



Notat

OPPDRAG	Direkte avrop ferjekai Brattvåg-Dryna	DOKUMENTKODE	10259741-01-RIMAT-NOT-001 Rev. 01
EMNE	Korrosjonsevaluering - Nybygg Brattvåg	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Møre og Romsdal Fylkeskommune	OPPDRAGSLEDER	Jan Knutsen
KONTAKTPERSON		UTARBEIDET AV	Line Teigen Døssland
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Seksjon for Materialteknologi

SAMMENDRAG

Møre og Romsdal Fylkeskommune skal bygge ny ferjekai på Brattvåg på ferjestrekningen Brattvåg-Dryna. Det skal brukes stålrør til både bæring og avstiving.

Kaien har en designlevetid på 50 år og det er derfor i dette dokumentet utarbeidet anbefalinger for korrosjonsbeskyttelse for å oppnå ønsket designlevetid.

Det er lagt til et korrosjonsmonn for stålet som tilfredsstiller kravene for 25 år eksponering for umalt gods i overensstemmelse med kravene gitt i NS-EN 1993-5 (tabell NA.4.2). Beregningene og anbefalingene for korrosjonsbeskyttelse baserer seg på at korrosjonsbeskyttende belegg og katodisk beskyttelse skal kunne beskytte stålet i 25 år og at resten av korrosjonen fanges opp av korrosjonsmonnet. I denne sammenheng er korrosjonsmonn ekstra godstykke som er lagt til for å ta høyde for en eventuell reduksjon av tykkelse hvis belegget og/eller den katodiske beskyttelsen ikke gir effektiv beskyttelse lengre. Verdien som er benyttet er verdiene for reduksjon av tykkelse i 25 år for korrosjonsutsatt sone som oppgitt i tabell NA.4.2 i 1993-5:2007 + NA:2010.

For utstyr som er permanent neddykket skal det påføres belegg som er kvalifisert i henhold til NORSOK M-501, System 7B eller Im4 i ISO 12944-9. Ved å kombinere korrosjonsbeskyttende belegg med offeranoder og korrosjonsmonn, oppnås ønsket designlevetid.

For strukturer i og over tidevannssonen skal belegg i henhold til NORSOK M-501, system 7A, alternativt systemer som tilfredsstiller CX eller CX+Im4 i ISO 12944-2 velges. For deler av søyler og bjelker i atmosfærisk eksponering er belegget den primære korrosjonsbeskyttelsen.

01	16.10.25	Referanse ble rettet og arealer og antall søyler ble oppdatert	LTD	LBL	
00	15.08.25	Første versjon av dokumentet	LTD	LBL	JK
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



1 Bakgrunn

Møre og Romsdal Fylkeskommune skal bygge ny ferjekai på Brattvåg på ferjestrekningen Brattvåg-Dryna. Det skal brukes stålrør til både bæring og avstiving. For at kaien skal kunne oppnå ønsket designlevetid på 50 år er det blitt foretatt en vurdering av egnede korrosjonsbeskyttelsessystemer.

Det er lagt til et korrosjonsmonn som tilfredsstiller kravene for 25 år eksponering for umalt gods i overensstemmelse med kravene gitt i NS-EN 1993-5 (tabell NA.4.2). Beregningene og anbefalingene for korrosjonsbeskyttelse baserer seg derfor på at korrosjonsbeskyttende belegg og katodisk beskyttelse skal kunne beskytte stålet i 25 år og at resten av korrosjonen fanges opp av korrosjonsmonnet.

