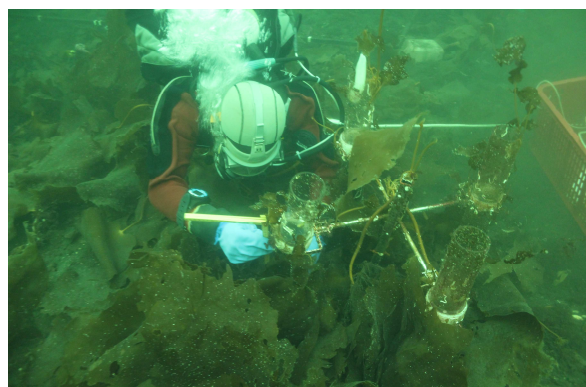


Rapport fra marinarkeologisk
miljøovervåkning i Vågen, Bergen

Andre fase: Oppfølgende undersøkelser november 2012



Elling Utvik Wammer
2013



STIFTELSEN BERGENS SJØFARTSMUSEUM

Illustrasjoner på forside:

Måling av gjenstandsforflytning (Foto Ivar Nesse-Aarrestad)

Dykker og stand-by-dykker i Vågen (Foto Elling Utvik Wammer)

Måling av sjøbunnserosjon på fotoramme (Foto Ivar Nesse-Aarrestad)

Måling av sedimentering i sedimentfelle (Foto Ivar Nesse-Aarrestad)

Innholdsfortegnelse

INNHOLDSFORTEGNELSE	3
INNLEDNING OG SAMMENDRAG.....	4
1. PRAKTISKE OPPLYSNINGER.....	5
1.1. FELTARBEID	5
1.2. ETTERARBEID.....	5
1.3. VÆR OG SIKTFORHOLD.....	5
1.4. MEDIA OG FORMIDLING.....	6
2. FORMÅL OG METODE.....	6
2.1. PROBLEMSTILLINGER	6
2.2. METODE OG UNDERSØKTE LOKALITETER	7
3. RESULTATER.....	8
3.1. GJENSTANDSFORFLYTNING VED DUKER	8
3.2. FOTORAMMER	9
3.2.1. Presentasjon av resultater transekt Bryggen.....	10
3.2.2. Presentasjon av resultater transekt Strandkaien.....	11
3.2.3. Diskusjon av metode.....	13
3.3. HØYDE- OG DYBDEMÅLINGER PÅ FOTORAMMER.....	14
3.3.1. Høyder og vanndybder på fotoramme Bryggen.....	14
3.3.2. Høyder og vanndybder på fotoramme Strandkaien.....	15
3.3.3. Diskusjon av metode.....	16
3.4. SEDIMENTFELLER OG SEDIMENTERING PÅ DUKER	16
3.4.1. Presentasjon av resultater sedimentfeller.....	16
3.4.2. Presentasjon av resultater duker.....	17
3.4.3. Diskusjon av metode.....	17
4. SAMMENSTILLING OG TOLKNING AV RESULTATER.....	18
4.1. STRANDKAIEN.....	18
4.2. BRYGGEN OG REFERANSEOMRÅDER.....	19
5. KONKLUSJON OG VEIEN VIDERE.....	20
KILDER.....	21
OVERSIKT OVER VEDLEGG	21

Innledning og sammendrag

Rapporten omhandler andre fase av Bergens Sjøfartsmuseums marinarkeologiske miljøovervåkning av sjøbunnen i Vågen. Første fase, som foregikk fra oktober 2011 med tett oppfølging over en 4 måneders periode, ble avsluttet med rapport i mars 2012 (Wammer 2012). Her beskrives både formål, metoder og resultater.

Oppfølgingen som denne rapporten omhandler har foregått 13-14 måneder etter oppstart av prosjektet, og er ment å gi representative data for et lengre tidsperspektiv. Miljøovervåkingen er bestilt og finansiert av Riksantikvaren (RA), i brev av 26.11. 2012.

Museet og RA ønsket å undersøke prosessene kulturminnene i Vågen blir utsatt for over tid, med vekt på hvordan sedimenter og gjenstander forflyttes og eroderes. Overvåking av endringsprosesser i Vågen bygger på et kunnskapsgrunnlag fra "Vågen-prosjektet", forundersøkelsen i forbindelse med Bergen kommunes planer for miljøoppdydding i byens havneområder (Nøttveit 2010). Resultatene fra miljøovervåkingen vil være relevante for fremtidige avgjørelser om hvordan kulturminneverdiene i Vågen skal behandles / beskyttes. Dette er viktig for å kunne nå langsiktige forvaltningsmål for kulturminner under vann, særlig med hensyn til å redusere tap av kulturminner.

Etter en nå samlet undersøkelsesperiode på ca. 14 måneder er det registrert store forskjeller i hvordan sedimenter og gjenstander forflyttes i forsøksområdene. Oppfølgingen har bekreftet et årlig tap av kulturlag ved Strandkaien på rundt 3cm. Erosjonen virker knyttet til et bestemt område, hvor vannjet-navigering mot og fra hurtigbåtkaien foregår. Det er også dokumentert at det foregår en masseoppbygning i de øvrige områdene på 0,1-1cm gjennom året.

Ettersom mye av dokumentasjonsutstyret på sjøbunnen forfaller og gror igjen, foreslås det nå en avvikling av deler av prosjektet. Unntaket er bl.a. fotorammen ved Strandkaien, hvor det fortsatt er grunn til videre overvåking. Videre miljøovervåking av kulturminnene i Vågen bør nå i større grad fokuseres på en overordnet kartlegging av erosjons- og sedimentasjonssoner.

Bergen, januar 2013

Elling Utvik Wammer
Prosjektleder

1. Praktiske opplysninger

1.1. Feltarbeid

Feltundersøkelsen foregikk over fire dager i tidsrommet 26. – 29. november 2012 (tabell 1). Dette er 13-14 måneder etter at overvåkingen ble igangsatt året før.

Periode nr.	År	Måned	Dato	Utførte oppgaver	Dagsverk	Antall dykk
I	2011	Oktober	03. – 12.	Utsetting av måleutstyr og objekter. 1. gangs dokumentasjon	24	20
II	2011	November	21. - 23.	Dokumentasjon	9	7
III	2011	Desember	12. - 14.	Dokumentasjon	9	8
IV	2012	Januar	17. - 18.	Dokumentasjon	6	8
V	2012	November	26.-29.	Dokumentasjon	8	11
Sum					56	54

Tabell 1: Oversikt over feltperiodene i miljøovervåkningsprosjektet fra oppstart til og med årets oppfølging (markert med grønn farge).

Som i den innledende fasen, fungerte Elling Utvik Wammer som prosjekt- og feltleder med rapportansvar. Arkeologene Lotte Carrasco og Eirik Herdlevær Søyland fra museet deltok som dykkere og feltassistenter. I tillegg deltok Ivar Nesse-Aarrestad fra RA som observatør i en dag.

Feltarbeidet har omfattet 8 dagsverk i felt for arkeologisk/dykkerpersonale. Det er blitt gjennomført 11 dykk. Hvert dykk varte i ca en time, på dybder fra 6 til 13m. Arbeidet ble utført fra gummibåt, og med oppholdsrom/lager i lånte lokaler i Skur 8 ved Bradbenken på Bryggensiden av havnen. Alle deltakerne var sertifisert for vitenskapelig dykking (klasse S eller klasse 1). Det ble benyttet selvforsynt pusteutstyr (SCUBA) med radiokommunikasjon mellom dykker og dykkeleder. Redningsdykker sto parat ved dykk.

På tross av at arbeid under vann medfører en viss sikkerhetsrisiko foregikk feltarbeidet uten uhell eller at noen kom til skade, og HMS-arbeidet fulgte tidligere års planer (Første fase rapport side 6).

1.2. Etterarbeid

Etterarbeidet foregikk i perioden 3. – 7. desember 2012, og ble gjort av feltleder/prosjektleder. Etterarbeidet med rapportskrivning har omfattet totalt ca. 6 dagsverk.

