

CP droppcelle-inspeksjon av kaianlegg i Verdal havn og Steinkjer havn

Trondheim Havn IKS

Doc no.: 110568
Ver: v1
Date: 30.01.2025

Document overview

Client:

Trondheim Havn IKS

Document name:	Document number:
CP droppcelle-inspeksjon av kaianlegg i Verdal havn og Steinkjer havn	110568
Project name:	Project number:
Verdal Havn og Steinkjer Sørsikaia, droppcelle-inspeksjon og levetidsvurdering	324-20253
Project manager:	Department:
Vegar Wilmann	330

Abstract:

Det ble utført CP droppcelle-inspeksjon på 2 av kaianleggene til Trondheim Havn IKS. Det ble utført CP droppcelle-inspeksjon av Hovedkaia, Ro-ro rampe og Utrustningskaia i Verdal havn og Sørsikaia A og B samt de eldre kaiene C, D og E i Steinkjer havn. Kai C er ikke en spuntkai men er bygd opp slik at den står på 11 stk. peler. Oppdraget gikk ut på å verifisere den katodiske beskyttelsen av spuntkaiene ved at en referansecelle senkes ned på utsiden av kaiene. Det var på forhånd gjort en jobb med å installere jordingskabler til spunt på de respektive kaiene slik at god kontakt skulle bli sikret. Alle målinger ble startet med referanse 1 meter fra sjøbunnen. Resultatet fra inspeksjonen viser at målt potensial på spuntkaiene varierer i stor grad. Kaier som er innenfor ønsket intervall og er beskyttet mot korrosjon: Utrustningskai Verdal, Sørsikaia A Steinkjer, Sørsikaia gavlvegg B-C Steinkjer og Sørsikaia C Steinkjer. Kaier som er utenfor ønsket intervall og derfor ikke er beskyttet mot korrosjon: Hovedkaia Verdal, Ro-ro rampe Verdal, Sørsikaia B Steinkjer, Sørsikaia D Steinkjer og Sørsikaia E Steinkjer.

Keywords:	Distribution:
Verdal havn (Hovedkaia, Ro-ro rampe og Utrustningskaia), Steinkjer havn (Sørsikaia), CP, katodisk beskyttelse, droppcelle	Restricted

Current revision

Rev.	Date	Author	Checked by	Approved by	Reason for rev.
v1	30.01.2025	VEW	HO	Terje J. Blakset Digitally signed by Terje J. Blakset Date: 2025.01.30 16:05:55 +01'00'	Issued for Review/Acceptance

Previous revisions

Rev.	Date	Author	Checked by	Approved by	Reason for rev.

If this document is electronically signed, the electronic pdf version is the original. Any printed version of the document is a copy and the authenticity cannot be verified.

Table of contents

1	Introduksjon.....	4
1.1	Omfang.....	4
1.2	Forkortelser	5
1.3	Utstyr brukt under CP droppcelle-inspeksjon:.....	5
2	Konklusjon	6
2.1	Basis for kategorisering av status	6
2.2	Status basert på CP droppcelle-inspeksjon.....	6
3	Katodisk beskyttelse.....	9
3.1	Katodisk beskyttelse av spunkaiene	9
3.2	Tidligere inspeksjoner.....	9
4	Inspeksjonsresultater	10
4.1	CP droppcelle-inspeksjon av Hovedkaia Verdal havn.....	10
4.2	CP droppcelle-inspeksjon Ro-ro rampe Verdal havn	13
4.3	CP droppcelle-inspeksjon Utrustningskaia Verdal havn.....	15
4.4	CP droppcelle-inspeksjon av Sørsikaia A Steinkjer havn	18
4.5	CP droppcelle-inspeksjon av Sørsikaia B og B-C Steinkjer havn.....	21
4.6	CP droppcelle-inspeksjon av Sørsikaia C og C-D Steinkjer havn	23
4.7	CP droppcelle-inspeksjon av Sørsikaia D Steinkjer havn	26
4.8	CP droppcelle-inspeksjon av Sørsikaia E Steinkjer havn.....	28
5	Diskusjon og anbefalinger	30
5.1	Korreksjon resistivitet sjøvann	30
5.2	Hovedkaia Verdal havn	32
5.3	Ro-ro rampe Verdal havn.....	32
5.4	Utrustningskaia Verdal havn.....	32
5.5	Sørsikaia A og gavlvegg A Steinkjer havn	33
5.6	Sørsikaia B og B-C Steinkjer havn	33
5.7	Sørsikaia C Steinkjer havn.....	34
5.8	Sørsikaia D Steinkjer havn.....	35
5.9	Sørsikaia E Steinkjer havn.....	35
6	Referanser	36
7	Vedlegg	37

1 Introduksjon

1.1 Omfang

Denne rapporten oppsummerer resultater og analyser etter CP droppcelle-inspeksjon av kaianleggene på Verdal havn og Steinkjer havn, utført 11.12.24. Formålet med inspeksjonen var å verifisere om spunkaiene er tilfredsstillende katodisk beskyttet av det installerte CP-systemet (offeranoder). Inspeksjonen ble utført ved at en referansecelle ble senket ned på utsiden av kaien.



