

BERGEN KOMMUNE

MILJØGIFTER I BERGEN HAVN

FORSLAG TIL MILJØMÅL FOR VÅGEN



INNHOOLD

Sammendrag	3
1 Innledning	4
2 Bakgrunn	4
3 Grunnlaget for fastsetting av miljømål	4
4 Forslag til overordnet miljømål for Bergen havn	11
5 Vågen	11
5.1 Rammebetingelser for Vågen	11
5.2 Forslag til miljømål for Vågen	13
5.3 Kostnader for å oppnå miljømål	14
5.4 Vurdering	19
6 Kilder	21
Vedlegg 1 Kart over område med kostholdsråd	23
Vedlegg 2 Forurensningsnivå i sjøbunn i Bergen havn	24
Vedlegg 3 Sonekart kulturminneomfang	27

OPPDRAGSNR.	A040590
DOKUMENTNR.	A040950-2014-2
VERSJON	4
UTGIVELSESDATO	30.09.2014
UTARBEIDET	Ane Moe Gjesdal, Bjørn Christian Kvisvik og Oddmund Soldal
KONTROLLERT	Arve Misund
GODKJENT	Per Vikse

Sammendrag

Bergen bystyre har vedtatt at det må utføres tiltak i hele Vågen og Puddefjorden for å begrense og stanse spredningen av miljøgifter i Bergen havn. Nasjonale og internasjonale regelverk fører også til krav om opprydding i Bergen havn. Tiltak må iverksettes, og ambisjonsnivåene for disse tiltakene synliggjøres ved å definere miljømål. Miljømålene er de overordnede målene for oppryddingen i havneområdet og uttrykker hvilke visjoner man har for området.

Med bakgrunn i dette er det utarbeidet forslag til generelle miljømål for tiltak i Bergen havn og spesifikke miljømål med tiltaksalternativer for Vågen. Spesifikke miljømål for Puddefjorden vil bli utarbeidet når risikovurderingen for dette området er ferdig.

Miljømålene vil være styrende i det kommende arbeidet med tiltaksplan og detaljprosjektering. Operasjonelle krav til utførelsen av anleggsarbeidet vil bli definert i tiltaksplanen.

Forslag til overordnet miljømål for tiltaksområde Bergen havn

- *Tilstanden i sedimentene skal ikke være til hinder for bruk av sjø- og havneområdene til nærings- og fritidsaktiviteter.*
- *Tiltak skal bidra til å redusere innholdet av miljøgifter i fisk og sjømat fra Byfjorden.*

Forslag til miljømål for tiltak i Vågen

- *Spredning av miljøgifter fra sedimentene i Vågen skal reduseres med 80%.*
- *Ny tilførsel av miljøgifter fra land skal minimaliseres.*
- *Tiltak skal utføres skånsomt for å bidra til bevarelse av kulturminner i området.*
- *Tiltak skal planlegges og gjennomføres på en måte som er minst mulig til hinder for daglig havnedrift og til minst mulig sjenanse for nærmiljøet.*

Aktuelle tiltak i Vågen

For å oppnå miljømålene anbefales tiltak i hele Vågen med unntak av et lite areal fremfor Bryggen. Dette arealet utgjør 0,5 % av hele Vågen. Området er utelatt fordi det er særlig rikt på kulturminner, det er antatt store kostnader til arkeologiske utgravinger og det er beregnet at det spres lite forurensing fra dette arealet.

Mudring skal avgrenses til det som er nødvendig for å drifte havnen på en hensiktsmessig måte.

I indre deler av Vågen anbefales tynnsjikttildekking som hovedmetode og i ytre deler anbefales mudring.

Anbefalte tiltak for å nå miljømålet på 80 % reduksjon i spredning av miljøgifter er estimert å koste 160 mill NOK, hvorav kostnader til arkeologi utgjør ca 15 mill NOK.

1 Innledning

Sjøbunnen i Bergen havn er sterkt forurenset. En opprydning er nødvendig for å bedre miljøet både i havnebassengene og i fjorden utenfor. Tiltakene er omfattende og det er mange faktorer som påvirker både gjennomføringsmulighet og kostnader.

Et sentralt punkt som må avklares er hva som er godt nok. Dette avgjøres ved å sette miljømål for prosjektet. Miljømålene som definerer hvilke ambisjoner man har for arbeidene, må bestemmes politisk.

Dette notatet er ment som et grunnlagsdokument for beslutningstakere.

Etter politisk fastsettelse av miljømål, skal det utarbeides detaljerte tiltaksplaner som viser hvordan målene skal oppnås i praksis.

2 Bakgrunn

Bergen Bystyre har vedtatt at Vågen og Puddefjorden må ryddes for å begrense og stanse spredning av miljøgifter i Bergen havn (Bergen kommune, Bystyre saknr 53-13, 2013).

Bakgrunnen for arbeidet med sjøsediment finnes i Stortingsmelding nr 12 (2001-2002) *Rent og Rikt hav*, Stortingsmelding nr. 14 (2006-2007) *Sammen for et giftfritt miljø – forutsetninger for en tryggere fremtid*, og i *Forskrift om rammer for vannforvaltningen (Vannforskriften)* (FOR 2006-12-15-1446).

Arbeidet med forurenset sjøbunn styres i stor grad av generelle føringer som er gitt på nasjonalt plan. I tillegg er det behov for lokale miljømål som er tilpasset de aktuelle forhold og arealbruk, og som beskriver den miljøtilstand man ønsker å oppnå i området. For at man skal kunne bedømme måloppnåelse, bør det etableres tiltaksmål som er mest mulig kvantitative (Klima og forurensningsdirektoratet, TA 2960/2012).

Miljømål har tidligere vært formulert i tiltaksplan for Bergen havn (Fylkesmannen i Hordaland, 2002). Det tidligere forslaget for miljømål var knyttet til tilstandsklasser i sedimentet. Dette er basert på rene kjemiske analyser. Det er nå utført risikoanalyser som viser at det er andre parametre som er bedre egnet som miljømål. Det foreligger også et høringsutkast til Forvaltningsplan for vannregion Hordaland etter krav i Vannforskriften (Hordaland fylkeskommune, 2014).

Som en del av arbeidet med tiltaksplan er det nå formulert forslag til oppdaterte miljømål for opprydning i Bergen havn. Disse er basert på gjeldende nasjonale føringer, lokale forhold og risikovurdering. Oppdaterte miljømål bør vedtas politisk. Miljømålene vil være førende for videre tiltaksvurdering, planlegging og gjennomføring av opprydning i Bergen havn.

3 Grunnlaget for fastsetting av miljømål

Vannforskriften

Vannforskriften gir føringer for overordnet felles europeisk kvalitetsmål for vannmiljøet og omfatter også kystvann. Det er utarbeidet forslag til tiltak i de ulike vannregionene. I Tiltaksprogram for vassregion Hordaland, som er på høring fram til 31. desember 2014, er Byfjorden (id 0261010800-1-C) og Byfjorden indre del (id 0261010800-4-C) definert som separate vannforekomster. Byfjorden indre del tilsvarer tiltaksområdet for sedimentprosjektet i Bergen havn. Det er oppgitt at påvirkningsgraden av de forurensede sedimentene i havneområdet er stor for vannforekomsten og at aktuelle tiltak i Bergen

havn indre kan være redusert overløpsdrift av avløpsvann samt mudring og tildekking av forurenset sediment. Forslaget til standard miljømål er god kjemisk- og økologisk tilstand innen 2027/2033 (Hordaland fylkeskommune, 2014). Gjennomføring av oppryddingstiltak i Bergen havn er oppgitt til å være viktige bidrag til å nå Vannforskriftens mål.

Miljømålene i Vannforskriften er generelt førende for arbeidet med forurenset sjøbunn. Sjøbunnen er en av flere kilder til spredning av miljøgifter i vannforekomsten, og mål som er knyttet til økologisk tilstand gjelder både for organismer som lever i vannet og i/på sjøbunnen (Klima og forurensningsdirektoratet, TA 2960/2012).

Et generelt miljømål i Vannforskriften (§4) er at alle vannforekomster skal ha god økologisk- og kjemisk tilstand. Enkelte vannforekomster kan utpekes som sterkt modifiserte (SMVF) (§5) og for disse er det satt krav om god kjemisk tilstand og godt økologisk potensiale. Forskriften gir adgang til å utsette fristen for å nå miljømål (§9) og stille mindre strenge miljømål i områder der vannforekomsten er så påvirket av menneskelig virksomhet at det er umulig eller uforholdsmessig kostnadskrevenende å nå målene og gitte vilkår er oppfylt (§10) (Klima og miljøverndepartementet, 2007).

Enkelte vannforekomster er gjenstand for tekniske inngrep, slik at det både vil kunne være samfunnsøkonomisk ulønnsomt og praktisk umulig å oppnå god økologisk tilstand. I følge hovedveileder for foreløpig identifisering og utpeking av sterkt modifiserte kystvannforekomster (kSMVF) i Norge (Rådgivende Biologer, Multiconsult, 2004), åpner Vanndirektivet for at det kan settes spesielle miljømål for slike vannforekomster.

Bergen havn er en travel trafikkhavn med store fysiske inngrep. Området er sterkt påvirket av menneskelig aktivitet, og kaianlegg utgjør mer enn 50% av kystlinjen i Puddefjorden og Vågen. Tiltaksområdet dekker totalt et areal på 2,2 km². Sjøbunnen i Vågen er vernet av Kulturminneloven på grunn av stor kulturhistorisk verdi (Stiftelsen Bergens Sjøfartsmuseum, 2010). Disse forholdene tilsammen tilsier at det bør settes tilpassede miljømål for oppryddingen som ivaretar hensyn til miljø, havnedrift, kulturminner og samfunnsøkonomi.

Miljødirektoratets veiledere for håndtering av forurenset sjøbunn

Den nasjonale målsettingen for opprydding i forurenset sjøbunn er å oppnå en renere sjøbunn og redusere belastningen fra miljøgifter i sedimentet.