1.3. Vær og siktforhold

Været var godt i prosjektperioden, med lite vind og svært lite nedbør. Sikten i vannet var imidlertid mindre god på grunn av store nedbørsmengder i ukene forut for undersøkelsen. Dette medførte bl.a. mye partikler i øvre vann-sjikt, som ga lite lys på sjøbunnen, og dermed vanskelige fotorforhold. Begroing av tang og tare utgjorde en større utfordring under denne oppfølgingen enn i første fase (figur 1). Dette gjorde at man måtte bruke mye tid på å rydde i fotorammene, og det gjorde søkearbeidet etter gjenstander vanskeligere.



Figur 1: Fotoramme ved Bryggen før klargjøring. Den lange perioden fra siste dokumentasjon gjorde at det ble en stor jobb å klargjøre rammen for fotografering.

1.4. Media og formidling

Det har ikke vært kontakt med media i forbindelse med oppfølgingen, men det planlegges publisering av denne rapporten på museets hjemmesider.

2. Formål og metode

2.1. Problemstillinger

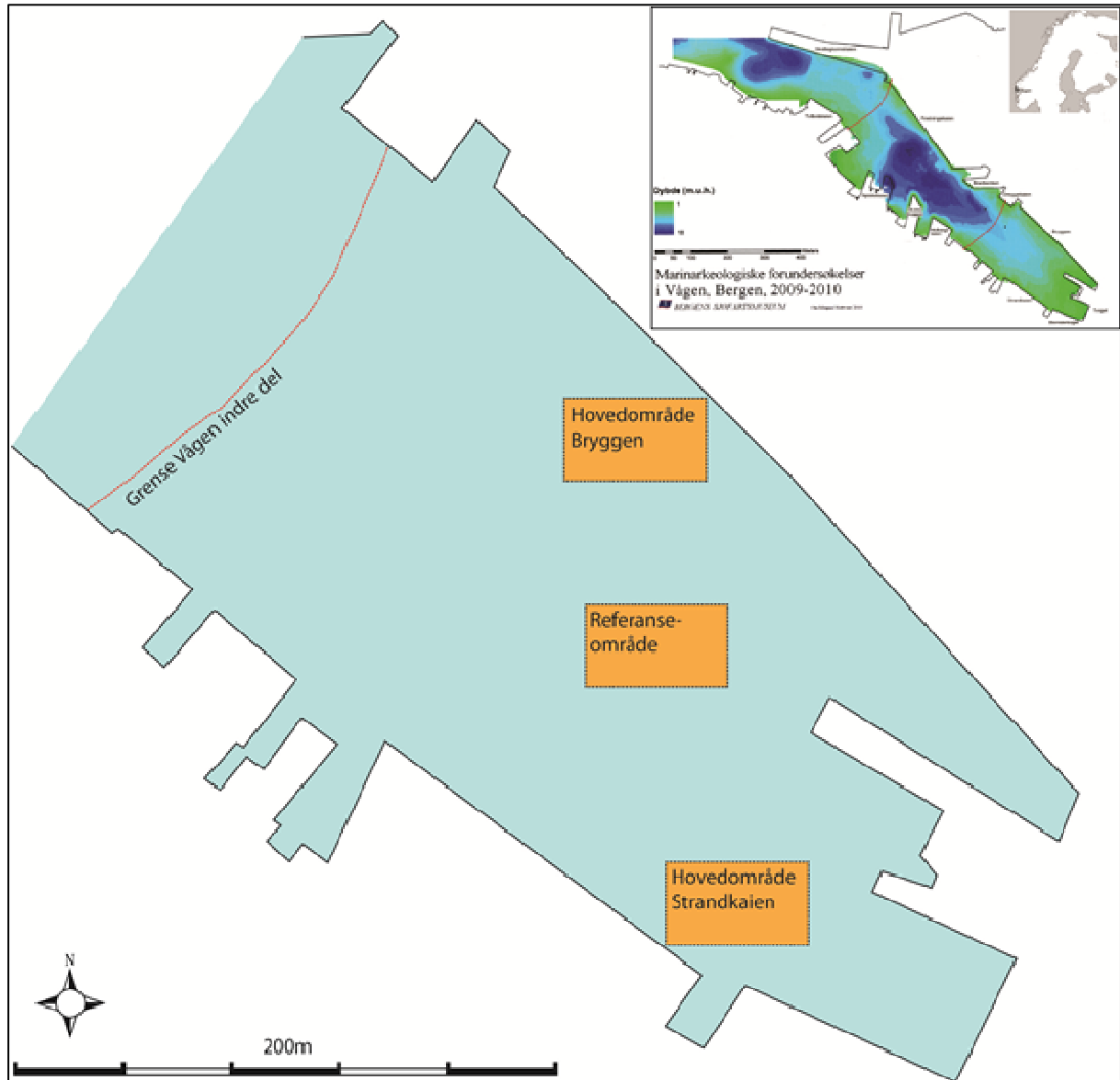
Bergens Sjøfartsmuseum har ønsket å undersøke prosessene kulturminnene i Vågen blir utsatt for over tid. Hovedproblemstilling for miljøovervåkingen var: Hvordan forflyttes sedimenter og gjenstander i forsøksområdene? Formålet med undersøkelsen beskrives nøyere i første fase rapporten, side 8. Overvåkingen i første fase ble gjort med korte tidsmessige mellomrom, for å sikre at metodene fungerte og for å skaffe detaljerte data som utgangspunkt for videre arbeid.

Oppfølgingen har de samme problemstillingene, og ville gi data for et lengre tidsrom. Oppfølgingen søkte spesielt svar på følgende momenter:

- Frambringe sikrere resultater når det gjelder erosjonshastigheten ved Strandkaaien
- Avklare om det foregår netto masseoppbygging i de øvrige områdene (både tildekking og avdekking ble påvist i samme områder)

2.2. Metode og undersøkte lokaliteter

Metodene anvendt i oppfølgingen og undersøkte lokaliteter (figur 2) var de samme som i første fase. Metodene beskrives utfyllende i første fase rapporten side 8-13, og vil kort beskrives under hvert delkapittel i kapittel 3.



Figur 2: Lokalisering av de tre undersøkelsesområdene i miljøovervåkingen. Innfelt: Vågen i Bergen, delt i indre, midtre og ytre del (Nøttveit 2010:8).

3. Resultater

Strukturen i dette kapitlet er lagt opp på samme måte som i første fase-rapporten. Kapitlet er inndelt i fire hovedkapitler, med fokus på resultatene fra de ulike undersøkelsesmetodene. I disse kapitlene presenteres resultatene fra alle områder under ett. Metodene blir også diskutert, der det er nye momenter i forhold til første fase. I kapittel 4 gis en samlet tolkning av resultatene for hvert enkelt av forsøksområdene.

3.1. Gjenstandsforflytning ved duker

For måling av gjenstandsforflytning fungerte kvadratiske fiberduker festet i bunnen som målefelt. Det ble utplassert 12 gjenstander på hver av dukene, som en senere kunne gjenfinne og måle hvor langt de hadde flyttet seg. Dette skulle gi kvalitative data om hva slags gjenstander som beveger seg på bunnen, og i hvilken hastighet de beveger seg. I første fase-rapporten beskrives fiberdukenes relativt glatte overflate, sammenlignet med sjøbunnen, som en viktig feilkilde (s. 24). Mellom første og andre fase har de aller fleste gjenstandene ligget på sjøbunnen, og målingene i andre fase gir derfor trolig mer reelle tall.