/ Figur 1: Verdal: Hovedkaia, Utrustningskaia, Ro-ro rampe.
Steinkjer: Sørsikaia (Illustrasjon: www.trondheimhavn.no)

1.2 Forkortelser

- > CP: Cathodic Protection (katodisk beskyttelse)
- > Zn: Sink
- > AlZnIn: Aluminium-Sink-Indium
- > Ag/AgCl/Sjøvann: Sølv/Sølvklorid/Sjøvann
 - 0 mV Sink = -1050 mV Ag/AgCl
 - 0 mV AlZnIn = -1090 mV Ag/AgCl

1.3 Utstyr brukt under CP droppcelle-inspeksjon:

- > Multimeter: Fluke 28II Ex, Serienummer 23870095, kalibreringssertifikat 13517
- > Droppcelle/referansecelle: Serienummer 6778/7

Alle potensial er gitt i mV vs. Ag/AgCl/Sjøvann.




2 Konklusjon

2.1 Basis for kategorisering av status

Status på kai strukturene baserer seg på verifisert katodisk beskyttelse og er evaluert etter følgende parametere:

- > Installasjonsår, antall år i operasjon og planlagt levetid
- > Makspotensial
- > Minimumspotensial
- > Anode nedtæring der videoinspeksjon er tilgjengelig




/ Tabell 1 Fargekoder benyttet etter CP droppcelle-inspeksjon

Status	Anbefalte tiltak (typiske)
	Ingen funn av betydning. Viser god katodisk beskyttelse.
	Fortsett oppfølging som vanlig, men ny inspeksjon kan være nødvendig etter at korrigerende tiltak er ferdig utført. Funn som innebærer at endringer eller ytterligere undersøkelser må gjøres.
	Tiltak nødvendig, følg opp med en ny inspeksjon så fort påkrevde tiltak er utført.

2.2 Status basert på CP droppcelle-inspeksjon

Tabell 2 viser statusen på CP-systemet installert på spuntkaiene, basert på CP droppcelle-inspeksjonen utført i desember 2024.

/ Tabell 2 CP-status på spuntkaier Verdal havn

Struktur	Status	Inst. år	Planlagt vedlikehold	Maks potensial [mV]	Min potensial [mV]	År til neste inspeksjon
Hovedkaia		2007	N/A	-609	-669	TBD
Ro-ro rampe		2007	N/A	-614	-654	TBD
Utrustnings kaia		2017	N/A	-887	-1040	TBD

3 Katodisk beskyttelse

3.1 Katodisk beskyttelse av spunkaiene

Spunkaiene beskyttes mot korrosjon ved hjelp av offeranoder som sikrer katodisk beskyttelse av stål som er eksponert mot sjøvann. Hovedoppgaven til den katodiske beskyttelsen er å tilføre områder med bart stål katodisk strøm, slik at det blir polarisert i negativ retning til riktig beskyttelsesnivå. For stål i sjøvann er i beskyttet område fra -1050 mV til -800 mV [1].

Fritt korrosjonspotensial for karbonstål i sjøvann er rundt -600 mV. Ved dette potensialet vil korrosjonsraten være i størrelsesorden 0,1-0,3 mm/år. Hvis man polariserer karbonstålet eksempelvis 100 mV fra fritt korrosjonspotensial, så vil katodestrømmen reduseres med en dekade slik at korrosjonsraten reduseres til 10% av fritt korrosjonspotensial. Dette tilsvarer en ny korrosjonsrate i størrelsesorden 0,01-0,03 mm/år.

For å måle beskyttelsesnivået på spunten ble det under denne inspeksjonen utført manuell potensialkartlegging med en portabel referansecelle (droppcelle). Dette ble utført langs spunkaiene i henhold til FORCE droppcelle prosedyre [2]. Det var på forhånd gjort en jobb med å installere jordingskabler til spunt på de respektive kaiene slik at god elektrisk kontakt skulle bli sikret.

Inspeksjonsresultatene er vist i kapittel 4.

3.2 Tidligere inspeksjoner

Det ble i 2016 utført ROV survey av Deepwater Norway AS både på kaianlegg i Verdal havn [3] og kaianlegg i Steinkjer havn [4]. Her ble det satt søkelys på både visuell tilstand og levetidsberegninger basert på potensialmålinger der de tok stab målinger direkte på anodene. I denne rapporten har kun måledata fra 2016 blitt vurdert opp mot potensialmålingene utført i desember 2024, tidligere inspeksjoner som vist under er bare til info.

Tykkelsesmåling av spunt på Utrustningskaia i Verdal ble utført i 2010 av Seascan, Figur 21.

Det ble utført kontroll av katodisk beskyttelse av Sørsikaia i 2003 av NIRAB AS [5].

4 Inspeksjonsresultater

4.1 CP droppcelle-inspeksjon av Hovedkaia Verdal havn

Logging av potensial ble utført ved å senke ned en referansecelle til sjøbunnen, for deretter å ta avlesninger på vei opp til havoverflaten. Potensialmålinger ble avlest 1, 4 og 7 meter over sjøbunnen, dette ble repetert langs hele lengderetningen av kaien.