2 Standarder og regelverk

Tabell 1: Standarder og regelverk

Example table	
NS-EN 1993-5	Eurokode 3 - Prosjektering av stålkonstruksjoner - Del 5: Peler og spunt
NS-EN 1090-1	Utførelse av stålkonstruksjoner og aluminiumkonstruksjoner - Del 1: Krav til samsvarsvurdering av lastbærende komponenter
NS-EN 1090-2	Utførelse av stålkonstruksjoner og aluminiumkonstruksjoner - Del 2: Tekniske krav til stålkonstruksjoner
NS-EN ISO 13174	Cathodic protection of harbour installations
DNV-RP-B401	Cathodic protection design
NORSOK M-501	Surface preparation and protective coating
ISO 12944-2	Maling og lakk - Korrosjonsbeskyttelse av stålkonstruksjoner med beskyttende malingssystemer - Del 2: Klassifisering av miljøe
ISO 12944-4	Maling og lakk - Korrosjonsbeskyttelse av stålkonstruksjoner med beskyttende malingssystemer - Del 4: Overflatetyper og forbehandling
ISO 12944-5	Maling og lakk — Korrosjonsbeskyttelse av stålkonstruksjoner med beskyttende malingssystemer — Del 5: Beskyttende malingssystemer
ISO 12944-9	Maling og lakk — Korrosjonsbeskyttelse av stålkonstruksjoner med beskyttende malingssystemer — Del 9: Beskyttende malingssystemer og metoder for laboratorieprøving av holdbarhet for offshorekonstruksjoner og lignende konstruksjoner



