lite eller ingen korrosjon på brua, og ingen tegn til at antallet korrosjonsangrep var i ferd med å øke. Vi kan derfor gå ut fra at spesifikasjon 115-118 minst skal holde 50 år før aldring forårsaker beleggsaker.

Beleggsystemer basert på epoksy og polyuretan har vesentlig kortere historie på bruer i Norge. De første bruene med slike belegg er trolig fra 1990-tallet, med Breviksbrua i 1992 og Osterøybrua i 1997 som kjente eksempler. Belegget på Breviksbrua er reparert, men ikke på grunn av aldring. Skadene i belegget skyldtes dårlig kantdekning og dårlig beskyttelse av overlappende skjøter i fagverket. Epoksybelegg ble tatt i bruk i stor utstrekning på 1980-tallet i de fleste industrier. Slik at de eldste beleggene av denne typen som fortsatt er i bruk trolig er omkring 40 år nå. Det er heller ikke rapportert om skader som følge av aldring på slike belegg. Det er derfor rimelig å anta at også slike belegg vil holde i over 50 år før aldring vil forårsake skader. Krittning og falming av toppstrøk vil redusere de visuelle egenskapene, slik at fornying av toppstrøk kan være aktuelt på bruer der utseende er viktig.

## 5 Strategier for vedlikehold av belegg

Hva vi betrakter som vedlikeholdsobjektet kan ha noen konsekvenser med hensyn på prosedyrer og prioriteringer. Belegget er ikke registrert som et eget element for brua i Brutus, hvilket vi kan tolke som at det er stålet som er vedlikeholdsobjektet og ikke belegget. I praksis betraktes imidlertid belegget som et eget element når det gjelder vedlikehold. I denne rapporten blir det derfor også betraktet som et eget element og vedlikeholdsobjekt. Under beskrives kort forebyggende vedlikehold, korrektivt vedlikehold og mulighetsbestemt vedlikehold, som er de mest aktuelle strategiene for vedlikehold av belegg på bruer.

### 5.1 Forebyggende vedlikehold

Forebyggende vedlikehold er vedlikehold som utføres på et tidlig tidspunkt for å unngå videre degradering og et større og dyrere vedlikehold senere. Vegvesenet ønsker å optimalisere vedlikehold av bruer med hensyn på levetidskostnader. Da kan forebyggende vedlikehold være en hensiktsmessig strategi i mange tilfeller. Forebyggende vedlikehold må imidlertid ha en vesentlig lavere kostnad enn korrektivt vedlikehold for at det skal ha noen hensikt. Hvis degradering av belegget har gått så langt at en større vedlikeholdsoperasjon er nødvendig, har det trolig ingen hensikt å vurdere forebyggende vedlikehold.

Tidligere har det vært anbefalt å utføre forebyggende vedlikehold når toppstrøket er degradert, men korrosjon har ikke startet slik at belegget kan vedlikeholdes uten bruk av blåserensing. Forutsetningene for at dette skal være et godt valg er imidlertid ikke alltid til stede. Dette vil bli diskutert nærmere i kapittel 0.

Hvis stålet betraktes som vedlikeholdsobjektet og ikke belegg, vil alt vedlikehold av belegg være forebyggende.

### 5.2 Korrektivt vedlikehold

Korrektivt vedlikehold vil si at man venter til degraderingen har gått så langt at total rehabilitering er nødvendig. Det vil være en dyrere operasjon, men hvis det går tilstrekkelig lang tid før vedlikeholdet blir nødvendig vil dette være optimalt med hensyn på levetidskostnader. Når degraderingen har gått så langt at stålet korroderer og større områder må blåserenses vil vedlikeholdet nødvendigvis per definisjon være korrektivt. På steder hvor korrosiviteten er lav, slik at stålet kan stå uten beskyttelse i lang tid uten at stålet svekkes og bruas bæreevne reduseres, kan korrektivt vedlikehold velges som strategi. Dette forutsetter at redusert visuelt utseende er akseptabelt.

### 5.3 Mulighetsbestemt vedlikehold

Mulighetsbestemt vedlikehold er vedlikehold som gjennomføres i forbindelse med annet vedlikehold eller spesielle hendelser for å redusere kostnader, utilgjengelighet eller andre ulemper. Ved reparasjon av belegg på bruer vil det typisk være når:

- Det skal bygges stillas for andre utbedringer eller forsterkning av brua, slik at overflatevedlikehold kan gjøres med en liten ekstra kostnad.
- Ekstraordinære bevilgninger til vedlikehold.

## 6 Korrosivitet

Korrosivitet er et mål for hvor aggressivt miljøet er på et gitt sted. Dette er en parameter som har vist seg å korrelere godt med levetiden til et belegg. ISO 12944 er en standard som beskriver hvordan man skal velge belegg for en konstruksjon, og i denne standarden brukes korrosivitetsklasse og ønsket levetid for å anbefale beleggssystemer [4]. Sammenhengen mellom korrosivitet og levetiden til belegg er derfor godt kjent og bredt anerkjent i malingsbransjen.

Klimaklassene som benyttes av Vegvesenet i Brutus i dag er en enkel måte å beskrive miljøet der brua står, men den tar ikke hensyn til for eksempel høyde over sjøen. Levetiden til belegg har derfor ikke vist noen sammenheng med klimaklasse. Vi foreslår derfor heller å bruke korrosivitetsklasse for å estimere forventet levetid til belegg, korrosjonshastighet i beleggskader og hvor lenge vedlikehold av belegg kan vente.

### 6.1 Klimaklassene som benyttes i Brutus

I Brutus er det fire klimaklasser eller klimasoner (begge begrepene brukes i Brutus): Innland, indre kyststrøk, kyststrøk og værharde kyststrøk. Innlandsmiljø og indre kyststrøk assosieres med lite korrosjon, mens værharde kyststrøk er aggressive og gir mye korrosjon. Høyde over sjøen spiller imidlertid også inn på hvor aggressivt miljøet er, som vist i **Error! Reference source not found.** Dette gjør at ei høy bru som står i en klimasone som er kategorisert som eksponert kyst likevel kan ha lav korrosjonshastighet. Det kan også være lokale variasjoner på ei bru. Overflater som ligger i lo, le eller under brubanen vil ofte ha noe ulike forhold på fordi deponering og bortvasking av sjøsalt vil variere på disse overflatene.

På grunn av disse forholdene anbefaler vi heller å bruke korrosivitet enn klimasoner for å vurdere hvor aggressivt miljøet er. Fordelen med dette er at korrosivitet er et direkte mål på aggressivitet og er vist å påvirke beleggets levetid. Ulempen er at korrosivitet er noe vanskeligere å bestemme.

### 6.2 Korrosivitetsklasser i henhold til ISO 9223

Begrepet korrosivitet er definert i ISO 9223 [5] som korrosjonsdybde i løpet av det første året en ubeskyttet metalloverflate står eksponert.

Tabell 4 viser grensene for materialtap som definerer de ulike korrosivitetsklassene for stål og sink. Korrosivitet måles enkelt ved å veie et stål eller sinkplate, eksponere den på det aktuelle stedet i ett år, rengjøre og veie på nytt. Det hele er beskrevet i ISO 9226 [6].