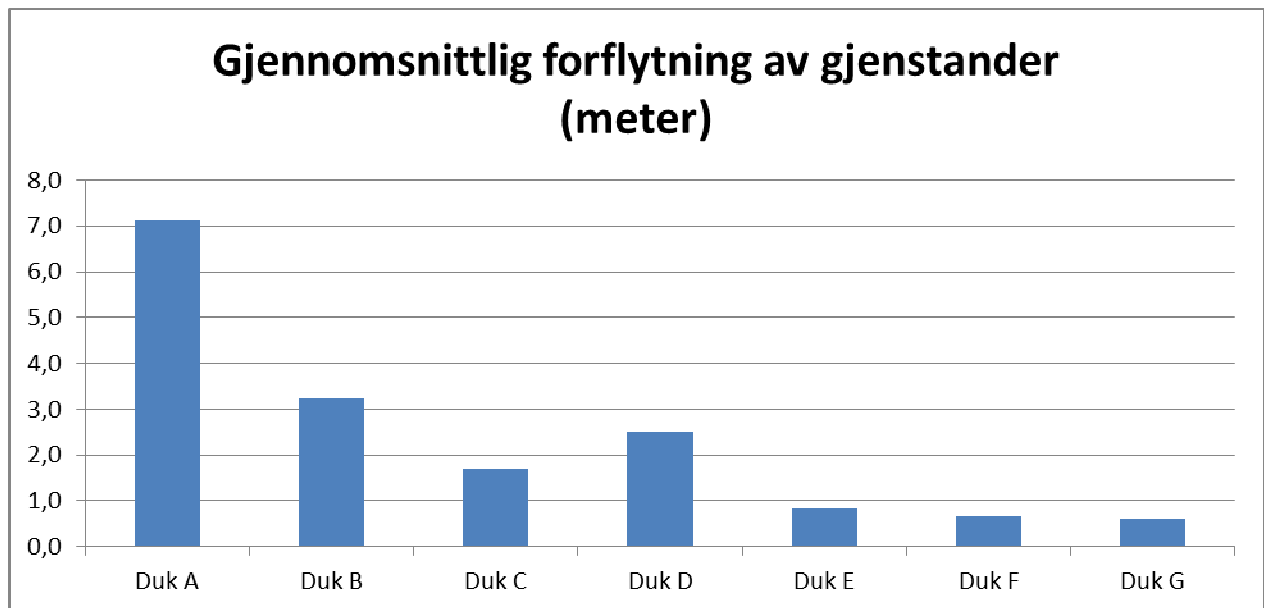


Figur 3: Søk og innmåling av gjenstandsforflytning. Begroing av tang og tare utgjorde en større utfordring under denne oppfølgingen enn i første fase.

Det ble også i oppfølgingen registrert store forskjeller i gjenstandsforflytning ved de ulike dukene (figur 4, neste side). Bildet er hovedsakelig likt det som ble observert i første fase: Ved dukene A, B og C, alle ved Strandkaaien, er det stor bevegelse. I tillegg er det relativt stor bevegelse ved duk D, som ligger utenfor Zachariasbryggen. Ved dukene E og F, begge ved Bryggen, er det liten bevegelse, og det samme med duk G, som ligger midt i havnebassenget.

Duk A skiller seg markant fra de andre dukene, med over 7m gjennomsnittlig forflytning, mer enn dobbelt så mye som gjenstandene ved duk B, C og D. Dette er ulikt første fase, hvor det ble dokumentert 5-7m forflytning på alle disse dukene. Den reduserte forflytningen ved B og C kan skyldes at gjenstandene nå er havnet på sjøbunnen, og ikke ligger på duken. Bunnen rundt særlig duk C består mye av større steiner, som gjør at gjenstandene har lettere for å sitte fast. Dette forklarer likevel ikke fullt ut den store forskjellen mellom duk A og disse tre andre,

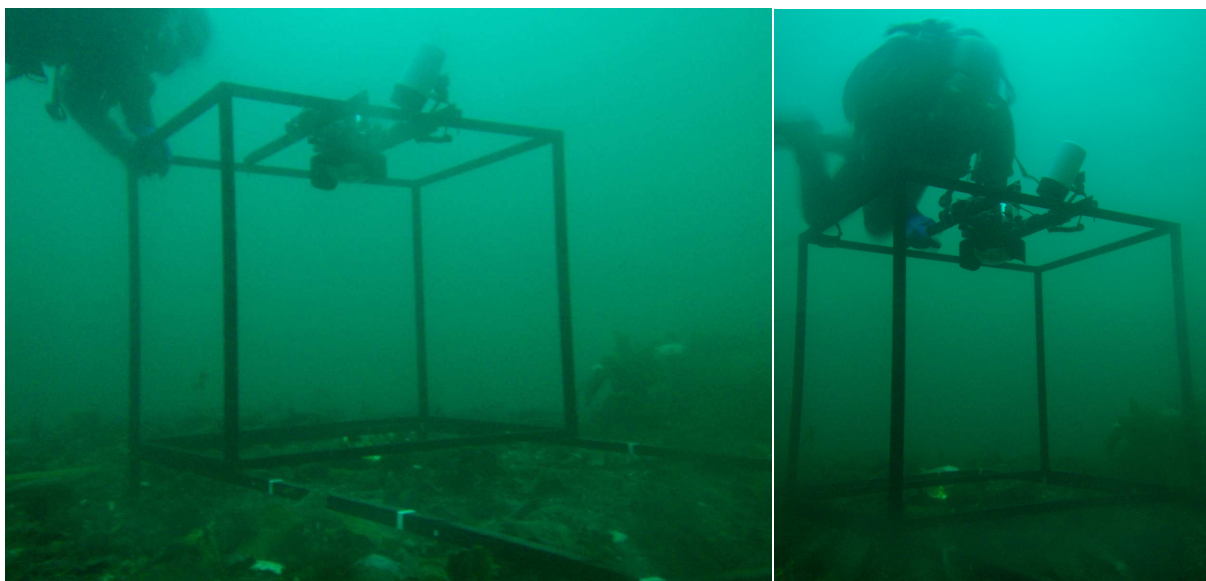
ettersom sjøbunnen rundt duk B og D er tilnærmet lik bunnen ved duk A. Trolig kan det derfor heller skyldes en reelt kraftigere påvirkning i dette området.



Figur 4: Diagram som viser målt bevegelse på gjenstander utplassert på duker A-G.

3.2. Fotorammer

For å påvise og måle erosjon ble det foretatt fotodokumentasjon av områder på sjøbunnen (kalt *transekter*), avgrenset av metallrammer på 8 ganger 1m (figur 5). Vertikal fotografering ble gjort fra ca. 1m høyde over bunnen, ved at et kamera festet på stativ ble ført langs rammen. Dokumentasjonen ble dermed gjort på en måte som gjorde det mulig å ta bilde av nøyaktig samme sted, for på denne måten å kunne dokumentere synlige endringer over tid.

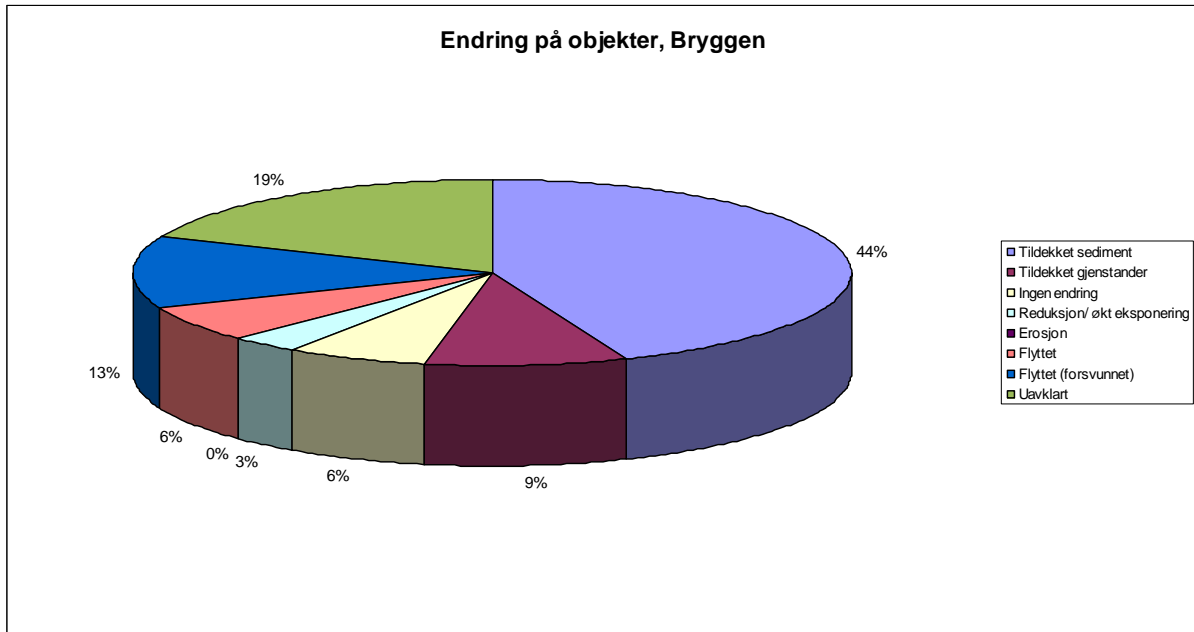


Figur 5: Dykker som utfører fotodokumentasjon av transekter på en fast ramme. Foto fra første fase rapport, side 12.