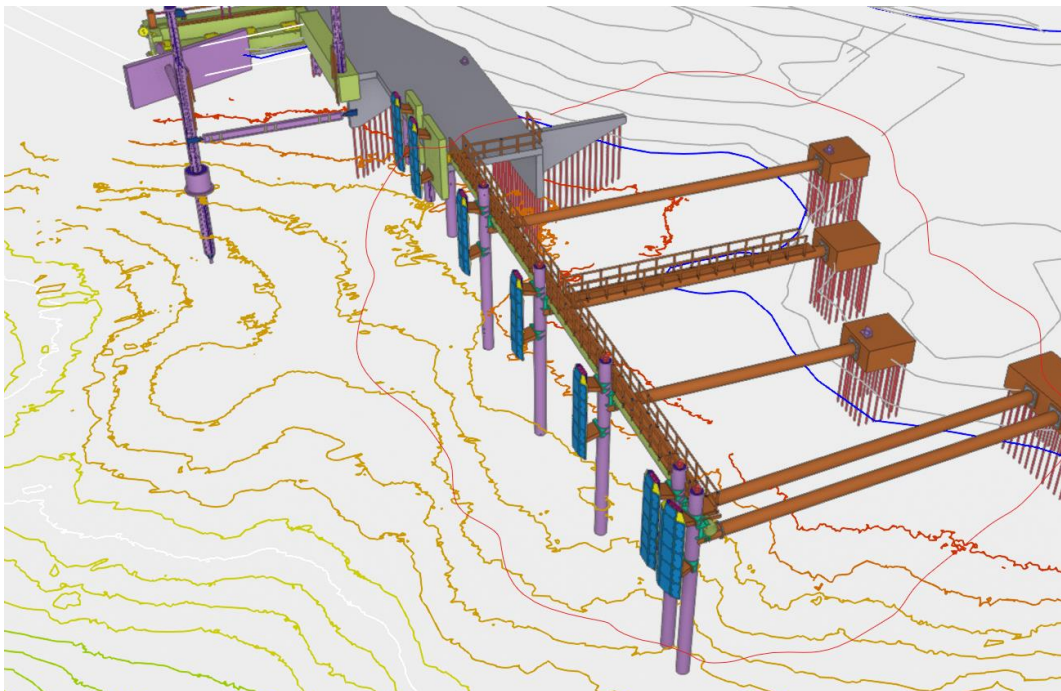
3 Definisjoner og begreper

Tabell 2: Definisjoner og begreper

Designlevetid	50 år Designlevetid er den forventede tidsperioden en konstruksjon, komponent eller system skal kunne fungere i henhold til sine tekniske krav, funksjonelle egenskaper og sikkerhetsstandarder — uten behov for omfattende utskifting eller rehabilitering.
Katodisk beskyttelse	Katodisk beskyttelse er en metode for å sikre at metalliske, ytre overflater av stålstrukturer som er nedsenket sjøvann eller nedgravd i saltholdig mudder, beskyttes effektivt mot korrosjon ved å gjøre dem til katoder i et elektro-kjemisk system.
Korrosjonsbeskyttende belegg	Maling som påføres stålet for å danne en barriere mellom stål og miljøet.
Korrosjonsmonn:	Ekstra godstykkelse i tillegg til tykkelsen som kreves i styrkeberegningene for å ta høyde for en eventuell reduksjon av tykkelse hvis belegget og/eller den katodiske beskyttelsen ikke gir effektiv beskyttelse lengre. Verdien som er benyttet er verdiene for reduksjon av tykkelse i 25 år for korrosjonsutsatt sone som oppgitt i tabell NA.4.2 i 1993-5:2007 + NA:2010.
Offeranode	En offeranode er et metall som med vilje kobles til en annen metallkonstruksjon for å korrodere i stedet for den konstruksjonen.
Overflatebehandling	En prosess for å påføre et korrosjonsbeskyttende belegg på stål for å danne en barriere mellom stål og miljøet.

4 Kaiens oppbygging

Kaien er en stålkai bestående av runde horisontale bjelker og stålkjernepæler fylt med armert betong.





Stålmengder som er lagt til grunn for korrosjonsbeskyttelsesvurderingene er oppgitt i Tabell 2. Mengdene oppgitt i Tabell 2 er foreløpige og basert på statistiske beregninger. Utstyr og knutepunkter er ikke medtatt i mengden.

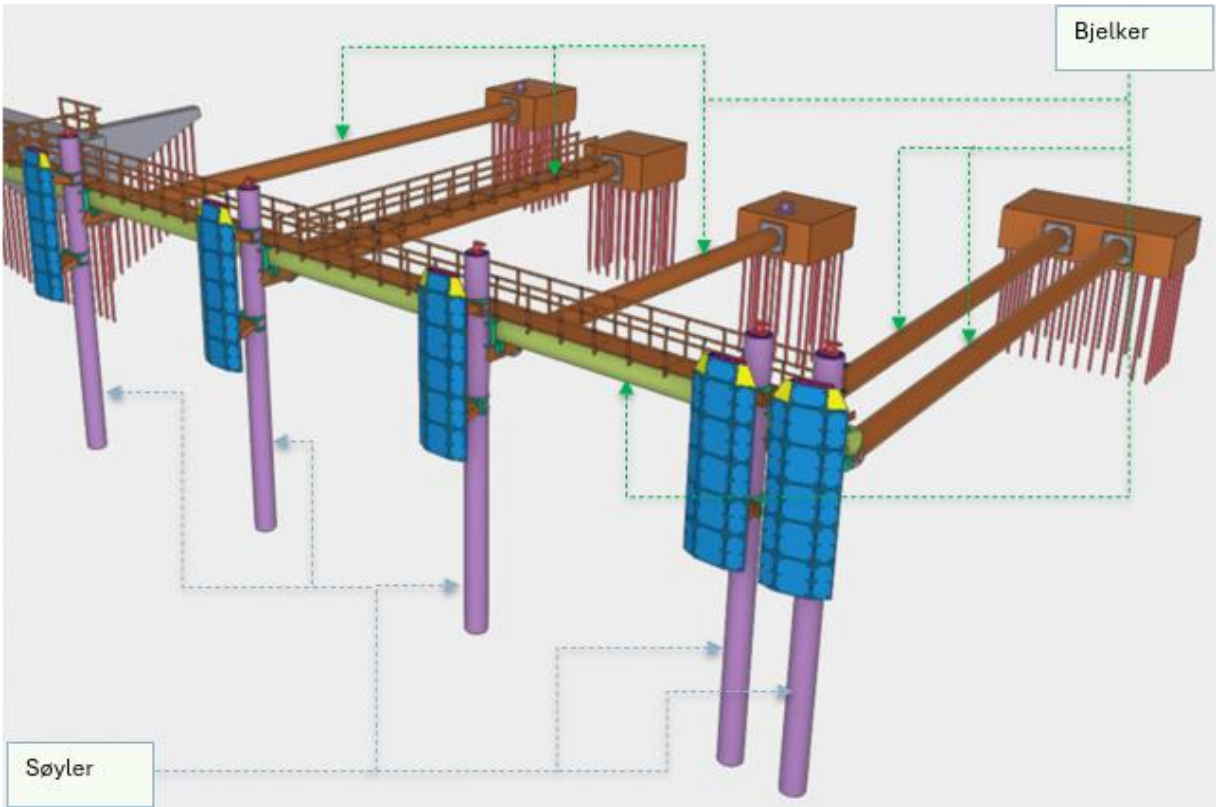
Tabell 3: Mengder stål benyttet i korrosjonsbeskyttelsesvurderingen [1].