**Tabell 4. Korrosivitetsklasser i henhold til ISO 9223 [5]**

Korrosivitets-klasse	Typisk miljø	Korrosjon på stål ( $\mu\text{m}$ )	Korrosjon på sink ( $\mu\text{m}$ )
C1	Innendørs	< 1,3	< 0,1
C2	Innland	1,3 – 25	0,1 – 0,7
C3	Bymiljø og skjermet kyst	25 – 50	0,7 – 2,1
C4	Industrimiljø og kyst	50 – 80	2,1 – 4,2
C5	Sterkt forurenset miljø og eksponert kyst	80 – 200	4,2 – 8,4
CX	Offshore og marin plaskesone	200 – 700	8,4 – 25

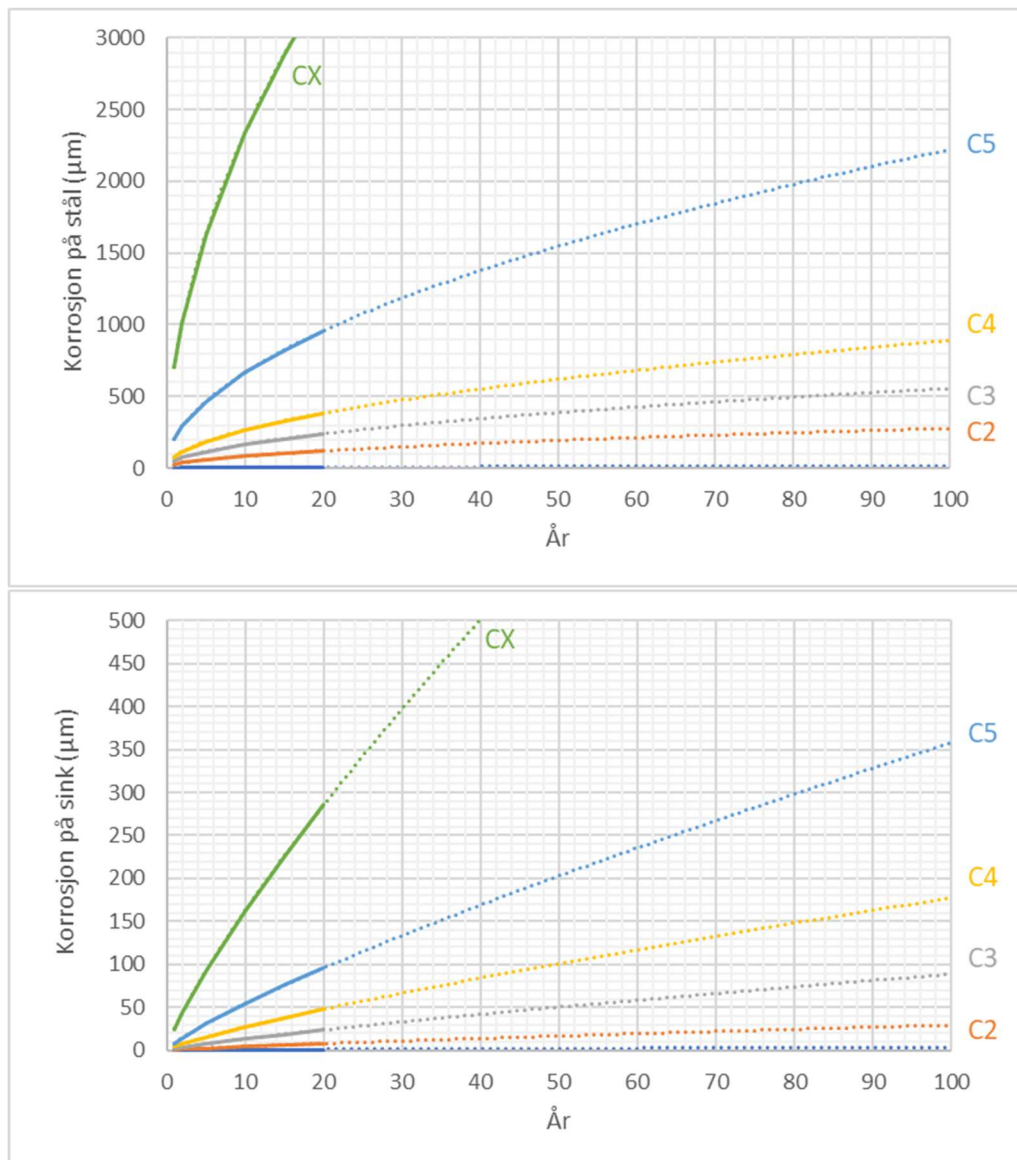
### 6.3 Korrosjonshastighet avtar med tiden

Figur 3 viser korrosjonsdybde på stål og sink som funksjon av tid i de ulike korrosjonsklassene. Tallene er hentet fra ISO 9224 og er basert på erfaringer og målinger fra hele verden. Standarden oppgir erfaringsbaserte verdier for 20 år, mens i figurene er kurvene ekstrapolert til 100 år. Verdiene er gjennomsnitt for et større areal, slik at det vil være dypere groper lokalt.

Figurene viser at korrosjonshastigheten avtar med tiden. Det skyldes at korrosjonsproduktene (rødrust på stål og hvitrust på sink) til en viss grad beskytter mot videre korrosjon. Verdiene for sink er basert på sinkplater. Korrosjonshastigheten til TSZ er trolig noe høyere på grunn av den porøse strukturen. I dag brukes en legering av sink med 15 % aluminium som har lavere korrosjonshastighet enn ren sink. Det er foreløpig ikke laget noen tilsvarende kurve for denne legeringen.

Hvis vi sammenligner sink og stål ser vi at korrosjonshastigheten til sink er ca. 1/5 del av den for stål. Ved å bruke duplexbelegg eller varmforsinket stål påfører vi dermed et metallbelegg som korroderer vesentlig langsommere enn stålet. Dette gjør også at malingsbelegg brytes langsommere ned på sink enn på stål.

Hvis vi ser på korrosjon av stål i et C2 miljø, viser figuren at i løpet av 100 år kan vi forvente omkring 250  $\mu\text{m}$  korrosjon i gjennomsnitt. Lokalt vil det imidlertid være groper som er dypere enn dette. Dette er langt unna noe som vil utgjøre en trussel mot bruas integritet, slik at det normalt vil være andre ting som avgjør om belegget må vedlikeholdes, som visuelt utseende eller mer alvorlige lokale korrosjonsangrep.



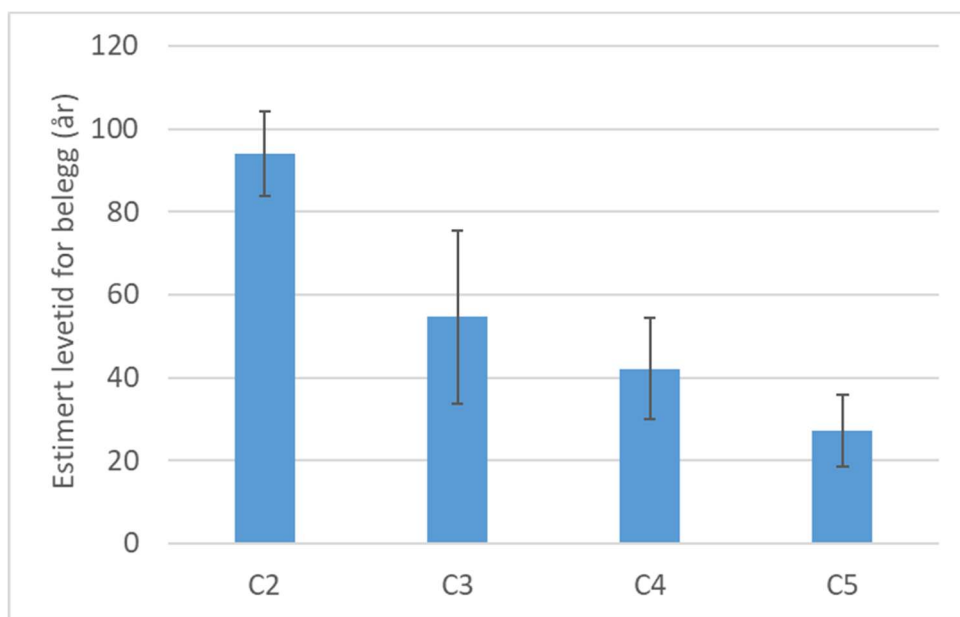
Figur 3. Korrosjonsdybde på stål og sink som funksjon av tid og korrosivitetssklasse [7].