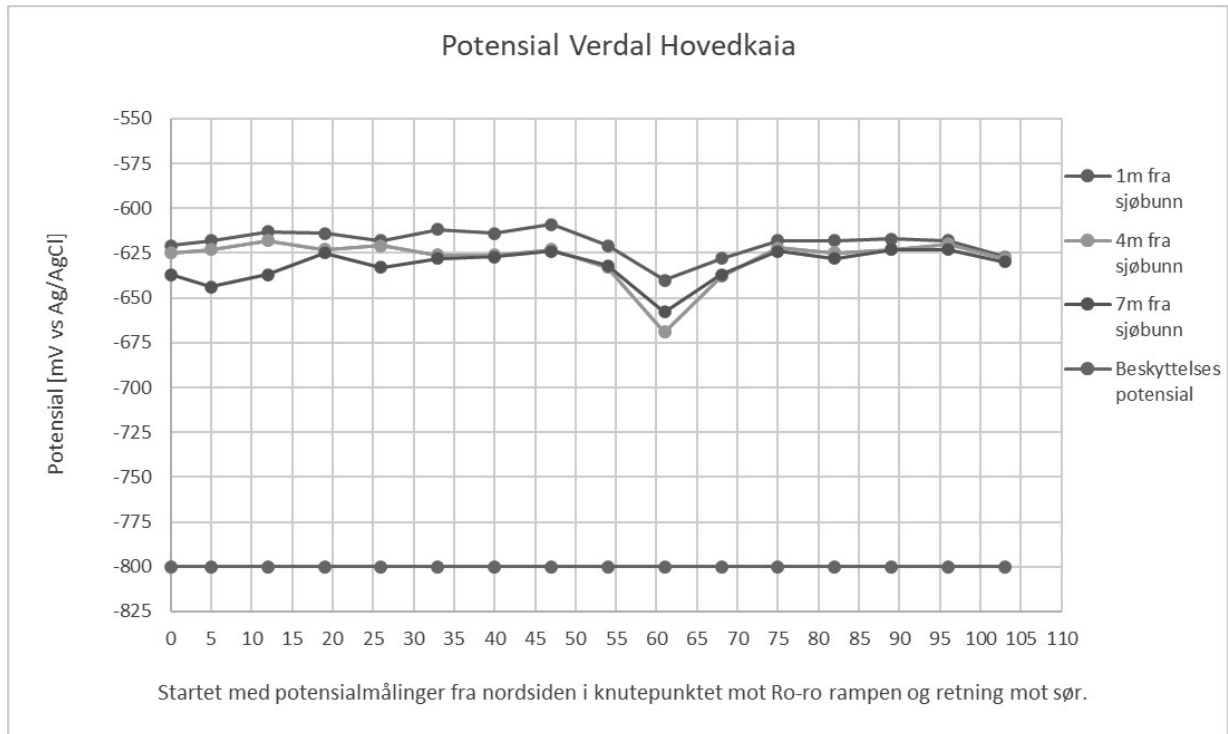
› Basis for potensialmålinger og historikk for Hovedkaia:

- Det ble totalt installert 106 aluminiums anoder i 2007 av typen Coral A-850, med en design levetid på 15 år. Anodene ble fordelt på følgende måte:
 - 52 anoder på spunt delen (26 anoder i 2 høyder, montert i hver 2. spunt)
 - 30 anoder på Ro-ro rampe (15 anoder i 2 høyder, montert i hver 2. spunt)
 - 24 anoder på cellespunt delen (12 anoder i 2 høyder, montert i hver 2. spunt)
- Startet med potensialmålinger fra knutepunktet med Ro-ro kai, utførte målinger i retning mot sør
- Målte på 16 lokasjoner (Figur 12) og 3 dybder, totalt 48 potensialmålinger
- Målte mellom hver fenderpel, det vil si avlesning hver 7`ende meter

De målte potensialverdiene er vist i Figur 2 og inspeksjonsresultater med målepunkt er vist i Tabell 4. Omtrentlige lokasjoner på hvor målingene er tatt, er merket opp i tegning "3115800-1300 Rev. A", som vist i kapittel 7, Figur 12.

Droppcelle-målingene viser at målt potensial varierer fra -669 mV til -609 mV, dvs. godt utenfor beskyttet område for stål (-1050 mV til -800 mV). Målingene viser en relativt jevn potensialprofil langs spunt delen av Hovedkaia, potensial øker noe akkurat i overgangen mellom spunkaien og cellespunt delen av Hovedkaia. Potensialmålingen ved 62 meter viser en liten økning, men det er også eneste indikasjon på at det finnes anoder som har resterende anodemasse på Hovedkaia. Blueye videoinspeksjon tatt 04.10.2024 bekrefter også at den installerte anodemassen på spuntene er oppbrukt.

Gjennomsnittspotensial for Hovedkaia -626 mV, noe som betyr at spunt delen og cellespund delen av Hovedkaia er katodisk ubeskyttet.



/ Figur 2: Potensialprofil Hovedkaia Verdal

/ Tabell 4: Inspeksjonsresultater Hovedkaia Verdal

Verdal Hovedkaia								
Antall meter fra sjøbunn	Potensialmålinger (mV) tatt hver 7'ende meter (målte mellom hver fenderpel)							
	0	5	12	19	26	33	40	47
7	-637	-644	-637	-625	-633	-628	-627	-624
4	-625	-623	-618	-623	-621	-626	-626	-623
1	-621	-618	-613	-614	-618	-612	-614	-609
Beskyttelsespotensial	-800	-800	-800	-800	-800	-800	-800	-800
Grønn: < -850 mV	Godt katodisk beskyttet							
Gul: ≤ -800 mV ≥ -850 mV	Innenfor beskyttelseskriteriet men må følges opp ved neste inspeksjon							
Rød: > -800 mV	Ubeskyttet							

								Snitt av struktur-målinger
54	61	68	75	82	89	96	103	
-632	-658	-637	-624	-628	-623	-623	-630	-632
-633	-669	-638	-622	-625	-623	-620	-628	-628
-621	-640	-628	-618	-618	-617	-618	-627	-619
-800	-800	-800	-800	-800	-800	-800	-800	
							Gj. Snitt	-626
							Max	-609
							Min	-669