Mengde stål for vurdering av overflatebehandling og korrosjonsbeskyttelse						
SØYLER - under vann (bruker referansepunkt for vannivå +0.00)						
Profil	Lengde (m)	Antall søyler (stk.)	Vekt (kg/m)	Vekt tot. (kg)	Overflate m²/m	Overflate tot. m²
Ø813x14,2	7	7	280	13720	2,6	125
SØYLER - over vann (bruker referansepunkt for vannivå +0.00)						
Profil	Lengde (m)	Antall søyler (stk.)	Vekt (kg/m)	Vekt tot. (kg)	Overflate m²/m	Overflate tot. m²
Ø813x14,2	5,25	6	280	8820	2,6	80
Sum	12,3			22540 ¹⁾		205 ¹⁾

BJELKER						
Profil	Lengde tot. (m)	Antall bjelker (stk.)	Vekt (kg/m)	Vekt tot. (kg)	Overflate m²/m	Overflate tot. m²
Ø711x16	143,7		274	39373,8	2,2	320,8

¹⁾ Mengde for heisetårn og sikringsbjelke er inkludert.

²⁾ Bjelke i lengderetning er angitt som 1 stk.



Figur 1: Illustrasjon av kaiens søyler og bjelker.



5 Korrosivitetsvurdering

Kaien ligger ytterst i Samsfjorden i og det forventes en del salt- og bølgeeksponering. Stålet som er neddykket i vann kan klassifiseres som Im4 ihht ISO 12944-2 hvis det beskyttes med katodisk beskyttelse. Uten katodisk beskyttelse vil eksponeringskategorien være Im2.

Stålet som er i og over tidevannssonen kan defineres som eksponert for kategori CX ihht ISO 12944-2.

6 Korrosjonsbeskyttelse

6.1 Katodisk beskyttelse

Delene av søylene som er eksponert i sjøvann bør beskyttes for korrosjon med katodisk beskyttelse i kombinasjon med korrosjonsbeskyttende belegg. Ved å kombinere korrosjonsbeskyttende belegg med offeranoder, oppnås en effektiv korrosjonsbeskyttelse. I en slik kombinasjon vil offeranodene være den primære korrosjonsbeskyttelsen, mens belegget vil bidra til å redusere katodens overflate og dermed redusere anodeforbruket.

Katodisk beskyttelse av havneinstallasjoner skal utføres i henhold til kravene i NS-EN ISO 13174. Anbefalingen i denne er å benytte offeranoder for beskyttelse av stålkonstruksjoner.

En mulig løsning for anodevalg forutsett at man maler søylene er at man benytter en lang flush anode per søyle. Et eksempel på en flush anode som kan være tilstrekkelig er en anode på 47 kg med lengde 1,48 m og bredde 0,11 m. Kontroll av anodevalg må utføres etter leverandør av anoder er valgt. Da bør man også kontrollere anodemasse basert på endelige arealberegninger.

Det er også viktig at retningslinjene for installasjon og oppstart i ISO 13174 følges for å sørge for at man har installert anodene riktig, at man oppnår kontinuitet og tilstrekkelig beskyttelse.

