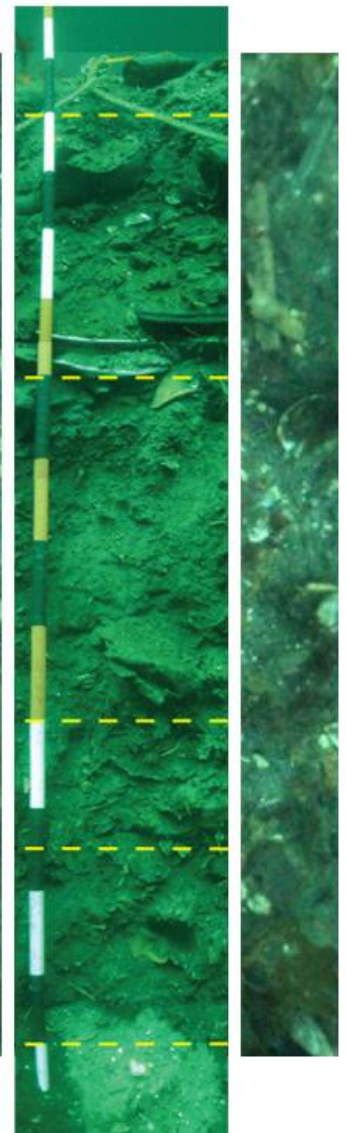
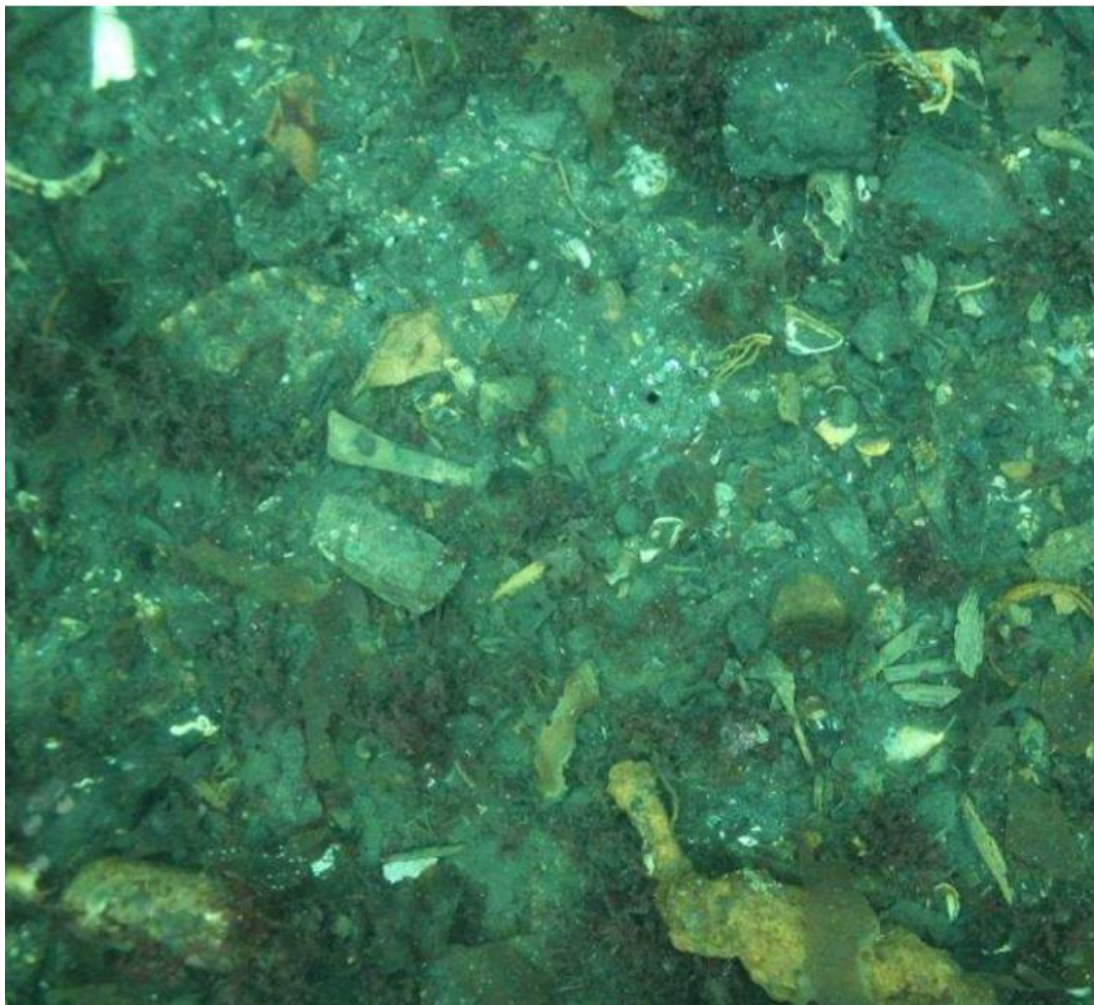


Bergen kommune

Renere havn Bergen

Marinarkeologiske vurderinger ved tildekking av sjøbunn i Vågen

Oppdragsnr.: 52506261 Dokumentnr.: 001 Revisjon: 0 Dato: 2025-09-29



Renere havn Bergen

Marinarkeologiske vurderinger ved tildekking av sjøbunn i Vågen
Oppdragsnr.: 52506261 Dokumentnr.: 001 Revisjon: 0

Oppdragsgiver: COWI
Oppdragsgivers kontaktperson: Bjørn Christian Kvisvik
Rådgiver: Norconsult Group
Oppdragsleder: Ole-Magne Nøttveit
Fagansvarlig: Ole-Magne Nøttveit
Andre nøkkelpersoner: Eirik Herdlevær

Forsidebilde: Sjøbunnen i Vågen, med profil fra prøvesjakt 2 innfelt. Fra Bergens Sjøfartsmuseums forprosjekt og overvåkinger i perioden 2009-2012

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
001	2025-09-28	Rapport med vurdering	OINot/EiHer	OINot/EiHer	OINot

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

COWI AS er miljøfaglig rådgiver for Bergen kommune, som driver prosjektet «Renere Havn Bergen». For å redegjøre for hvordan planlagt tildekking kan påvirke kulturlag i Vågen, har COWI gjennomført geotekniske beregninger, presentert i Geoteknisk vurderingsrapport – Påvirkning fra utleggingsmasser (A243166-RIG-RAP.002). Foreliggende rapport inneholder en kulturminnefaglig vurdering av tildekkingsmetoden, basert på tilgjengelig kunnskap om kulturlagene i Vågen, og eksempler på tildekking fra faglitteraturen.

Tre alternativer for tildekking er vurdert, alternativ 1 er et 40 cm tildekkingslag, alternativ 2 er et 40 cm tildekkingslag med 20 cm erosjonssikring, mens alternativ 3 er 10 cm tykk betongmadrass. Det er videre gått ut fra tre setningsestimer for i hvor stor grad tildekkingen vil gi en tilleggslast som kan komprimere sjøbunnen.

Kulturlagene som ligger dypere enn en halv meter og 1 meter i Vågen vil utsettes for en kompresjon på rundt 1 mm pr meter. En kompresjon på 1 ‰ er vurdert å være minimal. I noen områder, som i de bløtteste partiene bak terskelen i Vågen, kan kompresjonen bli noe større, men vil i hovedsak gjelde de bløtteste massene øverst på sjøbunnen. Områdene som tidligere er vurdert til størst potensiale for middelalderske kulturlag, fra Bryggen i en bue inn mot Torget, ligger derimot i fastere masser som vil få svært liten tilleggsbelastning av tildekking.

Løst gjenstandsmateriale liggende på sjøbunn og i øvre løsere lag av sjøbunnen vil få større påvirkning av tildekking, både i form av tilleggslast og mekanisk påvirkning. Dette vil imidlertid være gjenstandsmateriale som er løsrevet fra kontekst, og har mindre kildeverdi enn gjenstandsmateriale som er bedre bevart i kulturlagene dypere i sjøbunnen. Samlet vurderes likevel påvirkning å være liten.

Synlige vrak og deler av vrak på sjøbunnen i Vågen må vurderes og tilpasses individuelt i forhold til tildekking. Vi kan ikke se at tildekking vil påvirke eventuelle vrak i kulturlagene i noen grad.

Rapporten avsluttes med enkelte betraktninger om kulturminneverdiene i forhold til det videre arbeidet.

Innhold

1	Innledning	5
2	Kulturminner og kulturlag i Vågen	6
2.1	Marinarkeologiske undersøkelser i Vågen – en oversikt	6
2.1.1	Boblen og Sedimentprosjektet (1979-86)	6
2.1.2	Nyere undersøkelser – Vågenprosjektet (2009-2013)	6
2.1.3	Øvrige undersøkelser	9
2.2	Referanseprosjekter graving på land	10
2.3	Forholdet til verdensarv	11
2.4	Kulturminnene i Vågen – en oppsummering	11
3	Tildekking som metode	13
3.1	Referanseprosjekter kildesøk marinarkeologi	13
3.1.1	Område 6000 i Cuijk, Nederland – en romersk kai	14
3.1.2	Tudse hage, en steinalderboplass i Danmark	15
3.1.3	Stora Sofia, vrak fra 1600-tallet i Sverige	16
3.1.4	Oppsummerende om referanseprosjekter	17
4	Beskrivelse av tildekkingsmetode i Vågen (Cowi)	19
4.1	Geoteknisk vurdering av tildekkingsmetode i Vågen.	19
4.1.1	Setningsestimat 1	19
4.1.2	Setningsestimat 2	20
4.1.3	Setningsestimat 3	20
4.1.4	Sammenfatning	20
5	Vurdering av tildekkingsmetode planlagt i Vågen	21
5.1	Kulturlag	21
5.2	Kulturminner	22
5.3	Vrak	23
5.4	Videre innspill	23
5.4.1	Erosjon	23
5.4.2	Valg av tildekking og materialer	23
5.4.3	Overvåking	24
5.4.4	Marint deponerte kulturlag på land	24
5.4.5	Verdensarv	24
	Kilder	25

1 Innledning

Notatet inneholder en vurdering av hvordan tildekking av sjøbunn i forbindelse med miljøtiltak i Vågen, Bergen Havn, kan påvirke kulturminner og kulturlag.