4.2 CP droppcelle-inspeksjon Ro-ro rampe Verdal havn

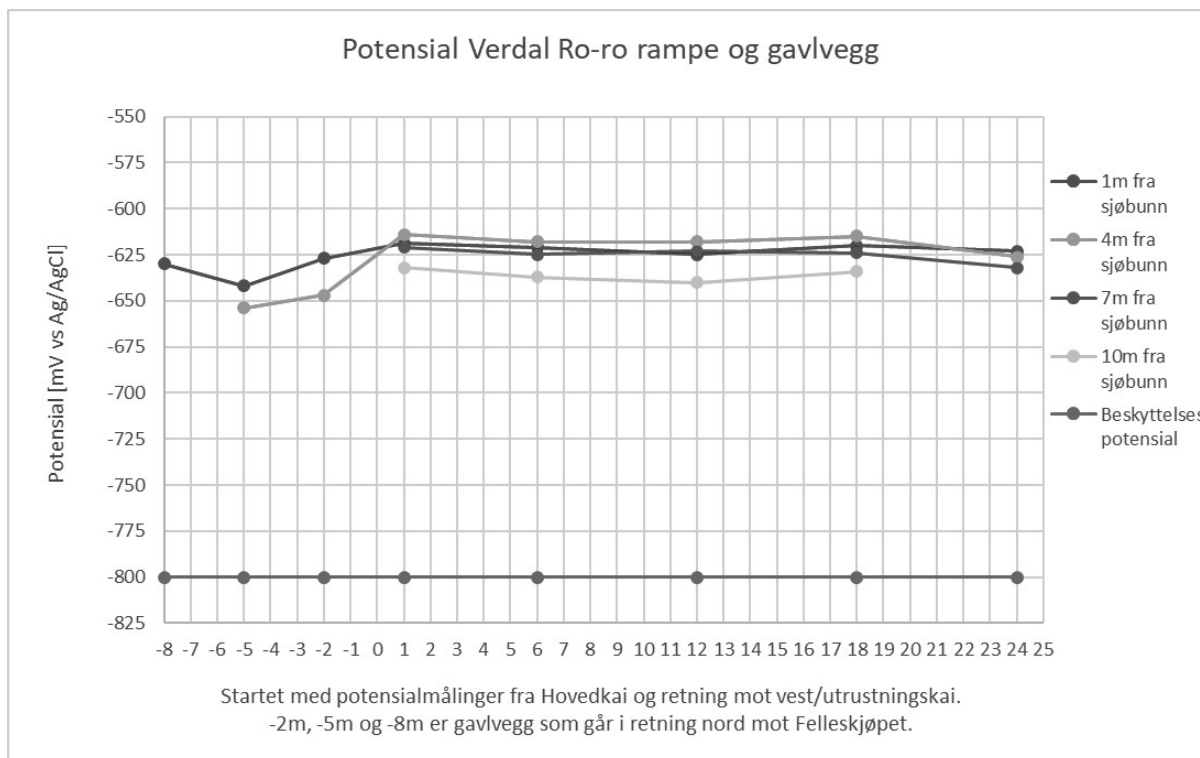
Logging av potensial ble utført ved å senke ned en referansecelle til sjøbunnen, før deretter å ta avlesninger på vei opp til havoverflaten. Potensialmålinger ble avlest 1, 4, 7 og 10 meter over sjøbunnen, dette ble repetert langs hele lengderetningen av kaien og for gavlvegg der det var dypt nok.

- Startet med potensialmålinger 1 meter fra hovedkaia og i retning (vest) mot utrustningskaia
- Målte på 8 lokasjoner (Figur 12) og 4 dybder der det var mulig, totalt 24 potensialmålinger
- Målte hver 6 meter langs Ro-ro rampen og hver 3 meter langs gavlvegg

De målte potensialverdiene er vist i Figur 3 og inspeksjonsresultater med målepunkt er vist i Tabell 5. Omtrentlige lokasjoner på hvor målingene er tatt, er merket opp i tegning "3115800-1300 Rev. A", som vist i kapittel 7, Figur 12.

Droppcelle-målingene viser at målt potensial varierer fra -654 mV til -614 mV, dvs. godt utenfor beskyttet område for stål (-1050 mV til -800 mV). Målingene viser en relativt jevn potensialprofil langs Ro-ro rampen samt en liten økning av potensial ved gavlvegg, men det er også eneste indikasjon på at det finnes anoder som har resterende anodemasse. Blueye videoinspeksjon tatt 04.10.2024 bekrefter også at installert anodemassen på spuntene er oppbrukt.

Gjennomsnittspotensial for Ro-ro rampe er -628 mV, noe som betyr at Ro-ro rampen er katodisk ubeskyttet.