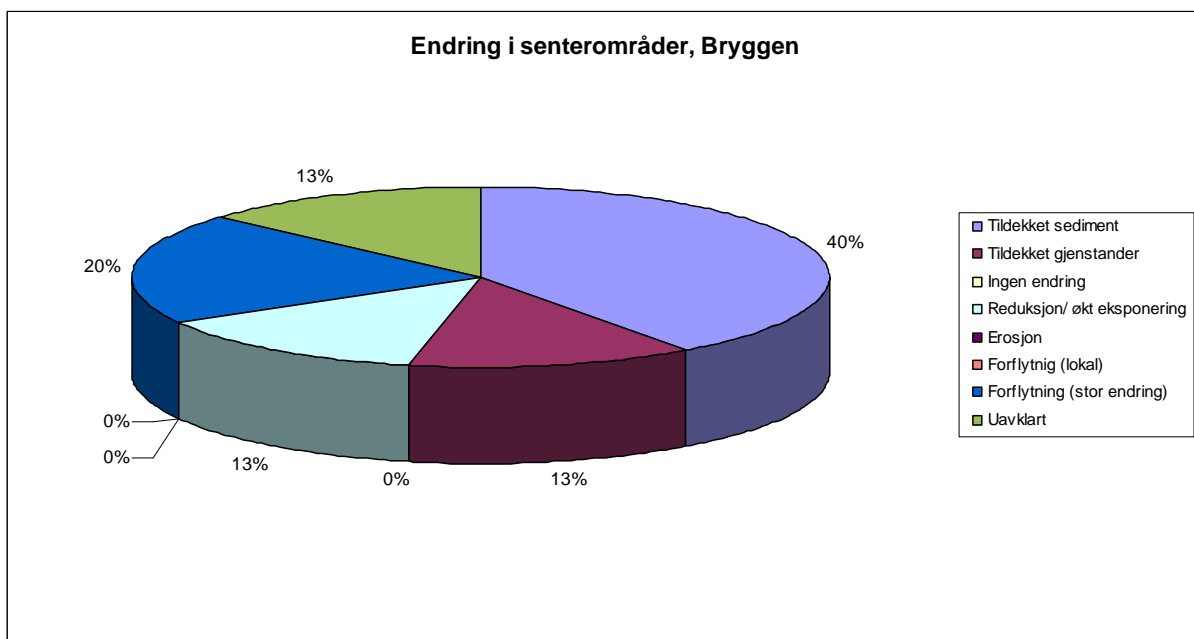
Hvert 8m-transekt besto av 16 bilder. I hvert bilde ble det valgt 2 objekter (gjenstand, stein eller lignende) som ble fulgt gjennom hele undersøkelsesperioden. I tillegg ble det gjort et utsnitt på ca 25x25cm midt i hvert bilde, ”senterområde”, hvor målet var å undersøke generelle endringer av massene på sjøbunnen.

3.2.1. Presentasjon av resultater transekt Bryggen

De to diagrammene under viser endringer ved objekter og senterområder i fotorammen ved Bryggen.



Figur 6: Oversikt over endringer på objekter i fotoramme Bryggen. Januar – november 2012.



Figur 7: Oversikt over endringer i senterområder av fotoramme Bryggen. Januar – november 2012.

Ved Bryggen er det fortsatt en klar tendens til økning i tildekkingen både på objektene og av sjøbunnen i løpet av undersøkelsesperioden. Økt tildekking ble registrert på 53% både av gjenstander og i senterområdene. Det er hovedsakelig tildekking av finkornet sand/sediment, men også en del mindre gjenstander, slik som flis, skjell o.a. I første fase var sedimenteringen ikke like dominerende, noe som kan bety at det er forskjeller gjennom året i så henseende. En mulig tolkning er at partikkelsedimentasjonen er størst i mellom vår og høst, og mindre om vinteren.

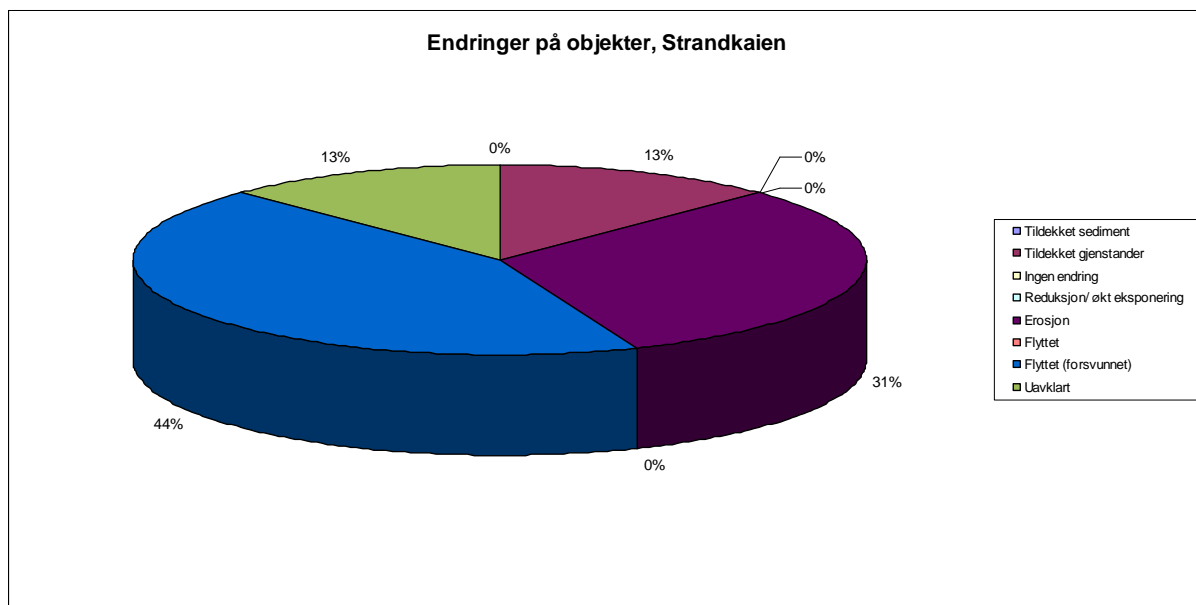
Under tolkningsarbeidet så man seg nå nødt til å innføre kategorien "uavklart". En relativt stor andel av objektene (19%) og senterområdene (13%) ble plassert her. Grunnen til at man valgte dette, var at mange objekter ikke ble gjenfunnet, men forholdene rundt tilsa at de var tildekket. I senterområdene var det på grunn av lysforholdene i flere tilfeller vanskelig å avgjøre om det var fast bunn eller løse sedimenter på stedet. Det regnes som sannsynlig at tildekking er undervurdert i oppfølgingen. Dette kan forklare at prosentandelen med tildekking er noe lavere i oppfølgingen enn første fase (53% vs. 68-72%).

Samtidig ser vi markerte endringer i form av forflytning. I 20% av senterområdene blir det registrert store endringer, som betyr at det ikke var noen gjenkjennbare gjenstander fra siste dokumentasjon. 13% av objektene er forflyttet og ikke gjenfunnet. Det ble i tillegg observert flere nye, større objekter inne fotorammen.