En forbedring av forurensningskonsentrasjonen til tilstandsklasse 2 i sedimentene er anbefalt (se figur 1). Høyere tilstandsklasse kan aksepteres basert på risikovurdering, målt opptak i biota og økologisk tilstand, eller klasse 3 dersom det fortsatt er tilførsel fra landbaserte kilder. Miljømål kan også knyttes til reduksjon i spredning av miljøgifter. Alternative tilnærminger er mål knyttet til redusert konsentrasjon av miljøgifter i organismer, redusert mengde miljøgifter i det gjenværende biologisk aktive laget etter mudring eller fysisk kontroll av tildekking som skal redusere miljøgiftenes tilgjengelighet (Klima og forurensningsdirektoratet, TA 2960/2012).

Forurensningsnivå i Byfjorden

Det er gjennomført flere undersøkelser av miljøgiftinnhold i fisk og skalldyr i fjordene rundt Bergen (Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning, 2009). På bakgrunn av undersøkelsene er det innført kostholdsråd (se vedlegg 1). Kostholdsrådet er basert på innhold av dioksiner, PCB og kvikk-

sølv i sjømat. Bergen havn regnes som en vesentlig bidragsyter til forholdene i Byfjorden sammen med flere forurensningskilder i andre kommuner og langtransportert forurensning.

Erfaringer fra arbeid med forurenset sjøbunn viser at det er urealistisk å forvente at langsiktige forvaltningsmål, som for eksempel oppheving av kostholdsråd, for et større område med forurenset sjøbunn kan oppnås ved ett enkelt tiltak. Det må vanligvis gjennomføres en rekke tiltak i et større område for å oppnå forvaltningsmålet. Hvert av tiltakene må derfor ha sitt eget konkrete tiltaks mål som er tilpasset lokale forhold og som viser miljøgevinsten på kort og lang sikt (Klima og forurensningsdirektoratet, TA 2960/2012).

Forurensningstilstand og miljørisiko i Bergen havn

Sjøbunnen i Bergen havn er forurenset av ulike miljøgifter. Forurensningsgraden varierer mellom ulike steder og ulike stoff. Om man legger til grunn det enkeltstoff med høyest forurensningsgrad, kan sedimentene i nesten hele Bergen havn klassifiseres som "svært dårlig" (tilstandsklasse 5) etter Miljødirektoratets klassifiseringssystem TA- 2229/2007 (Klima og forurensningsdirektoratet, TA 2229/2007). Se kart i vedlegg 2.

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved kort-tidseksponering	Omfattende akutt-toksiske effekter

Figur 1 Tilstandsklasser definert i Miljødirektoratets veileder TA-2229/2007

NIVA har på oppdrag fra Bergen kommune undersøkt biotilgjengeligheten av miljøgifter i sediment fra fem delområder i Vågen. Undersøkelsen viste variasjon i tilgjengeligheten av miljøgifter internt i Vågen. Det var høyest opptak av PCB og TBT i området med lavest konsentrasjon i sedimentet (tilstandsklasse 3). Dette kan skyldes at PCB og TBT i sediment fra de andre delområdene er sterkere bundet til partikler. Det ble ikke påvist opptak av kvikksølv til tross for at forurensningskonsentrasjonen er i tilstandsklasse 5 i flere av delområdene. Det er mulig at kvikksølvet i sedimentene i Vågen i mindre grad foreligger som metylert kvikksølv (Norsk institutt for vannforskning, rapportnr 6449-2012) og dermed er mindre tilgjengelig for opptak i organsimer.

Vågen har et areal på ca 234 000 m² og hele området er mer eller mindre forurenset. Gjennomsnittlig dybde av forurenset sjøbunn er i størrelsesorden 0,7 m for hele Vågen (COWI, 2012). På bakgrunn av dette er volumet av de forurensete sedimentene estimert å være ca. 160 000 m³. Med en antatt tetthet i sedimentene på 1,5, blir vekten av de forurensete massene i størrelsesorden 240 000 tonn.

Basert på gjennomsnittskonsentrasjon av alle sedimentprøver fra Vågen, kan dermed miljøgiftlageret i Vågen settes opp som vist i tabell 1.

Tabell 1 Estimat over mengde miljøgifter i Vågen. Estimatet er basert på at det er 240 000 tonn med forurenset sediment i Vågen.

Stoff	Snitt-konsentrasjon	Enhet	Tonn
Arsen	16	mg/kg	4
Bly	371	mg/kg	89
Kadmium	2	mg/kg	0,5
Kobber	257,5	mg/kg	62
Krom	71,8	mg/kg	17
Kvikksølv	6,1	mg/kg	1,5
Nikkel	25,9	mg/kg	6
Sink	632,8	mg/kg	152
PAH16	50826,4	µg/kg	12
PCB 7	172	µg/kg	0,04
Tributyltinn	480,7	µg/kg	0,1

Bunnlevende organismer finnes et stykke ned i sedimentet. Det er vanlig å anta at levedypet (bioturbasjonsdypet) er ca. 10 cm. Det betyr dette at det er ca. 25 000 m³ eller 37 000 tonn forurenset slam i Vågen som bunnlevende organismer er eksponert for.

En risikoanalyse for Vågen er utført ved hjelp av Miljødirektoratets veileder for risikovurdering av forurenset sediment (Klima og forurensningsdirektoratet, TA 2802/2011). Resultatene viser at forurensingen i dette området er til dels godt bundet i sedimentet og dermed utgjør en mindre risiko for opp-tak i næringskjeden enn hva en ren kjemisk analyse viser (COWI, rapportnr A005136-2013-03).

Hele Vågen er påvirket av skipstrafikk og sedimentene er utsatt for propelloppvirvling i større eller mindre grad. Risikovurderingen viser at oppvirvling av sediment på grunn av skipstrafikk og tidevann er den dominerende spredningsmekanismen for miljøgifter i Vågen. Spredning av miljøgifter fra Vågen ansees som den største miljørisikoen ved forurensningen i sedimentene, og forslag til miljømål for tiltak i Vågen blir derfor i hovedsak knyttet til reduksjon i spredning av miljøgifter. Som en effekt av tiltakene vil det også bli en miljøforbedring inne i Vågen.

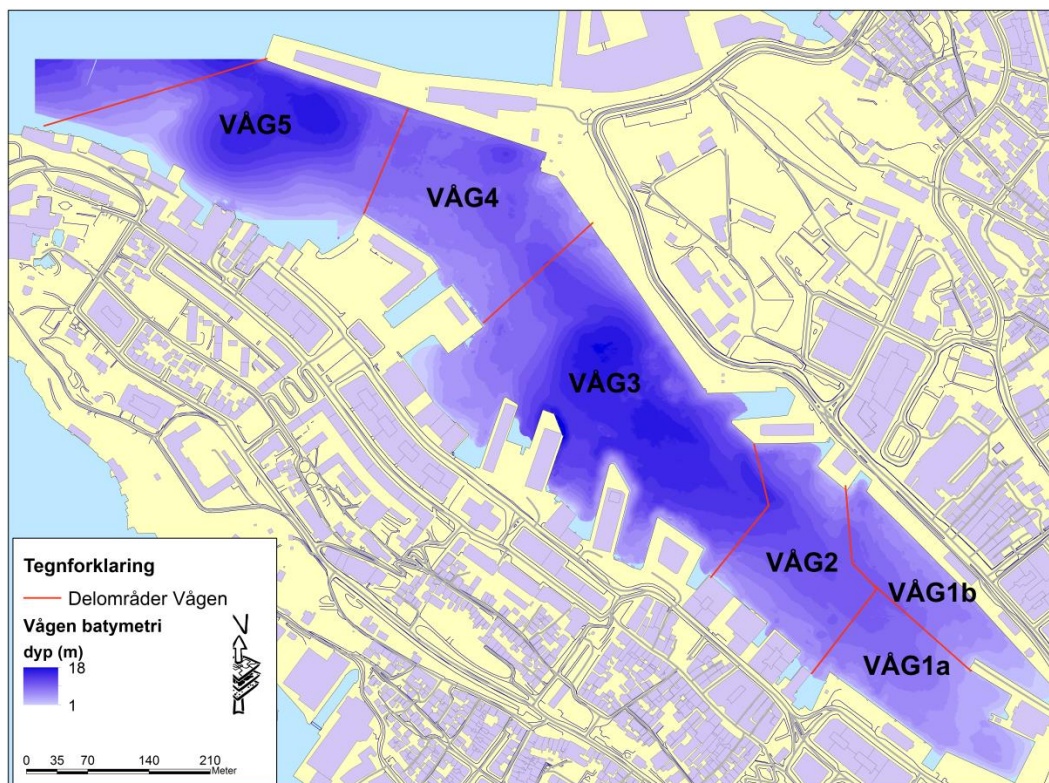
Beregnet spredning av miljøgifter i Vågen er vist i risikovurderingen (tabell 2).

Tabell 2 Estimert årlig spredning av miljøgifter i Vågen.

	Delområder i Vågen						Sum Vågen
	VÅG 1a Strandkaaien	VÅG 1b Bryggen	VÅG 2 Indre bas-seng	VÅG 3 Ytre bas-seng	VÅG 4 Terskel	VÅG 5 Skolten	
Miljøgift	g/år	g/år	g/år	g/år	g/år	g/år	g/år
Arsen	785	218	1291	1228	237	552	4312
Bly	18351	1951	45087	20532	912	2408	89242
Kadmium	63	8	289	97	1	9	467
Kobber	10245	1664	35643	17171	766	2478	67967
Krom totalt	1540	238	5878	2905	197	455	11212
Kvikksølv	285	32	992	354	7	29	1699
Nikkel	1077	232	3495	1903	316	890	7913
Sink	31640	4375	95132	40736	2479	6757	181120
Sum PAH16	1715	227	4829	2054	454	382	9660
Sum PCB7	4	1	32	13	5	3	58
Tributyltinn	17	5	81	32	17	8	160

Tidligere modelleringer gjort av NIVA viser spredning i samme størrelsesorden. Modellering av miljøgift- og partikkeltransport i Vågen har vist at det spres forurensning fra Vågen til de utenforliggende områdene i Byfjorden (Norsk institutt for vannforskning, rapportnr 5055, 2005)

I miljørisikoanalysen er Vågen delt inn i delområder med hensyn til ulike egenskaper som dybdeforhold, sedimenttype, aktiviteter ved kai og kulturhistorisk interesse. I figur 2 er disse delområdene vist.



Figur 2 Inndeling av Vågen i delområder

Risikovurderingen viste at risiko for human helse først og fremst er knyttet til PCB og kvikksølv.