/ Figur 3: Potensialprofil Ro-ro rampe og gavlvegg

/ Tabell 5: Inspeksjonsresultater Ro-ro rampe og gavlvegg

Verdal Ro-ro rampe og gavlvegg										
Antall meter fra sjøbunn	Potensialmålinger (mV). Startet målinger fra hovedkai og mot utrustningskai								Snitt av struktur-målinger	
	-8	-5	-2	1	6	12	18	24		
10				-632	-637	-640	-634		-635	
7				-621	-625	-623	-624	-632	-623	
4		-654	-647	-614	-618	-618	-615	-626	-633	
1	-630	-642	-627	-619	-621	-625	-620	-623	-627	
Beskyttelsespotensial	-800	-800	-800	-800	-800	-800	-800	-800		
								Gj. snitt	-628	
Grønn: < -850 mV	Godt katodisk beskyttet									
Gul: ≤ -800 mV ≥ -850 mV	Innenfor beskyttelseskriteriet men må følges opp ved neste inspeksjon							Max	-614	
Rød: > -800 mV	Ubeskyttet								Min	-654

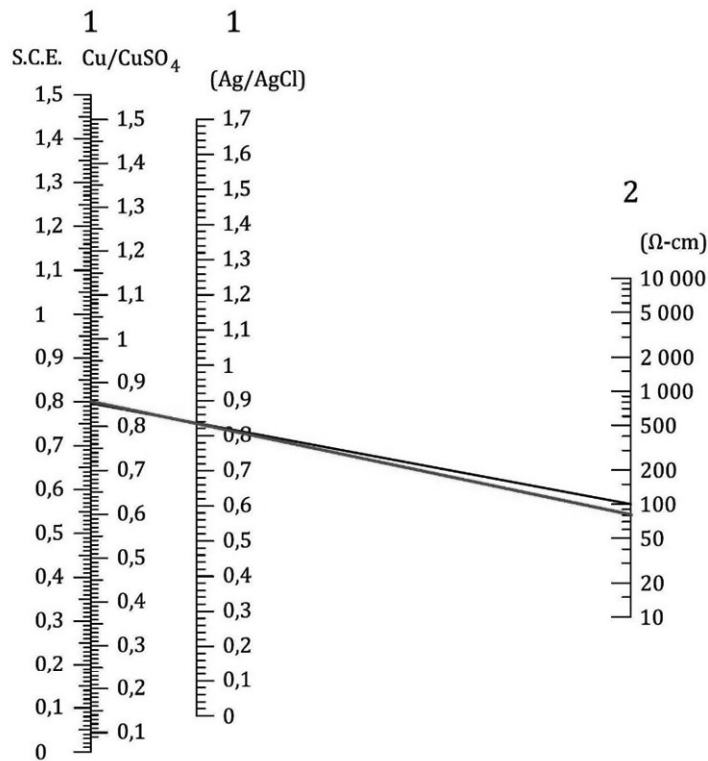
5 Diskusjon og anbefalinger

5.1 Korreksjon resistivitet sjøvann

Det ble ikke målt resistivitet av sjøvannet under droppcelleinspeksjonen og det er heller ikke gjort vurderinger basert på en korreksjon av potensialmålinger utført langs Sørsikaia i denne rapporten. En korreksjon av potensialmålinger kan i enkelte tilfeller være nødvendig i områder med brakkvann.

Resistiviteten i sjøvannet langs Sørsikaia i Steinkjer har nok i praksis vært varierende da det gikk fra flo til fjære mens inspeksjonen ble utført. Jotun Cathodic Protection a.s gjorde analyse av vannprøver [7] som ble tatt ved Kai A, B og D både ved flo og fjære, men dette var tilbake til år 2000 da design av katodisk beskyttelse av kaianlegget ble utført. Vannprøvene viste en resistivitet i området 70-80 $\Omega\cdot\text{cm}$. Hvis man skal følge ISO standard 15589-2:2024 [8], så skal det egentlig gjøres en korreksjon for avlest potensial basert på målt resistivitet. Følger man tabellen som vist i Figur 11, så skal man ved verst tenkelige resistivitet (basert på målingene fra år 2000, 80 $\Omega\cdot\text{cm}$) ikke akseptere mer positive potensial enn omtrentlig -0,835 V vs. Ag/AgCl/Sjøvanns-referanseelektrode. I Figur 11 så er den opprinnelige svarte linjen et eksempel med brakkvann med en resistivitet på 100 $\Omega\cdot\text{cm}$, mens det er lagt inn en rød linje som skal illustrere brakkvann med en resistivitet på 80 $\Omega\cdot\text{cm}$.

Licensed to: Ida Kristensen , FORCE Technology, 2024-03-21 09:04
 © Danish Standards Foundation
DS/EN ISO 15589-2:2024
ISO 15589-2:2024(en)



Key
 1 potential, in negative volts
 2 resistivity, in $\Omega\cdot\text{cm}$

Figure 1 — Nomogram for the correction of potential readings made with the Ag/AgCl/seawater electrode in waters of varying resistivity against the SCE and Cu/CuSO₄ (sat) reference electrodes^[17]

EXAMPLE If brackish water of 100 $\Omega\cdot\text{cm}$ resistivity exists at the pipeline potential measurement site, the least negative potential for the effective corrosion-protection electrode is -0,84 V and not -0,80 V as given in [Table 1](#), with reference to the Ag/AgCl/seawater reference electrode.

/ Figur 11: Nomogram for korreksjon av potensial Ag/AgCl/Sjøvanns-referanseelektrode

5.2 Hovedkaia Verdahlavn

Droppcelle-målingene viser at målt potensial varierer fra -669 mV til -609 mV, med et gjennomsnittspotensial på -626 mV, dvs. godt utenfor beskyttet område for stål (-1050 mV til -800 mV).

I 2016 ble det kalkulert en restlevetid på maksimalt 8,8 år [3] for anodene på dette kaistrekket og det ble derfor anbefalt å installere nye anoder før 2024. Beregningene viser seg å stemme og anodene viser seg nå å være oppbrukt. Her er det behov for å etablere katodisk beskyttelse igjen, slik at her må det prioriteres og få installert ny anodemasse på hele kaistrekket. Per dags dato er det pågående korrosjon på spuntene under vannlinjen. Basert på målt potensial så ligger vi i området for fri korrosjon, det vil si at korrosjonshastigheten ligger på rundt 0,1-0,3 mm/år. At det er registrert mye begroing på spuntene er bare en stor fordel, da en får lavere strømtetthet/mindre strømbehov og derav også redusert korrosjonshastighet.