6.2 Korrosjonsbeskyttende belegg

Metalliske komponenter og rør eksponert i sjøvann kan beskyttes mot korrosjon ved belegg. For utstyr som er permanent neddykket bør belegg være kvalifisert ihht NORSOK M-501, System 7B eller Im4 i ISO 12944-9. Ved å kombinere korrosjonsbeskyttende belegg med anoder, oppnås en effektiv korrosjonsbeskyttelse. I en slik kombinasjon vil offeranodene være den primære korrosjonsbeskyttelsen, mens belegget vil bidra til å redusere katodens overflate og dermed redusere anodeforbruket.

For strukturer i og over tidevannssonen skal belegg i henhold til NORSOK M-501, system 7A, alternativt systemer som tilfredsstillende CX eller CX+Im4 i ISO 12944-2 velges. For deler av søyler og bjelker i atmosfærisk eksponering er belegget den primære korrosjonsbeskyttelsen. Forventet levetid på slike beleggssystemer vil være opp til 25 år før det er behov for vedlikehold, og man ikke kan regne med korrosjonsbeskyttelsen lengre. For å ta høyde for dette skal det legges til korrosjonstillegg ihht. NS-EN 1993-5 (tabell NA.4.2) for 25 år til godstykkelsen på stålet.

6.2.1 Forbehandling

For å kunne få til en tilfredsstillende korrosjonsbeskyttelse med høy levetid ved bruk av belegg på ferjekaien er det viktig med god forbehandling og at alle overflater har tilfredsstillende renhet. Skarpe kanter, hjørner og sveiser må rundes tilsvarende grad P3 definert i ISO 8501-3 (minimum radius 2 mm). Harde overflatelag (for eksempel fra flammeskjæring) må fjernes ved sliping før blåserensing. Alle overflater må være fri for forurensinger som sveisefluks, sveiserester, olje, fett, salt etc. før blåserensing. Alle overflater bør vaskes med rent vann før blåserensing. Alle maskinerte deler skal



vaskes med løsemiddel før blåserensing for å fjerne evt. maskineringsvæsker som sitter igjen på overflaten. Olje og fett skal fjernes i overensstemmelse med ISO 12944-4 før blåserensing. Alle sveiser skal inspiseres og hvis nødvendig repareres før endelig blåserensing kan finne sted. Overflateporer, hulrom etc. skal fjernes med passende metode eller sveisereparasjon.

Blåserensing skal utføres med blåsemiddel som er fritt for forurensinger som kan ha negativ påvirkning på sluttresultat og levetid for belegget. Overflaten skal blåserenses slik at man oppnår renhet Sa 2 ½ ihht ISO 8501-1. Ruhet skal være medium G ($R_{y5} = 50-85 \mu\text{m}$) per ISO 8503.

Etter blåserensing skal overflaten være fri for olje, fett og andre forurensinger helt til overflatebehandlingen er ferdig utført. Støv og rester av blåsemiddel skal fjernes fra overflaten med en passende metode etter blåserensing og størrelsen og mengden støv skal ikke overstige 2 ihht ISO 8502-3. Maksimum tillatt mengde vannløselige salter på overflaten tilsvarer 20 mg/m² natriumklorid (NaCl) ihht ISO 8502-6 og ISO 8502-9.

7 Konklusjon

For utstyr som er permanent neddykket skal det påføres belegg som er kvalifisert i henhold til NORSOK M-501, System 7B eller Im4 i ISO 12944-9. Ved å kombinere korrosjonsbeskyttende belegg med anoder og korrosjonsmonn, oppnås ønsket designlevetid på 50 år.

For strukturer i og over tidevannssonen skal belegg i henhold til NORSOK M-501, system 7A, alternativt systemer som tilfredsstiller CX eller CX+Im4 i ISO 12944-2 velges. For deler av søyler og bjelker i atmosfærisk eksponering er belegget og korrosjonsmonnet den primære korrosjonsbeskyttelsen.