Med grunnlag i verktøyet som følger metode for risikovurdering er det beregnet bidrag til spredning av miljøgifter i de ulike delområdene slik det er vist i tabell 3. Beregningene er estimat som indikerer forskjeller mellom områdene og benyttes som veiledende verdier i tiltaksvurderingen. Spredning er beregnet som totalt bidrag fra propelloppvirvling, lekkasje fra sedimentet og opptak i biota. Mengde spredning som følge av propelloppvirvling er særlig avhengig av type fartøy, antall anløp og mengde finstoff i sedimentet.

Om man benytter beregningene vist i tabell 1 og 2 og forutsetter at denne situasjonen fortsetter jevnt fremover og at all forurensning som spres inne i Vågen transporteres ut av området, kan det estimeres hvor lang tid det teoretisk vil ta før miljøgiftene er spredd ut av Vågen. Estimaten er vist i tabell 4. Det er mange usikre momenter i denne type estimat, men det som er viktig å legge merke til er at Vågen vil være en kilde til spredning av forurensning i svært lang tid dersom det ikke gjøres tiltak. Hvis det skal gis mer nøyaktige estimat må man inkludere at en viss andel spredt forurensning vil resedimenteres i Vågen og ikke fraktes ut i Byfjorden og at det kan tilføres ny forurensning fra land.

Tabell 3 Beregnet bidrag til spredning av miljøgifter fra ulike delområder, oppgitt som prosent av total spredning fra sedimentene i Vågen

Delområde	VÅG 1a Strandkaien	VÅG 1b Bryggen	VÅG 2 Indre bas-seng	VÅG 3 Ytre bas-seng	VÅG 4 Terskel	VÅG 5 Skolten
Miljøgift						
Arsen	18	5	30	28	6	13
Bly	21	2	51	23	1	3
Kadmium	13	2	62	21	0	2
Kobber	15	2	52	25	1	4
Krom totalt	14	2	52	26	2	4
Kvikksølv	17	2	58	21	0	2
Nikkel	14	3	44	24	4	11
Sink	17	2	53	22	1	4
Sum PAH16	18	2	50	21	5	4
Sum PCB7	7	1	55	23	8	5
Tributyltinn	10	3	51	20	11	5
Gjennomsnitt spredning (%)	15	3	51	23	4	5

Tabell 4 Estimert tid før Vågen er tømt for miljøgifter. Estimaten er basert på gjennomsnittlige konsentrasjoner og spredning basert på miljørisikoanalysen.

Stoff	tonn totalt	Årlig spredning i kg	Årlig spredning i % av total	Hvor mange år før alt er vekk med jevn spredning
Tributyltinn	0,1	0,16	0,160 %	625
PCB 7	0,04	0,058	0,145 %	690
Nikkel	6	7,913	0,132 %	758
Sink	152	181,12	0,119 %	839
Kvikksølv	1,5	1,699	0,113 %	883
Kobber	62	67,967	0,110 %	912
Arsen	4	4,312	0,108 %	928
Bly	89	89,242	0,100 %	997
Kadmium	0,5	0,467	0,093 %	1071
PAH16	12	9,66	0,081 %	1242
Krom	17	11,212	0,066 %	1516

4 Forslag til overordnet miljømål for Bergen havn

Miljømål for oppryddingsprosjektet i Bergen havn skal ivareta nasjonale mål og lokale forhold. Den langsiktige visjonen for Byfjorden og Bergen havn er oppheving av lokalt kostholdsråd. Et viktig bidrag vil være tiltak mot spredning av forurensning fra sjøbunnen. Fastsetting av realistisk ambisjonsnivå, reelle muligheter og konkret målsetting har vært en pågående prosess i flere faser av prosjektet.

Våren 2014 har etablering av oppdaterte miljømål og samordning med forvaltningsplan for vannområdet vært diskutert i møter med interessenter, fagmiljø og viktige forvaltningsenheter. Følgende etater og institusjoner har deltatt i arbeidet: Bergen og Omland Havnevesen, Bergen kommune, Prosjektleder Vannområde Vest, Fylkesmannens miljøvernavdeling, Havforskningsinstituttet, Nasjonalt institutt for ernærings og sjømatforskning, Mattilsynet, Forsvarsbygg og Bergens Sjøfartsmuseum.

Prosjektgruppen for sedimentprosjektet i Bergen havn har utarbeidet forslag til generelle miljømål for oppryddingen i havneområdene.

Forslag til overordnet miljømål for tiltaksområdet Bergen havn

- *Tilstanden i sedimentene skal ikke være til hinder for bruk av sjø- og havneområdene til nærings- og fritidsaktiviteter.*
- *Tiltak skal bidra til å redusere innholdet av miljøgifter i fisk og sjømat fra Byfjorden.*

For å oppnå det overordnede miljømålet, må det lages lokale miljømål og tiltaksplaner i de ulike delområdene.

5 Vågen

5.1 Rammebetingelser for Vågen

Kulturminner

Vågen er en svært viktig ressurs for historisk informasjon og er et fredet kulturminne. Tiltak i Vågen må ta hensyn til dette, og det skal være minst mulig inngrep i sjøbunnen som kan ødelegge fortidsminner. En marinarkeologisk forundersøkelse har gitt et kunnskapsgrunnlag om kulturminneomfanget og delt Vågen inn i soner basert på kulturhistorisk verdi, vedlegg 3 (Stiftelsen Bergens Sjøfartsmuseum, 2010). I den grad miljøtiltak kommer i konflikt med kulturminner er det Riksantikvaren som setter betingelser for tiltak. For å bevare mest mulig av marinarkeologiske verdier er det ikke aktuelt med en omfattende mudring i indre del av Vågen.

Havnedrift

Vågen er, og skal være en travel trafikkhavn. Rammer for framtidig bruk av havneareal og tilstøtende sjøområder er gitt i kommunedelplan for Bergen indre havn (Bergen kommune, Havneplan, 2012). Fastsettelse av miljømål må derfor ta hensyn til de behov som brukerne av Vågen har. Det antas at framtidig bruk av Vågen som havn, i store trekk vil være som i dag. Dette innebærer at det utføres vedlikeholdsarbeid med jevne mellomrom. Bergen og Omland Havnevesen vil trolig ha behov for både mudring og stabilisering langs kaifrontene. Figur 3 viser et dybdekart for indre deler av Vågen. Rø-

de arealer viser områder grunnere enn 6 m der det må påregnes behov for mudring før andre tiltak i sedimentet. I figur 4 er det vist to tverrprofiler over indre Vågen.

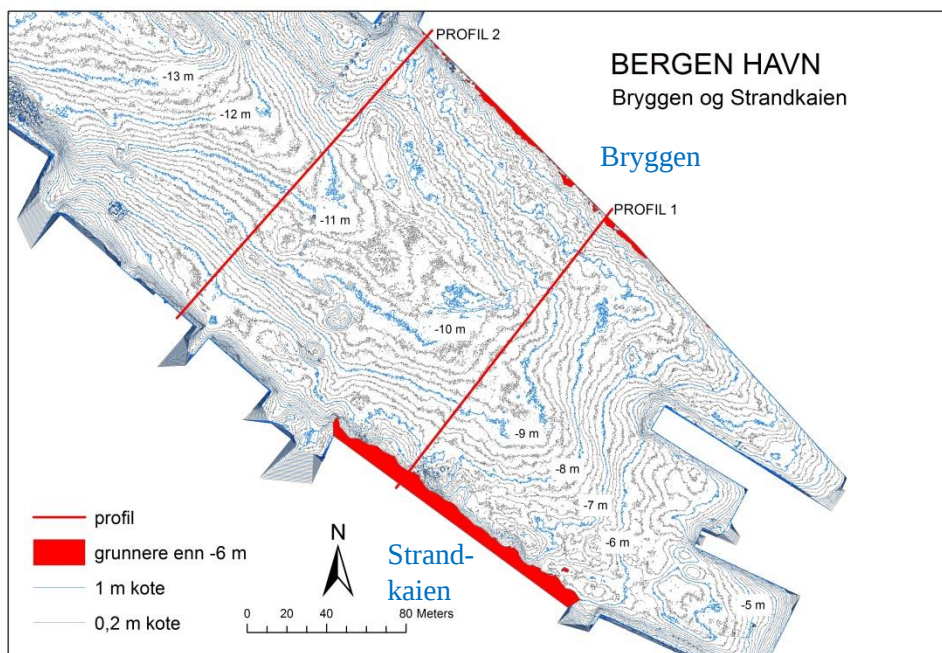
Bergen og Omland havnevesen planlegger en utvidelse av innseilingen til Vågen, og det kan være aktuelt at dette arbeidet samordnes med tiltak for å begrense spredning av forurensning.

Miljø

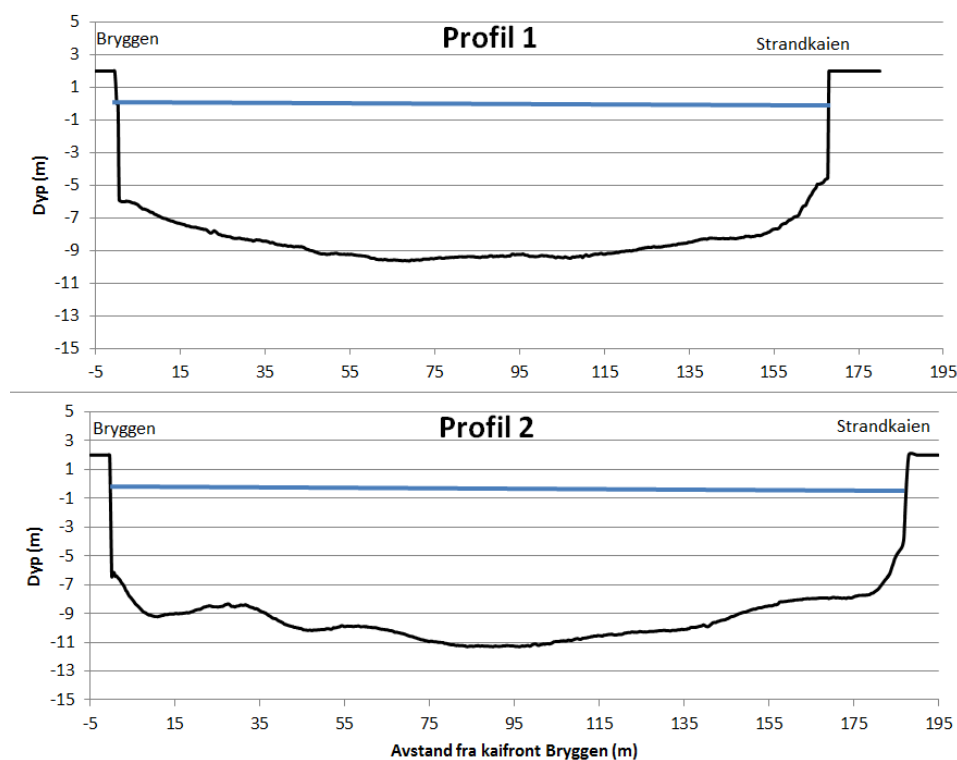
Vågen ligger i et urbant område der det ikke er eller kan forventes at det blir full kontroll på alle landkilder. Dagens spredning av miljøgifter fra land og i sjø har betydning både for miljøet i Vågen og i Byfjorden.