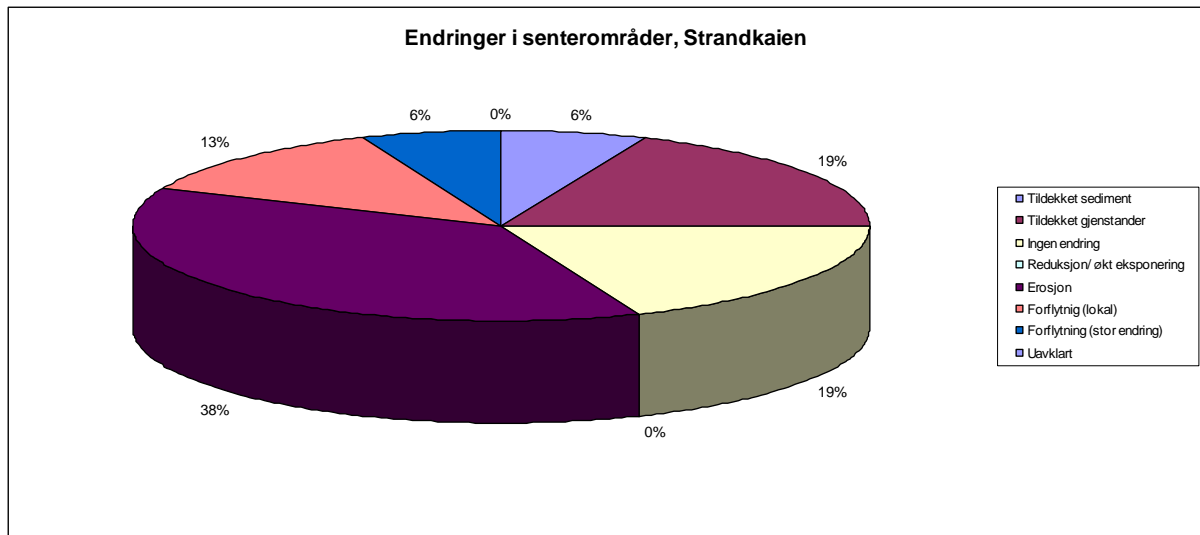
Det er ikke registrert tegn på erosjon av kulturlag i fotorammen ved Bryggen i oppfølgingen.

3.2.2. Presentasjon av resultater transekt Strandkaaien

De to diagrammene under viser endringer ved objekter og senterområder i fotorammen ved Strandkaaien.



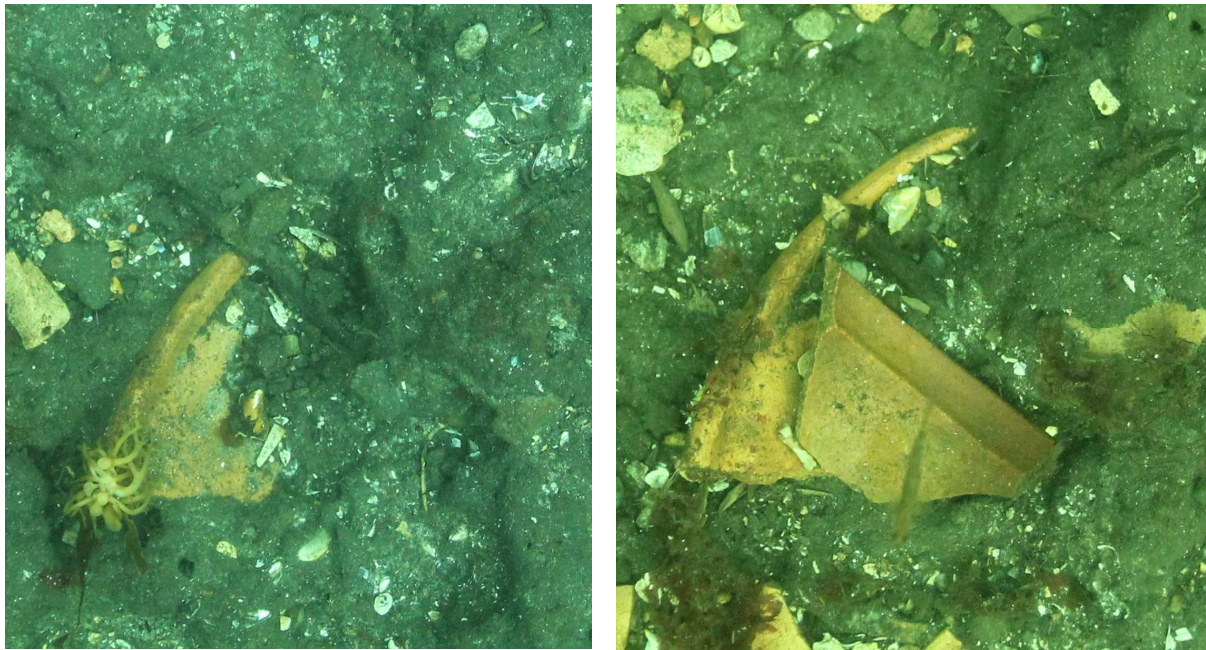
Figur 8: Oversikt over endringer på objekter i fotoramme Strandkaaien. Januar – november 2012.



Figur 9: Oversikt over endringer i senterområder av fotoramme Strandkaien. Januar – november 2012.

Ved Strandkaien er det klare tegn til erosjon både på objektene og av sjøbunnen også i oppfølgingen (se for eksempel figur 10). Erosjon omfatter både mindre fjerning av kulturlag på objekter og fullstendig fjerning av bunnsedimentet, inkludert at objektet forflyttes. Erosjon ble registrert på 31% av gjenstandene og 37% av senterområdene. Dette er tilnærmet de samme verdiene som ble registrert i første fase, og man får dermed bekreftet at erosjonen er relativt konstant gjennom året.

En relativt stor andel av senterområdene (38%) har økt tildekking av gjenstander i oppfølgingen, og det var altså mindre eksponert fast kulturlag i disse områdene. Dette er tildekking i form av skjell, småstein, jordklumper med mer. Siden det er blitt dokumentert stor bevegelse i vannmassene i området, er det naturlig at det er mange gjenstander i bevegelse i området. Sannsynligvis er derfor denne tildekkingen av midlertidig art. Også i første fase ble det observert tildekking under veis, men som regel skjedde det en avdekking/erosjon i en senere periode.



Figur 10: Eksempel på framerodert objekt i fotoramme ved Strandkaien. Bilde t.v. tatt oktober 2011, bilde t.h. tatt november 2012. Kulturlaget oppe til høyre eroderes bort, slik at ca dobbelt så mye av keramikkgenstanden er eksponert ved slutten av overvåkingen. I tillegg er det kommet en ny gjenstand, antakelig fra nærområdet.

3.2.3. Diskusjon av metode

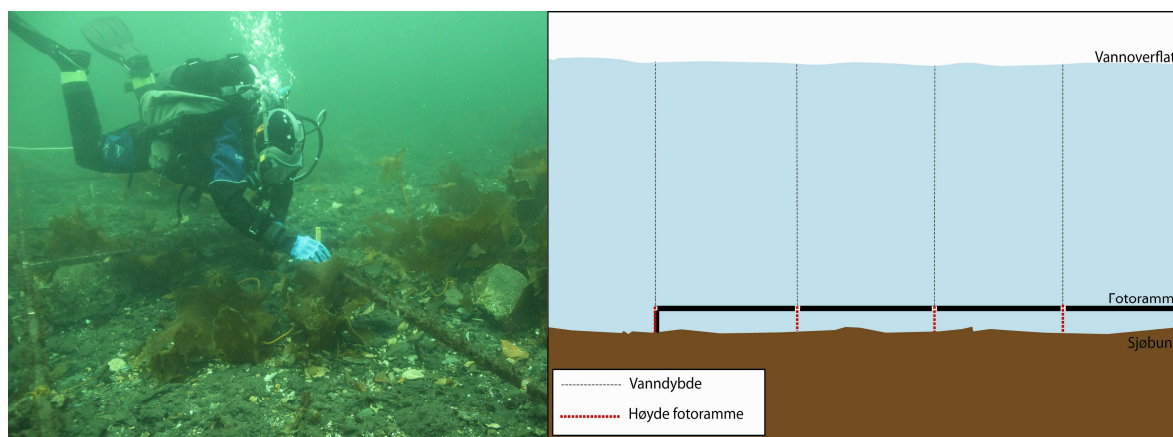
Metoden blir diskutert i første fase-rapporten side 31.