Blueye videoinspeksjon tatt 04.10.2024 bekrefter at den installerte anodemassen på spuntene er oppbrukt som vist i kapittel 7, Figur 14. Generelt ser man enkelte anoder som er helt oppbrukt mens andre viser begroing og oksidbelegg. Hadde disse anodene blitt rengjort med en høytrykksspyler så ville restene som man ser i videoen gått i oppløsning.

5.3 Ro-ro rampe Verdahlavn

Droppcelle-målingene viser at målt potensial varierer fra -654 mV til -614 mV, med et gjennomsnittspotensial på -628 mV, dvs. godt utenfor beskyttet område for stål (-1050 mV til -800 mV).

I 2016 ble det kalkulert en restlevetid på maksimalt 8,8 år [3] for anodene på dette kaistrekket og det ble derfor anbefalt å installere nye anoder før 2024. Beregningene viser seg å stemme og anodene viser seg nå å være oppbrukt. Her er det behov for å etablere katodisk beskyttelse igjen, slik at her må det prioriteres og få installert ny anodemasse på hele kaistrekket. Per dags dato er det pågående korrosjon på spuntene under vannlinjen. Basert på målt potensial så ligger vi i området for fri korrosjon, det vil si at korrosjonshastigheten ligger på rundt 0,1-0,3 mm/år. At det er registrert mye begroing på spuntene er bare en stor fordel, da en får lavere strømtetthet/mindre strømbehov og derav også redusert korrosjonshastighet.

Blueye videoinspeksjon tatt 04.10.2024 bekrefter at den installerte anodemassen på spuntene er oppbrukt som vist i kapittel 7, Figur 15. Er bare begroing og oksidbelegg som vises på videoen, hadde anodene blitt rengjort med en høytrykksspyler så ville restene som man ser i videoen gått i oppløsning.

5.4 Utrustningskaia Verdahlavn

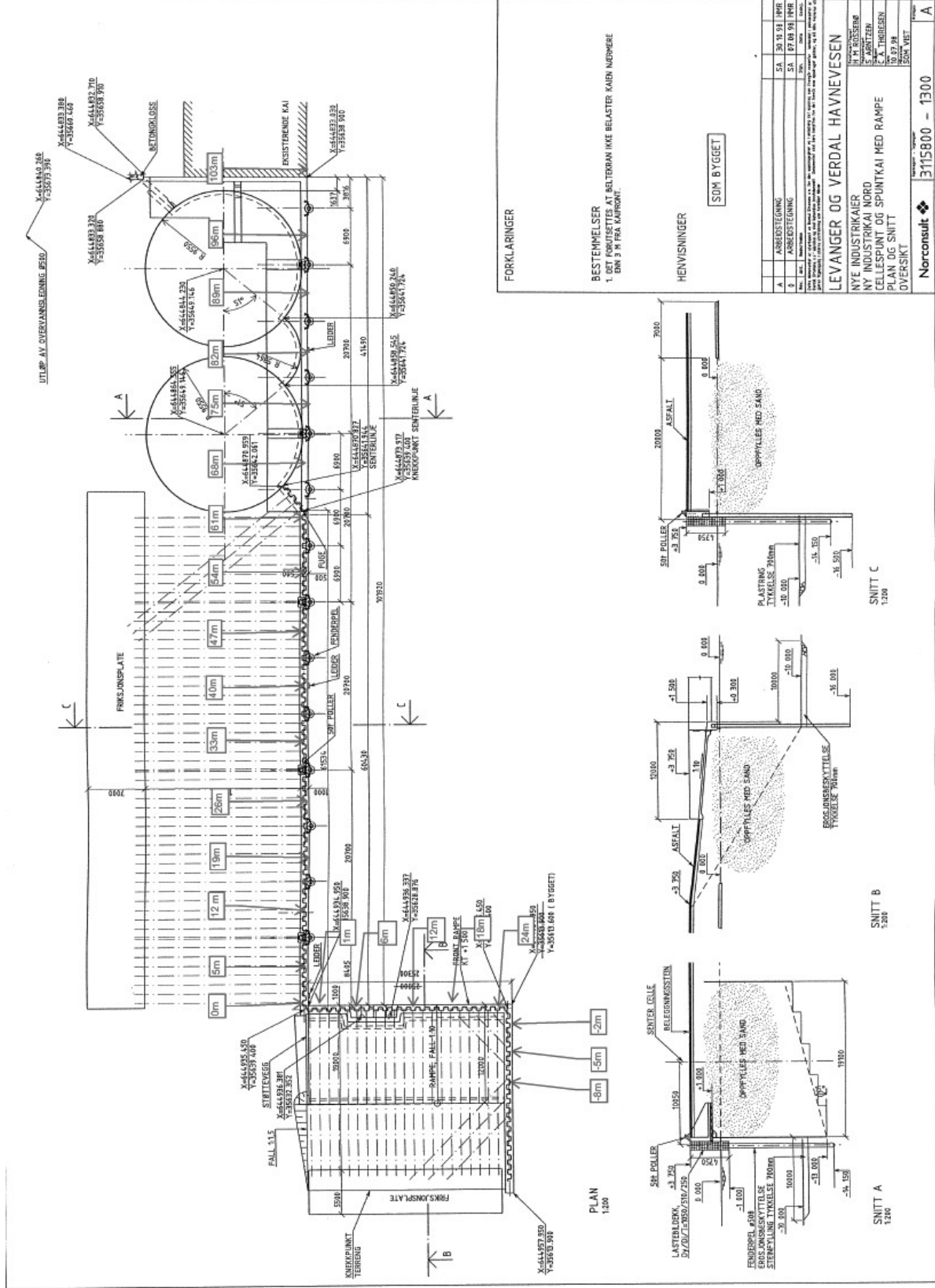
Droppcelle-målingene viser at målt potensial varierer fra -1040 mV til -887 mV, med et gjennomsnittspotensial på -1008 mV, dvs. godt innenfor beskyttet område for stål (-1050 mV til -800 mV).