Miljømålene er primært rettet mot å redusere spredning av forurensning til Byfjorden. Tiltak som reduserer spredningsrisikoen vil også gi en lokal effekt og miljøforbedring inne i Vågen.

Vågen ligger midt i Bergen sentrum og tiltak vil måtte ta hensyn til nærmiljøet i forhold til gjennomføringstid, støy, lukt og arealbruk på land.



Figur 3 Dybdekart for indre Vågen. Områder med mindre enn 6 m vanddyp ved Bryggen og Strandkaaien er markert med rødt.



Figur 4 Tverrprofil over indre del av Vågen. Plassering av profil er vist i fig 3. Blå linjer er vann overflate og svart linje viser sjøbunn/kai.

5.2 Forslag til miljømål for Vågen

- *Spredning av miljøgifter fra sedimentene i Vågen skal reduseres med 80%.*

Andre delmål for tiltak i Vågen

- *Ny tilførsel av miljøgifter fra land skal minimaliseres.*
- *Tiltak skal utføres skånsomt for å bidra til bevarelse av kulturminner i området*
- *Tiltak skal planlegges og gjennomføres på en måte som er minst mulig til hinder for daglig havnedrift og minst mulig sjenanse for nærmiljøet.*

Reduksjon i spredning skal regnes som gjennomsnitt av spredning av de stoff som er oppgitt i tabell 3, og gjelde for hvert delområde.

I forbindelse med prosjektering av tiltak vil det bli etablert operasjonelle mål og grenseverdier for å kontrollere gjennomføringen av prosjektet. Det må også etableres et overvåkingsprogram for måling av tiltakenes effekt.

Tiltak for å hindre ny tilførsel av forurensing fra land vil foregå kontinuerlig i form av gradvis opprustning av vann og avløpssystemene. I tillegg må det innføres endrede rutiner for tømning av sandfangskummer.

Det foregår kartlegging av landkilder på Nordnes og det planlegges utprøving av nye metoder for å hindre transport av ny forurensete til Vågen.

5.3 Kostnader for å oppnå miljømål

Miljømålene som settes for et område har en kostnad knyttet til de tiltak som må iverksettes for å nå målene. Dess høyere ambisjonsnivå, jo høyere vil kostnaden være.

Hovedprinsipp for vurdering av tiltaksalternativer for Vågen er at det skal være minst mulig konflikter mellom miljø, fortidsminner og havnedrift.

Ut fra miljørisikovurderingen (COWI, rapportnr A005136-2013-03) og vurderingene i kapittel 3, er det vurdert som uakseptabelt fra et miljøsynspunkt å ikke gjøre tiltak. Tiltak som mudring eller tildekking av sedimentet vurderes som likeverdige for å redusere spredningen av miljøgifter.

Hele Vågen er vernet og tiltak i sedimentene må ta hensyn til marinarkeologiske forhold. I indre deler av Vågen er det spesielt stor verneverdi. Fra arkeologisk hold er det ønskelig å bevare fortidsminnene i sin opprinnelige sted. Det er også et faktum at hvis det skal gjøres utgravinger før tiltak i sedimentene, vil det gå svært lang tid og medføre store kostnader.

Med tanke på havnedrift er det vurdert at tiltak som fører til mindre seilingsdyp eller lang anleggstid vil påvirke havnedriften negativt.

Aktuelle tiltak for Vågen er en blanding av mudring og tildekking av sedimentene. I indre Vågen er det påvist at det foregår erosjon av sedimentene ved Strandkai terminalen (Stiftelsen Bergens Sjøfartsmuseum, 2010) (COWI, rapportnr A005136-2013-03). Erosjonen skyldes i stor grad påvirkning fra propeller og vannjet-motorer. Det vil også være erosjon og sedimentasjon som følge av naturlige prosesser som strøm og vind.

I tabell 5 er det satt opp ulike alternative tiltak i Vågen, og det er gjort en vurdering av om tiltakene er akseptable ut fra ulike miljømål. Fargekodene er gitt som rød; ikke akseptabelt, gul; usikkert og grønn; akseptabelt.

Første kolonne viser de ulike tiltaksalternativene. I kolonne 2 er det en vurdering av om det er miljømessig akseptabelt, kolonne 3 viser om det er arkeologisk akseptabelt, kolonne 4 viser om det er akseptabelt sett fra havnedriftsperspektiv. Vurderingene av kostnader i kolonne 5 legger vekt på forventede kostnader til arkeologiske arbeider. Vurderingene går ut på at hvis det skal mudres i områder med store arkeologiske verdier så må det først utføres arkeologiske utgravinger. Dette utgjør store kostnader. Hvis det skal tildekkes så må det gjøres skånsomt for å ikke ødelegge underliggende kulturlag og gjenstander. Denne type tiltak kalles tynnsjikttildekking og det forventes mindre kostnader til denne type tiltak enn ved mudring.

Tabell 5 Alternative tiltak i Vågen. Beskriver hvordan alternativene er vurdert ut fra hensyn til miljø, kultur, havnedrift og økonomi.

		Akseptabelt		Ikke akseptabelt		
Alternativ	Miljø	Arkeologi	Havnedrift	Økonomi	Konklusjon	
0 Ingen tiltak	Risiko for helse og miljø		Gir ikke ønsket økning i seilingsdyp enkelte steder		Risiko for helse og miljø	
1 Mudring i hele Vågen	Tid- og ressurskrevende anleggsperiode av hensyn til arkeologi. Stort mudringsvolum.	Stort funnpotensial. Svært tid- og ressurskrevende. Ønsker primært å bevare kulturminnene på stedet	Lang periode med begrenning i skipstrafikk og bruk av enkelte kaier pga arkeologi	Forventet svært høye kostnader til arkeologiske utgravinger	Forventet svært høye kostnader og lang anleggstid/utgravings-tid	
2 Tildekking hele Vågen		Krever tilstrekkelige hensyn til kulturminner	Gir for lite seilingsdybde enkelte steder	Alternativ med lavest kostnad	Gir for lite seilingsdyp enkelte steder	
3 Tildekking innenfor terskel. Mudring ved Strandkaierterminalen, fremfor Bryggen samt på og utenfor terskelen		Medfører trolig arkeologisk utgraving ved Bryggen. Tid- og ressurskrevende.		Høye kostnader til arkeologiske utgravinger	Høye kostnader og lang anleggstid til arkeologisk utgraving	
4 Som alternativ 3 men uten mudring i front av Bryggen	Det aktuelle området ved Bryggen utgjør 0,5% av totalareal i Vågen	Krever tilstrekkelige hensyn til kulturminner	Gir ikke ønsket økning i seilingsdybde ved Bryggen		Krever tilstrekkelige hensyn til kulturminner. Beholder dagens seilingsdyp ved Bryggen	

I ytre deler av innseilingen til Vågen planlegges det utdypning av seilingsleden. Det vil derfor være sannsynlig at tildekking i dette området er lite ønskelig sett fra havnevesenets side. Det samme gjelder terskelen, en tildekking her kan føre begrensinger i forhold til skipstrafikken i området. Ut fra disse vurderingene konkluderes det med at alternativ 4 er bedre enn alternativ 2. Vurderer man de prinsipielle forhold med opprydning, at fjerning eller flytting av forurensing som bedre enn tildekking, vil også alternativ 4 komme bedre ut enn alternativ 2.

Som hovedmetode i indre deler av Vågen, der kulturminnene er viktigst, anbefales tildekking med aktive bindingsmaterialer. Dette er en tynn og lett metode som både binder forurensing og som fører til minst mulig belastning på sedimenter med fortidsminner. I områder som er utsatt for propelloppvirvling kan laget med bindende materialer erosjonssikres ved for eksempel å legge steinlag over. De ytre delene av Vågen, der kulturminner i stor grad finnes som løsfunn oppå sjøbunnen, har mindre arkeologisk interesse. I dette området kan mudring anbefales.

Metoden for håndtering av mudringsmassene vil påvirke kostnadene. Det diskuteres om det er mulig å benytte mudringsmassene f. eks. i kaikonstruksjoner. Dette er en vanlig og kostnadseffektiv metode, men en slik håndtering må tilpasses utbyggingsprosjekter i havnen.

Basert på disse prinsipper er det gjort en kostnadskalkyle for ulike tiltak i de ulike områdene som beskrevet i alternativ 3 og 4 i tabell 5.

Enhetspriser er basert på følgende:

Arbeid uten å ta arkeologiske hensyn

Mudring, 300 kr/m ³ , avvanning, transport og deponi: 700 kr m ³ =	1000 kr /m ³
Tildekking, tynnsjikt:	500/m ²
Tildekking med adsorberende og erosjonssikrede materialer:	700 kr m ²

Kostnader med arkeologisk utgraving/observasjon:

Forundersøkelsen av Bergens Sjøfartsmuseum inkluderte utgraving i 0,15 promille av hele Vågen. Det er antatt at 30 % av budsjettet til forprosjektet dekket utgifter til utgravingen. Ved Strandkaaien er det antatt at det ikke blir strenge krav til utgravingen, men observasjon, dokumentasjon av funn, katalogisering etc må forventes. Siden hele Vågen er et vernet kulturminne, må det forventes en viss arkeologisk oppfølging av alle arbeidene.