Ulikt fotolys har også i oppfølgingen gjort at sjøbunnen ser noe forskjellig ut fra forrige periode. Fargeforskjeller på bildene har spesielt denne gang ført til usikkerhet ved enkelte observasjoner, for eksempel om en gjenstand/sjøbunn er dekket av finkornet sediment eller ikke.

Begroning av tang og tare utgjorde et større problem i oppfølgingen enn i første fase (se figur 1), noe som trolig skyldes det lange tidsintervallet siden siste ”rydding”. Det ble derfor brukt mye tid på å fjerne tang og tare fra fotorammene, særlig ved Bryggen. Imidlertid var det ikke mulig innenfor den avsatte tiden å fjerne all tare, slik at en del av bunnen og gjenstandene ikke var synlige. En del av objektene og områdene plassert i kategori uavklart skyldes dette.

3.3. Høyde- og dybdemålinger på fotorammer

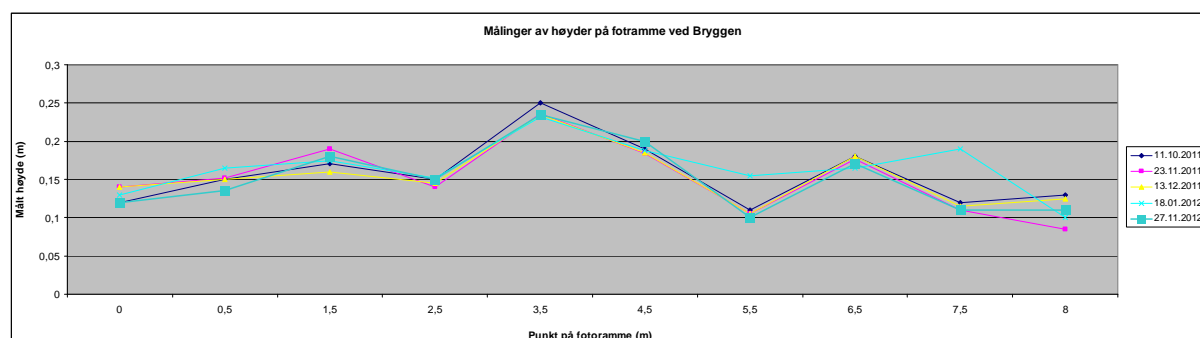
Fotorammene fungerte i tillegg som fastpunkt for måling av endringer i bunntopografien (figur 11). Rammene hadde bein som ble gjort fast i sjøbunnen, slik at rammen ble stående ca. 10-20cm over bunnen. Ved å måle høyde fra rammen til sjøbunnen hver 0,5m fikk man målbare data som kunne supplere de visuelle undersøkelsene fra fotograferingen. For å kontrollere at rammene ikke beveget seg opp eller ned, ble det hver gang tatt vanndybde mål på de samme punktene.



Figur 11: Måling av høyder på fotoramme og prinsippskisse av metode (fra første fase-rapport, side 13).

3.3.1. Høyder og vanndybder på fotoramme Bryggen

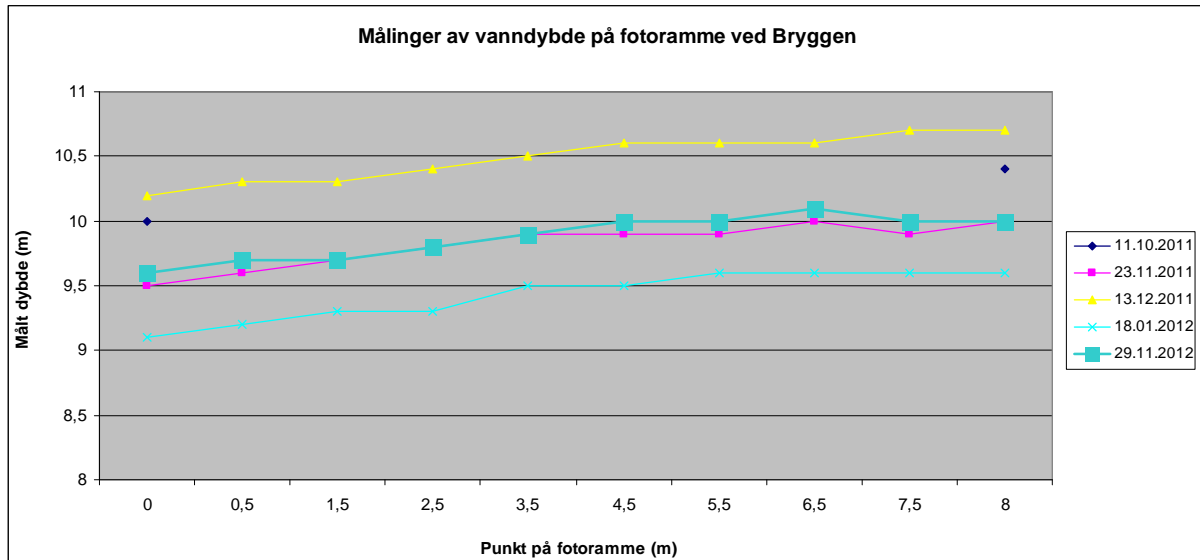
Diagrammet under viser resultater av målinger gjort fra øvre kant av fotorammen, ned til sjøbunnen ved Bryggen:



Figur 12: Resultater av målinger gjort fra øvre kant av fotorammen, ned til sjøbunnen ved Bryggen.

Målingene viser stort sett sammenfall i høyder, med visse variasjoner. Det er imidlertid ikke en klar tendens i variasjonene, og forskjellige målinger kan skyldes forflytninger av objekter. I januar 2012 ble det observert en mulig reduksjon/erosjon av sjøbunnen ved 5,5 og 7,5m. Disse verdiene er imidlertid nå tilbake til nivå i periode I og II (oktober – november 2011).

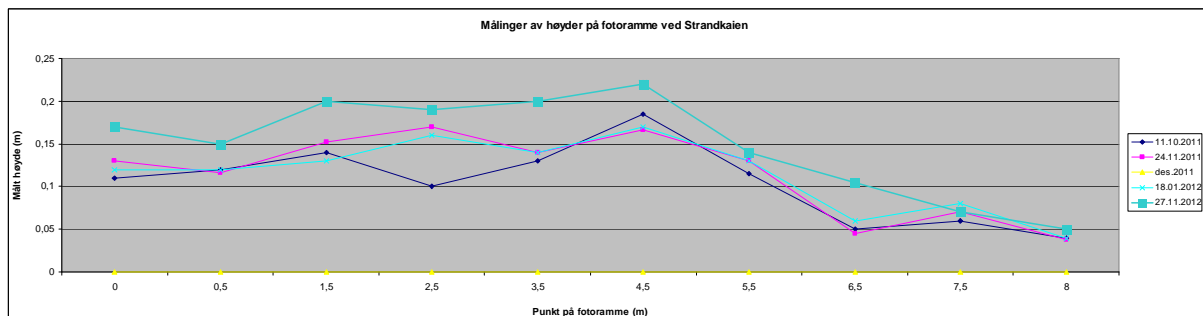
Grafene for vanndybder på fotorammen ved Bryggen rammen er relativt parallelle, og tyder på at rammen ligger stabilt:



Figur 13: Resultater av vanndybdemålinger gjort fra øvre kant av fotorammen, ved Bryggen.