#### 6.4 Sammenheng mellom korrosivitet og levetid til Vegvesenets dupleksbelegg

Statens vegvesen spesifiserte det samme dupleksbelegget fra 1965 til omkring 2000, og fra 1977 ble det spesifisert i alle klimasoner. Dette har gitt en unik mulighet til å undersøke effekten av korrosivitet på beleggets levetid. Vegvesenets klassifisering av bruer i klimasoner viser ingen korrelasjon med levetiden til belegget. Derimot, hvis vi ser på korrosjonsklasse, der høyde over sjøen også tas med i betraktning, ser vi en tydelig effekt på beleggets levetid. I en undersøkelse av 61 stålbruer bygd mellom 1967 og 1995 ble det funnet at levetid (eller forventet levetid), avtok med korrosiviteten, se Figur 4 [8]. Hvis vi sammenligner Figur 4 med korrosjonsdybdene for sink i Figur 3, ser vi at levetiden i de aggressive korrosjonsklassene C4 og C5 sammenfaller med tiden det tar å korrodere bort 100 µm sink. Dette indikerer at det har vært skader og feil i malingsbelegget fra påføring og installering, slik at sinkbelegget har korrodert lokalt fra starten av. For de mindre aggressive korrosjonsklassene C2 og C3 er trolig forebyggende vedlikehold og vedlikehold på grunn av visuelt utseende årsaken til at vedlikehold ble startet, slik at sinken trolig ikke var korrodert bort. Dette var i hvert fall tilfelle på Rombaksbrua, da vedlikehold ble utført i 2011 [3].

Kontroll på nålestikk, tørrsprøyting og andre feil i belegget som følge av bedre inspeksjon under påføring vil helt sikkert føre til at levetiden til belegget vil øke i fremtiden. Overgangen til moderne belegg basert på epoksy og polyuretan vil trolig også bidra til å øke levetiden.

Figur 4 viser at duplexbelegg kan forventes å holde i 100 år i C2 miljø. Figur 3 viser at korrosjonshastigheten på stålet samtidig er så lav at vedlikehold av skadet belegg trolig kan utsettes ut bruas designlevetid. I C2 miljø bør derfor alternativer til duplexbelegg vurderes, som for eksempel tradisjonelle tre-strøks malingsbelegg med sinkrik primer, kun TSZ, eller bruk av rusttrett stål. Denne rapporten går ikke nærmere inn på dette.



**Figur 4. Forventet levetid til duplexbelegg i de ulike korrosivitetssklassene [8]**

## 6.5 Hvordan estimere korrosivitetssklasse?

I prosjektet er det skrevet en rapport om hva som påvirker korrosivitet og hvordan korrosivitet kan estimeres for bruer basert på hvor de ligger og høyde over sjøen [9]. For en grundigere gjennomgang henvises det til den rapporten. Her gjengis forslaget til hvordan korrosiviteten kan estimeres.

Korrosivitet i Norge bestemmes hovedsakelig av:

- mengde avsatt klorid på stålet
- om overflata regelmessig blir vasket av nedbør
- temperatur til en viss grad

For bruer vil høyde over sjøen ha stor innvirkning fordi det påvirker mengde avsatt klorid. Mengde avsatt SO<sub>2</sub> og relativ luftfuktighet varierer så lite langs kysten at effekten på korrosivitet er tilnærmet konstant.

Når vi observerer at belegget degraderes mye mer på flater under brubanen enn på sidene som vaskes av regn indikerer dette at korrosiviteten varierer fra sted til sted på ei bru. Korrosiviteten er størst på overflater som er skjermet for regn. Det betyr også at vi ikke kan trekke konklusjoner om degradering av belegg basert på korrosivitetmålinger på fritt eksponerte prøver alene.

Gitt at de fleste stålbruene har fagverk, avstivningsbærer eller bærebjelker på undersiden av brubanen, betyr det at store arealer malt stål står skjermet for regn. Levetiden til belegget (tid til første større vedlikehold) vil derfor avgjøres av disse overflatene. For å estimere korrosivitet på overflater som er skjermet for regn må vi ta hensyn til følgende parametere:

- Mengde klorid avsatt på bakkenivå der brua står
- Høyde over sjøen

Mengde avsatt klorid på havnivå/bakkenivå avhenger av avstand til åpent hav:

- Saltpartikler i lufta dannes hovedsakelig på åpent hav. Fjorder og sund bidrar lite. For eksempel er mengden avsatt salt i Trondheimsfjorden bare omkring 10 mg/m<sup>2</sup>/døgn.
- På den ytterste kystlinja ligger verdiene på omkring 100 mg/m<sup>2</sup>/døgn.
- Mengden avsatt salt avtar med avstand til den ytterste kystlinja. Hvor raskt det avtar er en komplisert funksjon av landskap og vindretninger.

For å kunne anslå korrosivitet må vi gjøre noen forenklingene antagelser om mengde avsatt klorid som funksjon av avstand til den ytre kystlinja. Dette kan vi gjøre siden saltpartiklene hovedsakelig dannes over åpent hav. Tabell 5 viser forslag til forenklinger, der vi inkluderer klimasonene som er benyttet i Brutus:

**Tabell 5. Forenklet anslag av mengde avsatt salt ved ytre kystlinje, sund mellom øyer eller øyer og fastland, og fjorder.**

	Klimasone i Brutus	Avstand fra ytre kyst (omtrent)	Mengde avsatt salt
Ytre kystlinje	Eksponert kyst	0 – 5 km	100 mg/m <sup>2</sup> /døgn
Sund	Kyst	5 – 30 km	50 mg/m <sup>2</sup> /døgn
Fjord	Indre kyst	> 30 km	10 mg/m <sup>2</sup> /døgn

Basert på disse forenklingene, målingene av korrosivitet og erfaringer med levetid til dupleksbelegg på bruer foreslår vi inndeling i korrosivitetsklasser basert på klimasoner og høyde over sjø, som vist i Tabell 6.

Levetiden til dupleksbelegg bestående av TSZ og vegvesenets malingsbelegg spesifikasjon 115-118 viser en klar sammenheng med korrosivitetsklasse, som vist i Figur 4. For moderne malingsbelegg basert på epoksy og polyuretan har vi ikke nok erfaringsdata til å lage en tilsvarende figur. Korrosivitetsklasse vil også avgjøre hvor raskt stålet vil korrodere i en beleggskade, og dermed hvor raskt vedlikehold av belegget må igangsettes.

Det er ikke tatt hensyn til andre kilder til salt i betraktningene over. Vintersalting vil bidra til å øke korrosiviteten, spesielt i følgende tilfeller:

- Stålkonstruksjoner som ligger over veibanen. Spredning av salt langs vintersaltet vei er undersøkt tidligere [10].
- Overvann fra veibanen renner ned på stålkonstruksjonen. I slike tilfeller vil det være mer effektivt å hindre vannet i å treffe stålet, for eksempel ved å installere dryppnese, enn å forsterke belegget.