Spuntene på kaien er godt katodisk beskyttet og det er ikke behov for ytterligere tiltak på denne kaien. Det ble gjort en anode design av Deepwater Norway AS i 2016 [9] der levetiden til anodene ble designet til 15 år. Anodene ble installert i 2017 og basert på design levetid så skal

6 Referanser

- [1] DNV AS, "DNV-RP-B401 - CATHODIC PROTECTION DESIGN," May 2021.
- [2] FORCE Technology, "Doc.: 1.306-05-001 rev A - Procedure for Drop Cell CP Survey," FORCE Technology, 2009.
- [3] Deepwater Norway AS, "3-P1040-101-ANA-001 - Rev 01 Verdahl Havn CP Survey Report," 2016.
- [4] Deepwater Norway AS, "3-P1042-101-ANA-001. Rev 01 - Steinkjer Havn CP Survey Report," 2016.
- [5] NIRAB AS, "Rapport R1-2003RG, Sørsikaia Steinkjer kommune - Katodisk beskyttelse av spunt-funksjonskontroll," 2003.
- [6] Norconsult, "Dwg no. 3115800-1300 Rev. A - Cellespunt og spuntkai med rampe," 1998.
- [7] J. C. P. a.s, "19130/JG/2807-1, Sørsikaia Steinkjer, Katodisk beskyttelse, Analyse av vannprøver - ledningsevne," Langesund, 2000.
- [8] I. 15589-2:2024, "Cathodic Protection of Offshore Pipelines," ISO org., 2024.
- [9] Deepwater Norway AS, "35-8 3-P1041-101-ANA-001 Rev 01 Trondheim Havn-Verdahl - Utrustningskaia CP Design Report," 2016.
- [10] Sivilingeniør Ottar Kummeneje, "Utrustningskai, Oppdrag 1456-2, Bilag 103b," 1974.