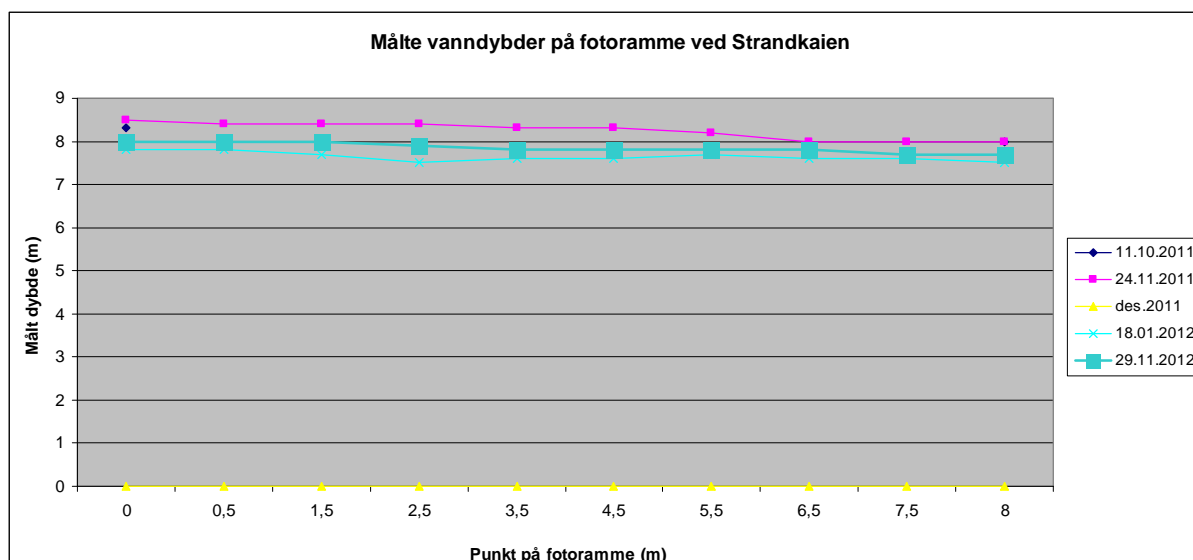
3.3.2. Høyder og vanndybder på fotoramme Strandkaaien

Diagrammet under viser resultater av målinger gjort fra øvre kant av fotorammen, ned til sjøbunnen ved Strandkaaien:



Figur 14: Resultater av målinger gjort fra øvre kant av fotorammen, ned til sjøbunnen ved Strandkaaien.

Målingene viser en tydelig tendens til at høydeforskjellen mellom fotorammen og sjøbunnen er blitt større siden første fase. Høydeforskjellene ligger mellom 1 til 7cm mellom oppfølgingen og siste dokumentasjon. Økt høydeforskjell innebærer reduksjon av sjøbunnen (erosjon), så lenge rammen ligger stabilt. Grafene for vanndybder på fotorammen ved Strandkaaien er relativt parallelle, og indikerer at rammen ligger stabilt (figur 15). I gjennomsnitt gir dette et tap av kulturlag ved Strandkaaien på 4,45cm i løpet av de 14 månedene som overvåkingen har foregått.



Figur 15: Resultater av vanndybde målinger gjort fra øvre kant av fotorammen, ved Strandkaaien.

3.3.3. Diskusjon av metode

Metoden blir diskutert i første fase rapporten side 32.

Når det gjelder målingene ved Strandkaaien, er det grunn til å hevde at det eksisterer en feilmåling ved 2,5m i ved starten av prosjektet, siden denne skiller seg klart fra de andre. I tillegg er samtlige målinger ved 6,5m før oppfølgingen tatt på toppen av en stein som lå her. Trolig har innmåler tatt mål ved siden av steinen under oppfølgingen. Om en ser bort fra målingene ved disse to punktene blir tapet av kulturlag på stedet 3,75cm/14 måneder. Dette sannsynligvis er sannsynligvis mer korrekt.

3.4. Sedimentfeller og sedimentering på duker

3.4.1. Presentasjon av resultater sedimentfeller

I tabellen under framgår det hvilke observasjoner som ble gjort av sedimentering i sedimentfellene.

Sedimentfelle	Oppfølging
Bryggen (4 rør)	10cmx3 og 17cmx1
Referanseområde (2 rør)	Ingen info
Strandkaaien (4 rør)	Ingen info (felle ramlet sammen)

Tabell 2: Oversikt over dokumentasjon av sedimentfeller.

Kun sedimentfellen ved Bryggen ble dokumentert i forbindelse med oppfølgingen. Fellen ved Strandkaaien var knekket, og lå på bunnen. I sedimentfellen som ble dokumentert er det samlet relativt mye sediment i undersøkelsesperioden, totalt mellom 10-17cm. Da det ikke eksisterer sammenlignbare målinger er dette kun en bekreftelse på at det foregår mye transport av sedimenter i vannmassene ved Bryggen.

3.4.2. Presentasjon av resultater duker

I tabellen under framgår det hvilke observasjoner som ble gjort av sedimentering på dukene. Det er kun tatt med resultatene fra siste dokumentasjon (oppfølgingen). I utgangspunktet var det ikke noe sediment på dukene.

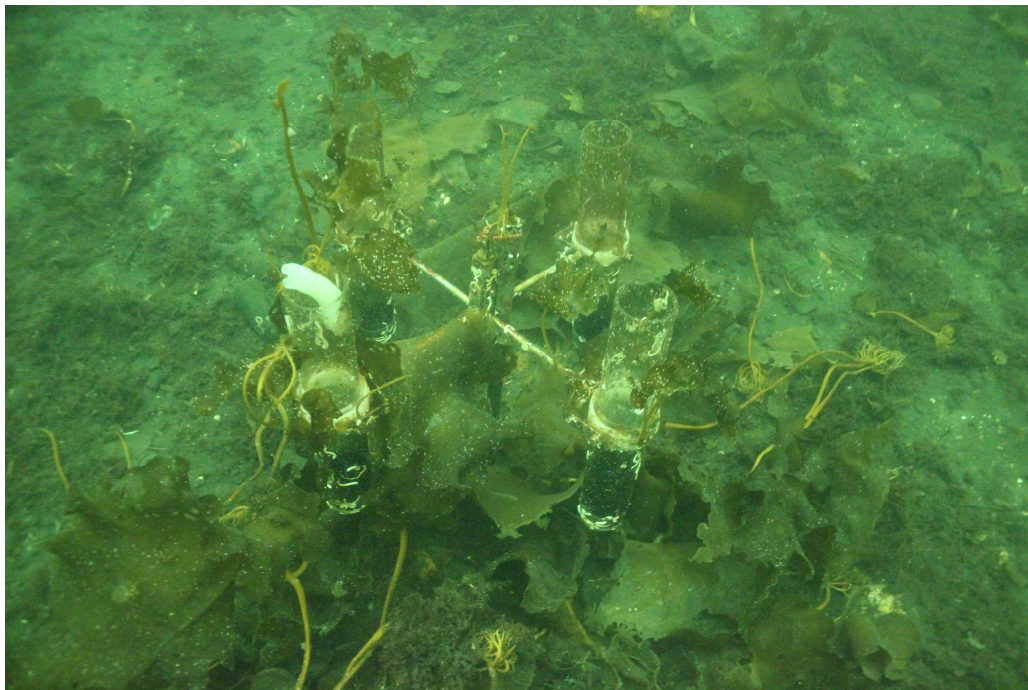
	Oppfølging
Duk A	Spredte sedimentpartikler og misfarging.
Duk B	Spredte sedimentpartikler og misfarging. Vokst bladtare.
Duk C	Ikke innsamlet data.
Duk D	Helt tildekket av sediment. Vanskelig å se duken.
Duk E	Dekket av et lag med sediment.
Duk F	Veldig mye tare, 100% dekket med sediment. Duk går i ett med bunnen.
Duk G	Dekket av et tynt lag sediment, duken kan ses tydelig.

Tabell 3: Oversikt over dokumentasjon av sedimentering på dukene.

Dukene A og B (begge ved Strandkaaien) skiller seg klart fra de andre ved at det er svært lite sedimentering på disse dukene. Det samme gjelder trolig duk C, jf resultatene fra første fase. På de resterende dukene skjer det en relativt tydelig sedimentering/tildekking i løpet av 14 måneder. Ved duk D er duken nesten ikke synlig, noe som innebærer en masseoppbygging på rundt 1cm i løpet av 14 måneder. En årsak til at det er mindre tildekking ved duk G kan være at dette er det roligste området, det vil si at det er liten bevegelse av sedimentene her.

3.4.3. Diskusjon av metode

Metoden blir diskutert i første fase rapporten, side 34. Sedimentfellene grodde ned med tare (figur 16), eller knakk sammen, trolig som en følge av kombinert korrosjon og vannstrømninger. Dukene vurderes som mer velegnet til måling av sedimentering enn fellene.



Figur 16: Sedimentfelle ved Bryggen. Fellen var begrodd av både tang, rur og alger, noe som gjorde det utfordrende å foreta målinger.

4. Sammenstilling og tolkning av resultater

I det følgende kapitlet vil resultatene fra de ulike metodene sammenstilles og det blir forsøkt å besvare miljøovervåkningens problemstillinger, med vekt på de momentene som spesielt gjelder oppfølgingen (kapittel 2.1.).

4.1. Strandkaien

Strandkaien-området er fortsatt det området hvor en ser størst tegn til at bunnen er utsatt for ytre påvirkning. Her skjer det tilnærmet ingen sedimentering, og gjenstandene forflyttes 2-7 ganger raskere enn ved Bryggen. Både i første fase og i oppfølgingen ble det påvist erosjon av kulturlagene gjennom fotodokumentasjonen. Gjenstander blir gradvis mer eksponert, for til slutt "blåses av gårde", og ut av sin opprinnelige kontekst.

Det var et sentralt moment for oppfølgingen å få sikrere verdier for erosjonshastigheten ved Strandkaien. Målinger viser nå at i snitt eroderes kulturlagene med 3,75cm i løpet av den totale undersøkelsesperioden på 14 måneder. Dette gir en erosjonshastighet på ca 3,2cm årlig ved Strandkaien.

Det beregnede overslaget for erosjonshastigheten etter første fase var et årlig tap av 2,8cm sediment i dette området (første fase-rapporten, side 40), og stemmer dermed godt overens med målingene. 3,2cm virker imidlertid som et noe høyt tall, ut fra inntrykket man får gjennom fotostudier. På flere av gjenstandene ser erosjonen ut til å være mindre enn dette, og det er dermed fortsatt grunn til videre oppfølging av dette punktet.

Oppfølgingen har på lengre sikt vist at gjenstandenes forflytningshastighet varierer mellom duk A, B og C. Størst er forflytningen ved duk A, som også er det stedet hvor fotorammen med målt erosjon er plassert. Dette kan tyde på at den største ytre påvirkningen er mer konsentrert til dette området enn hva man kunne dokumentere i første fase. Under dykkingen er det observert at på dette stedet bruker hurtigbåtene vannjet for både å holde båten inntil kaien og manøvrere fra kaien (figur 17). Dette gir svært kraftige vannstrømmer mot sjøbunnen, og det virker sannsynlig at dette gir ekstra belastning på kulturlagene.



Figur 17: Dykkebåt og hurtigbåter ved Strandkai terminalen. Området på sjøbunnen hvor det er påvist erosjon av kulturlag ligger under akterenden på katamaranen.

4.2. Bryggen og referanseområder

Undersøkellesområdene ved Bryggen og ute i midten av havnebassenget ser i mindre grad enn Strandkaaien ut til å være utsatt for sterke ytre krefter. Det skjer forflytninger av både bunnsediment og gjenstander her også, men tendensen er at forflytningene er mer lokal. Dukene og objektene i fotorammen tildekkes både av sediment og gjenstander, og sedimenteringen i disse områdene anslås å utgjøre totalt mellom 0,1 - 1cm i undersøkelsesperioden. Det er likevel usikkert om denne akkumuleringen vil fortsette over enda lengre tidsrom, fordi periodevis avdekking også er påvist.

I første fase ble det observert store forflytninger av gjenstander ved duk F, kun i én periode (første fase rapport s.21, figur 22). Dette ble tolket som en mulig engangshendelse. Lignende observasjon ble gjort ved duk D (første fase rapport s. 22, figur 23), hvor gjenstander så ut til å bli flyttet langt og i forskjellige retninger i periode I – II og II – III. Det er i oppfølgingen ikke observert nye forflytninger av samme dimensjoner. I tillegg er det dokumentert skiftende avdekking og tildekking i fotorammene. Det virker derfor sannsynlig at enkelthendelser ved Bryggen og i referanseområdet kan medføre kraftig påvirkning på sjøbunnen. I løpet av feltarbeidet i første fase ble det observert katamaraner som navigerte til og fra kai ved Bryggen, på samme måte som ved Strandkaaien. Havnebassenget brukes også i noen tilfeller til manøvrering med relativt store fartøyer, eksempelvis hurtigruter og større containerskip.

5. Konklusjon og veien videre

Bergens Sjøfartsmuseums har nå gjennomført en miljøovervåkning i Vågen gjennom to faser, over en total undersøkelsesperiode på 14 måneder. Etter utsetting av måleutstyr og førstegangs dokumentasjon i oktober 2011, ble de tre undersøkelsesområdene fulgt opp med ca en måneds mellomrom, til og med januar 2012. Etter den første fasen på ca 4 måneder syntes metodene å fungere godt til å påvise endringer i varierende omfang i forsøksområdene. Det ble registrert store forskjeller i hvordan sedimenter og gjenstander forflyttes i forsøksområdene, og Strandkaaien utmerket seg som det området som er utsatt for størst ytre krefter.

Metodene ga imidlertid i første fase ikke sikre resultater når det gjelder erosjonshastigheten ved Strandkaaien, eller om det foregår en netto masseoppbygging i de øvrige områdene (både tildekking og avdekking ble påvist i samme områder). I november 2012 har det derfor blitt gjennomført en ny oppfølging av prosjektet, for å gi representative data for et lengre tidsperspektiv.

Oppfølgingen viser:

- En erosjonshastighet på ca 3,2cm årlig ved Strandkaaien. Ettersom man er nede på eldre kulturlag, vil det si at de massene som forvinner må regnes som tap av kulturminner.
- Årlig sedimentering ved Bryggen og i referanseområdene midt i havnebassenget anslås å utgjøre mellom 0,1 - 1cm.

Overvåkingen har generelt gitt relativt sikre resultater. I arbeidet med oppfølgingen er det også blitt registrert at en del av dokumentasjonsutstyret forfaller og gror igjen, slik at videre arbeid vil bli stadig mer arbeidskrevende. Det er derfor etter museets oppfatning fornuftig å avvikle deler av prosjektet. Dette innebærer at fotorammen ved Bryggen, dukene ved Strandkaaien og alle sedimentfellene bør tas opp fra sjøbunnen.

På fotorammen ved Strandkaaien er det grunn til videre overvåkning. Den årlige erosjonshastigheten kan variere, og metoden har noen feilkilder som medfører et behov for kvalitetssikring. En problemstilling som bør søkes svar på er om erosjonen er like stor lengre vest langs Strandkaaien. Dette kan gjøres ved å flytte fotorammen fra Bryggen til området mellom duk B og C. To rammer ved Strandkaaien vil gi bedre kontroll med erosjonen av kulturlag. I dette området er det også mye mindre utfordrende med begroing. Dukene ved Bryggen og i referanseområdet bør bli overvåket videre for å undersøke om sedimenteringen fortsetter.

Videre miljøovervåkning av kulturminnene i Vågen bør også fokuseres på en overordnet kartlegging av erosjons- og sedimentasjonssoner. Miljøovervåkingen har vært konsentrert om overvåkning i svært begrensede arealer. Søksdykking i indre del av Vågen vil være en egnet metode for å få oversikt over andre områder med lignende problemstillinger som ved Strandkaaien, samt overvåke om engangshendelser fører til endringer ved Bryggen. Andre former for nedbryting av kulturlag bør undersøkes, for eksempel om det er spor etter ankerforhaling/dregging.

For Bergens Sjøfartsmuseum
Elling Utvik Wammer
Januar 2013

Kilder

Nøttveit, O. M 2010: Hovedrapport: Marinarkeologisk forundersøkelse i Vågen, Bergen 2009-20210. I:
Nøttveit, O. M. med Wammer, E. U. 2010: *Rapport fra marinarkeologisk forundersøkelse i Vågen, Bergen*.
Bergens Sjøfartsmuseum (arkiv).

Wammer, E. U. 2012: *Rapport fra marinarkeologisk overvåkning i Vågen, Bergen. Første fase: Undersøkelser oktober 2011 – januar 2012*. Bergens Sjøfartsmuseum (arkiv).

Oversikt over vedlegg

1. Foto og videoliste

Unummerert vedlegg: Feltdagbok for marinarkeologiske registreringer 2012

(Alle vedlegg er i arkiv, Bergens Sjøfartsmuseum)