**Tabell 6. Korrosivitetsklasse for kystbruer som funksjon av klimasone og høyde over sjøen**

Klimasone	Høyde over sjøen (m)	Korrosjonsklasse
Ytre kyst / eksponert kyst	< 25	C5
	25 – 40	C4
	> 40	C3
Sund / kyst	< 15	C5
	15 – 25	C4
	25 – 50	C3
	> 50	C2
Fjord / indre kyst	< 5	C4
	5 – 10	C3
	> 10	C2
Innland	Alle	C2

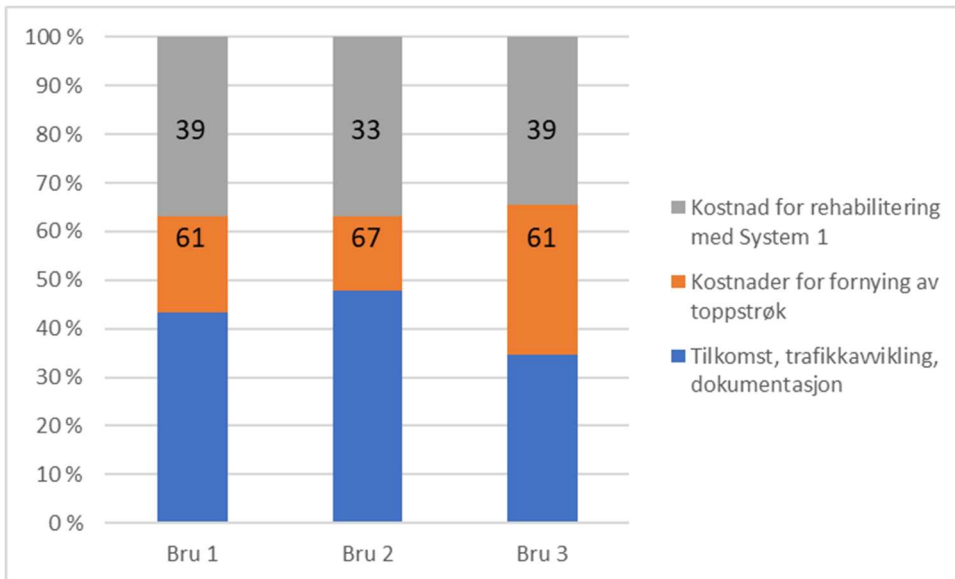
## 7 Kostnader for vedlikehold av belegg

Kostnadene for de ulike operasjonene i forbindelse med vedlikehold av belegg vil påvirke hva som er beste strategi for å gi lavest mulige levetidskostnader. Gjennomsnittlige anbudspriser for overflatevedlikehold av tre store bruer er undersøkt med hensyn på kostnader og priser (pris for enkeltoperasjoner som er mer enn 75% høyere enn gjennomsnittet er tatt ut fra beregningene). De reelle kostnadene avviker fra tilbudene, men siden disse ikke er tilgjengelige er det dette vi kan bruke. Det er også dette som utgjør beslutningsgrunnlaget før vedlikeholdet settes i gang.

Kostnadene er samlet i tre grupper:

1. Kostnader for rigging, tilkomst, trafikkavvikling, dokumentasjon og andre kostnader som ikke direkte gjelder utførelsen av selve overflatebehandlingen
2. Kostnader for fornyelse av toppstrøk, det vil si overflater som ikke har korrosjon og som ikke trenger blåserensing til bart stål
3. Kostnader for totalrehabilitering og påføring av nytt System 1 (eller System 2).

Figur 5 viser prosentvis fordeling av kostnadene i de tre gruppene for de tre bruene. Figuren viser at kostnader for tilkomst, trafikkavvikling og dokumentasjon utgjorde mellom 35 – 50 % av totalen for de tre bruene. For alle tre bruene utgjorde rehabilitering med System 1 omkring 35 % av totalkostnadene, mens resten gikk til fornying av toppstrøk. Tallene i søylene viser %-andel av arealet som fikk fornyet toppstrøk og totalrehabilitering.

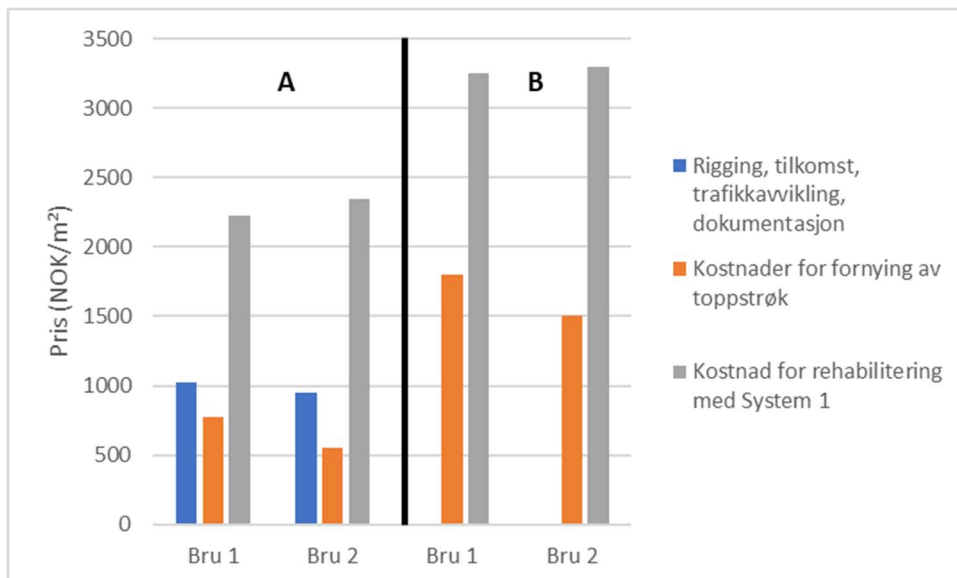


**Figur 5. Prosentvis fordeling av kostnader for vedlikehold av belegg beregnet fra gjennomsnitt av anbud til tre store bruer**

Til venstre i Figur 6 (A) viser pris per m<sup>2</sup> for de ulike gruppene med kostnader. Igjen er prisene basert på gjennomsnittet av mottatte anbud, ekskludert enkeltpriser som er 75 % eller mer over gjennomsnittet. Pris per m<sup>2</sup> er svært lik når det gjelder tilkomst, trafikkavvikling og dokumentasjon, og rehabilitering med System 1. For Bru 1 er prisen for fornying av toppstrøk høyere enn for Bru 2, hvilket skyldes at belegget på Bru 1 ble fornyet med både epoksymastik og polyuretan, mens det på Bru 2 bare ble spesifisert påføring av polyuretan. Håndbok R762 spesifiserer at fornying av toppstrøk skal gjøres med både epoksymastik og polyuretan, slik at prisen på Bru 1 normalt vil være mer relevant.

At prisen for fornying av toppstrøk er vesentlig lavere enn rehabilitering med System 1, forklarer hvorfor et mye større areal kan vedlikeholdes til en vesentlig lavere pris, som vist i Figur 5. Prisen per m<sup>2</sup> for totalrehabilitering med System 1 er henholdsvis 3 og 5 ganger så høy som for fornying av toppstrøk. Dette er velkjent i vegvesenet og grunnen til at for eksempel Rombaksbrua ble vedlikeholdt i 2011, til tross for at det ikke var korrosjon på brua.

Kostnader for rigging, tilkomst, trafikkavvikling og dokumentasjon kommer man imidlertid ikke utenom, uavhengig av om kun toppstrøket skal fornyes eller om det skal gjøres en full rehabilitering. Til høyre i Figur 6 (B) er denne prisen lagt til prisen for selve overflatevedlikeholdet. Nå er prisen for totalrehabilitering bare omtrent dobbelt så høy som for fornying av toppstrøk.



**Figur 6. Samlet pris for de ulike operasjonene på to bruer. Til høyre (B) er kostnadene for tilkomst, trafikkavvikling og dokumentasjon lagt til prisen for selve overflatevedlikeholdet.**

## 8 Kriterier for reparasjon av belegg

Hvis vi skal ta en beslutning om vedlikehold kun basert på kvadratmeterprisen vil fornying av toppstrøk være billigere enn å vente til belegget er mer degradert og en andel av arealet må blåserenses. Vi har imidlertid da sett bort fra to faktorer som kan eller må tas med i betraktningene:

- Nåverdi av fremtidige kostnader er lavere enn samme kostnad i dag. På grunn av inflasjon vil en gitt sum ha lavere verdi i fremtiden sammenlignet med i dag. Prisstigning vil imidlertid øke den fremtidige kostnaden for vedlikehold, slik at nåverdien likevel kan bli den samme. I tillegg vil økonomisk vekst og utvidede budsjetter kunne redusere den relative størrelsen på hver vedlikeholdsoperasjon i forhold til et totalbudsjett. Vi har sett bort fra nåverdi av fremtidig vedlikehold i denne rapporten.
- Ved kun å betrakte levetidskostnadene ser vi bort fra den tekniske tilstanden til belegget. Teknisk tilstand kan avgjøre at vedlikehold må utføres, slik at det optimale tidspunktet med hensyn på levetidskostnader blir irrelevant. Som diskutert i seksjon 6.3 vil korrosjonshastigheten i et lite korrosivt miljø være så lav at vedlikeholdet kan utsettes i mange tiår. I et svært korrosivt miljø kan ikke vedlikeholdet utsettes på samme måten.