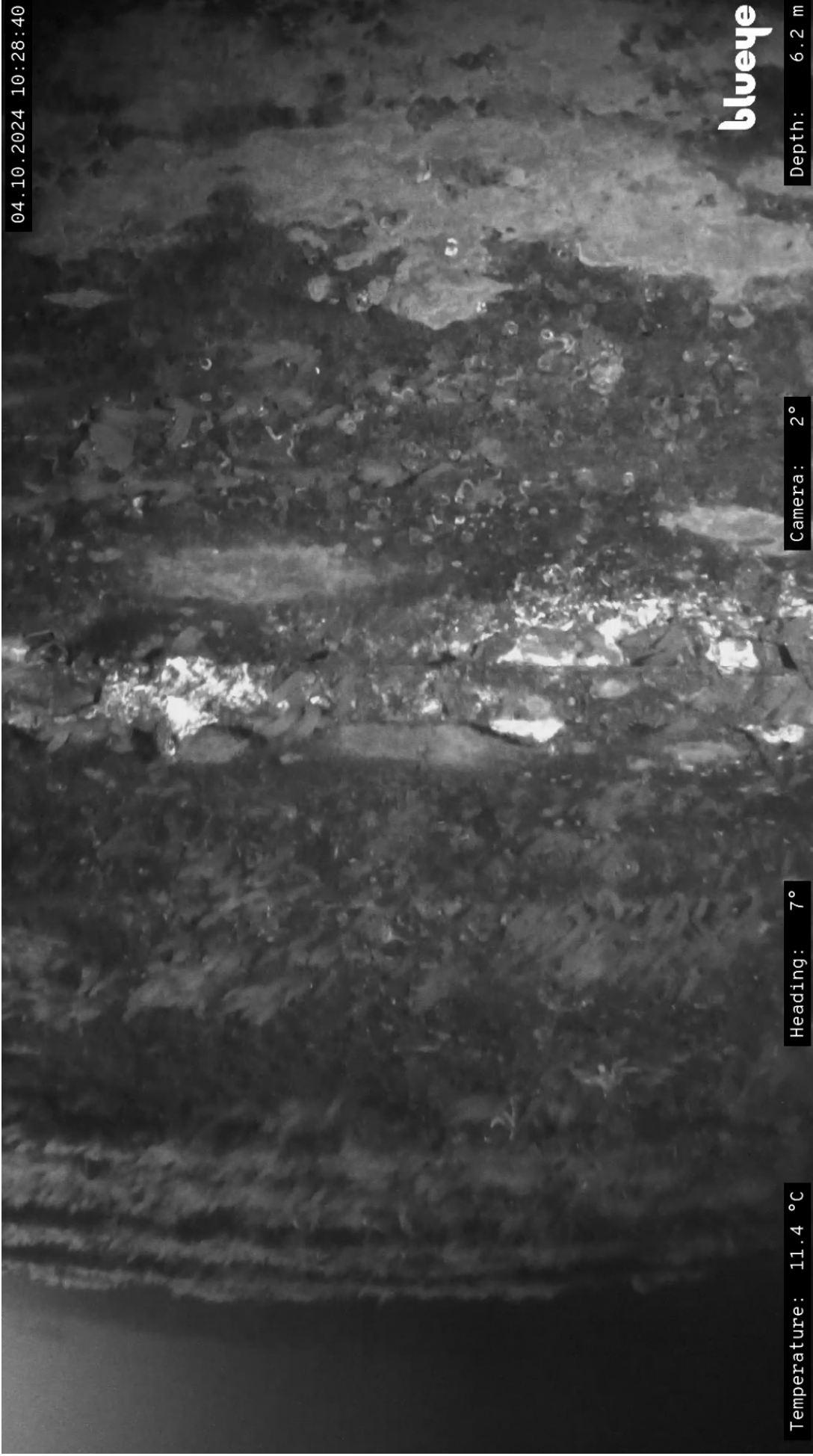
7 Vedlegg



Figur 12: Lokasjoner for målepunkter på Hovedkai Verdal havn (spuntkai med Ro-ro rampe)



/ Figur 13: Oversiktsbilde Hovedkai Verdal havn (bilde tatt fra Ro-ro rampe)



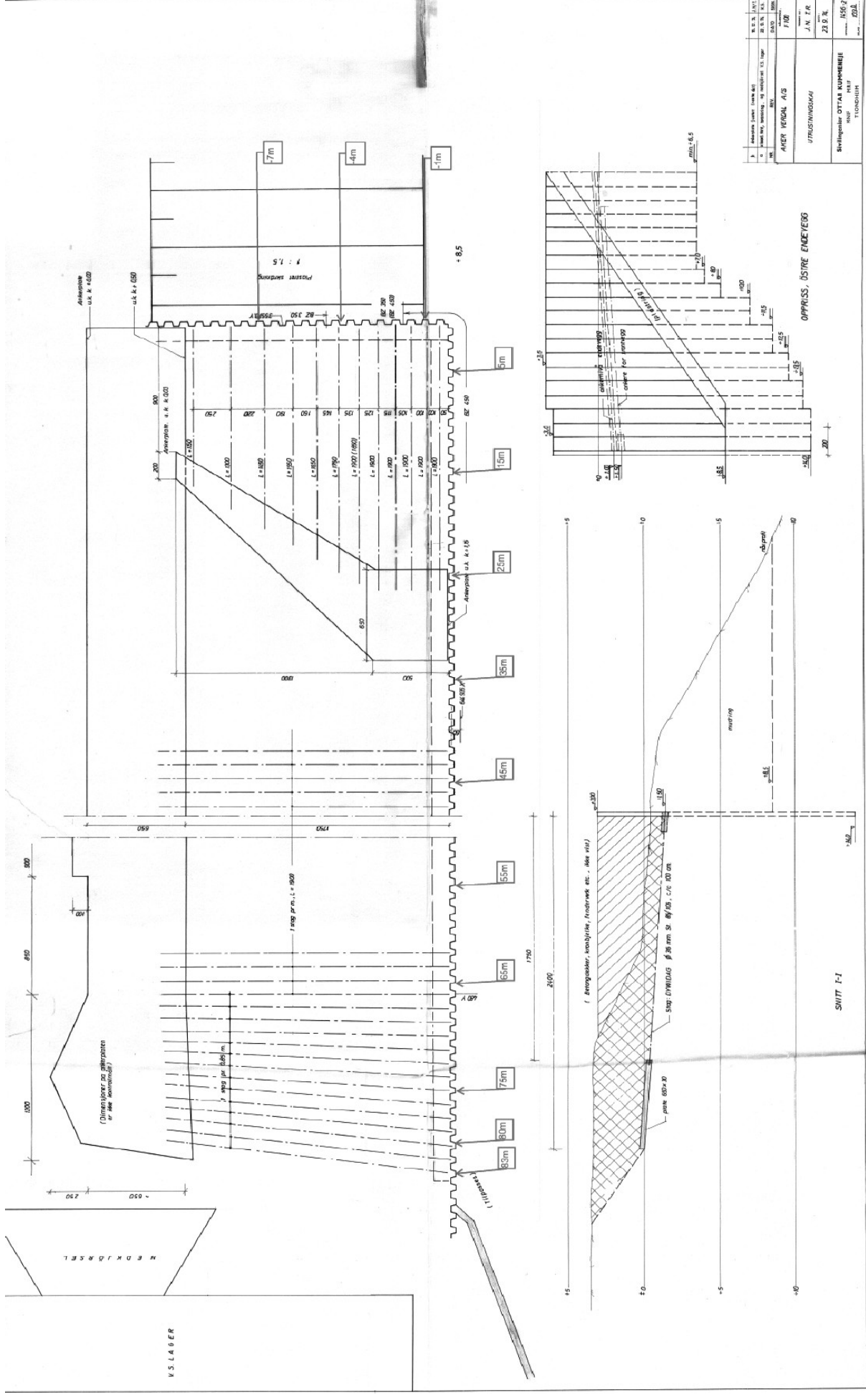
/ Figur 14: Forbrukte anoder og begroing Hovedkaia Verdal havn



/ Figur 15: Oversiktsbilde Ro-ro rampe Verdal havn



/ Figur 16: Forbrukte anoder og begroing Ro-ro rampe Verdal havn



Figur 17: Lokasjoner for målepunkter på Utrustingskaia Verda havn