Det er lagt til et korrosjonsmonn som tilfredsstiller kravene for 25 år eksponering for umalt gods i overensstemmelse med kravene gitt i NS-EN 1993-5 (tabell NA.4.2). Beregningene og anbefalingene for korrosjonsbeskyttelse baserer seg derfor på at korrosjonsbeskyttende belegg og katodisk beskyttelse skal kunne beskytte stålet i 25 år og at resten av korrosjonen fanges opp av korrosjonsmonnet.

8 Referanser

[1] 10259741-01-RIBko-RAP-203-Brattvåg tilleggskai



9 Vedlegg

Beregning av katodisk beskyttelse Brattvåg ferjekai			
Krav til levetid	Levetid	25	år
NS-EN ISO 13174 B.3	Antatt motstand i fyllmasser	0,35	Ωm
	Geometri peler		
	Areal søyle med maling som skal beskyttes	18	m ²
	Areal peler uten maling som skal beskyttes	0	m ²
Skarpenor AFB-950	Egenskaper anoder		
	Type	Flush mounted	
	Anodenavn	A-550	
	Lengde	1,48	m
	Bredde	0,11	m
	Masse initial	47,3	kg
	Høyde	0,11	m
DNV-RP-B401 Tabell A-6	Closed circ. pot.	-1,05	V Ag/AgCl
	Arithmetic mean	0,795	m2
	Exposed surface area	0,5126	m2
	Tetthet	2780	kg/m3
	xcore	0,00847	m2
NS-EN ISO 13174 B.2a)	Utilization factor	0,85	
NS-EN ISO 5.4.1 - Annex A - Tab. A.2	Design current densities A/m2 in saline mud		
	Initial	0,200	A/m2
	Maintenance	0,100	A/m2
	Final	0,130	A/m2
NS-EN ISO 13174 A.3	Slitasje belegg		
	Initial breakdown	25	%
	Deterioration breakdown rate	1	%
NS-EN ISO 13174 5.4.2	Protection current demand - uten belegg		
	Initial, Ii	0,0	A
	Maintenance, Im	0,0	A
	Final, If	0,0	A
NS-EN ISO 13174 5.4.3	Protection current density Jc (current density coated steel)		
	Initial, Jci	0,05	A/m2
	Maintenance, Jcm	0,025	A/m2
	Final, Jcf	0,065	A/m2
NS-EN ISO 13174 5.4.4	Protection current demand - med belegg		
	Initial, Ii	0,9	A
	Maintenance, Im	0,4	A
	Final, If	1,2	A
	Protection current demand - med og uten belegg		
	Initial, Ii	0,9	A
	Maintenance, Im	0,4	A
	Final, If	1,2	A
NS-EN ISO B.	Anode resistance, current and life determination		
NS-EN ISO B.1.2	Ra,i	0,19	Ω
B.2a)	wfinal (all shapes)	7,10	kg
B.2b)	Lfinal (slender)	1,35	m
B.2b)	xfinal (slender)	0,010355	m2
B.2b)	rfinal (longflush)	0,08	m
B.2b) Final anode resistance is then determined (...)	Exposed surface area final	0,110	m2
B.2b) Final anode resistance is then determined (...)	Ra,f	0,21	Ω
	Typical anode properties		
NS-EN 12496 B.2	Anode consumption rate (E)	4,4	kg/Ay
NS-EN 12496 B.2	Current capacity (Q)	2500	Ah/kg
	Minimum net weight requirement		
NS-EN ISO 13174 B.6	Wtotal	46	kg
	Anode current output		
NS-EN ISO 13174 5.5	Ia,i	1,34	A
	Ia,f	1,19	A
	Total anode current capacity		
DNVGL-RP-B401 7.8.3	Ca	100512,5	Ah
	Antall anoder		
	Initial	0,7	Anoder
	Final	1,0	Anoder
	Mass	1,0	Anoder
	Trenger altså	1,0	anoder
DNVGL-RP-B401 7.8.4	Tester		
	Ca tot	100512,5	>
	Ia,tot,i	1,3	>
	Ia,tot,f	1,2	>