Som diskutert i kapittel 5.3 bør overflatevedlikehold alltid vurderes når det likevel skal bygges stillas for forsterkning av konstruksjonen eller andre tiltak.

### 8.1 Forebyggende eller korrektivt vedlikehold?

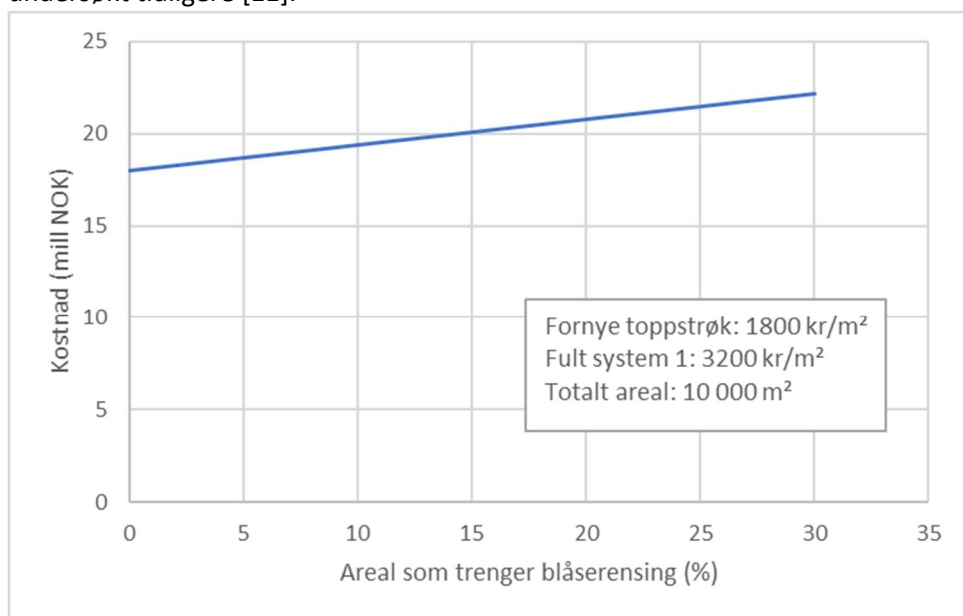
For at forebyggende vedlikehold skal ha noen hensikt må det gi lavere levetidskostnad enn korrektivt vedlikehold. Figur 7 viser beregnet kostnad for overflatevedlikehold, når vi antar at:

- Belegget på hele brua skal vedlikeholdes, enten ved fornying av toppstrøk eller blåserensing og nytt System 1
- Pris for fornying av toppstrøk er 1800 kr/m<sup>2</sup>
- Pris for blåserensing og nytt System 1 er 3200 kr/m<sup>2</sup>
- Kostnader for tilkomst, trafikkavvikling og dokumentasjon er inkludert i prisene over
- Totalt areal er 10 000 m<sup>2</sup>

Kostnaden for vedlikeholdet når hele brua kun får fornyet toppstrøk blir 18 mill NOK, mens når 30 % av arealet trenger full rehabilitering med blåserensning og nytt System 1 blir kostnaden 22 mill NOK. Kostnadsforskjellen er for liten sett i forhold til hvor lang tid det tar før 30% av belegget trenger totalrehabilitering. Konklusjonen må derfor bli at hvis det må bygges stillas for å utføre vedlikeholdet vil det ikke lønne seg med forebyggende vedlikehold. Lavest levetidskostnad oppnås ved å utnytte levetiden til det eksisterende belegget maksimalt, det vil si korrektivt vedlikehold. Vedlikeholdet bør utsettes så lenge som mulig, så lenge det ikke påvirker bruas bæreevne eller er andre forhold som tilsier igangsetting.

Blåserensning er en energikrevende operasjon som skape mye avfall. Vurderinger omkring klima og miljø er ikke tatt med i vurderingene her, men i dette perspektivet vil det trolig være en fordel å unngå blåserensning.

Vedlikehold av eldre bruer med bly- og kromatholdig belegg er ikke vurdert i dette prosjektet, men er undersøkt tidligere [11].



Figur 7. Kostnader for vedlikehold som funksjon av %-andel av arealet som trenger blåserensning.

## 8.2 Reparasjon av påføringsfeil

Som vist i Figur 2 skyldes ofte de fleste skadene i belegget feil under påføring. Dette understreker hvor viktig inspeksjon under påføring er. Men det viser også hvor vanskelig det er å påføre et belegg uten feil. Ved manuell påføring av et belegg på omkring 350 µm på en konstruksjon som er flere tusen m<sup>2</sup> vil det oppstå feil, selv med god kontroll og inspeksjon. Disse feilene vil vise seg tidlig i bruas levetid, trolig allerede under garantiinspeksjonen. Det korrosjonsbeskyttende belegget påføres som regel med en 5 års garanti. Det er lenge nok til at svakheter og påføringsfeil vil vises som skader i belegget.

Hvis disse skadene utgjør et begrenset areal og kan repareres med enkel tilkomst, for eksempel brulift eller vedlikeholdsvogn, vil de kunne repareres for en lav kostnad. Å utføre slik reparasjon av belegget vil trolig føre til økt levetid og reduserte levetidskostnader, spesielt for bruer som står i korrosivt miljø. I et C2 miljø vil det være mindre viktig å reparere slike skader.

### 8.3 Lokale skader med konsekvens for bæreevne

Selv om belegget på brua generelt er i akseptabel tilstand kan det være lokale skader som bør eller må repareres. Figur 8 viser korrosjonsskade i en overlappende skjøt der korrosjonsproduktene sprenger platene fra hverandre slik at boltene etter hvert vil overbelastes og gå til brudd. Andre årsaker til lokale alvorlige skader kan være at vann fra brubanen drypper eller ledes ned på den bærende stålkonstruksjonen. Om slike skader skal repareres lokalt, eller om belegget på hele brua skal vedlikeholdes er igjen et spørsmål om omfang. Hvis det må bygges stillas vil det trolig være hensiktsmessig å fornye belegget på hele brua, mens hvis skaden(e) kan repareres lokalt med enkel tilkomst vil det trolig gi lavest levetidskostnad.

Hvis det er lokale skader med konsekvens for bæreevne så må konsekvensen for bæreevnen vurderes av kompetent person (stålkonstruktør), og det er ikke nødvendigvis nok å vedlikeholde korrosjonsbeskyttelsen. Det stopper i beste fall videre utvikling, men reetablerer ikke bæreevne.



Figur 8. Lokal korrosjonsskade i overlappende skjøt

### 8.4 Skadekonsekvens for degradert belegg

For degradert belegg kan følgende skadekonsekvenser velges:

- Skadekonsekvens V velges for de fleste beleggskader.
  - Når forebyggende vedlikehold ønskes prioritert, typisk for reparasjon av et lite skadeomfang uten stillas (påføringsfeil, monteringskader eller lignende) velges høy konsekvensgrad
  - Lav konsekvensgrad velges når vedlikeholdet kan utsettes
- Skadekonsekvens M velges når gammelt miljøskadelig belegg (typisk blymønje) flasser av brua og havner i naturen, eller hvis belegget skal vedlikeholdes på grunn av estetiske krav. Ingen estetiske krav til bruer er spesifisert i R610 eller andre håndbøker, men for bruer som har en estetisk funksjon kan det vurderes.
- Skadekonsekvens B velges ikke for skadet belegg siden det ikke vil påvirke bruas bæreevne.