Mudring/arkeologisk utgraving	50000 kr/m ²
Mudring med arkeologisk observasjon	10000 kr/m ²
Arkeologisk oppfølging av tildekking etc. (tillegg til kostnad med tildekking)	100 kr/m ²

Det er forutsatt at områder som blir mudret langs kaifronter, blir dekket med erosjonssikre materialer etterpå. Områder med vanddyp mindre enn 6 m er ca. 1100 m² ved Strandkaaien og ved Bryggen ca. 1200 m² (figur 3). Arealene benyttet i beregningene er noe utjevnet i forhold til figur 3 fordi det er noe usikkerheter i kartgrunnlagsdataene.

Kostnader til ulike tiltak er estimert ut fra erfaringstall og vist i tabell 6. I tillegg til tiltakskostnaden vil det måtte påregnes kostander til oppfølging og mulig vedlikehold.

Tabell 6 Kostnadsestimat ved tiltak i ulike delområder (se figur 2 for oversikt over delområder).

Område	Tiltak		Areal (m ²)	Enhetskostnad eks arkeologi (kr/m ²)	Enhetskostnad inkl arkeologi (mk/m ²)	Kostnad eks arkeologi (mill NOK)	Kostnad inkl arkeologi (mill NOK)
Strandkaaien VÅG 1a	Mudring	1m	1100	1000	10000	1,1	11
	Tildekking	Erosjonssikret aktivt materiale	24800	700	800	17,4	19,8
Bryggen VÅG 1b	Mudring	1m	1200	1000	50000	1,2	60
	Tildekking	Erosjonssikret aktivt materiale	17400	700	800	12,2	13,9
Indre basseng VÅG 2	Tildekking	Tynnsjikt	27000	500	600	13,5	16,2
Ytre basseng VÅG 3	Tildekking	Tynnsjikt	79000	500	600	39,5	47,4
Terskel Våg 4	Mudring	0,7 m	36900	1000	1100	25,8	28,4
Skolten Våg 5	Mudring	0,7 m	48800	1000	1100	34,2	37,6
SUM Mill NOK eks mva						145	234

Tiltakskostnadene vil være avhengig av at det gis tillatelse fra Riksantikvaren og av de vilkår som stilles der. I områder som mudres, må det normalt påregnes en tildekking etterpå. Det antas at kostnadene til mudring som vist i tabell 6 også vil dekke kostnader til mudring. Spesifikke krav til tiltak langs enkelte hoper og kaifronter utover i Vågen er ikke tatt med i beregningene. Hvis mudring er nødvendig i disse områdene må det defineres ut fra havnetekniske forhold.

Det er gjort en sammenligning mellom estimerte kostnader og bidraget til spredningen av forurensning fra de ulike delområdene. Dette er vist i tabell 7 der delområdene er rangert etter kost-nytte verdi. Kost-nytte verdi er definert som kostnad i mill NOK / prosent reduksjon i spredning av miljøgifter.

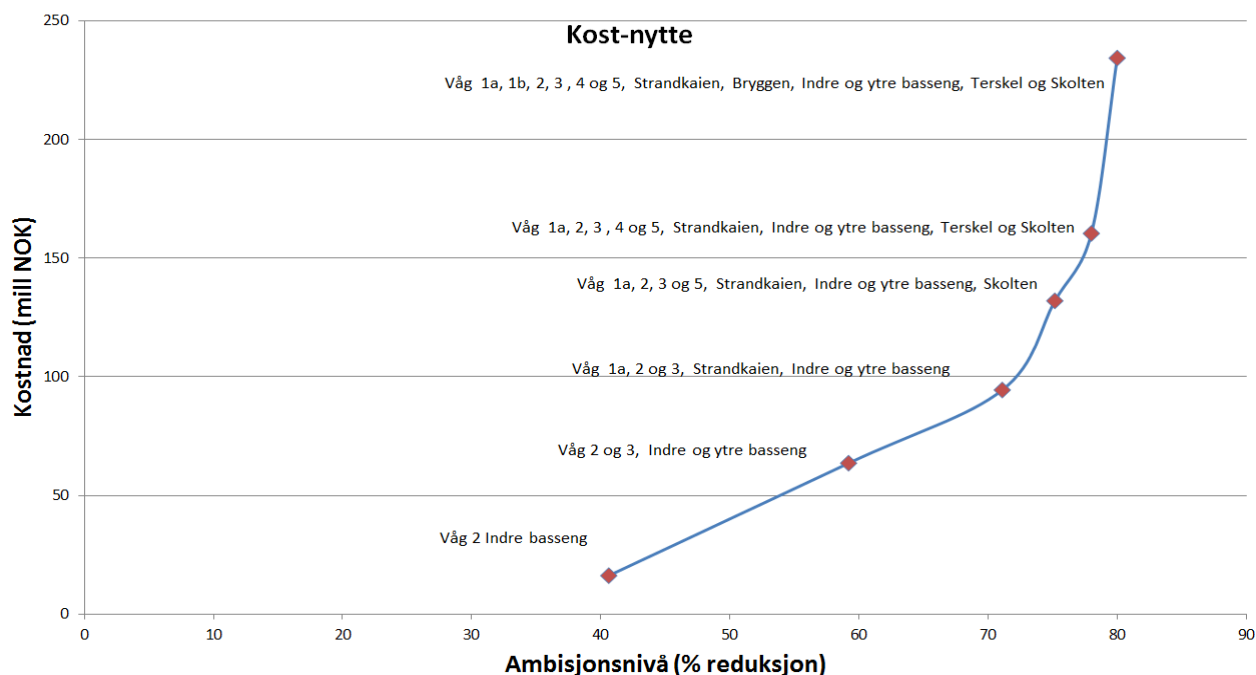
Tabell 7 Tiltaksområder rangert etter kost-nytte verdi

Område		Kostnad (mill NOK)	Spredning av miljøgifter, % av total spredning	KOST-NYTTE Kostnad/reduksjon (mill NOK/% re- duksjon i spredning)
Indre basseng	VÅG 2	16	51	0,3
Ytre basseng	VÅG 3	47	23	2,0
Strandkaien	VÅG 1a	31	15	2,1
Skolten	Våg 5	38	5	7,4
Terskel	Våg 4	28	4	8,0
Bryggen	VÅG 1b	74	3	29,6

Resultatene fra tabellen over illustreres i figur 5. Forutsetningen for beregningen er at tiltaket med best kost-nytte verdi tas først, tiltak med nest best kost-nytteverdi forutsetter at det beste tiltaket er gjort først, osv. Det er lagt til grunn at tiltakene har 80% effektivitet. Effektiviteten er skjønnsmessig vurdert fordi det vil alltid vil være forhold man ikke får full kontroll over.

I praksis betyr det at hvis miljømålet settes til 80% reduksjon av spredning av miljøgifter, må det gjennomføres tiltak i bortimot hele Vågen.

Figur 5 viser akkumulerte reduksjoner i spredning av miljøgifter og akkumulerte kostnader.



Figur 5 Kostnader ved tiltak i forhold til ambisjonsnivå (reduksjon i spredning).

Tiltakene henger til en viss grad sammen. Om man rydder opp i et område uten å ta hensyn til nabofeltet, kan man risikere at et allerede oppryddet område blir forurenset på nytt. Derfor er det naturlig å dele Vågen i to deler hvor et område er innenfor terskelen og ett er utenfor. Spredning fra sedimentene kan skje via ulike mekanismer og vil kunne variere over tid. Spredningsmekanismene som dominerer i dag, kan derfor bli endret i fremtiden, f.eks. ved endringer i skipstrafikk eller havnebruk. Et mål for oppryddingen bør derfor være at så mye av Vågen som praktisk og økonomisk mulig, inkluderes i tiltakene.

Figur 6 viser aktuelle tiltak i delområdene av Vågen. Hvis man planlegger tiltak i absolutt hele Vågen, vil det også måtte utføres mudring langs kaifronten ved Bryggen. De marinarkeologiske undersøkelsene konkluderer med at dette er det området med høyest verdi.

Mudring i området nærmest kaifronten ved Bryggen vil bestå i en arkeologisk utgraving. Området dekker en liten del av delområde VÅG1b og mens spredning fra hele delområde VÅG 1b er estimert til 3 % av total spredning, vil spredningen fra området ved kaifronten(e) bidra med 0,2 % av spredningen i Vågen. Hvis man beregner kost-nytteverdien av området langs kaifronten på Bryggen på samme måte som vist i tabell 7, blir kost-nytte forholdet 300, altså svært langt over de andre tilsvarende verdiene.

5.4 Vurdering

Den beste kost-nytte verdien får man ved tiltak i delområdene VÅG 2 og VÅG 3.

I den dypeste delen av Vågen viser regneverktøyet som er brukt at det foregår merkbar spredning. Innholdet av organisk materiale i sedimentene er høyt og det er forholdsmessig dypt. Verdien av tiltak i dette området (VÅG 3) er derfor noe usikkert. På terskelen (VÅG 4) og Skolten (VÅG 5) er sedimentene mer eksponert og det er mindre organisk materiale som binder forurensingen. Det er vist i laborieforsøk at det er størst opptak av PCB i biota fra sedimenter hentet fra terskelen (VÅG 4).