Vurderingen er et supplement til fjerde kulepunkt i Vestland fylkeskommunes brev av 2025-07-09 til COWI AS, «Ber om tilleggsinformasjon - Dispensasjon frå kulturminnelova - Vågen - Bergen kommune»:

- Tiltakshaver må redegjøre for hvilken innvirkning de planlagte tiltakene kan ha på kulturminnene i Vågen. Fra flere tidligere casestudier vet vi at tildekking av undervanns kulturminner – for eksempel skipsvrak – med sand eller sandsekker er en skånsom og vanligvis effektiv metode for å beskytte kulturminner. Derimot finnes det ingen kjente eksempler på bruk av tykke lag med tyngre materialer slik det er foreslått i dette prosjektet. Vi kjenner ikke til lignende tiltak innen undervannsarkeologi, og vi har ikke mulighet til å foreta en faglig vurdering av hvordan slike tiltak vil påvirke kulturminnene i Vågen [1]

COWI AS er miljøfaglig rådgiver for Bergen kommune, som driver prosjektet «Renere Havn Bergen»[14][15][16]. For å redegjøre for hvordan planlagt tildekking kan påvirke kulturlag i Vågen, har COWI gjennomført geotekniske beregninger, presentert i Geoteknisk vurderingsrapport – Påvirkning fra utleggingsmasser [17]. Foreliggende rapport inneholder en kulturminnefaglig vurdering av tildekkingsmetoden, basert på tilgjengelig kunnskap om kulturlagene i Vågen, og eksempler på tildekking fra faglitteraturen. Rapporten er skrevet av arkeologer med erfaring fra de tidligere prosjektene i Vågen.

Kapittel 2 gir en kort presentasjon av kulturminnesituasjonen i Vågen som et grunnlag for vurderingene, fulgt av et kapittel om tildekking av marine kulturminner med eksempler fra faglitteraturen. Det gis deretter en kort beskrivelse av vurderingene i geoteknisk rapport, som danner grunnlag for det følgende kapitlet, med vurderinger av tildekkingens påvirkning på kulturminnene i Vågen.

2 Kulturminner og kulturlag i Vågen

Vågen i Bergen er et kulturminne (id 89237) som er vernet etter Kulturminnelovens § 14 som omhandler skipsvrak og skipslaster eldre enn 100 år, og gir Staten forvaltningsrett over disse. I praksis gir denne paragrafen ofte samme vern til gamle havner, ettersom disse har rester av gammel skipslast på eller i sjøbunnen, ofte også rester av skipsvrak. Videre ligger Vågen innenfor avgrensingen av kulturminnet Middelalderbyen Bergen (id 89049), som er fredet etter kulturminnelovens § 4 om automatisk fredede kulturminner. Kulturminnet omtales ofte som «fredet bygrunn», og omfatter sporene av middelalderbyen i grunnen, som kulturlag, gjenstander og strukturer. De middelalderske sporene i sjøbunnen i Vågen – kulturlag og gjenstander – omfattes av samme fredning. Videre er Bryggen i Bergen innskrevet på UNESCOs liste over verdensarvsteder. Vågen i Bergen, og kulturlagene, er oppsluttende verdier til verdensarven.

I det følgende gis en beskrivelse av kulturlag og kulturminner i Vågen, først fremstilt kronologisk etter de ulike undersøkelsene i området for å oppsummere grunnlaget for dagens kunnskap, og vise styrker og svakheter ved dette kunnskapsgrunnlaget. Dette suppleres kort med data fra boreundersøkelser på land for å vise sammenheng med kulturlag der, samt en kort beskrivelse av Vågen som oppsluttende verdi til verdensarvstedet Bryggen. Kapitlet oppsummeres med en kort beskrivelse av kulturminner i Vågen, som et grunnlag for vurderinger av tildekking i de følgende kapitlene.

2.1 Marinarkeologiske undersøkelser i Vågen – en oversikt

2.1.1 Boblen og Sedimentprosjektet (1979-86)

Det er gjennomført flere marinarkeologiske undersøkelser i Vågen. Dykkerklubben Boblens undersøkelser i perioden 1979-83, i samarbeid med Bergens Sjøfartsmuseum, var i hovedsak dykkesøk. Gjennom arbeidet ble det påvist store mengder av arkeologisk materiale på sjøbunnen. Dessverre gikk mye dokumentasjon fra disse undersøkelsene tapt, da dykkerklubbens lokaler brant i 2008.

Noe indirekte informasjon om kulturminneforekomster ble også samlet inn gjennom det såkalte *Sedimentprosjektet* i årene 1984-86, som hadde som formål å dokumentere og måle sedimentering i Vågen og påvise paleobotaniske avsetninger fra middelalderen i sjøbunnen. Prosjektet ble ikke fullført på grunn av manglende finansiering. Disse to prosjektene ga imidlertid tilstrekkelig kunnskap til å slå fast at sjøbunnen i Vågen inneholdt kulturminner, trolig i store mengder.

2.1.2 Nyere undersøkelser – Vågenprosjektet (2009-2013)

Forundersøkelsen 2009-2010

Som del av prosjektet *Renere havn Bergen* gjennomførte Bergens sjøfartsmuseum en marinarkeologisk forundersøkelse i Vågen i 2009-10 [3]. Formålet var å «fremskaffe kunnskapsgrunnlag om kulturminneomfanget i Vågen». Dette ble forsøkt gjort gjennom å kombinere teknologiske metoder som multistråle-ekkolodd, lett-seismikk og filming av sjøbunn med ROV (Remotely Operated Vehicle) med uttak av sedimentkjerner fra sjøbunn og undervannsarkeologisk registrering og graving med dykkere. På grunn av høye kostnader og stort arbeidsomfang lot det seg ikke å gjennomføre arkeologisk registrering i tradisjonell forstand, for å avgrense omfang og utstrekning av det omfattende kulturminnet som Vågen utgjør. Gjennom en syntetiserende tilnærming ønsket man likevel å oppnå noe av det samme. Gjennom flere forskjellige metoder ville man få ulik kunnskap om ulike aspekter ved sjøbunnen, som samlet kunne tilsvare kunnskapsutbyttet fra en mer omfattende undersøkelse.

Metode \ Potensial		På bunn- overflate	I bunn- masser	Generell kunnskap	Spesialisert kunnskap	Verifisert kunnskap om kulturminner
Akustikk	Multistråle-ekkolodd	X		X		
	Lett-seismikk		X	X		
ROV-filming		X		X	(X)	
Boreprøver			X	X	X	(X)
Dykking	Dokumentasjonsdykking	X		(X)	(X)	X
	Prøve-sjakter		X		X	X
Tilsammen		X	X	X	X	X

Tabell 1 Kunnskapspotensial for de forskjellige metodene

Figur 2-1 Matrise som viser hvordan ulike metoder gir kunnskap av ulike karakter. Boreprøver og dykkersjakter (gravende marin-arkaeologer) gir detaljert kunnskap om bunnmassene i et lite område. Lett-seismikk kan gi mer generell kunnskap om bunnmasser over større områder, som potensial for funn av vrakrester. Sistnevnte lyktes bare i begrenset omfang i Vågen. Fra Bergens Sjøfartsmuseums rapport 2010.

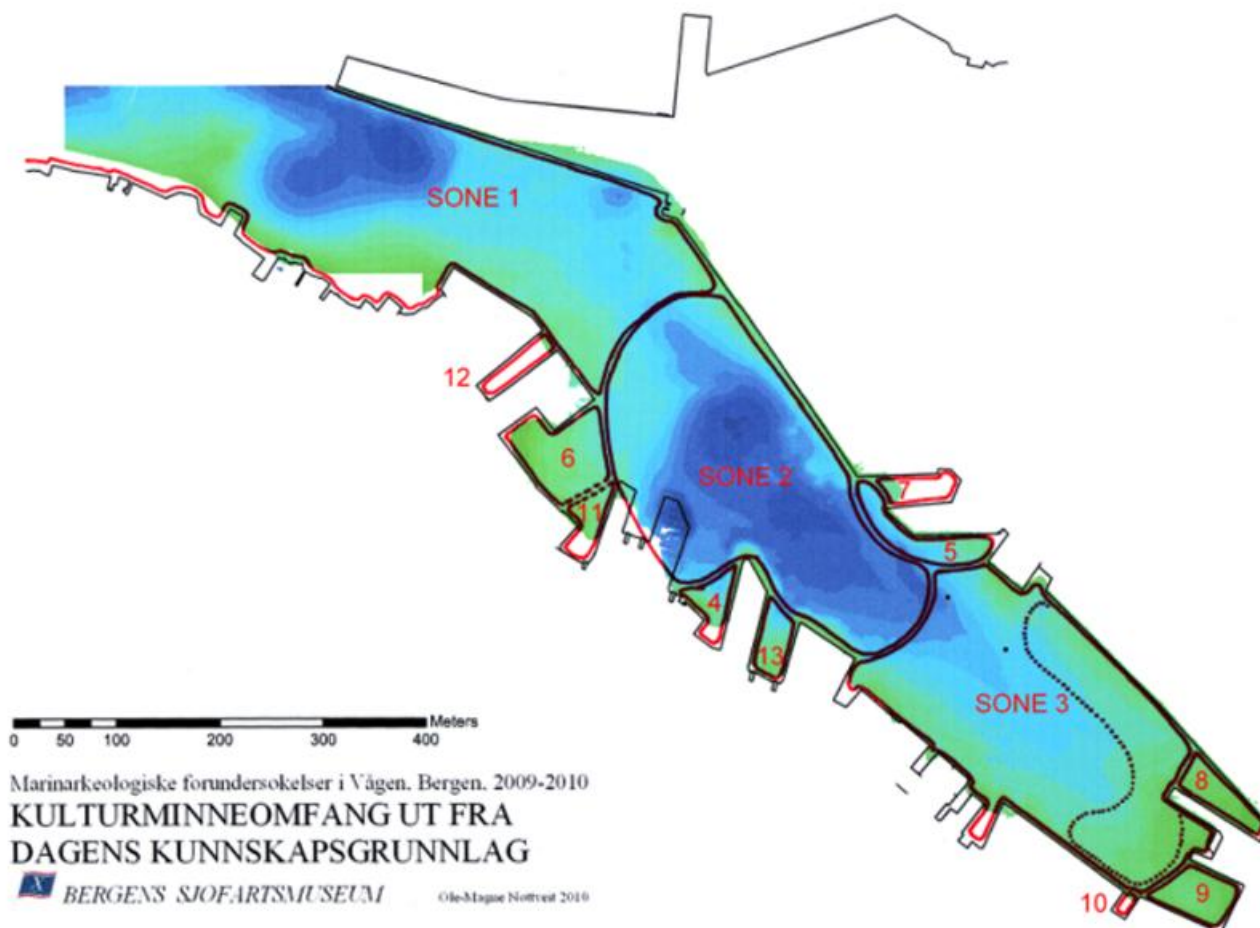
Gjennom forundersøkelsen ble det påvist kulturlag med dateringer fra middelalder og nyere tid, samt løsfunn i en rekke kategorier og materialer.

Undersøkelsen bekreftet tidligere antakelser om erosjon av kulturlag, og ga forståelse for pågående prosesser i Vågen.

Det ble påvist få skipsvrak, foruten forvridde metallrester som trolig stammer fra eksplosjonen av Voorbode i 20. april 1944. Forundersøkelsen kunne ikke utelukke at det ikke ligger flere deler av vrak i sjøbunnen. Tvert imot ble det vurdert at det var potensial for flere vrak, men at det ikke lyktes å påvise disse gjennom forundersøkelsen som var begrenset i omfang.

Hovedgrunnen til denne manglende konklusjonen var at en av prosjektets metoder ikke oppfylte forhåpningene. Lettseismikk, eller bunnpenetrerende ekkolodd, er en metode som kan gi kunnskap om bunnforhold over store områder, hvorpå arkeologene kan undersøke anomalier eller områder med større potensiale i etterkant, for å få verifiserbar kunnskap. De spesielle bunnforholdene i Vågen, med varierte masser av stein, sand og organisk materiale som bein, lær, tre og gytje, viste seg å være vanskelige å «lese» med lett-seismiske metoder. Eventuelle rester av vrak i sjøbunnen avga ikke signaler som skilte seg ut fra omkringliggende masser.

Undersøkelsen ga ikke en klar avgrensning av kulturminneforekomst, men et grunnlag for inndeling av Vågen i soner med større og mindre potensiale.



Figur 2-2 Vågen delt inn i 13 nummererte soner med forskjellig potensial for funn av kulturminner ut fra forundersøkelsens resultater

Sone 1 – Ytre del av Vågen: Potensial for løsfunn av ballast og for løsfunn av gjenstander. Svært begrensede muligheter for kulturlag. Bunnen er generelt hard og preget av erosjon og forstyrrelser.

Sone 2 – Midtre del av Vågen: Potensial for gjenstandsfunn, skipsvrak og kulturlag. Tykke sedimentlag som gir gode bevaringsforhold. Imidlertid tyder dateringsprøver på at deler av bunnmassene kan være forstyrret, trolig fra eksplosjonen i 1944. Omfanget av disse forstyrrelsene er ikke kjent.

Sone 3 – Indre del av Vågen: Høyt potensial for funn av kulturminner og gjenstander tilbake til middelalder, slutten av vikingtid kan ikke utelukkes. Innenfor stiple linje er potensialet svært høyt. Gode bevaringsforhold.

Sone 4 – Mellom Nykirkekai / Munkebyggen: Høyt potensial for funn av kulturlag og gjenstander, trolig tilbake til middelalder. Gode bevaringsforhold.

Sone 5 – Bradbenken / området rundt Veisans utløp: Høyt potensial for funn minst tilbake til 1600-tallet. Høyt potensial for avsetninger fra Veisan.

Sone 6 – Sør for Tollbodskai: Område med løsfunn av ballast på overflate. Det antas at området tilsvarer sone 1, men med større muligheter for bevarte kulturlag.

Sone 7-12 – Hoper, Blomstertorget, Bryggesporen: Områdene er mudret og har derfor lavt potensial for funn av kulturlag og kulturminner. Det er imidlertid gjort enkelte løsfunn av gjenstander i hopene.

Sone 13 – Mellom Munkebrygge/ Holbergskai: Området er dekket av fyllmasse og savner indikasjoner på overflaten. Uvisst hva som befinner seg under fyllmasse.

Miljøovervåking 2011-2012

Undersøkelser gav også grunnlag for en påfølgende miljøovervåking i regi av Riksantikvaren i perioden 2011-2012 [4][5]. Ved hjelp sedimentfeller, faste fotograferingsrammer og geoduker med rutenett og tilhørende gjenstander, ble sjøbunnen dokumentert med jevne mellomrom. Det ble påvist sedimentering og gjenstandsforflytting som videre bekreftet at havneaktivitet i Vågen medfører en kontinuerlig erosjon som fører til avdekking og tap av marine kulturlag.

Dette er særlig fremtredende ved Strandkaien hvor hurtigbåtene anløper. I en 14 måneders periode i 2011/2012 ble det målt et tap av kulturlag på 4,45 cm i snitt gjennom målinger ved en fast fotoramme ved Strandkaien. Erosjonen av kulturlag fører til at arkeologiske gjenstander gradvis blir eksponert og til slutt løsner. Begroing av tang og strømmer fra hurtigbåtene fører til at enkelte gjenstander kan flytte seg mange meter. Tilsvarende resultat viste geodukene og de løse gjenstandene som ble plassert ut i et nummerert rutenett. Erosjonshastigheten ved Strandkaien ble i rapporten vurdert til 3,2 cm årlig erosjon, og konklusjonen sier at siden man er nede på eldre kulturlag må det tolkes som tap av kulturminner og en kontinuerlig skade på kulturlagene i Vågen.

2.1.3 Øvrige undersøkelser

Bergens Sjøfartsmuseum har gjennomført flere undersøkelser i Vågen som del av museets rolle som forvaltningsinstitusjon med ansvar for kulturminner under vann på Vestlandet. Dette er ikke tilknyttet Renere havn Bergen prosjektet, men som enkeltregistreringer som følge av ulike tiltak. Museet har også gjort undersøkelser i umiddelbar nærhet, som på Ballastkaien og på Bontelabo. Disse ulike undersøkelsene bidrar til forståelsen av kulturminnet Vågen, men ikke til kulturminnet som helhet.

Et unntak kan være undersøkelsene som nylig er gjennomført gjennom et samarbeid med Universitetet i Stavanger. I undersøkelsen ble det benyttet Chirp og Boomer for å komplementere hverandre og gi en mulig innfallsvinkel til identifisering av mulige arkeologiske funn og gjenstander i sjøbunnen [7]. Chirp er et ekkolodd som sender ut flere frekvenser samtidig i motsetning til et tradisjonelt ekkolodd som sender ut ett lydsignal på en frekvens av gangen. Chirp kan gi gode bunnpenetrerende resultater, men er avhengig av sedimenter som ikke er harde for å gi et godt resultat. Boomer bruker en høy energiutladingspuls som er montert på en overflateslept katamaran. Dette er et verktøy som er mer egnet i grovere sand.

Resultatene fra undersøkelsen viser at det er utfordrende å få gode bunnpenetrerende data fra Vågen. Det er allikevel påvist en rekke anomalier eller ukjente formasjoner/objekter. Det er imidlertid ikke mulig å si hva disse anomaliene er for noe. Konklusjonen fra undersøkelsen viser at lagene i sjøbunnen med høyt innslag av organiske materiale gir støy i datagrunnlaget og gjør det vanskelig å tolke innsamlede data [7]. Rapporten anbefaler videre å:

- Gjennomføre undersøkelser som viser om anomaliene stammer fra menneskelig aktivitet eller om de er resultater av naturlige prosesser.
- Bruke 3D boomer verktøy
- Chirp gir mindre gode resultater å anbefales å ikke benytte videre.
- Utforske andre metoder og andre frekvenser som kan gi bedre resultater i lagene med høyt innslag av organisk materiale.

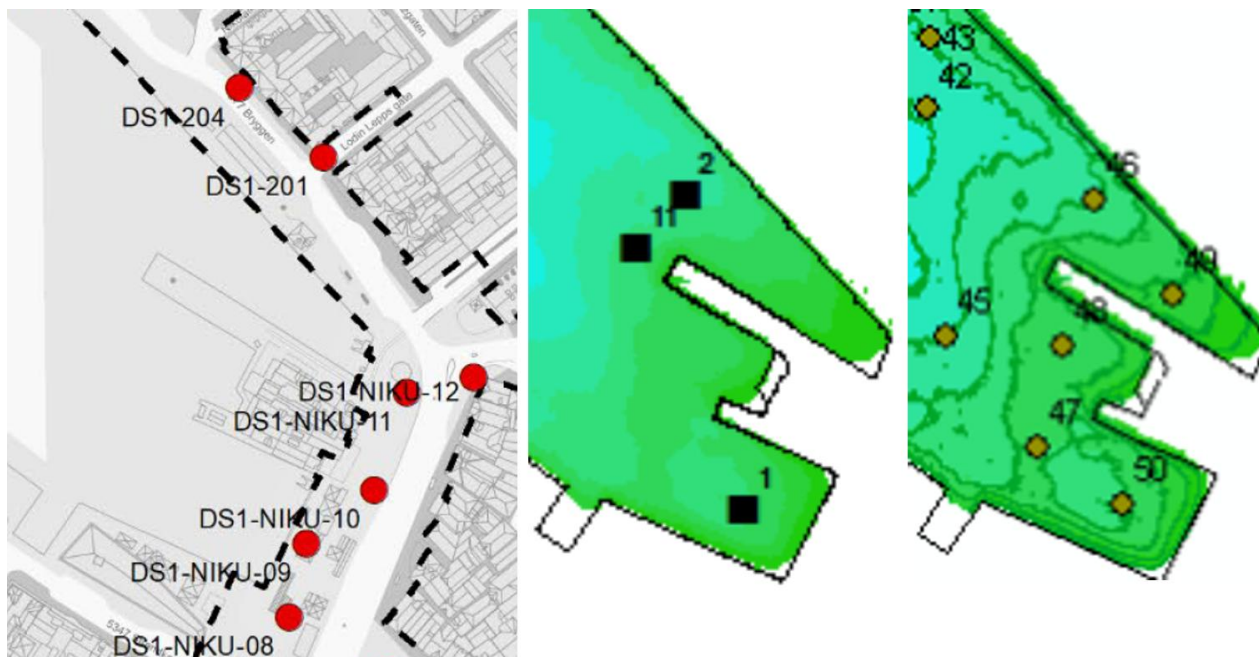
2.2 Referanseprosjekter graving på land

Den mangehundreårige utviklingen av byens kaifronter utover i Vågen har medført at tidligere sjøbunn i dag ligger under fyllinger, eller «på land». NIKU (Norsk Institutt for Kulturminneforskning) sine undersøkelser kan gi relevant sammenligningsgrunnlag i den grad deres undersøkelser er i gammel sjøbunn. I forbindelse med Bybanens byggetrinn 5 gjennom sentrum ble det gjennomført en rekke naverboringer [8]. Flere av disse på utfyllt sjøbunn. Slike borekjerne kan forventes å vise marine kulturlag, så sant bunnen ikke er mudret i forkant. Bergens Sjøfartsmuseum var i noen grad involvert i planlegging av slike boreprøver, men ikke i utførelsen.

Borekerne DS1-NIKU-08, -09 og -10 er interessante i så måte. DS1-NIKU-08 viser et halvannen meter tykt kulturlag med dateringer fra 1300-tallet, i et område som trolig ikke ble gjenfylt før på 1700-tallet på Fisketorget. Det er få skjell i laget, og da i nedre del, men beskrivelsen minner om lag i Vågen. DS1-NIKU-09 viste grovere masser som til dels falt av naverboret, uten å påvise kulturlag. Så sant en ikke treffer spor av triangelen, en eldre utstikkende pelebrygge, ble ikke denne delen av Fisketorget utfyllt før etter 1916-brannen. DS1-NIKU-10 viser derimot en tydeligere stratigrafi, og de tre middelalderske lagene fra 3,4 m.u.h opp til 2,4 m.u.h minner om lag i Vågen. Laget over, med dateringer fra slutten av middelalder og fra tidlig nytid har også en del skjell nederst. Prøven er tatt nær Zachen, og disse bygårdene ble fylt ut tidlig til Torget å være, på 1600-tallet.

I NIKUs rapport blir avsetningene definert som kulturlag, men uten videre tolkning av deponeringssituasjon, om dette er sjøbunnsavsatt eller redeponert som del av utfylling. Ut fra dateringene, dybde, avsetning og likheter med kjerneprøver fra Vågen, virker det imidlertid rimelig å anta at dette er marint avsatte kulturlag, altså tilsvarende dem i Vågen. Kjerneboring 50 og sjakt 1 fra Sjøfartsmuseets undersøkelse i 2010 peker mot mudring i Vågen utenfor fisketorget, og virker å samsvare med DS1-NIKU-09. Kjerneboring 47 og 48 har begge stratigrafi og dateringer som minner om dem hos DS1-NIKU-08 og -10.

Utfyllingssituasjonen over tid i Vågen er kompleks. Det er en rekke utfyllinger hvor kaifrontene endres, sjøbunnen må påregnes å være mudret for fundamentering av steinkaier, fyllmassene i bakkant kan være redeponerte. Det er imidlertid potensiale for å påvise marint avsatte kulturlag under dagens bygrunn flere steder. DS1-NIKU-08 og -10 er sannsynligvis eksempler på dette. Fra andre undersøkelser langs Vågen er det også påvist både mudringsaktivitet og avsetninger som må antas å være marint avsatte kulturlag. Det ligger imidlertid utenfor oppgavens ramme å lete etter disse her.



Figur 2-3 Til venstre lokaliseringer av naverboringer fra NIKUs undersøkelse i 2023. I midten Bergens Sjøfartsmuseums sjakter fra 2010, helt til høyre kjerneprøver fra samme år

2.3 Forholdet til verdensarv

Havneområdet Vågen, med gode havneforhold, regnes som en av hovedårsakene til at Bergen utviklet seg til en viktig europeisk handels- og sjøfartsby i middelalderen. Bryggen i Bergen ble innskrevet på UNESCOs verdensarvliste i 1979. Bryggens tilknytning til sjøen er gjerne ikke like tydelig i dag, delvis på grunn av hovedveien som går mellom Bryggen og sjøen og gir en viss barriereeffekt.

De eldste påviste spor av bygninger er ifølge forvaltningsplanen fra naustlignende stolpehus fra rundt år 1000 [9]. Disse lå ca. 100 meter lenger øst enn dagens kaifront. Etter hvert har antallet naust/gårder økt sammen med en endring i kaifronten, en kontinuerlig utfylling i havneområdet, ofte som følge av en bybrann. En bred kaifront som idag går antakelig langt tilbake og er synlig på Scholeus-stikket (1580). Vågen inngår som en oppsluttende verdi for verdensarvstedet Bryggen. Dette innebærer at Vågen er med på å forsterke forståelsen av Bryggen og sammenhengen med havnen og bymiljøet ellers. Vågen som en aktiv levende havn er helt sentral for å ivareta integriteten til verdensarvverdiene på Bryggen.

2.4 Kulturminnene i Vågen – en oppsummering

Kulturminnet Vågen (id 89237) er en havnelokalitet med kulturlag og gjenstander fra middelalder og nyere tid.

Det generelle inntrykket fra Vågen er at bunnoverflaten i Vågen er et noe omrottet lag på 5-15 cm, i bløtere områder gjerne opptil 40 cm. Deretter følger gjerne en form for stratigrafi, opptil 185 cm ned i massene. Det viktigste materialet i Vågen er det som ligger i intakte kulturlag. I indre del av Vågen, særlig i en bue fra

Bryggen mot Torget er det pekt ut et område med særlig høyt potensial for kulturlag fra middelalder og etterreformatorsk tid.

I undersøkelsene fra 2009-2010 ble det påvist en rekke ulike typer funn, og av ulike materiale. I rapporten trekkes frem ulike funngrupper som særlig fremtredende: keramikk, kritt Piper, glass, ballast tremateriale, lær, geologisk materiale, osteologisk materiale og metall.

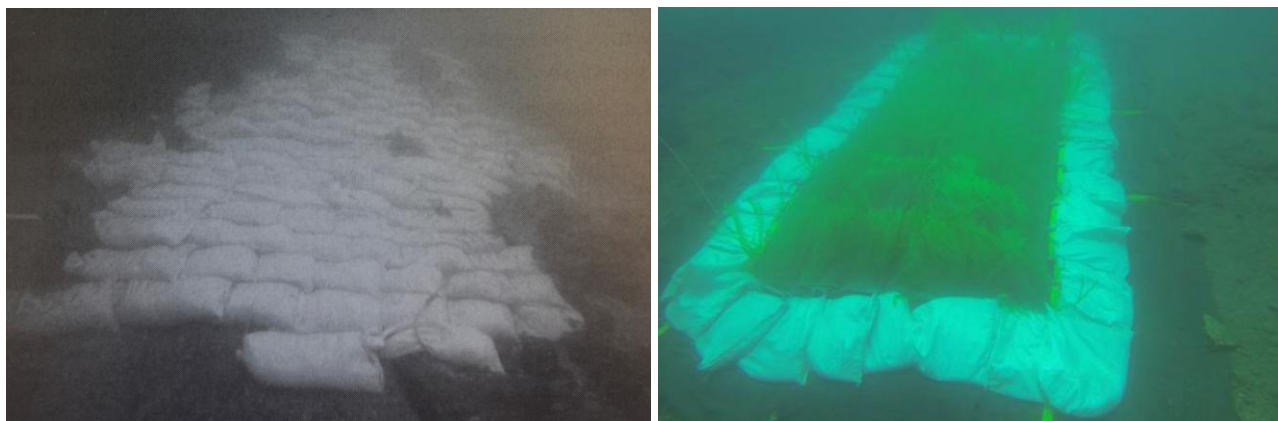
Deler av dette, som keramikk, kritt Piper, ballast og geologisk materiale er arkeologisk materiale med god holdbarhet og styrke. Dette er ikke-organiske materialer som ikke råtner, som tåler relativt mye mekanisk slitasje. En enkel sammenligning er steinalderens boplassmateriale, hvorfra steinmaterialet som regel er bevart, mens det organiske for lengst er borte. Metall og gammelt glass er også ikke-organiske materialer, men tåler saltvann dårlig.

Tremateriale, lær og osteologisk materiale er mer utsatt enn ikke-organisk materiale. Utsatt for oksygen vil fortretningsprosesser settes i gang, og materialene brytes ned. Organisk materiale utsettes for noe nedbryting også i anaerobe omgivelser, men i sjøbunnen, eller under grunnvannsnivå på land, går disse prosessene svært sakte. Organisk materiale har også ofte lavere fasthet enn det mineralbaserte materialet, og er da ofte mer utsatt for trykk.

Det er ikke påvist vrak, men det utelukkes ikke at slike finnes. Dette kan da antas å være skutebunner, som da er tildekket i sjøbunnen, mens høyere deler av vrakrestene er forvitret. Slike funn antas å ligge dypere i bunnmassene.

3 Tildekking som metode

Tildekking er beskrevet som en anerkjent metode for bevaring av en marinarkeologisk lokalitet, når den eksponert og truet av nedbryting og erosjon [10][13]. In situ bevaring er som regel en fortrukket løsning av ulike grunner. Når en lokalitet er gravd ut arkeologisk er den som regel borte og på mange måter tapt, selv om et nåtidig kunnskapspotensial er realisert. I fremtiden vil det komme bedre metoder som gir bedre muligheter til å realisere et større kunnskapspotensial. In situ bevaring er dessuten ofte et langt rimeligere alternativ enn å grave ut og konservere en lokalitet, særlig lokaliteter under vann. Mens sandsekker lenge har vært en vanlig metode for å vraklokaliteter, er det nå fokus på nye metoder, som kunstige ålegress-matter som skal fange sedimenter og gi en naturlig tildekking gjennom sedimentering. Det er også et økt fokus på at samfunnet fortsatt har et ansvar for å ta vare på den tildekkede lokaliteten. Den må overvåkes, tildekking stabiliserer ikke nødvendigvis en lokalitet alene [11][12].



Figur 3-1 Til venstre tradisjonell tildekking med sandsekker, til høyre en matte med kunstig ålegress som samler sedimenter [10][12]

3.1 Referanseprosjekter kildesøk marinarkeologi

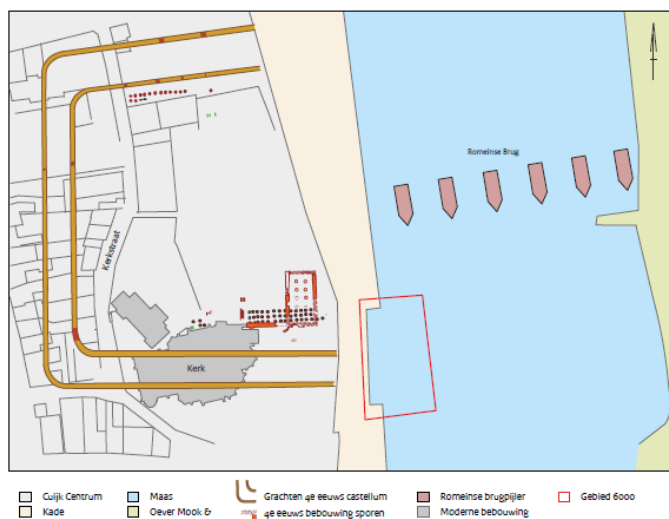
Det er søkt etter relevante kilder og sammenligningseksempler i faglitteraturen. Mens tildekking av vrak med sandsekker er vanlig, er det få litteraturreferanser for tildekking av kulturlag, eller variable masser, som en kan finne i Vågen. Det foreligger eksempler på dette, men de er ikke direkte sammenlignbare med Vågen, ut fra tildekkingens formål. Formålet i Vågen er ikke primært å verne kulturminnet, men å sperre inne miljøgiftene. Kulturminner blir tildekket er en følge av dette.

Eksempelene i litteraturen er tildekking av vrak, men også oversvømte bosteder o.l., med det formål å bevare kulturminnene, eller kulturlagene mot erosjon. Erosjon av slike lokaliteter medfører ofte mekanisk skade i seg selv. Lokalitetene brytes opp, og deler av den blir tatt av bølger og strøm og forsvinner i vannmassene. En følgeskade er at det gjenværende materialet på lokalitetene blir eksponert for organismer som spiser treverk og annet organisk materiale hurtigere og i større omfang enn ellers.

3.1.1 Område 6000 i Cuijk, Nederland – en romersk kai

Lokaliteten «Gebied 6000» er en romersk kai i Nederland ved elven Meuse ved byen Cuijk. Romerne etablerte trolig et fort her rundt år 50 e.Kr. Stedet fikk navnet Ceucum, som kan peke på at det allerede var bebodd av keltere. Ceucum kan komme av keltisk keukja, for «buet elv». Fra 100 til 300 var stedet en vicus, en bosetning med administrative funksjoner. På 300-tallet ble området igjen befestet i flere omganger. Da ble det også bygget en bro over Meuse. Det var en kai ovenfor broen. I 406 trakk romerne seg tilbake fra Rhinenområdet.

Det har vært arkeologiske utgravninger i Ceucum siden 1936. Kaien ble oppdaget i 1989. Kaikonstruksjonen besto av et hundretalls trepåler. Imellom dem ble det påvist et *...layer of organic material consisted of a 70-centimetre thick peat-like material, with numerous finds from Roman times, like Roman pottery, leather, bones, glass, ash, coins, beads and building material. The organic material consisted primarily of wood chippings, sand, plant residue, gravel, charcoal and twigs [19]*

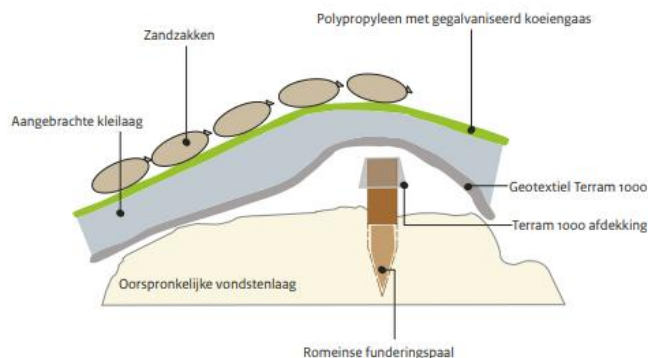


Afb. 1.2 Het laat-Romeinse castellum, de Romeinse brug en Gebied 6000 in Cuijk.



Figur 3-2 Til venstre et oversiktskart fra Cuijk som viser utbredelsen av Ceucum på 300-tallet, med befestning og brokar markert. Restene av kaien, område 6000, er påvist inne i den røde firkanten [20]. Til høyre er funn fra område 6000 vist ved siden av lignende gjenstander fra Vågen.

Lokaliteten var sterkt truet av trafikk av store båter til en nærliggende kai. Uten umiddelbart behov for utgraving ble lokaliteten beskyttet med tildekning i 2006: et lag med geotekstil, et lag med leire og et lag med nett av polypropylen for å holde leiren på plass. Deretter ble det hele dekket med «woven steel wire» for å beskytte mot utilsiktet propellkollisjon. Videre ble det lagt sandsekker rundt ytterkanten av hele lokaliteten for å sikre at tildekkingen holdt seg på plass. Dessverre er ikke tykkelse (og vekt av) tildekkingen oppgitt i den undersøkte litteraturen og heller ikke videre problematisert. Denne fysiske beskyttelsen dekket 70 kaipåler, og må da ha vært lagt rundt selve kaien eller den sentrale konstruksjonen, ikke alle påviste påler. Året etter ble en del av lokaliteten revet opp av en båtpropell. En undersøkelse i 2013 viste at deler av pålene er skadet, nettet er borte og lokaliteten eksponert.



Afb. 2.2 Schematische weergave van de afdekkingmethoden die zijn toegepast om het gebied te beschermen.



Afb. 5.8 De complete afdekking mist op veel plaatsen, waardoor de Romeinse palen aan omgevingsfactoren zijn blootgesteld (foto: M. Arkesteijn).

Figur 3-3 Fra tildekking av lokaliteten i Meuse. Dessverre er ikke tykkelse av leirelaget i tildekkingen angitt [20]

Tross ulikhetene mellom romertidens Ceucum og middelalderens Bergen, har lokaliteten ved Cuijk flere fellestrekk med Vågen. Begge lokalitetene har tykke kulturlag som følge av flere 100 års bosetning, skipsfart og havneaktivitet, lokaliteten i Nederland har trolig større andel organisk materiale enn Vågen. Tildekkingen i Nederland virket ikke være tenkt som en permanent løsning, i første omgang var den planlagt for 10 år. Lokaliteten skulle bevares mot erosjon og båttrafikk, samt bioturbasjon. Leirelaget skulle i første rekke beskytte mot sistnevnte med å bidra til et anaerobt miljø. Vekt virker ikke å ha vært en viktig problemstilling, siden tykkelse og tyngde av leirelaget ikke er nevnt, heller ikke i en rapport som spesifikt omhandler «fysiske bescherming Cuijk 6000 geboed», altså den fysiske tildekkingen av lokaliteten [21]

Som en kuriositet kan det nevnes at man nå i september/oktober graver frem den romerske kaien, dette livestreames her: <https://romeinenonderwater.nl/>

3.1.2 Tudse hage, en steinalderboplass i Danmark

Det er registrert 2500 steinalderboplasser under vann i Danmark. Mange av disse er truet, særlig på grunn av ålegressdød og erosjon / klimaendringer. I 2000 ble det hevdet at forsøk på å redde disse med tildekking med fibertex og sandsekker har fungert dårlig, og det må satses på målrettet utgraving [22].

Dette er situasjonen i den kjente Tudse Hage lokaliteten i Danmark. Tykke ålegressmatter dekket sjøbunnen, men da disse døde ut ble lokaliteten utsatt for erosjon. Tudse hage er en 7500 år gammel lokalitet som strekker seg over 250 x 250 meter, på 2,5 meters dyp, omlag 50 meter fra land. Lokaliteten har tykke organiske lag med svært godt bevart organisk materiale. Ved Tudse Hage er hele den store lokaliteten i ferd med å eroderes bort på grunn av bølger og strøm fra land. Eldre materiale eroderes frem av strøm, og finnes igjen på bunnoverflaten langt unna. Full tildekking er imidlertid ikke en realistisk mulighet. I den grad lokaliteten tildekkes for beskyttelse, er det midlertidig med sandsekker og matter av kunstig ålegress som samler sedimenter. Med forsknings- og sikringsgravinger dokumenterer og redder man steinaldermateriale som frem til nå har hatt en unik bevaring.



Bladplassen ved Tudse Hage stammer fra eldre steinalder. Bevaringsforholdene i området er så gode, at arkeologer finner blade der stadig er like så grønne, som blade på trærne i det spæde danske forår på tross af, at disse blev hugget fra trærne for 7.000 år siden
Foto: Peter Moe Astrup / Vikingeskibsmuseet



Figur 3. Luftfoto af Tudse Hage lokaliteten, 1999 og 2018. Indeholder data fra Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur, Ortofoto Foraar, WMS-service (luftfoto 1999 og 2018). Dronefoto af lokaliteten fra 2023 (Benny Kjær Rasmussen).

Figur 3-4 Bildet til venstre viser 7000 år gammelt bladverk som graves frem på Tudse Hage lokaliteten. Til venstre en bildesekvens som viser lokalitetens endringer over tid. Da ålegressteppet forsvant, ble sjøbunnen utsatt for erosjon og sedimentene flytter seg med strøm og bølger [23]

Lokaliteten er på noen måter sammenlignbar med Vågen, med kulturlag med organisk innhold, som eroderes frem og forflytter seg. Omgivelsene er imidlertid ikke sammenlignbare. Lokaliteten dekkes forsøksvis og midlertidig, men i motsetning til Vågen er området så erosjonsutsatt og ubeskyttet at tildekking ikke kan være permanent.

3.1.3 Stora Sofia, vrak fra 1600-tallet i Sverige

I 1999 og 2000 ble det gjennomført arkeologiske registreringer i forbindelse med arbeid i Gøteborgs skipsled. Registreringene besto av kartlegging med sidesøkende sonar og registrering av orlogsskipet Stora Sofia (se Figur 3-5) ved dykking. Fartøyet forliste i 1645 og ligger på 27 meters dyp. Den bevarte delen av skipskonstruksjonen måler 40x10,5 meter. På grunn av bevaringsforhold er det lite av skipskonstruksjonene som er bevart over sjøbunnen. Dykkebefaringen viste at vraket ligger rimelig eksponert, noe som tilsa at kulturlagene og skipskonstruksjonen er i en prosess med raskere nedbrytning enn om vrakstedet hadde vært beskyttet av et lag med gytje. Rapporten sier videre at erosjonshastigheten ikke er kjent, men det er tydelig at den går hurtig. Rapporten antyder at dette kan skyldes nyttetraffikk [25].

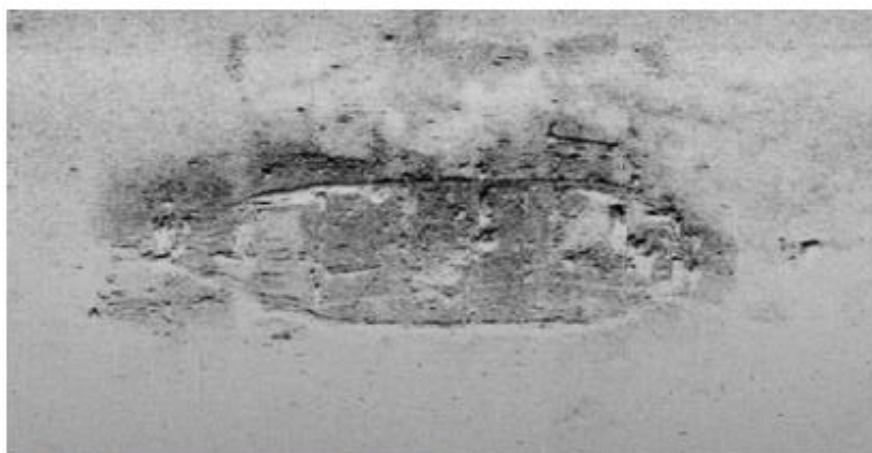
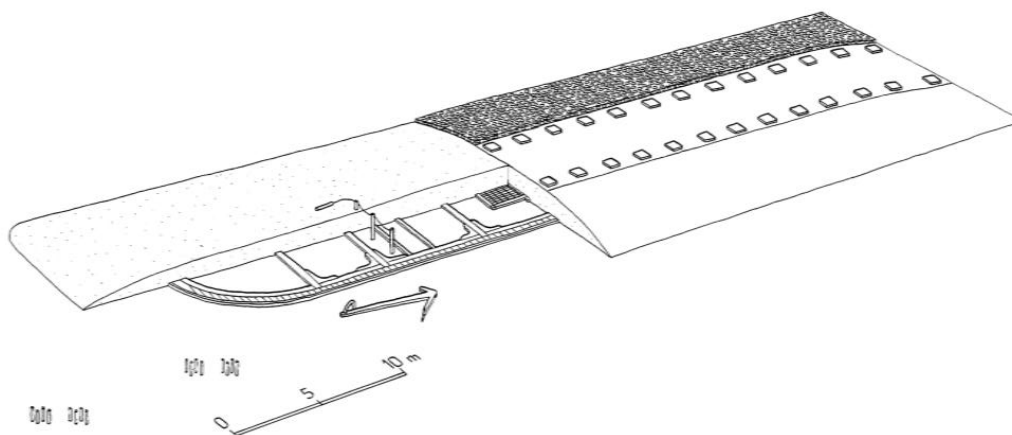


Bild: Marin Mätteknik AB / Bohusläns museum

Figur 3-5. Sidesøkendesonar viser Stora Sofia godt.

Målsetningen med tildekkingsprosjektet av Stora Sofia var å forhindre erosjon og mekanisk nedbrytning av vrakstedet, samtidig som det skapes et syrefattig miljø slik at den biologiske og bakterielle nedbrytningen opphører, eller vesentlig reduseres. Rapporten fremholder at alternativet til tildekking vil være en kostbar arkeologisk utgraving, med et konserveringsarbeid som vil være svært omfattende.

Tildekkingsarbeidet ble gjort i tre lag, grus (300 m³), gummimatte og vektsteiner. Overdekningen måler 50x13 meter (vraket 40x10,5 m). Grusen som ble benyttet målte 1-5mm og ble lagt ut i et lag på ca. 40 centimeteres tykkelse i snitt. Opprinnelig var det tiltenkt å benytte finere sand, men på grunn av dybde og håndtering av finstoff i vannmassene ble grus valgt. Over gruslaget ble det lagt ut en millimetertykk gummimatte av typen EDPM (syntetprodukt) som er negativ i vann og synker. Duken ble likevel vektet ned med mindre betongplater (30x30 cm) og stein i størrelsen 40-150 mm (100 m³). Det ble anlagt treprøver over tildekkingen for å overvåke nedbrytning utenfor som et miljøovervåkningsprosjekt [25].



Figur 3-6 Prinsippskisse av tildekking av Stora Sofia.

Tildekkingen har flere likhetstrekk med tildekkingen som planlegges i Vågen. I Vågen planlegges det et tildekkingslag på 40 cm med rene masser. De rene massene består av knust berg med mye finstoff, sand, grus og mindre stein. Mesteparten av kornfraksjonen er tenkt innenfor intervallet 0-64 mm. I områder med sterk propellstrøm skal tildekkingsmassene sikres med 20 cm grovere masser. Enkelte steder med svært sterk erosjon legges det betongmadrasser med 10 cm tykkelse. Tildekkingen av Stora Sofia er gjennomført direkte oppå et skipsvrak og det er ikke videre problematisert rundt vekt av tildekkingen og eventuell virkning på skipsvraket.

3.1.4 Oppsummerende om referanseprosjekter

Det er her vist tre eksempler på tildekking av marinarkeologiske lokaliteter, basert på tilgjengelig litteratur. Ingen av lokalitetene er direkte sammenlignbare med Vågen, men alle har flere sammenlignbare trekk, i form av kulturlag, erosjonsproblematikk eller tildekking. Det er for så vidt ikke uventet at arkeologiske lokaliteter ikke samsvarer fullstendig.

Hovedforskjellen er likevel at det fleste marinarkeologiske lokaliteter tildekkes for å verne lokaliteten, og tildekkingen tilpasses slik at det svarer best mulig på lokalitetens behov. Formålet med tildekking i Vågen er derimot ikke primært å verne kulturminnet, men å isolere miljøgiftene i sjøbunnen. At kulturminner blir tildekket er en følge av dette.

Enkelte momenter er likevel relevante. Vi vet ikke i hvilken grad vekt av tildekking har blitt vurdert og undersøkt i tilfellene nevnt over. Det er imidlertid ikke fokusert på i artiklene om lokalitetene. Vekt virker å være av underordnet betydning, også på lokaliteter med tykke kulturlag med høyt organisk innhold, som kailokaliteten i Nederland, eller Tudse hage i Danmark. I alle tre tilfellene er tildekking benyttet for å hindre erosjon av lokaliteten, og nedbryting av materialet av trespisende organismer. Med hensyn til det siste virker det som et mål at tildekkingen er mest mulig tett, og hindrer oksygentilførsel.

Det er også en erkjennelse av at kulturminner ikke varer evig, men om tildekking kan bremse forfallet i tilstrekkelig grad, og gi tilnærmet optimale bevaringsforhold, så er dette å foretrekke fremfor utgraving.

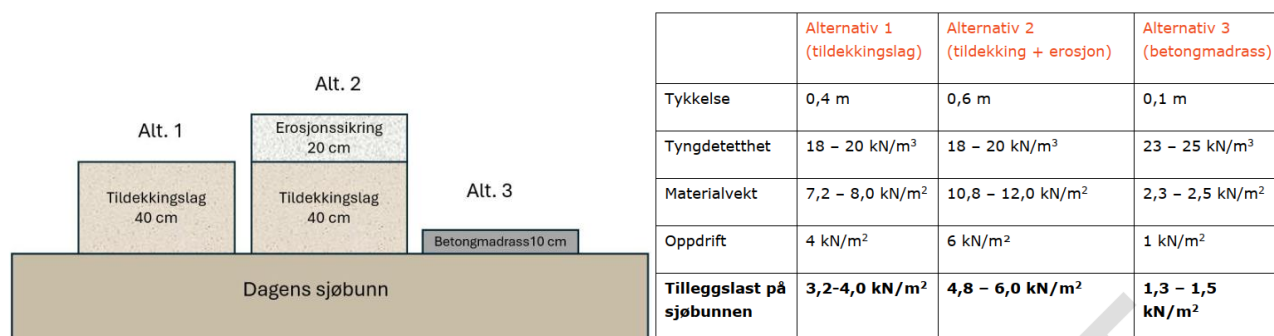
En fullstendig utgraving gir ikke nødvendigvis mye mer kunnskap enn hva målrettede undersøkelser i begrensede deler av en lokalitet også kan gi. En fullstendig utgraving er også svært utfordrende økonomisk og krevende med hensyn til oppbevaring og konservering.

4 Beskrivelse av tildekkingsmetode i Vågen (Cowi)

Det er utarbeidet en geoteknisk vurderingsrapport som beregner hvilken tilleggslast en tildekking i Vågen vil medføre for underliggende sjøbunn. Denne tilleggslasten, eller vekten, gir et trykk som fordeler seg nedover i sjøbunnen. I dette kapitlet beskrives tre ulike setningsestimer og beregninger fra denne rapporten, som et grunnlag for kulturminnevurderinger i neste kapittel. Rapporten er lagt opp på en pedagogisk måte og forklarer relevante begreper og metoder, det vises til Geoteknisk vurderingsrapport for detaljer [17]. For øvrige detaljer om tildekkingsmetoder vises det til tiltaksplan og søknad [14][15][16].

4.1 Geoteknisk vurdering av tildekkingsmetode i Vågen.

I rapporten er tre alternativer for tildekking vurdert, alternativ 1 er et 40 cm tildekkingslag, alternativ 2 er et 40 cm tildekkingslag med 20 cm erosjonssikring, mens alternativ 3 er 10 cm tykk betongmadrass som kombinert tildekking og erosjonssikring (se Figur 4-1). Alternativ 2 medfører mest tilleggslast på sjøbunnen, med 4,8-6 kN/m². Det er verdt å merke at alternativ 2 er om lag 50% større tilleggslast enn alternativ 1, og om lag fire ganger så mye som alternativ 3.



Figur 4-1 Alternativer med tilleggslast

4.1.1 Setningsestimat 1

Verdiene i setningsestimat 1 er vurdert ut fra en totalsondering i sjøbunnen utenfor Bryggen. En totalsondering er en boremetode som blant annet viser fasthet nedover i grunnen. COWI gjennomførte 34 totalsonderinger i Vågen i 2024, og denne totalsonderingen er vurdert å være representativ for de fastere områdene i skråningene på sjøbunnen utenfor kaiene.

Vurdert opp mot totalsonderingen er alternativ 2 det tyngste alternativet (se Figur 4-1). Alternativet er beregnet å medføre en setning på 3,6 mm, fordelt på de øverste tre meterne av sjøbunnen. Påvirkningen er ikke lineær, men sterkest øverst i sjøbunnen, 50 % av kompresjonen vil være i øverste meter. Denne vurderingen er å betrakte som et worst-case scenario. Med alternativ 1, tildekkingslag, vil kompresjonen bli 1 tredjedel lavere, med alternativ 3 betongmadrass, vil kompresjonen bli godt under halvparten.

Denne setningsberegningen er vurdert som typisk for de fastere områdene i Vågen, nær kaiene og i skråninger

4.1.2 Setningsestimat 2

Basert på et større antall prøver (ikke totalsonderinger) av kornstørrelse-sammensetning i sjøbunnen er det gjennomført en sannsynlighetsberegning for setninger mer generelt i Vågen, gjennom en Monte Carlo-analyse. Sannsynlighetsberegningen er en sammenfatning av 100 000 simuleringer. Analysen viser i hovedsak at setninger vil være mindre enn 11 mm. Større setninger kan forekomme, men sannsynligheten for dette er lav. 80-90 % av setningene vil komme i den øverste halvmeteren. Basert på de analyserte prøvene er denne delen av sjøbunnen generelt løsere.

Denne setningsberegningen er den mest generelle for Sjøbunnen i Vågen.

4.1.3 Setningsestimat 3

Det er gjennomført egne beregninger for det dypeste området like innenfor terskelen i Vågen. Erfaringsmessig er bunnen her bløt. Det er her tatt utgangspunkt i 40 cm tildekking (alternativ 1) vurdert opp mot totalsondering og laboratorieforsøk. Det vurderes at sannsynligheten for å få setninger større enn 60 mm er lav, og at setningene vil være i det bløte organiske laget.

Denne setningsberegningen gjelder spesielt for Vågens fordypninger.

4.1.4 Sammenfatning

Basert på den geotekniske vurderingsrapporten legges følgende til grunn.

Generelt vil tildekking av sjøbunn medføre en setning på mindre enn 11 mm på sjøbunnen i Vågen (setningsestimat 2). Høyere setninger kan imidlertid forekomme. Denne setningen er fordelt på sjøbunnens øverste 3 meter, hvorav 80-90 av setningene vil være i øverste halvmeteren. Dette er vurdert fra 40 cm tildekking pluss 20 cm erosjonssikring (alternativ 2), som gir størst vekt. Øvrige tildekkingsalternativer gir mindre setninger.

I de fastere delene av Vågen vil setning bli lavere, det vises til setningsestimat 1 som gir 3,6 mm fordelt på 3 meter, hvorav 50% er i øverste meter.

Samlet peker begge disse estimatene mot at kompresjon eller setning ligger grovt regnet rundt 1 mm ved større dyp enn 0,5-1 meter ned i sjøbunnen, ved det tyngste tildekkingsalternativet (tildekning med erosjonssikring).

Unntaket vil være i de markert bløtere delene av Vågen, typisk groper som samler sedimenter innenfor en terskel. Dette er bunnforhold hvor dykker enkelt vil kunne stikke hånden ned i sjøbunnen, uten å grave eller presse unna masse, i motsetning til f.eks skjellsand.

I disse områdene er det beregnet at bunnen vil komprimeres i størrelsesorden 60 mm ved 40 cm tildekkingslag (setningsestimat 3). Komprimeringen vil da skje i de bløte massene. I den grad det er fastere masser dypere i grunnen, legges det til grunn at dette tilsvarer de de fastere forholdene som ellers i Vågen.

Oppsummert vil tildekking gi minimal kompresjon på bunnmassene i Vågen dypere enn 0,5 eller 1 meter ned i sjøbunnen. Det er da tale om kompresjon på om lag 1 ‰. Den øverste meteren, og særlig halvmeteren, av sjøbunnen får imidlertid større belastning. Den er fremdeles på millimeternivå i de fastere delene av Vågen, men ligger normalt nærmere 10 mm i store deler av havnen. Unntaket er de bløte delene dypt i Vågen. Her vil massene komprimeres i størrelsesorden 60 mm. Samlet peker dette likevel mot små kompresjoner, men det er viktig å huske at unntak kan forekomme, som vist i Monte Carlo-analysen ved setningsestimat 2. Vågen er 1,3 km lang og stedvis mer enn 250 meter bred, den dekker et stort område med heterogene bunnforhold.

5 Vurdering av tildekkingsmetode planlagt i Vågen

Tildekking er vist å medføre størst kompresjon i den øverste 0,5 til 1 meter ned i sjøbunnen i Vågen. For store deler av Vågen vil kompresjonen ligge opp mot 10 mm. I de hardere delene er den betraktelig lavere, under 2 mm. De neste to meterne vil kompresjonen være lav, anslagsvis 1 mm pr meter, eller 1 ‰. I de bløteste delene av Vågen er imidlertid kompresjonen noe større.

5.1 Kulturlag

Selv om det er unntak, vil et generelt inntrykk av Vågen være at det øverste bunnlaget er løsrevet fra kontekst, omrotet og/eller moderne. I de arkeologiske undersøkelsene var laget på 5-15 cm, i bløtere områder gjerne opptil 40 cm.

Potensialet for urørte lag vil trolig være størst fra 0,5 til 2 meter ned i bunnmassene. I prøvesjaktene fra undersøkelsen i 2009-10 kan etterreformatoriske lag opptre relativt grunt. Under dette er trolig middelalderske lag gjerne mer enn en meter dypt.

Det ble tatt dateringsprøver fra 11 av de 51 kjerneboringene. Det er uvanlig at disse strekker seg dypere enn 2 meter ned i sjøbunnen. Dateringsprøver viser at middelalder kan opptre fra om lag 0,5 meter ned i massene. Det ses da bort fra en middelalderdatering på 10 cm dybde i borekerne 41, den har yngre middelalderdateringer dypere i lagene.¹ Som regel vil imidlertid de etterreformatoriske lagene være tykkere, og middelalderlag vil ligge dypere.

Forsknings- og kunnskapsmessig er det de uforstyrrede lagene som har størst verdi i Vågen. Videre kan det hevdes at de middelalderske lagene er de mest verdifulle, ettersom dette er en periode vi har mindre materiale fra, enn de følgende århundrene fra 1550-1850. Dette støttes for så vidt av lovverket, de middelalderske avsetningene er automatisk fredet, mens de øvrige lagene opp til 1925 har et vern etter kulturminnelovens § 14.

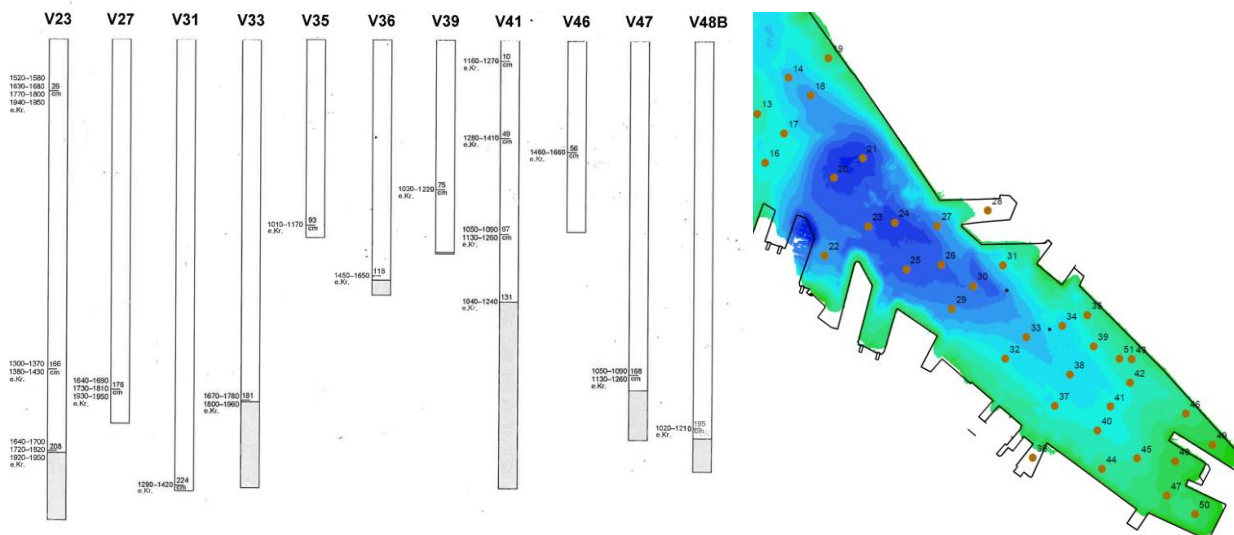
Etter de geotekniske beregningene vil disse kulturlagene bare utsettes for en lav grad av komprimering som følge av tildekking. Dypere enn 1 meter vil denne påvirkningen være om lag 1 ‰. Den vil være noe høyere 0,5 -1 meter ned i bunnmassene. Her vil det forekomme middelalderske kulturlag, men trolig i hovedsak etterreformatoriske. Det kan imidlertid forkomme kulturlag helt opp i overflaten, ved pågående erosjonsprosesser. Det er ikke påvist dette i middelalderske lag, men i etterreformatoriske lag ved Strandkaiaen.

Områdene angitt med høyest potensial for middelalderske kulturlag strekker seg fra Bryggen inn mot Torget. Mye av dette vil være innenfor områder som svarer til setningsestimert 1, med svært lav tilleggslast av tildekking.

Vurdering: Tildekking vil medføre kompresjon av kulturlag, men i hovedsak vil denne komprimeringen bli svært lav, rundt regnet 1 promille for middelalderske kulturlag, svakt høyere for etterreformatoriske lag. Den største kompresjonen vil komme i den øverste halvmeteren og meteren. I den øverste halvmeteren er kulturlag ofte forstyrret, og gjenstander ligger ute av kontekst. Dette laget har lavere kunnskapsverdi, selv

¹ Forundersøkelsen ble gjennomført før miljøovervåkingene som påviste omfang av kontinuerlig erosjon av kulturlag i Vågen. Det er ikke urimelig å forvente redeponerte gamle dateringer blant materiale som samler seg langs «kjølen» i Vågen, og da spesielt i de dypere delene. I rapporten fra 2010 ble dette i hovedsak forklart med mudringsaktivitet, samt eksplosjonen i 1944 for de sentrale delene i Vågen. I ettertid ser en at erosjon av kulturlag også bidrar til en kontinuerlig redeponering av eldre materiale, trolig større enn hva som ble tatt høyde for i 2010.

om gjenstandsmaterialet faller inn under kulturminnelovens vern. Unntak vil forkomme, ut fra Vågens størrelse og heterogene bunnforhold, samt avvik i setningsestimatene. Samlet vurderes påvirkning på kulturlag fra tildekkingens vekt å være minimal.



Figur 5-1 Sedimentkjerne med dateringer fra undersøkelsene i 2010 [3]

5.2 Kulturminner

Vågen inneholder store mengder gjenstandsmateriale som faller inn under kulturminnelovens vern. Mye av materialet er deponert i kulturlagene nede i sjøbunnen og vil utsettes for svært liten kompresjon.

Gjenstandsmateriale på overflaten og i den øverste halvmetere, vil utsettes for større press enn gjenstandsmateriale som ligger dypere. Dette vil i overveiende grad være løsfunn og materiale som er redeponert i omrodede lag. Jmfør setningsestimat 2 vil dette materialet utsettes for en komprimering på rundt 1 % (80-90% av 11 mm på øverste halve meter), dette gjelde for store deler av Vågen og være det generelle bildet. Komprimeringen blir lavere i de fastere delene langs kaiene og skråningene derfra, som blant annet området med størst påvist potensial for kulturlag, fra Bryggen i en bue mot Torget. Komprimeringen vil bli høyere i de mykeste partiene i midten av Vågen (estimat 3), hvor der er mindre gjenstandsmateriale, eller materialet er mer oppløst med høyt organisk innhold.

Det organiske gjenstandsmaterialet, særlig treverk, men også skinn, i noen grad kanskje osteologisk materiale, endrer karakter ved lang tids deponering i vann som kan svekke eller bryte ned materialets celledstruktur. Komprimeringen som er beregnet for massene i Vågen vil i noen grad være overførbart til dette materialet. Slike gjenstander får da trolig noe dekompresjon som følge av tildekking, tilsvarende omgivelsene rundt. Dette vil imidlertid avhenge av bevaringsgrad. Slike gjenstander vil derimot deformeres mer ved å løftes ut av sjøen og tas på land, uten spesialbehandling.

Det blir likevel kunstig å overføre vektpåvirkning og komprimering på ulike masser direkte på enkelt gjenstander og gjenstandsmateriale. Gjenstandene i Vågen, hele og knuste, sammen med gjenstandsmaterialet (keramikk, bein, tre) av ulik bevaringsgrad, vil reagere ulik på vekt av tilførlagslaget.

Keramikk har en stivhet på 50-400 GN/m² som angir motstand mot deformasjon ved belastning. De ulike tildekkingsalternativene har en egenvekt i størrelsesorden 18-25 kN/m³ og påføring av finkornet og grovkornet masse vil normalt ikke medføre deformasjon for keramikk. Likevel vil en betongmadrass kunne knuse keramikk ved utlegging, avhengig av keramikkens utforming og plassering på bunnen.

Det kan ikke gjennomføres individuelle beregninger for hvordan et gitt gjenstandsfragment på bunnoverflaten vil reagere på tildekkingen. Enkelte gjenstander vil kunne ødelegges ut fra eksempelet nevnt over. Mange gjenstander med høy stivhet (Geologisk materiale, keramikk ballast, kritt-piper) vil likevel samlet trolig bare ha lav påvirkning av tildekkingen. Vannmettet organisk materiale som tre, bein og lær vil trolig skades på samme vis, men kan tenkes å komprimeres noe. Ulike metallgjenstander og gammelt glass reagerer på ulikt vis. Gammelt glass kan være skjørt og kan knuses dersom det ligger i de øvre lagene. Risikoen for fragmentering vil være størst under utlegging av tildekkingsmassene. Enkelte metallgjenstander vil avhengig av metallsammensetning få utviklet et lag med korrosjon som til en viss grad beskytter gjenstanden, men samtidig er et tegn på en nedbrytning. Dersom korrosjonen som har omsluttet enkelte metallgjenstander brytes kan dette føre til ytterligere nedbrytning.

Vurdering: Tildekking vil kunne komprimere mykere og organisk gjenstandsmateriale på bunnoverflaten, og bidra til ytterligere svekking av disse materialenes cellestruktur. Hardere gjenstandsmateriale vil i noen grad kunne påvirkes mekanisk, særlig i utleggingsfasen. Dette vil imidlertid være gjenstandsmateriale som er løsrevet fra kontekst, og har mindre kildeverdi enn gjenstandsmateriale som er bedre bevart i kulturlagene dypere i sjøbunnen. Samlet vurderes likevel påvirkning å være liten.

5.3 Vrak

Det er få kjente vrak og vrakdeler i Vågen. Synlige vrak og deler av vrak på sjøbunnen i Vågen må vurderes og tilpasses individuelt i forhold til tildekking.

Det utelukkes ikke at det finnes vrakrester dypere i bunnlagene. Dette kan da antas å være skutebunner, som da er tildekket, mens høyere deler av vrakrestene er forvitret. Ut fra setningsestimatene i geoteknisk vurderingsrapport fremstår det som usannsynlig at slike vrak vil knekke eller bryte sammen som følge av tildekkingen.

Vurdering: Vi kan ikke se at tildekking vil påvirke vrak i kulturlagene i noen grad

5.4 Videre innspill

Ved gjennomgang av grunnlagsmaterialet for å vurdere hvordan tildekking av sjøbunnen kan påvirke kulturminner i Vågen er det enkelte tema som bør tas hensyn til i videre planlegging

5.4.1 Erosjon

Det er påvist 3,2 cm årlig erosjon ved Strandkaiaen. Denne kan hindres ved tildekking.

En tildekking som foreslått vil virke som en erosjonssikring og bevare det resterende kulturlaget i området på en bedre måte enn i dag og kan derfor sees på som en forbedring av tilstand.

5.4.2 Valg av tildekking og materialer

I Vågen er det tykke kulturlag med gode bevaringsforhold for organisk materiale.

Tildeckingsmaterialet består av grus og stein i ulike fraksjoner. Dette er kornfraksjoner som i større eller mindre grad vil gjenfinnes i Vågen, men ikke som et sammenhengende lag på samme måte. Tildeckingslaget kan derfor vurderes som relativt likt eksisterende bunnforhold.

Kulturlagene vil være tilgjengelige i fremtiden. Fjerning av tildeckingslag og graving i massene vil være mer utfordrende ift. til spredning av miljøgifter, enn det praktiske og metodiske ved en arkeologisk undersøkelse.

I eksempelet fra Nederland ble det brukt leire i kombinasjon med polypropylen, som trolig gir en helt hermetisk lukking. En tildekking med steinfraksjon helt ned til 0 mm vil føre til at de minste fraksjonene etter hvert vil synke ned og legge seg over opprinnelig sjøbunn. Dette vil antakelig føre til at tildeckingslaget vil være tilnærmet, men ikke helt tett.

Ut fra den generelle faglitteraturen vil det være positivt med tildekking som bremser eller stenger oksygentilførsel.

5.4.3 Overvåking

Tildekking vurderes å medføre svært liten påvirkning på underliggende masser i form av vekt og komprimering som kan skade underliggende kulturminner og kulturlag. Vi har ikke kompetanse til å vurdere hvorvidt tildekking medfører endringer for kulturlagene i form av endret kjemisk miljø. Generelt betraktes tildekking som positivt, men faglitteraturen påpeker også at tildekking må følges opp med miljøovervåking av kulturlagenes tilstand over tid.

5.4.4 Marint deponerte kulturlag på land

Sjøbunnsdeponerte kulturlag befinner seg også «på land», eller under påførte masser langs Vågen. I sin tid har disse lagene blitt tildekket som del av utfylling i Vågen, og befinner seg i dag under masser som strekker seg minst halvannen meter over dagens middel vannstand. Disse lagene må nødvendigvis ha blitt utsatt for en kompresjon som langt overstiger hva som kan skje i Vågen. Slike lag kan være interessante referanse punkter.

5.4.5 Verdensarv

Vågen inngår som en oppsluttende verdi på verdensarvstedet Bryggen. Kulturlag under vann fra middelalder inngår i det fredede kulturminnet *Middelalderbyen Bergen* (id 89049) og inngår ifølge forvaltningsplanen til verdensarvstedet Bryggen som en oppsluttende verdi. Dette gjelder også arkeologisk gjenstandsmateriale. Ved tiltak som omfatter verdensarvstedet Bryggen oppfordres en til ikke bare vurdere hvordan en kan begrense og avbøte skade på kulturminner, men også i hvilken grad det er mulig å forbedre situasjonen for kulturminnene.

Begrensning av erosjon av kulturminner i Vågen vil være en forbedring av situasjon for Verdensarven.

Selv om hovedfokus til Bergen Renere Havn er opprydning av forurenset sjøbunn, vil prosjektet legge til rette for seilingsdyp som er forenelig med at Vågen i fremtiden også kan være en aktiv havn i daglig bruk. At Vågen opprettholder sin funksjon som havn er positivt for verdensarven.

Sjøvannet i Vågen påvirker i grunnvannssituasjonen i middelalderbyen Bergen. De organiske kulturlagene i Bergen er avhengige av et stabilt grunnvannsnivå for å sikre anaerobe forhold. Ved grunnvannssenkning, i en lengre eller kortere periode, igangsettes forråtningsprosesser som får kulturlagene til å forvitte og komprimeres. Grunnvannet langs Vågen fluktuerte med tidevannet. Trolig går det meste av påvirkningen rett gjennom kaiene og massene innenfor. Det bør gjennomføres en hydrogeologisk vurdering av hvorvidt tildekking av Sjøbunnen i Vågen kan påvirke disse vannbevegelsene på noen måte.

Kilder

- [1] Vestland fylkeskommune 2025: Ber om tilleggsinformasjon – Dispensasjon frå kulturminnelova – Vågen – Bergen kommune. Brev til COWI av 09.07.2025.
- [2] Askeladden, Riksantikvarens kartdatabase: <https://askeladden.ra.no/>
- [3] Nøttveit, O. M. med Wammer, E. U. 2010: Rapport fra marinarkeologisk forundersøkelse i Vågen, Bergen. Bergens Sjøfartsmuseum (arkiv). <https://www.bergen.kommune.no/api/rest/filer/V56979975>
- [4] Wammer, E. U. 2012: Rapport fra marinarkeologisk overvåkning i Vågen, Bergen. Første fase: Undersøkelser oktober 2011 – januar 2012. Bergens Sjøfartsmuseum (arkiv). <https://www.bergen.kommune.no/api/rest/filer/V56979974>
- [5] Wammer, E. U. 2013: Rapport fra marinarkeologisk overvåkning i Vågen, Bergen. Andre fase: Oppfølgende undersøkelser november 2012. Bergens Sjøfartsmuseum (arkiv). <https://www.bergen.kommune.no/api/rest/filer/V56979973>
- [6] Nøttveit, O.M., Herdlevær Søyland, E., Wammer, E.U 2016: Vågen i Bergen – undervannsarkeologiske metoder og erfaringer. I Koren, E. S. Norsk Maritimt Museum Årbok 2015. S. 29-58.
- [7] UiS 2025: Project Vågen Bergen 13-7-2025: Mapping of shallow surface for site characterization and potential identification of archeological objects. Faculty of Science and Technology. University of Stavanger
- [8] Reinsnos, A., Dunlop, R. 2024: BT5 Bybanen - Bergen sentrum til Åsane - delstreking 1 Arkeologisk avklarende undersøkelser i form av naverboringer. NIKU rapport 202
- [9] Verdensarvrådet Bryggen 2021: Verdensarvstedet Bryggen. Forvaltningsplan 2021-2025
- [10] Bowens, A. (ed) 2009: Underwater archaeology. The NAS Guide to Principles and Practice. The Nautical Archaeology Society.
- [11] Manders, M., Gregory, D. (eds) 2015: Guidelines to the process og underwater archaeological research, SASMAP Guideline Manual 1
- [12] Manders, M., Gregory, D. (eds) 2015: Guidelines to the process og underwater archaeological research, SASMAP Guideline Manual 2
- [13] Halvorsen, S. W. m.fl. 2024: Nasjonale oppgaver MOV 2023. Avbøtende tiltak for arkeologiske kulturlag i middelalderby. NIKU rapport 274
- [14] COWI 2022: Søknad om dispensasjon fra kulturminneloven, Vågen, Bergen kommune. A243166-2022-01
- [15] COWI 2024: Supplering til søknad om dispensasjon fra kulturminnelover for sedimenttiltak i Vågen, Bergen. A243166-2024-13
- [16] COWI 2024: Tiltaksplan for forurenset sjøbunn i Vågen, Bergen. Rev. 02. 2024 <https://www.bergen.kommune.no/api/rest/filer/V55081123>
- [17] COWI 2025: Geoteknisk vurderingsrapport – påvirkning frå utleggingsmasser. A243166-2025-06
- [18] MaSS. Stepping stones of maritime history: <https://mass.cultureelerfgoed.nl/>
- [19] MaSS. Stepping stones of maritime history: Cuijk, Romeinse kade (+404): <https://mass.cultureelerfgoed.nl/cuijk-romeinse-kade>
- [20] Manders, M.R. en Brouwers, W.F.G.J. (red) 2016: Gebied 6000. Duikonderzoek naar de Romeinse loskade bij Cuijk. Rapportage Archeologische Monumentenzorg 229. Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed https://www.cultureelerfgoed.nl/binaries/cultureelerfgoed/documenten/publicaties/2016/01/01/gebied-6000-duikonderzoek-naar-de-romeinse-loskade-bij-cuijk/ram229_cuijk.pdf
- [21] Manders, M.R. 2006: Projekt "fysieke bescherming Cuijk 6000gebied". Beknopte rapportage archaeologische monumentenzorg 13. Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- [22] Skaarup, J. 2001: Mellem pæleorm og sandpumpere, i A. Nørgård Jørgensen og J. Pind (red): Før landskabets erindring slukkes – Status og fremtid for dansk arkæologi. Rigsantikvaren og det arkæologiske Nævn, s 85-90
- [23] Fiedler, K. 2023: Tudse Hage, Tilsyn 2023. VIR 377. Vikingskipsmuseet
- [24] Vikingskipsmuseet: diverse artikler og oppslag om Tudse Hage <https://www.vikingskipsmuseet.dk/en/search/req>
- [25] Bergstrand, T., von Arbin, S. 2003: Vård av fartygslämning. Stora Sofia. Dokumentation,skyddstäckning och kontroll. Bohusläns museum Rapport 2003:35