## 8.5 Skadekonsekvens for korrosjonsskader der belegget er degradert

For korrosjonsskader kan både skadekonsekvens V, T og B være relevant. Korrosiviteten på stedet vil avgjøre hvor raskt skaden utvikler seg og hvor kritisk den vil være.

- Skadekonsekvens B velges når stålet i bærende struktur korroderer. Som diskutert tidligere vil en korrosjonsskade i et C2 miljø kunne stå i mange tiår før korrosjonen blir en trussel mot bruas bæreevne. Dette markeres ved å velge en lav Konsekvensgrad.
- Små, lokale beleggs-kader med korrosjon på stålet kan være uten betydning for bruas bæreevne. I så fall kan Skadekonsekvens V velges. Hvis man ønsker å utføre forebyggende vedlikehold og få opp prioriteten av en slik skad, kan det gjøres ved å velge en høy Konsekvensgrad.
- Skadegrad V velges ved korrosjon på ikke-bærende deler av brua.
- Skadegrad T velges ved korrosjon på trafiksikrende deler av brua, som for eksempel rekkverk.

Hvorvidt en korrosjonsskade er en trussel for bruas bæreevne eller ikke diskuteres ikke i denne rapporten. Det må avgjøres i hvert enkelt tilfelle, basert på korrosjonsdybde, type korrosjon, hvor korrosjonsangrepet er på brua og bruas konstruksjon. Å reparere belegget vil stoppe korrosjonsskaden, men ikke reparere stålet. For en korrosjonsskade med skadekonsekvens B må kompetent personell vurdere om stålet må repareres også, for eksempel ved utskifting av ståldeler eller forsterkning.

## 9 Metode for reparasjon av belegg

### 9.1 Full utskifting av eksisterende korrosjonsbeskyttelse

Dette er godt beskrevet i Håndbok R762, og metodene som er beskrevet der skal benyttes. Siden tilstanden til belegget nesten alltid vil variere på ei bru, vil vedlikeholdet som regel bestå av en kombinasjon av full rehabilitering og fornying av toppstrøk.

Delvis korrodert TSZ blir alltid fullstendig fjernet ved blåserensing i dag. Det bør undersøkes om delvis korrodert TSZ i større grad kan beholdes, både for å redusere omfanget av blåserensing og kostnader, og redusere klimafotavtrykk.

### 9.2 Reparasjon av små skader i malingsbelegg

Prosedyre for vedlikehold av små skader (mindre enn 50x50 mm) er beskrevet i Håndbok R762, men håndboka spesifiserer kun blåserensing som metode for rengjøring. Blåserensing av så små arealer kan være lite hensiktsmessig, siden malingsbelegget som regel vil bli skadet i et større areal omkring. Det er også usikkerhet om overgangen fra blåserenset overflate til intakt malingsbelegg vil ha ønsket levetid. Blåserensing vil delvis slå i stykker det originale malingsbelegget i overgangen, mens reparasjonsbelegget ikke nødvendigvis vil tette alle disse skadene. Dette ble undersøkt i en MSc oppgave, som viste at fullgod beskyttelse kan oppnås [12]. På den annen side kan det være tungvint og kostbart å bruke blåserensing for å rengjøre små og spredte skader i malingsbelegget. Det kan derfor være hensiktsmessig å utvikle en prosedyre for vedlikehold av små arealer med en annen metode for rengjøring. Roterende stålborste, nålebanker og slipeskive har i lang tid blitt brukt i andre industrier, men har vist seg å gi kort levetid for reparasjonsbelegget, fordi disse metodene ikke gir noen ruhet som malingsbelegget kan binde seg til. Bristleblaster® kan gi en viss ruhet og har gitt akseptabel heft for termisk sprøytete belegg [13]. Dette bør imidlertid undersøkes nærmere.

## 10 Referanser

- [1] R. Klinge, Korrosjonsbeskyttelse av norske stålbruer. Oversikt over utviklingen i det 20. århundre, Statens vegvesen, Oslo, 2019.
- [2] O.Ø. Knudsen, C.H.M. Hagen, A.W.B. Skilbred, T.K. Bruaas, J. Nærland, Root causes for corrosion on painted steel structures in marine environments, *Materials and Corrosion* (n.d.) 1–10. <https://doi.org/10.1002/maco.202314046>.
- [3] R. Klinge, Altered specifications for the protection of Norwegian steel bridges and offshore structures against corrosion, *Steel Construction 2* (2009) 109–118. <https://doi.org/10.1002/stco.200910015>.
- [4] ISO 12944-5, Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Part 5: Protective paint systems, The International Organization for Standardization, Geneva, 2018.
- [5] ISO 9223, Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification, The International Organization for Standardization, Geneva, 2012.
- [6] ISO 9226, Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity, Geneva, 2012.
- [7] ISO 9224, Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres. Guiding values for the corrosivity categories, International Organization for Standardization, Geneva, 2012.
- [8] O.Ø. Knudsen, H. Matre, C. Dørum, M. Gagné, Experiences with Thermal Spray Zinc Duplex Coatings on Road Bridges, *Coatings 9* (2019) 371. <https://doi.org/10.3390/coatings9060371>.
- [9] Ole Øystein Knudsen, Korrosivitet på bruer langs kysten i Norge, Trondheim, 2023.
- [10] Ole Øystein Knudsen, Spredning av klorid rundt vintersaltet vei, SINTEF, Trondheim, 2022.
- [11] O.Ø. Knudsen, Vedlikehold av bly- og kromatholdige belegg, Statens vegvesen, rapport nr. 595, Oslo, 2019.
- [12] H. Matre, Strategi for vedlikehold av korrosjonsbeskyttende belegg på norske veibruer, NTNU, 2017.
- [13] Y. Ding, H. Li, Y. Tian, Bristle Blasting Surface Preparation in Thermal Spraying, *Journal of Thermal Spray Technology* 28 (2019) 378–390. <https://doi.org/10.1007/s11666-019-00825-9>.

## A Vedlegg: Kostnadselementer

Kostnadselementer som ofte går igjen for vedlikehold, hentet fra Håndbok R762.

Kode i Brutus	Aktivitet	Enhet	Kostnads- gruppe
11.3	Innmåling	RS	A
11.4	Teknisk kontroll	RS	A
12.11	Tirligging	RS	A
12.12	Drift av rigg og midlertidige bygnigner	Uke	A
12.13	Nedrigging	RS	A
12.4	Vinterkostnader anlegg	RS	A
12.59	Avfallshåndtering og testing av avfall	RS	A
14.11	Trafikkulemper, Untatt bruk av langsgående sikring	RS	A
14.3	Tiltak for myke trafikanter	RS	A
14.4	Oppmerking og signaler	RS	A
14.62	Sikringstiltak for sjøtrfikk	RS	A
84.11	Prosjektering	RS	A
84.12	Oppsetting, vedlikehold og fjerning	RS	A
84.14	Provisoriske overbygg (telting)	RS	A
88.311	Stillaser	RS	A
88.312	Skjerming	RS	A
88.321	Inspeksjon av ståloverflater	m2	C
88.335	Avrunding av skarpe kanter	m	C
88.371	Kvalifisering av arbeidsprosedyrer	stk	A
88.372	Vask og avfetting	m2	B, C
88.373	Fjæring av nedbrutt malingsbelegg	m2	B
88.374	Sliping	m2	B
88.3752	Blåserensing til Sa 3	m2	C
88.3759	Lett blåserensing	m2	B
88.3761	Metallisering ved varmsprøyting med sink	m2	C
88.3773	Sinkrik primer (minst 95 vekt % sink i den tørre filmen)	m2	C
88.3774	Sealer/tie-coat	m2	C
88.3775	Epoksy mastik	m2	B, C
88.3766	Polyuretan/polyuretan-akryl	m2	B, C
88.39	Tillegg punktskader	stk	B