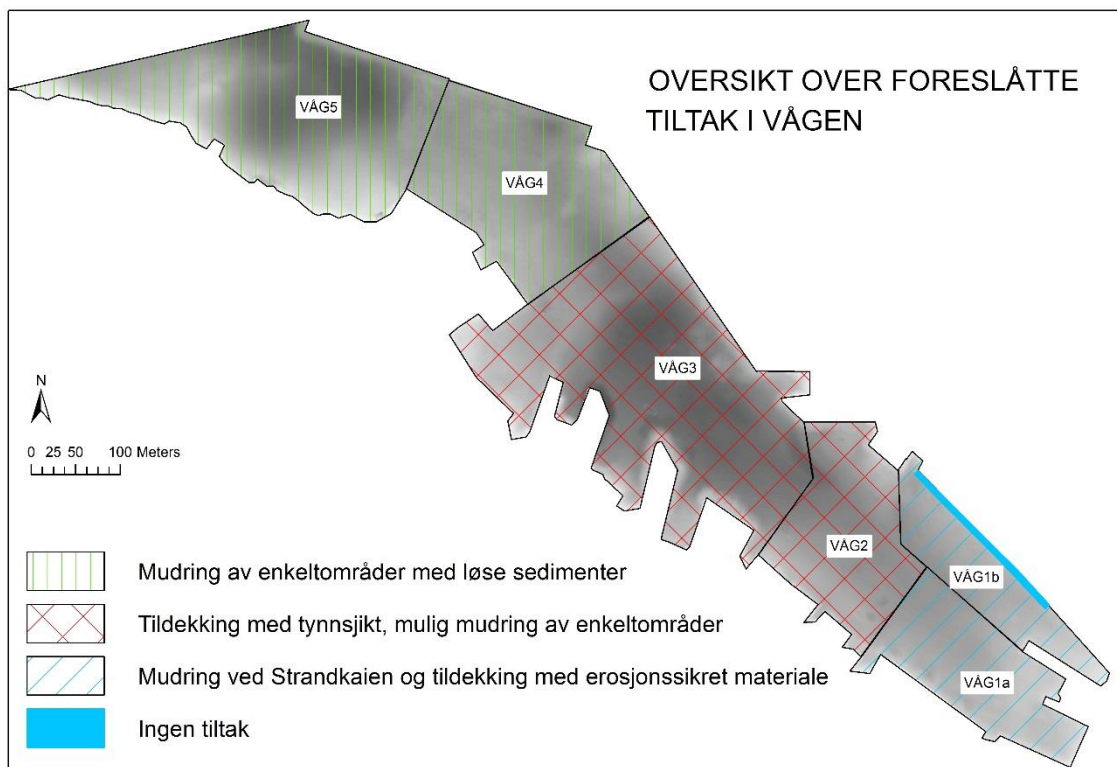
Ut fra kost-nytte vurderingen synes det klart at indre deler av Vågen med unntak av en liten del av VÅG 1b (Bryggen) er tiltak som bør prioriteres. Av hensyn til fare for spredning mellom delområder både under og etter tiltak bør tiltak i indre del av Vågen (VÅG1a, VÅG 1b, med unntak av kaifront av Bryggen, VÅG 2 og VÅG 3) utføres samtidig. I den yre delen av Vågen, bør det gjøres tiltak i VÅG 4 og 5 samtidig.

Anbefalte tiltak er generelle, og det vil være lokale forhold som må håndteres spesielt. Det kanfor eksempel være aktuelt å mudre langs enkelte kaifronter og å fjerne en PAH-hotspot ved Bradbenken i VÅG 2.

For terskelen (VÅG 4) og Skolten (VÅG 5) anbefales kun mudring av de løse sedimenter. I kostnads-overslaget er det antatt at det er løse sedimenter i hele området. Hvis det er begrenset areal med løse sedimenter vil disse områdene få bedre kost-nytte verdi enn vist i tabellene over og gjøre tiltakene mer aktuelle.

I VÅG 1b foran Bryggen er det beregnet at det legges aktive materialer med erosjonssikring i størstedelen av området. Mudring i VÅG1b Bryggen anbefales ikke på grunn av stor konflikt med kulturminneinteresser og høy kostnad i forhold til nytteverdien. Mudring her vil være svært tidkrevende og forsinke prosjektet. Det er kun ca. 1200 m² som er så grunt at det ikke er plass til tildekking av sedimentene uten at det mudres først. Det arealet som anbefales å bli liggende uten tiltak er derfor i størrelsesorden 0,5 % av hele tiltaksområdet. Det vil kunne være noe spredning av forurensning fra dette området til områder hvor det er anbefalt tiltak, men dette bidraget er vurdert til å være svært lavt og uten praktisk betydning for tiltaket som helhet (tabell 3). Alternativt må det aksepteres et mindre seilingsdyp fremfor Bryggen slik at også områdene nærmest kaifronten kan tildekkes uten at det mudres først.

Som en konsekvens av de anbefalte tiltak vil trolig sedimentene i hele Vågen komme i tilstandsklasse 3.



Figur 6. Aktuelle tiltak i de ulike delområdene i Vågen (alternativ 4 i tabell 5).

6 Kilder

Bergen kommune, Bystyre saknr 53-13. 2013. Miljøgifter på havbunnen i Bergen havn, status og oppfølging. 2013.

Bergen kommune, Havneplan. 2012. Kommunedelplan Bergen indre havn. 2012.

COWI. 2012. Analyse av sedimentkjerner fra Vågen. 2012.

COWI, rapportnr A005136. 2013. Opprydding i forurensede sjøbunn. Arbeidsplan for Bergen havn 2014 (versj 2, 27.9.13). 2013.

COWI, rapportnr A005136-2012-04. Prosjektkoordinator Bergen havn 2009-2013. Sluttrapport.

COWI, rapportnr A005136-2013-03. Forurenset sjøbunn i Vågen. Oppdatert risikovurdering.

Fylkesmannen i Hordaland. 2002. Tiltaksplan for Bergen havn I. 2002.

Hordaland fylkeskommune. 2014. Regional plan for vassregion Hordaland 2016-2021. Høringsutgave. 2014.

Hordaland Fylkeskommune. 2014. Tiltaksprogram for vassregion Hordaland 2016-2021. Høringsutgave. 2014.

Klima og forurensningsdirektoratet, TA 2229/2007. Klassifisering av miljøgifter i vann og sediment.

Klima og forurensningsdirektoratet, TA 2802/2011. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment.

Klima og forurensningsdirektoratet, TA 2960/2012. Håndtering av sedimenter.

Klima og miljøverndepartementet. 2007. Forskrift om rammer for vannforvaltningen. 2007.

Miljødirektoratet og Kystverket. 2014. Vannforskriften - presisering av karakterisering av havner. Brev 09.04.2014 med vedlegg. 2014.

- Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning . 2009.** *Utvidet kostholdsrådsundersøkelse Bergen Byfjord 2009.* 2009.
- Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning .** *Kvikksølv i sjømat. Artikkel. www.nifes.no.*
- Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning . 2009.** *Kostholdsrådsundersøking, fritidsfiske Bergen, 2008-2009. Kvikksølv i torskfisk og PCB i lever.* 2009.
- Norsk institutt for vannforskning, rapportnr 5055. 2005.** *Modellering av miljøgift- og partikkeltransport i Vågen.* 2005.
- Norsk institutt for vannforskning, rapportnr 6449-2012.** *Biotilgjengelighet av miljøgifter i sedimenter fra Vågen i Bergen.*
- Rådgivende Biologer, Multiconsult. 2004.** *EUs vanndirektiv. Hovedveileder for foreløpig identifisering og utpeking av sterkt modifiserte kystvannforekomster (SMVF) i Norge.* 2004.
- Statens forurensningstilsyn (SFT). 1997.** *TA 1467/1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.* 1997.
- Stiftelsen Bergens Sjøfartsmuseum . 2013.** *Rapport fra marinarkeologisk miljøovervåking i Vågen, Bergen.* 2013.
- Stiftelsen Bergens Sjøfartsmuseum. 2010.** *Marinarkeologisk forundersøkelse i Vågen, Bergen 2009-2010.* 2010.

Vedlegg 1 Kart over område med kostholdsråd

Sjømatadvarsel for Bergen

Forurensning: [Dioksiner/PCB/Kvikksølv](#)

Advarsel:

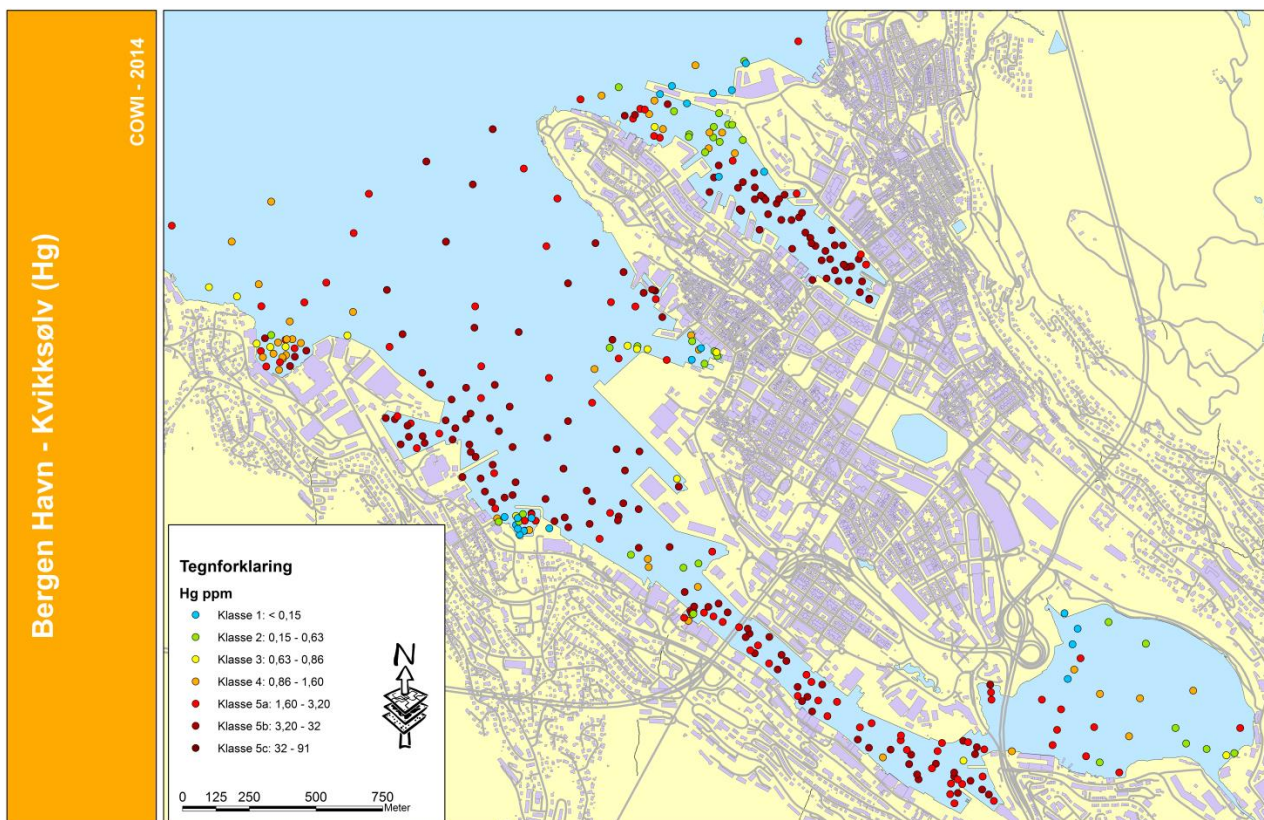
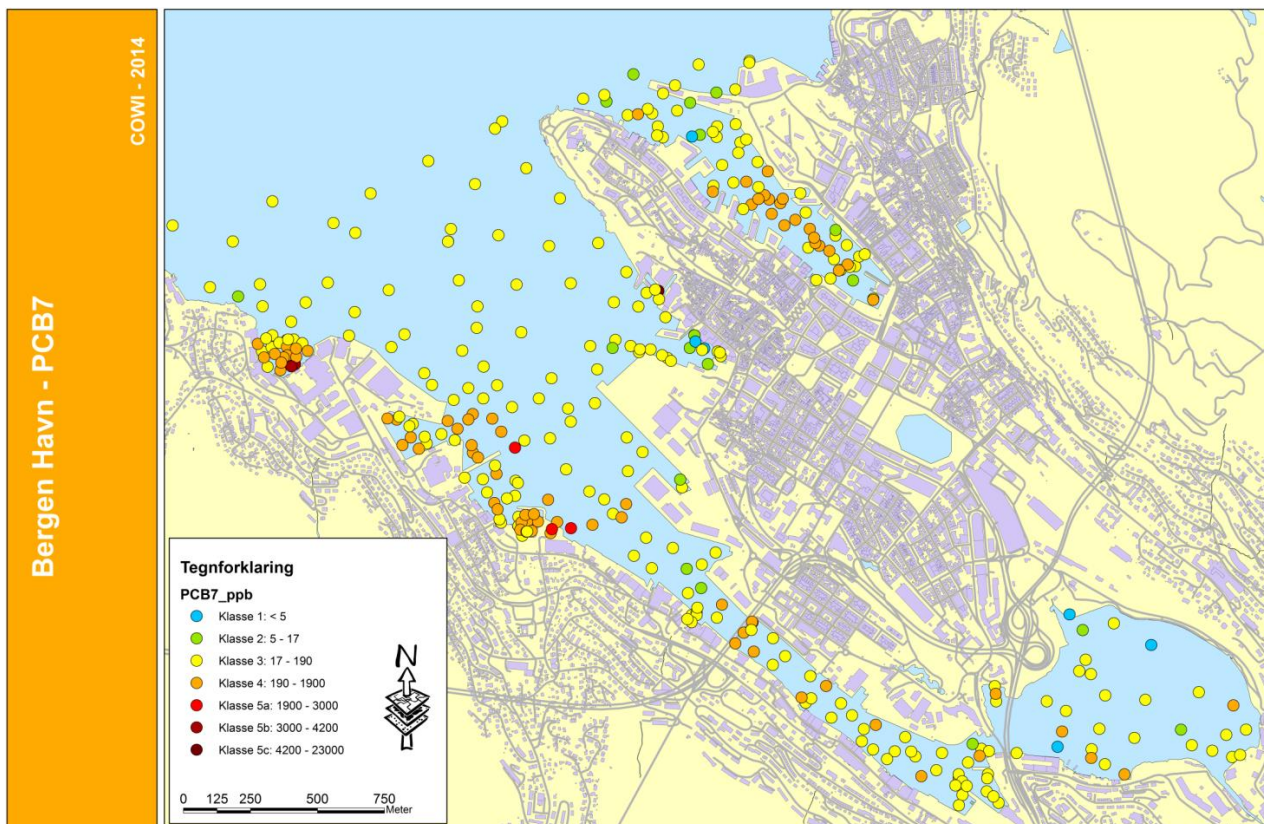
- Ikke spis fisk og sjømat fanget i området rundt Håkonsvern innenfor linjen Bogøya – Knappen.
- Ikke spis brunmat i krabbe fanget i området avgrenset av Askøybroen i vest og linjen mellom Bakarvågneset (Askøy) og Helleneset i nord.
- Ikke spis dypvannsfisk som brosme og lange fisket i Byfjorden, avgrenset av Askøybroen i vest og linjen mellom Bakarvågneset (Askøy) og Helleneset i nord.
- Gravide og ammende bør ikke spise torsk fisket i området rundt Håkonsvern, i Grimstadvfjorden og Nordåsvannet, avgrenset i vest av en linje ytterst i Grimstadvfjorden mellom Grimstadneset og Hillern.
- Gravide og ammende bør heller ikke spise torsk fisket i byfjorden, avgrenset av Askøybroen i vest og linjen mellom Straumsnes (Askøy) og Tertnes i nord.

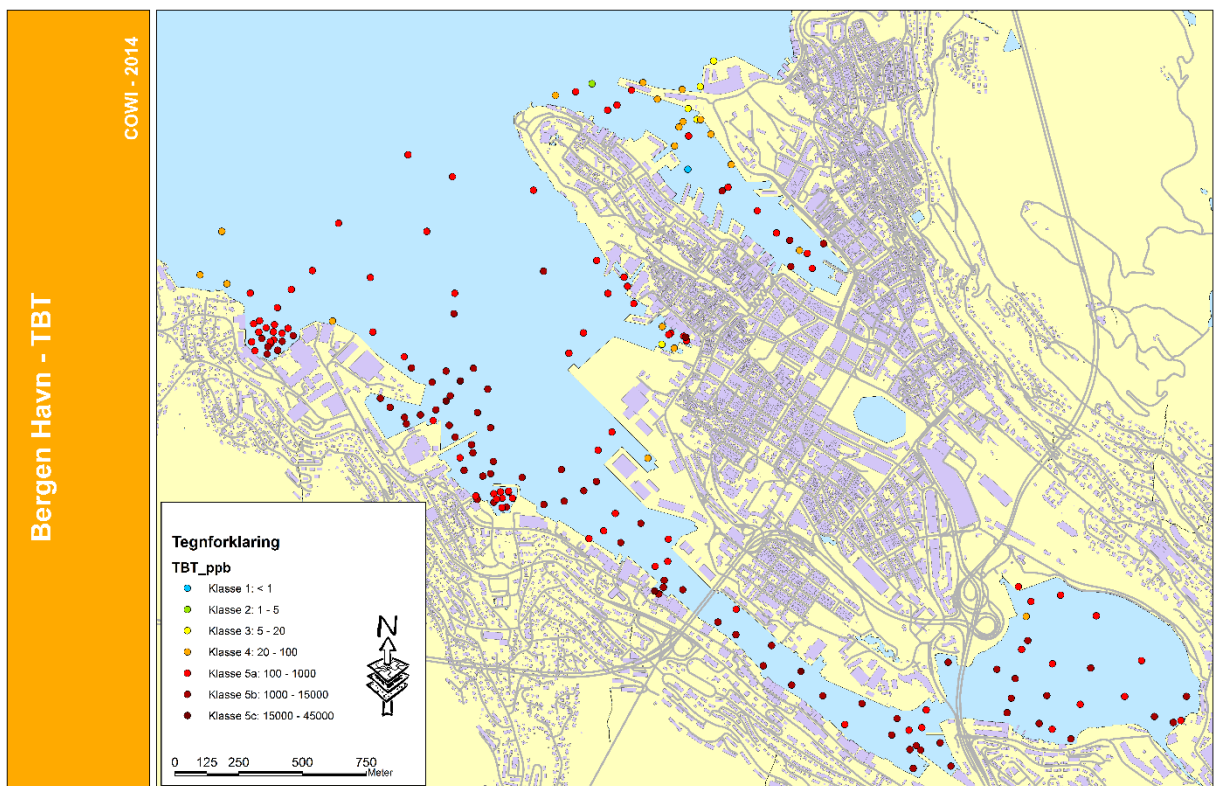
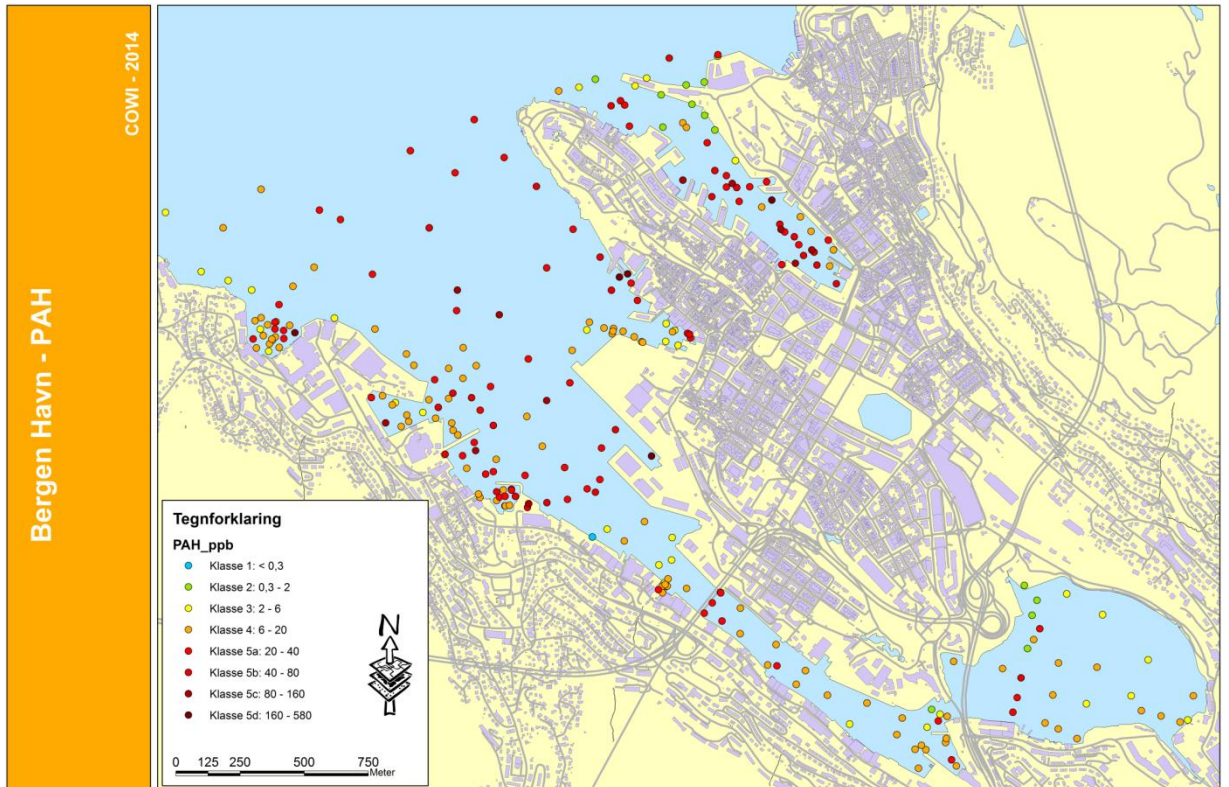
Sist vurdert: 2010

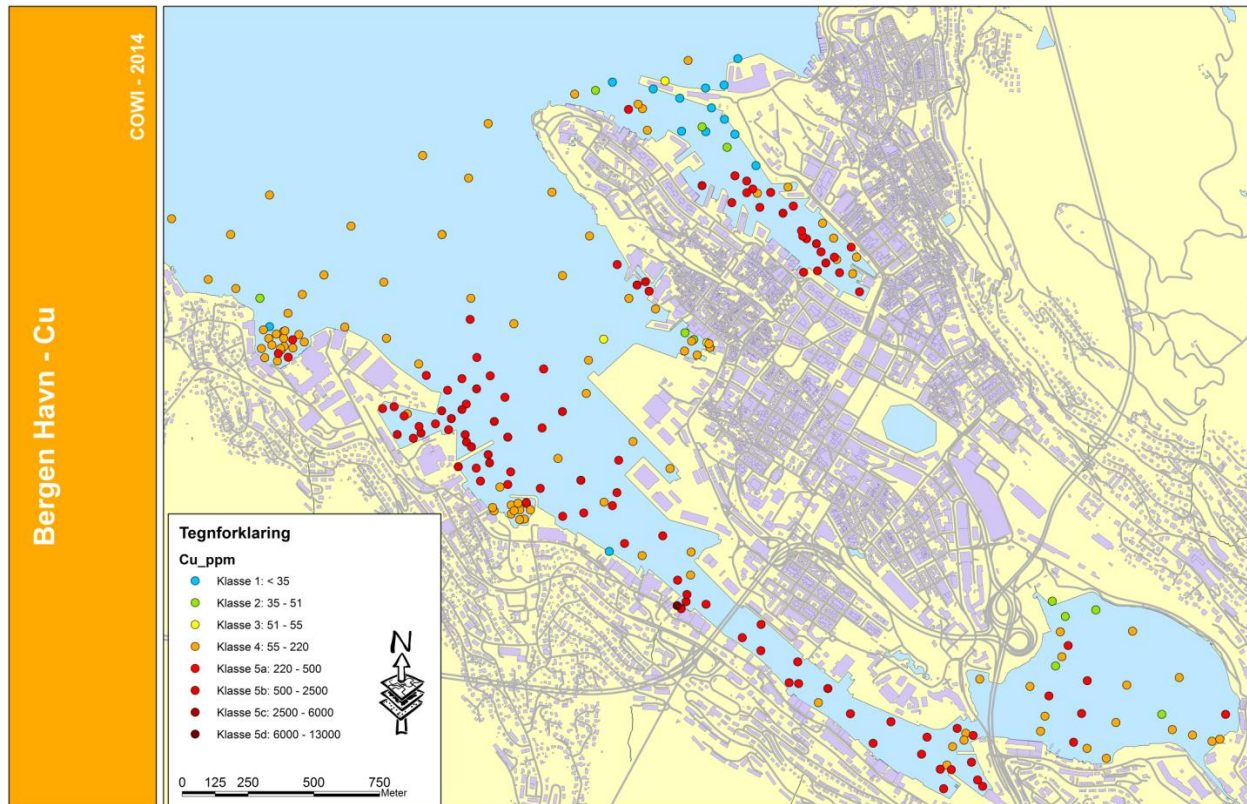
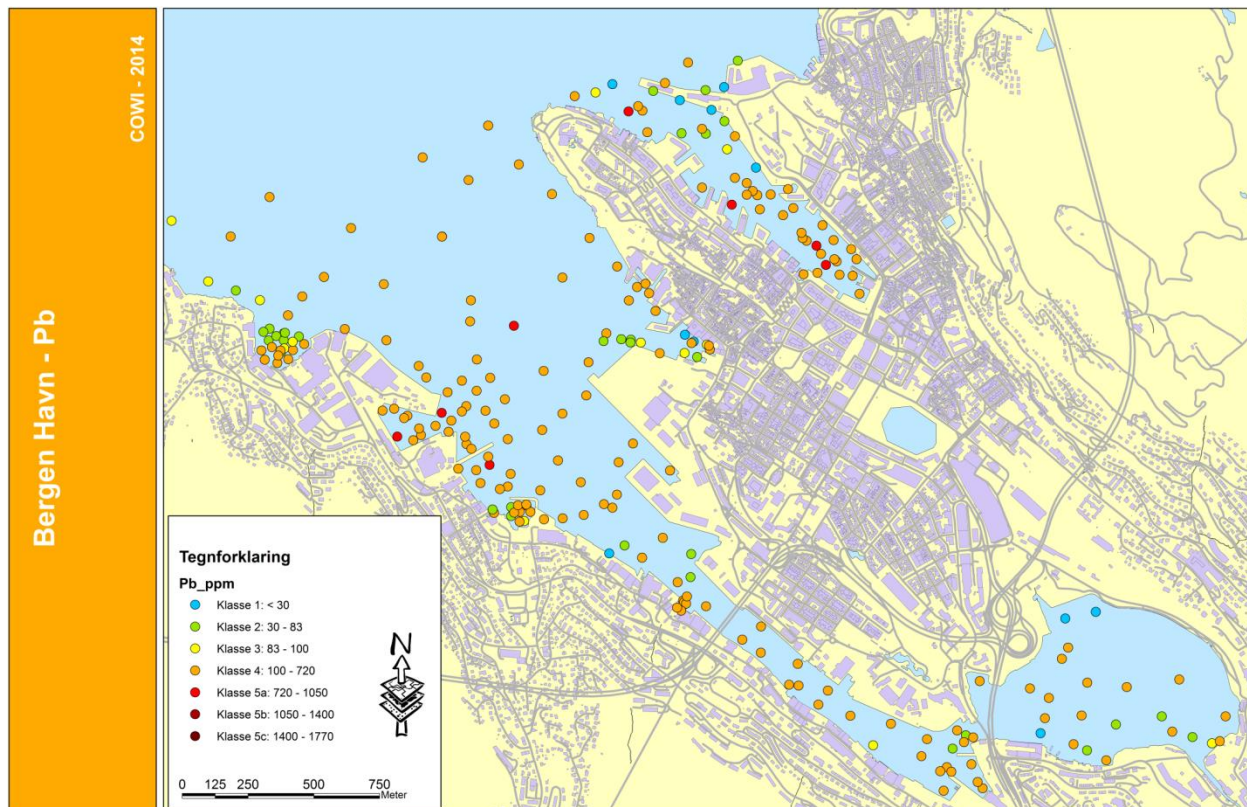


Kartet er ment som en veiledning. Enkelte unøyaktigheter kan forekomme.

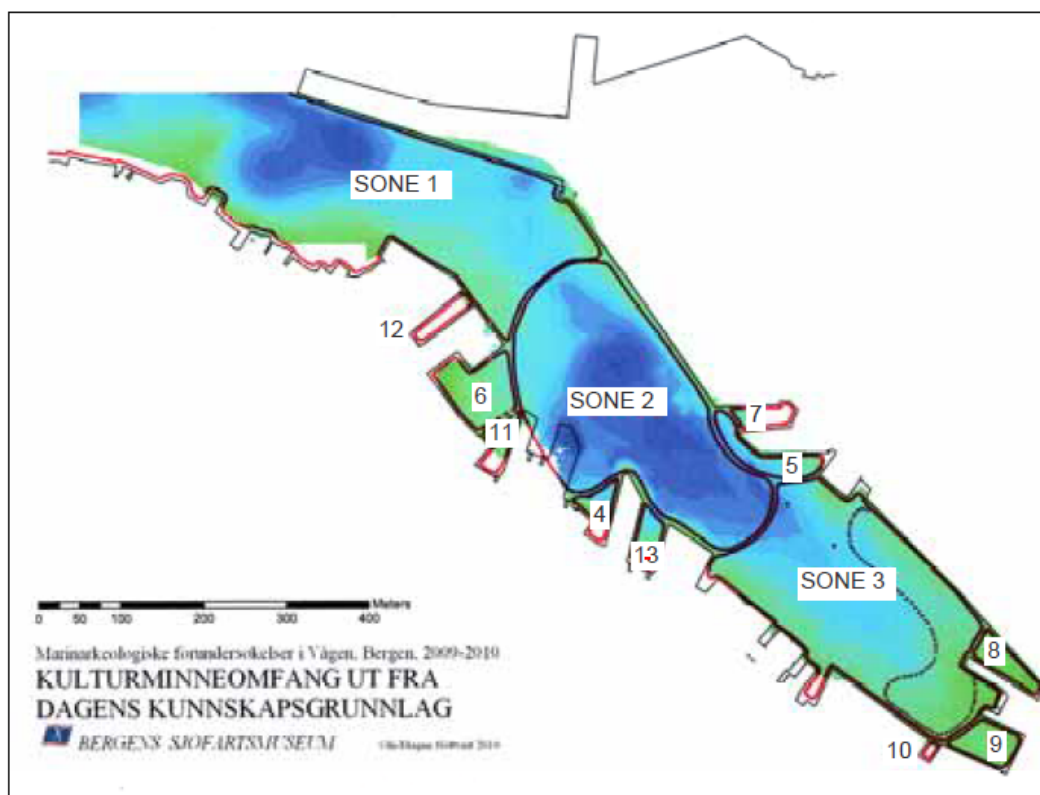
Vedlegg 2 Forurensningsnivå i sjøbunn i Bergen havn







Vedlegg 3 Sonekart kulturminneomfang. Fra *Rapport fra marinarkeologisk forundersøkelse i Vågen, Bergen*. Bergens Sjøfartsmuseum 2010



Figur 20 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 stiplet 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.