A: Kostnader for tilkomst, trafikkavvikling og dokumentasjon

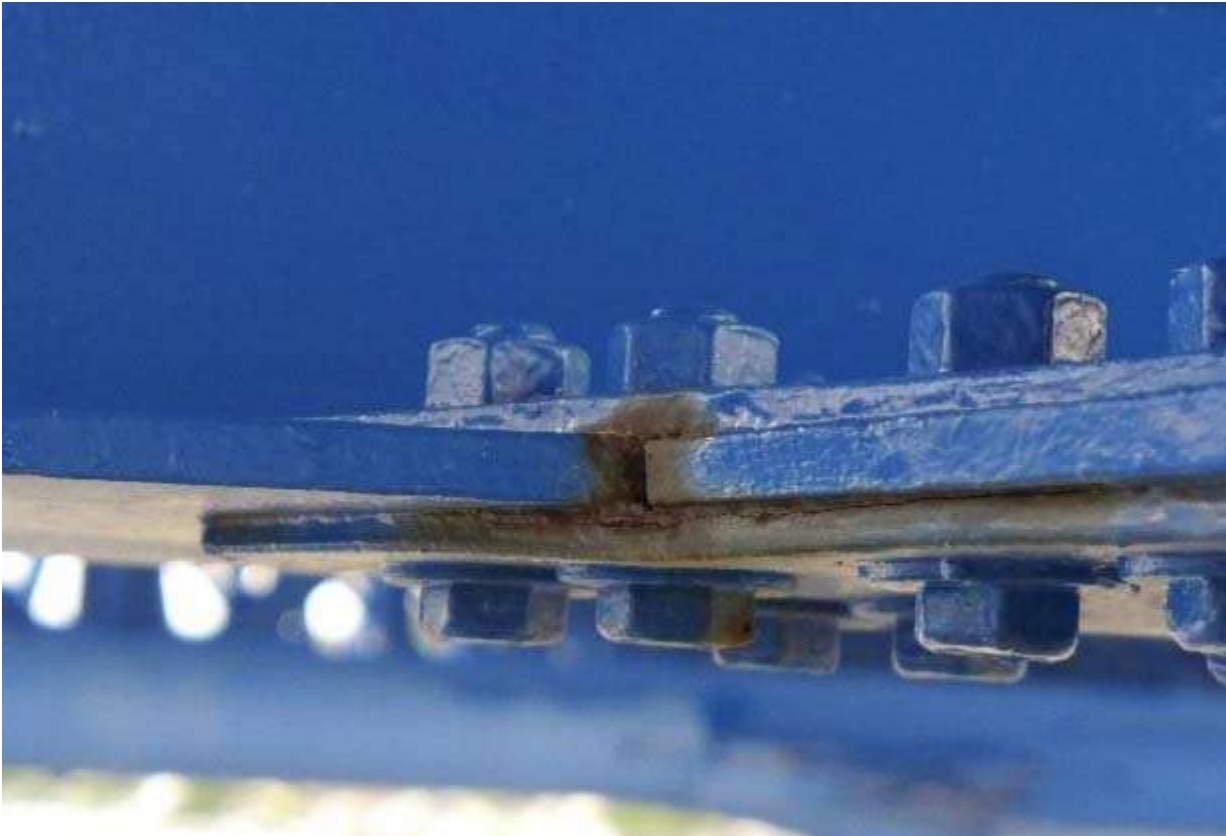
B: Kostnader for fornying av toppstrøk

C: Kostnader for totalrehabilitering med System 1 eller 2, eventuelt et vedlikeholdssystem

RS: Rund sum

## B Vedlegg: Eksempler på beleggskader og vurdering av behov for vedlikehold

Figur 9 viser en lokal beleggskade med etterfølgende korrosjon som kan true bruas bæreevne. Korrosjon i den overlappende skjøten skyver platene fra hverandre og vil etter hvert overbelaste boltene. Korrosjonsangrepet må stoppes. Hvis det er mange slike skader på brua og det må bygges stillas, vil det trolig være hensiktsmessig å vedlikeholde belegget på hele brua.



Figur 9. Beleggskade i overlappende skjøt med etterfølgende korrosjon inne i spalten mellom platene

Figur 10 viser et bilde av belegg som er degradert over store arealer. Sinkbelegget korroderer, men stålet korroderer ikke. Vedlikehold av belegget bør utsettes for å få maksimal levetid ut av det eksisterende belegget.



**Figur 10. Mange beleggs-kader over store arealer. Sinkbelegget korroderer, men stålet er foreløpig beskyttet og korroderer ikke.**



Figur 11 viser lokale små skader i belegget med begrenset omfang. Hvis det er mulig å reparere skadene med håndholdt verktøy og enkel tilkomst fra brulift eller vedlikeholdsvogn, kan skadene repareres. Selv om stålet har startet å korrodere i skaden, har det som regel ingen betydning for bruas bæreevne og behøver ikke nødvendigvis repareres. Om skadene skal utbedres eller ikke bør vurderes i sammenheng med øvrige vedlikeholdsplaner og vedlikeholdsstrategi for brua.



**Figur 11. Små lokale skader i belegget der sinken korroderer. Stålet er foreløpig beskyttet.**

## C Vedlegg: Estimert korrosivitet på stålbruene langs kysten med lengde over 100 m

Navn	Byggverksnummer	Byggeår	Klimasone	Lengde	Høyde	Korrosivitetsklasse
Svinesundsbrua	01-0817	2005	Indre kyststrøk	704	55	C2
Gloppe	07-0142	1957	Indre kyststrøk	160	5	C4
Porsgrunn	08-0544	1957	Indre kyststrøk	223	15	C2
Grenlandsbrua	08-1486	1996	Indre kyststrøk	608	28	C2
Justøy	09-0095	1949	Kyststrøk	116	20	C4
Tromøybrua	09-0406	1961	Indre kyststrøk	400	40	C2
Kaldvell nord	09-1328	2008	Indre kyststrøk	129	5-10	C3
Kjevik	10-0313	1956	Indre kyststrøk	181	10	C2
Revøysund	10-0776	1971	Værharde kyststrøk	173	20	C5
Fedafjorden bru	10-1300	2006	Indre kyststrøk	574	50	C2
Strømsbrua	11-0164	1960	Kyststrøk	288	15	C5
Randøy	11-0383	1976	Indre kyststrøk	275	24	C2
Karmsund	11-0421	1955	Kyststrøk	691	5-46	C2-C5
Erfjord	11-0535	1963	Indre kyststrøk	294	23	C2
Helgøysund	11-0554	1988	Kyststrøk	169	14	C5
Frekasundet	11-1622	1988	Kyststrøk	280	5	C5
Stavanger Bybru	11-1649	1978	Kyststrøk	1066	26	C3
Lysefjord	11-1737	1997	Indre kyststrøk	640	50	C2
Fykkesund	12-0676	1937	Indre kyststrøk	345	25	C2
Alverstraumen	12-1252	1958	Kyststrøk	198	30	C3
Bolstadstraumen	12-1357	1963	Indre kyststrøk	133	7-20	C3
Strøno	12-1422	1965	Kyststrøk	185	20	C4
Herdlesundet	12-1487	1969	Værharde kyststrøk	186	18	C5
Sotrabrua	12-1594	1971	Kyststrøk	1236	40	C3
Tofterøy	12-1821	1975	Kyststrøk	274	20	C4
Bømlabrua	12-2200	2000	Kyststrøk	999	36	C3
Stordabrua	12-2222	2000	Kyststrøk	1078	18	C4
Spissøybrua	12-2252	2000	Kyststrøk	283	8	C5
Gamle Hagelsundbrua	12-2332	1982	Kyststrøk	623	50	C2
Nautøybrua	12-2486	1999	Værharde kyststrøk	107	10	C5
Torvsundet	12-2514	1984	Værharde kyststrøk	132	8	C5
Eikanger I	12-2604	1987	Indre kyststrøk	109	5	C4
Bukkholtstraumen	12-2707	1988	Værharde kyststrøk	119	16	C5
Klubbasund	12-2708	1989	Værharde kyststrøk	163	20	C5
Brandasund	12-2756	1991	Værharde kyststrøk	159	24	C4
Djupasund	12-2757	1990	Værharde kyststrøk	126	20	C5
Osterøybrua	12-2850	1997	Indre kyststrøk	1065	58	C2
Nordhordlandsbrua	12-2900	1994	Kyststrøk	1614	8	C5
Hardangerbrua	12-2950	2013	Indre kyststrøk	1380	55	C2

Navn	Byggverks- nummer	Byggeår	Klimasone	Lengde	Høyde	Korrosivitets- klasse
Askøybrua	12-3000	1992	Kyststrøk	1056	60	C2
Naustdal Bru	14-1504	1970	Indre kyststrøk	140	4	C4
Mjåsund	14-2597	1993	Kyststrøk	219	30	C3
Olsundbrua	14-2955	2002	Værharde kyststrøk	286	15	C5
Ytre Melværsundbrua	14-2958	2002	Værharde kyststrøk	317	10	C5
Indre Melværsundbrua	14-2960	2002	Værharde kyststrøk	234	8-15	C5
Mjømnesundbrua	14-2993	1997	Kyststrøk	380	8-25	C5
Nappssundbrua	14-2994	1997	Kyststrøk	141	10	C5
Dalsfjordbrua	14-3068	2013	Indre kyststrøk	619	34	C2
Brandangersundbrua	14-3117	2010	Kyststrøk	285	15-40	C4
Drivabrua	15-0915	2016	Indre kyststrøk	111	5	C3
Gamle Omsundbrua	15-1428	1939	Kyststrøk	199	2-40	C5
Bøfjordbrua	15-1559	1992	Indre kyststrøk	263	2	C4
Dromnessundbrua	15-1631	1995	Kyststrøk	388	16	C4
Langøybrua	15-1673	1999	Værharde kyststrøk	243	12-17	C5
Kulisvabrua	15-2191	1988	Værharde kyststrøk	232	16	C5
Bergsøysundbrua	15-2221	1992	Kyststrøk	931	5	C5
Gjemnessundbrua	15-2251	1991	Kyststrøk	1257	43	C3
Mjosundbrua	15-2338	1994	Kyststrøk	346	28	C3
Straumsbrua	15-2922	2004	Kyststrøk	288	2-15	C5
Imarsundbrua	15-3003	2006	Kyststrøk	550	5-12	C5
Lepsøybrua	15-3061	2021	Værharde kyststrøk	800	10-40	C5
Store Holmsundbrua	16-0964	1978	Kyststrøk	160	4	C5
Valsøybrua	16-1476	1986	Indre kyststrøk	107	12	C2
Pirbrua	16-1672	2009	Indre kyststrøk	131	10	C3
Linesøybrua	16-1690	2011	Værharde kyststrøk	315	10-16	C5
Svingbrua	16-1739	2014	Indre kyststrøk	143	8	C3
Åstfjordbrua	16-1911	2020	Indre kyststrøk	735	10-30	C2
Ryssdalsbrua	16-1942	2019	Kyststrøk	160	40	C3
Ørbrua	17-0037	1930	Indre kyststrøk	164	6	C3
Straumbrua	17-0436	1958	Indre kyststrøk	202	8-15	C3
Hell	17-0454	1959	Indre kyststrøk	276	6	C3
Foldabrua	17-0817	1969	Indre kyststrøk	336	38	C2
Stamnes	17-0847	1970	Kyststrøk	211	6	C5
Sundbrua	17-0861	1971	Indre kyststrøk	155	3	C4
Verdal	17-0922	1972	Indre kyststrøk	285	2	C4
Kvalpsundet	17-0950	1974	Værharde kyststrøk	160	10	C5
Madsøybrua	17-1020	1975	Værharde kyststrøk	132	5	C5
Lokkarbrua	17-1096	1977	Indre kyststrøk	436	30	C2
Høyknesbrua	17-1135	1978	Indre kyststrøk	272	7	C3

Navn	Byggverks- nummer	Byggeår	Klimasone	Lengde	Høyde	Korrosivitets- klasse
Nærøysund	17-1195	1981	Kyststrøk	701	41	C3
Ytterbystrømmen	17-1321	1982	Indre kyststrøk	115	4	C4
Nordsundet	17-1354	1987	Indre kyststrøk	343	28	C2
Sandfærhus	17-1438	1995	Indre kyststrøk	276	7	C3
Tindbrua	17-1465	2000	Indre kyststrøk	172	7	C3
Tauterbrua	17-1470	2003	Indre kyststrøk	483	7	C3
Namsosbrua	17-1524	2005	Indre kyststrøk	360	8	C3
Beitstadsundbrua	17-1621	2019	Indre kyststrøk	578	27	C2
Presteidstrømmen	18-0679	1957	Kyststrøk	113	9	C5
Rombaksbrua	18-0976	1964	Indre kyststrøk	750	40	C2
Kjærfjorden	18-1238	1972	Kyststrøk	114	5	C5
Kjerringstraumen	18-1255	1969	Kyststrøk	551	15	C5
Sørstraumen	18-1291	1969	Kyststrøk	162	3	C5
Skjomen	18-1432	1972	Indre kyststrøk	711	35	C2
Kjellingstraumen Bru	18-1600	1975	Indre kyststrøk	622	29	C2
Botn Bru	18-2256	1991	Indre kyststrøk	100	3	C4
Grimsøy Bru	18-2400	1995	Værharde kyststrøk	157	10	C5
Djupfjorden Kassebru	18-2437	2003	Værharde kyststrøk	259	10	C5
Husværsundet Bru	18-2501	1998	Værharde kyststrøk	210	5	C5
Austerstraumen bru	18-2610	2008	Kyststrøk	196	10	C5
Vesterstraumen bru	18-2611	2005	Kyststrøk	305	20	C4
Hålogalandsbrua	18-2700	2018	Indre kyststrøk	1559	40	C2
Mjølan G/S-bru 2	18-3060	2019	Indre kyststrøk	107	10	C2
Trongstraumen	19-0565	1963	Værharde kyststrøk	141	8	C5
Tjeldsundbrua	19-0670	1967	Indre kyststrøk	1001	40	C2
Grov	19-0682	1968	Indre kyststrøk	177	7	C3
Kvitbergelva bru	19-1512	1999	Indre kyststrøk	102	20	C2
Gryllefjord bru	19-2801	2013	Værharde kyststrøk	315	5	C5
Sandsøysundbrua	19-2845	2018	Kyststrøk	305	10-15	C5
Alta	20-0193	1948	Indre kyststrøk	123	7,5	C3
Elvenes	20-0397	1950	Indre kyststrøk	103	10	C3
Kvalsundbrua	20-1144	1977	Kyststrøk	741	26	C3
Veidnesbrua	20-1328	1998	Kyststrøk	522	10	C5
Bøkfjordbrua	20-2030	2017	Indre kyststrøk	284	8-20	C3



Statens vegvesen  
Pb. 1010 Nordre Ål  
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

[firmapost@vegvesen.no](mailto:firmapost@vegvesen.no)

ISSN: 1893-1162

[vegvesen.no](http://vegvesen.no)

**Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag**