



RAPPORT L.NR. 7563-2020



URBAN LIVING LABORATORY



Bispevika

Vurdering av vannutskiftning og miljøforhold i vannbasseng B6b



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Bispevika. Vurdering av vannutskiftning og miljøforhold i vannbasseng B6b	Løpenummer 7563-2020	Dato 11.12.2020
Forfatter(e) Walday, Mats; Molvær, Jarle (Molvær resipientanalyse); Rinde, Eli; Sørensen, Elin Tanding (Urban Living Laboratory); Christie, Hartvig; Leikvin, Øyvind (Akvaplan-niva)	Fagområde Marin biologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslo	Sider 38

Oppdragsgiver(e) Oslo S Utvikling (OSU)	Oppdragsreferanse Karl Jon Sørli
Oppdragsgivers utgivelse:	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 200283.BISP

<p>Sammendrag</p> <p>Oslo S Utvikling (OSU) arbeider med detaljplan for utbygging i Bispevika, med utfylling og bebyggelse i nordøstre del. Her inngår bl.a. to bassenger med innløp fra Bispevika. Det er viktig at bassengene har tilstrekkelig vannutskiftning slik at man unngår sterk begroing og dårlig vannkvalitet. OSU har begynt planleggingen av søndre basseng (B6b), og denne rapporten gir en vurdering av vannutskiftning og miljøforhold med følgende hovedpunkt: 1. Innledende vurderinger, idealiseringer, erfaringer fra B6a inkl. ROV-inspeksjon, faglig tillit – forhold rundt vannsirkulasjon og vannøkologi. 2. Sammenligne situasjon i Reguleringsplan (2014) vs. ny Situasjon i Rammesøknad (2020), som det er søkt dispensasjon for.</p>
--

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bispevika 2. Utbygging 3. Vannkvalitet 4. Begroing 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bispevika 2. Development 3. Water quality 4. Fouling
--	---

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Mats Walday
Prosjektleder

Hilde Trannum
Kvalitetssikrer

ISBN 978-82-577-7298-7
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Bispevika
Vurdering av vannutskiftning og miljø-
forhold i vannbasseng B6b

Forord

Oslo S Utvikling (OSU) arbeider med detaljplan for utbygging i Bispevika, med utfylling og bebyggelse i nordøstre del. Her inngår blant annet to bassenger med innløp fra Bispevika, og det foreligger to planer for utbygging av basseng B6b (søndre basseng), *Reguleringsplanen* fra 2014 og *Ny Situasjon i Rammesøknad*, som det er søkt dispensasjon for. I rapporten sammenlignes vannutskiftning, vannkvalitet og miljøforhold i basseng B6b ved de to utbyggingsplanene, og det gis innspill til framtidig tilrettelegging for marint biologisk mangfold i B6b.

I arbeidet med rapporten har Arne Eigeland, Vedal Prosjekt AS, bidratt med vesentlig informasjon og rådgiving og takkes for meget godt samarbeid. Terje Kristoffersen, OSU, takkes for å legge alt til rette for befaringen av basseng B6a.

Jarle Molvær (Molvær Resipientanalyse) har utført vurderinger av forventet vannutskiftning og vannkvalitet i basseng B6b. Hartvig Christie (NIVA) ledet befaring og undersøkelse med ROV i basseng B6a, Eli Rinde (NIVA) og Elin Tanding Sørensen (Urban Living Laboratory) har vurdert en framtidig tilrettelegging for marint biologisk mangfold i B6b. Øyvind Leikvin (Akvaplan-niva) har vurdert bruk av hydrodynamisk modell for å beskrive og kvantifisere vannutskiftningen i B6b.

Mats Walday har overordnet ansvar for vurderingene av biologiske forhold samt prosjektledelse.

Oslo, 10. desember 2020

Mats Walday

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	9
2	Beskrivelse av basseng B6b	10
3	Vurdering av vannutskiftningen i basseng B6b.....	13
3.1	Generelt	13
3.2	Sammenligning av de to planene i forhold til vannutskiftning	14
3.3	Kort omtale av kjølevannsinntaket	16
4	Hydrodynamisk modellering av vannsirkulasjon og vannutskiftning	17
5	Vurderinger av vannkvalitet og algevekst	19
5.1	Vannets klarhet.....	19
5.2	Algeveksten i vannmasse/bunn:	19
5.3	Sedimentasjon på bunnen i bassenget:.....	21
5.4	Oksygenforhold i bassengets vannmasser:.....	21
6	Tilrettelegging for marint biologisk mangfold i B6b.....	25
7	Konklusjoner og anbefalinger.....	29
8	Referanser.....	30

Sammendrag

Oslo S Utvikling (OSU) arbeider med detaljplan for utbygging i Bispevika, med utfylling og bebyggelse i nordøstre del. Her inngår bl.a. to bassenger med innløp fra Bispevika. Det er viktig at bassengene har tilstrekkelig vannutsiftning slik at man unngår sterk begroing og dårlig vannkvalitet. OSU har begynt planleggingen av søndre basseng (B6b), og ønsker en vurdering av vannutsiftning og miljøforhold med følgende hovedpunkt:

1. Innledende vurderinger, idealiseringer, erfaringer fra B6a inkl. ROV-inspeksjon, faglig tillit – forhold rundt vannsirkulasjon og vannøkologi
2. Sammenligne situasjon i Reguleringsplan (2014) vs. Ny Situasjon i Rammesøknad (2020), som det er søkt dispensasjon for.

I rapporten vurderes de to planene for B6b, der de viktigste forskjellene er at Ny Situasjon i Rammesøknad medfører:

- Etablering av et hulrom med avstand på 0,8 m mellom byggenes underside og sjøbunnen
- Økt vanddyb fra 2,5 til 3,8 m
- Økt åpning/forbindelse mot Bispekilen, mot nord
- Fjerning av liten kulvert mot Bispevika, i vest

Vannsirkulasjon og vannutsiftning for B6b skal dokumenteres og kvantifiseres med modellsimuleringer i en senere fase. I denne rapporten bygger vurderingene på skjønn, beregninger samt erfaringer fra basseng B6a.

Vi forutsetter at vannutsiftningen i hovedsak drives av det halvdaglige tidevannet og av variasjoner i vindforhold og lufttrykk. Tidevannet vil bare sette opp langsomme vannbevegelser med relativt liten vannutsiftning. Ny Situasjon i Rammesøknad har en vesentlig større åpning mot Bispevika/-kilen enn i Reguleringsplan. Dette gir flere fordeler med hensyn til vannutsiftning og vannkvalitet:

- En større samlet åpning sikrer bedre vannutsiftning, særlig når variasjoner i vind og lufttrykk genererer vannstandsvariasjoner. Dette vil også gjøre tidevannsvannutsiftningen mer effektiv (større andel nytt vann pr. tidevannperiode).
- En 0,8 m høy åpning mellom byggenes underside og sjøbunnen bidrar særlig til økt vannutsiftning nær bunnen i bassenget og sikrer gode oksygenforhold der.
- En større åpning mot Bispekilen vil også bidra til noe større vannutsiftning i bassenget, særlig i de øverste 2-2,5 m i vannsøylen.

I bassenget vil vannets klarhet (siktdypet) trolig variere mye med vannkvaliteten i Bispevika/-kilen, og en kan forvente at siktdypet i bassenget sommerstid iblant blir mindre enn 2-2,5 m og at en bunn på 2,5-3,8 m dyp dermed ikke kan sees. Her vil en kunne lære av observasjoner i B6a.

I Ny Situasjon i Rammesøknad får bunnvannet i bassenget en direkte forbindelse med vannet i selve Bispevika/-kilen gjennom den brede 0,8 m høye åpningen under byggene, og det er liten risiko for at oksygenforholdene i bassengvannet ikke blir tilfredsstillende, kanskje med unntak av situasjoner etter eventuell massiv algeoppblomstring.

For vannmassen i ca. 0-2 m dyp vil derimot åpningen mot Bispekilen være viktigst. I *Rammesøknad* er åpningen bedre plassert og vesentlig større enn under Reguleringsplan, og begge forhold er fordelaktige med hensyn til risiko for dårlige oksygenforhold.

En gunstig plassering av kjølevannsinntaket til Norsk Energi kan medføre en vesentlig økning i vannutskiftningen i bassenget. For kvantifisering og vurderinger av dette anbefales bruk av numerisk modellering.

Som grunnlag for bedømmelsen av *biologiske forhold i bassenget* ble det gjennomført en befaring med bruk av ROV i B6a 23. november 2020, cirka 1,5 år etter at bassenget var ferdig.

Hovedinntrykkene var:

- På bunnen var det ansamling av løv og sedimenter. Det ble observert kalkrørsmark og mye sekkdyr på mange av de neddykkede konstruksjonene i B6a etter kun 1,5 år. Det er også mye sekkdyr på underkanten av byggene. Sekkdyrene har altså slått seg ned både på vertikale og horisontale flater, og både på betong og stål.
- I de grunneste områdene var det lite liv, sannsynligvis på grunn av brakkvann og lite vannbevegelse innimellom hus og kaikanter. Bare ut mot Bispevika var det litt rur og grønnalgebelegg. Litt dypere var det på piler og vegger en del sekkdyr av arten *Ciona intestinalis* og kalkrørsmark.
- Det er sannsynlig at noe av forskjellen i marint liv mellom de grunneste områdene og nærmere bunnen skyldes bedre vannutskiftning ved bunnen pga. åpningen mot Bispevika under byggene, og varierende og lav salinitet i tillegg til svak strøm i overflatelaget.

De viktigste begrensende faktorene for *marint biologisk mangfold* i urbane sjøområder er knyttet til terreng- og vekstflater, lystilgang ned i vannmassene, miljøvariabler som næringssalter og oksygen, miljøgiftbelastning, og andre menneskelige forstyrrelser. I rapporten gis nærmere beskrivelser av følgende muligheter til å bedre forutsetningene for marint liv i området:

- Utrede om strukturer i sjøsonen kan utformes slik at de kan skape variasjoner i bølge- og strømningsforholdene i området
- Etablere diversitetsfremmende habitater – ferdigfabrikkert eller ettermontert, på vegger og piler
- Etablere kunstige rev som steinrøyshabitat, krabbe-, fisk- og hummerhus på sjøbunnen
- Teste ut muligheten av å bygge opp en levende marin sedimentbunn ved å legge ut sand
- Teste utsetting av strandkrabber som en løsning for å oppnå tilstrekkelig «vaktmesterfunksjon»
- Teste utsetting av kunstige rev med tak, som vil gi vekstflater for flere arter filtrerende dyr i ly for «sedimentregn», samtidig som de gir skjulesteder for fisk og krepsdyr.
- Etablere lysluker i brygger og flytende konstruksjoner
- Utvikle en effektiv urban vannhåndtering for området
- Utvikle adaptive skjøtselsplaner for de blågrønne strukturene

Summary

Title: Bispevika. Assessment of water exchange and environmental conditions in water basin B6b

Year: 2020

Author(s): Walday, Mats; Molvær, Jarle (Molvær resipientanalyse); Rinde, Eli; Sørensen, Elin Tanding (Urban Living Laboratory); Christie, Hartvig; Leikvin, Øyvind (Akvaplan-niva)

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7298-7

Oslo S Utvikling (OSU) is working on a detailed plan for development in Bispevika, with filling in and buildings in the north-eastern part. This includes i.a. two basins with inlet from Bispevika. It is important that these basins have sufficient water exchange to avoid unwanted fouling and poor water quality. OSU has begun planning for the southern basin (B6b), and this report provides an assessment of water exchange and environmental conditions.

1 Introduksjon

Oslo S Utvikling (OSU) arbeider med detaljplan for utbygging i Bispevika, med utfylling og bebyggelse i nordøstre del. Her inngår bl.a. to bassenger med innløp fra Bispevika. Det er viktig at disse bassengene har tilstrekkelig vannutskiftning slik at man unngår sterk begroing og dårlig vannkvalitet. En vurdering av nordre basseng (B6a) ble foretatt vinteren 2014 (Molvær og Walday, 2014). Noe av den topografiske beskrivelsen som lå til grunn for 2014-vurderingen ble senere endret, og en kort oppdatert vurdering av vannutskiftning og miljøforhold ble gitt i januar 2018 (Molvær, 2018).

OSU har begynt planleggingen av søndre basseng (B6b) og ønsker en vurdering av vannutskiftning og miljøforhold (ref. epost datert 10.11.2020). I rapporten skal følgende hovedpunkt vurderes (jfr. bestillingen av 10.11.2020):

1. *Innledende vurderinger, idealiseringer, erfaringer fra B6a inkl. ROV-inspeksjon, faglig tillit – forhold rundt vannsirkulasjon og vannøkologi*
2. *Sammenligne situasjon i Reguleringsplan (2014) vs. Ny Situasjon i Rammesøknad (2020), som det er søkt dispensasjon for.*

For korthets skyld vil vi i det etterfølgende oftest kalle 'Ny Situasjon i Rammesøknad' for 'Rammesøknad'. Vannsirkulasjonen for B6b dokumenteres med modellsimuleringer i en senere fase. Denne skal også fremskaffe kvantitative tall på vannutskiftning etc., som vil være essensielt for vurdering av vannøkologi.

Videre er det gitt innspill om hvordan en kan tilrettelegge for marint biologisk mangfold i B6b. Dette innspillet er i hovedsak presentert i vedlegg i form av et notat, men uttrekk fra notatet er også presentert i kapittel 7.

Notatet i vedlegg bygger på *rewild*-rapporten til Oslo kommune (Rinde og Sørensen m.fl. 2019), felles erfaringer fra tidligere samarbeid mellom OSU og AF-gruppen, våre felles forslag til diversitetsfremmende løsninger for kvartalet B6a, samt resultater fra NIVAs befarings av sjørømmet til B6a mandag 23. november 2020.

2 Beskrivelse av basseng B6b

Vi skal vurdere to planer for B6b (søndre basseng). **Figur 1** viser utformingen av bassenget ifølge Reguleringsplan (2014), samt for justeringer i Rammesøknad. De viktigste forskjellene er at Rammesøknad innebærer:

- Etablering av et hulrom med avstand på 0,8 m mellom byggenes underside og sjøbunnen – tilsvarende som i nordre basseng (**Figur 2**).
- Økt vanddyb fra 2,5 til 3,8 m
- Økt åpning/forbindelse mot Bispekilen, mot nord
- Fjerning av liten kulvert mot Bispevika, mot vest

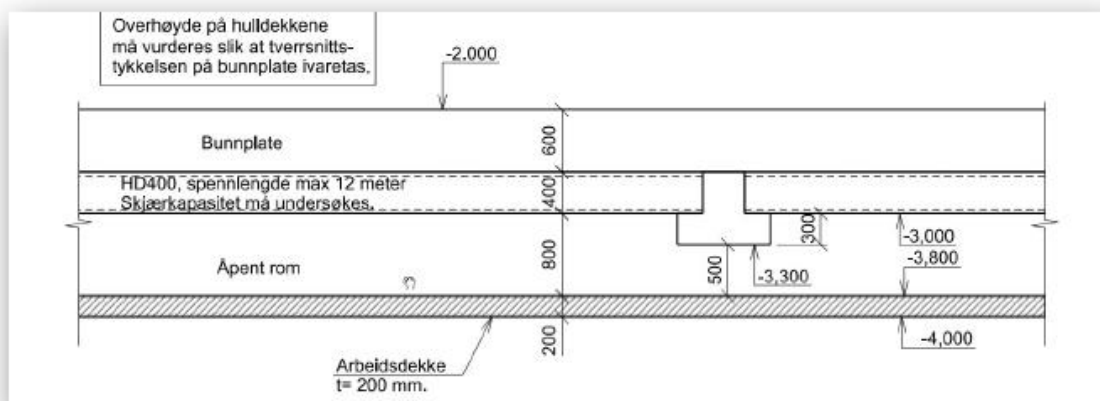
Størrelsene for bassenget er sammenfattet i **Tabell 1**. Forskjellen mellom de to planene er tydeligst ved at Rammesøknad har noe større overflate, større vanddyb og betydelig større vannvolum. Åpningen mot Bispekilen i nord er større – i tillegg til en 74 m lang og 0,8 m høy åpning under byggene mot Bispevika, og en 77 m lang åpning mot Bispekilen. Dette gir altså en lengde på 151 m, som tilsvarer et tverrsnitt på ca. 120 m². Bygningene står på peler, og vi antar at disse reduserer tverrsnittsarealet med 5 m². Netto åpning blir således ca. 115 m², som i sum gir bassenget åpning på ca. 163 m². I reguleringsplanen utgjør åpningen i nord og under broen ca. 12,5 m², dvs. vesentlig mindre Rammesøknad.

Tabell 1. Beskrivelse av bassengets dimensjoner.

Plan	Overflate, m ²	Dyp, m	Volum, m ³	Bredde åpning mot nord, m	Åpning under bygg, m ²	Bro mellom bygg 13 og 14, m	Sum, åpning mot Bispevika m ²
Reguleringsplan (2014)	965	2,5	2412	3 (7,5 m ²)	Ingen	2	12,5
Rammesøknad (2020)	1020	3,8	3876	12,5 (47,5 m ²)	115	Ingen	162,5



Figur 1. Forslag til utforming av søndre basseng. Øverst: Reguleringsplan. Nederst: Rammesøknad (kilde: OSU).



Figur 2. Beskrivelse av åpningen på 800 mm (0,8 m) under byggene mellom bassenget og Bispevika ifølge Rammesøknad (kilde: OSU).

3 Vurdering av vannutskiftningen i basseng B6b

Først gis en generell omtale av vannutskiftningen, og deretter gjøres en sammenligning mellom Reguleringsplan og Rammesøknad. Avslutningsvis gis en kort omtale av det kjøleanlegg som skal bruke sjøvann fra Bispevika som Norsk Energi planlegger.

3.1 Generelt

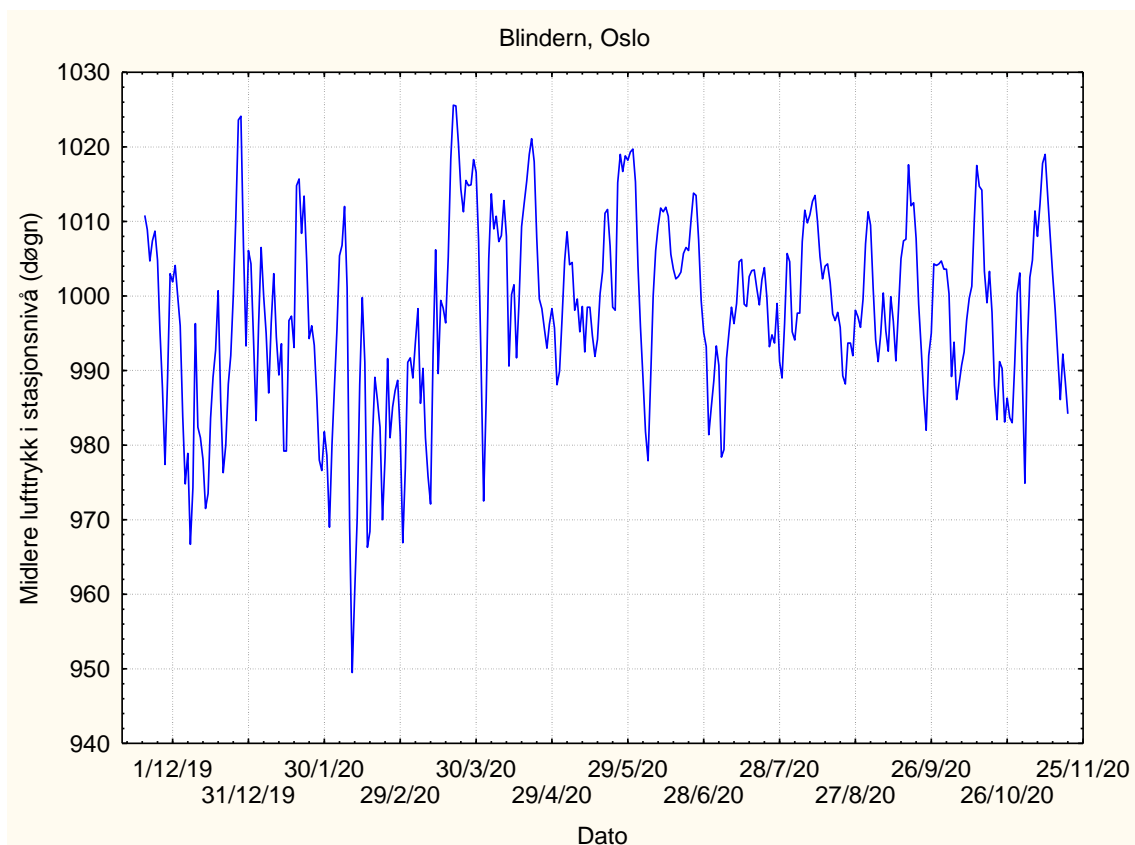
Vi forutsetter at det ikke blir noen større direkte tilførsel av ferskvann til bassenget, og at vannutskiftningen dermed i hovedsak drives av det halvdaglige tidevannet og av variasjoner i vindforhold og lufttrykk.

For begge planene er overflatearealet av bassenget i størrelsesorden 1000 m², mens volumet i Rammesøknad vil bli ca. 60 % større. Antas en typisk tidevannsvariasjon på 0,2-0,3 m¹, betyr dette inn-/utstrømning av ca. 200-300 m³ i løpet av ca. 6 timer, eller ca. 400-600 m³/døgn². Dette er altså et relativt lite volum sammenlignet med volumet av bassenget på snau 4000 m³ (jfr. **Tabell 1**). Tverrsnittet av den 0,8 m høye åpningen under byggene er langt større enn åpningen mot Bispekilen i nord, og til sammen utgjør de omkring 115 m² (jfr. **Tabell 1**). Dette medfører at tidevannet kun vil skape svake strømmer i bassenget og i innløpet, og i overflaten vil vannbevegelsene være særlig langsomme. Antas det at bassenget er 2,5 m dypt (jfr. **Tabell 1**) og alt tidevann er nytt vann, kreves 8-12 tidevannsperioder (4-6 døgn) for å skifte ut vannmassen i bassenget. Men mer sannsynlig er 6-8 døgn fordi noe 'gammelt' bassengvann sannsynligvis vil returnere med innstrømmende tidevann. En tilsvarende overslagsberegning for bassengdyp 3,8 m gir 6-10 døgn, eller mer sannsynlig 8-12 døgn.

Samme forhold gjelder for vannutskiftning på grunn av variasjoner i lufttrykk, jfr. **Figur 3**. Antas det som en 'tommelfingerregel' at en lufttrykksendring på 1 millibar fører til en vannstandsændring på 1 cm, tyder figuren på at variasjoner i lufttrykk relativt ofte medfører vannstandsvariasjoner på 20-30 cm (som tidevannet). Iblant forekommer vannstandsvariasjoner på 50-70 cm. Altså kan variasjoner i lufttrykk i betydelig grad øke vannutskiftningen i bassenget. Hvilken betydning varierende vindforhold ('fralandsvind/pålandsvind') dertil kan ha for vannutskiftningen ved å bidra til å øke vannstandsvariasjonene, vil vi ikke forsøke å bedømme. Men ved skiftende meteorologiske forhold vil utvilsomt vannets oppholdstid være mindre enn antydnet for tidevannet alene.

¹ Middel lavvann og middel høyvann

² Noe 'gammelt' bassengvann vil sannsynligvis returnere med innstrømmende tidevann.



Figur 3. Døgnmiddel av lufttrykk ved Blindern, Oslo, i tidsrommet 20.11.2019-19.11.2020. (kilde: Norsk Klimaservicesenter, Meteorologisk institutt, Oslo).

3.2 Sammenligning av de to planene i forhold til vannutskiftning

Det flere ulikheter av betydning mellom de to planene er (jfr. **Tabell 1**):

Rammesøknad har større vannvolum (ca. 1,6x) pga. større areal og større dyp

I forhold til Reguleringsplan vil større vannareal og større dyp vanligvis oppfattes som gunstig, men under forutsetning av at vannutskiftningen minst økes tilsvarende.

Vannutskiftningen

Med hensyn til vannutskiftningen er der fire vesentlige forskjeller mellom de to planene med hensyn til

1. åpningen mot Bispekilen:
 - a. plassering
 - b. størrelse
2. åpning mellom bassenget og Bispevika/-kilen under byggene
3. fjerning av kulvert/bro mellom bygg 13 og bygg 14, samt at den trange kilen mellom de to byggene faller bort
4. økt vanddyp

At åpningen mot Bispekilen flyttes mot midten av bassenget og utvides (ca. 6x), har muligens ikke stor betydning for vannutskiftningen gjennom det halvdaglige tidevannet. Men betydningen med hensyn til vannutskiftning kan være større i forhold til responsen på relativt raske variasjoner i

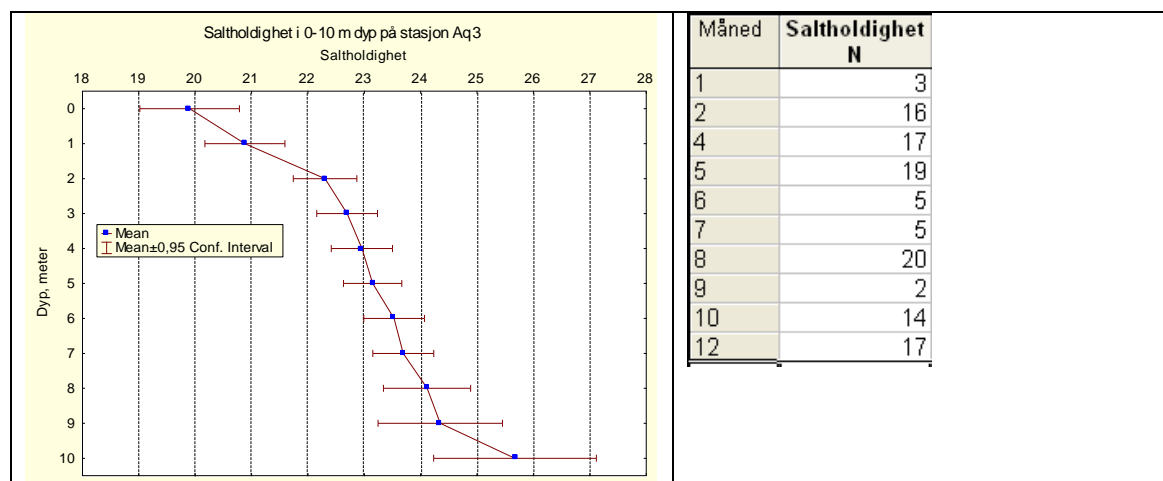
lufttrykk og i vindforhold (retning og styrke), og vil antakeligvis føre til noe økt vannutskiftning. Videre er flyttingen utvilsomt en fordel med hensyn til vannutskiftningen i hoveddelen av bassenget, og mellom overflaten og ned til 3 m dyp. Mellom ca. 3 m dyp og bunnen vil vannutskiftningen mellom den 0.8 m høye passasjen under byggene være viktigst.

En vesentlig forskjell mellom de to planene er at Rammesøknad har en 0,8 m åpning på anslagsvis 115 m² mellom bassenget og Bispevika/-kilen mellom byggenes underside og bunnen, jfr. **Tabell 1**. Dette vil altså si en samlet åpning på 163 m² i Rammesøknad mot 12,5 m² i Reguleringsplan.

Selv om pelene under byggene kan 'bremse' innstrømningen noe, er det innlysende at det meste av vannutvekslingen vil skje gjennom denne passasjen under byggene. Åpningen er 0,8 m høy, og det er sannsynlig at det meste av det innstrømmende vannet kommer fra ca. 3-4 m dyp i Bispevika/-kilen. Den vertikale saltholdighetsprofilen gir vanligvis et godt inntrykk av hvordan vannets egenvekt øker mot dypet, og **Figur 4** viser at i Bispevika har sjøvannet i 3-4 m dyp vanligvis betydelig høyere egenvekt enn vannet i 0-2 m dyp. Vannet som under byggene strømmer inn i bassenget fra Bispevika/-kilen, vil derfor til vanlig fordele seg i den nedre delen av vannsøylen i bassenget, altså hovedsakelig i 3-3,8 m dyp. Sammenlignet med Reguleringsplan er denne vannkontakten under byggene en betydelig fordel.

Isolert sett er fjerningen av kulvert/bro (bredde 2 m, jfr. **Figur 1**, øverst) ugunstig, men lokalt blir en negativ virkning redusert ved at 'kilen' fra hovedbassenget inn mot broen reduseres i lengde. For vannutskiftningen i hovedbassengets søndre del er sannsynligvis virkningen liten, og ubetydelig for selve bassenget.

Større vandndyp vil i seg selv kunne føre til lenger oppholdstid for vannet i bassenget og dermed risiko for dårligere vannkvalitet, perioder med lave oksygenkonsentrasjoner og uønsket algevekst.



Figur 4. Målinger av saltholdighet i 0-10 m dyp på stasjon Aq3 utenfor Bispevika i tidsrommet 2001-2011 (se kart i **Figur 6**). Venstre figur sammenfatter resultatene for hver meters dyp. Høyre figur viser antall observasjoner pr. måned (fra Molvær og Walday, 2014).

3.3 Kort omtale av kjølevannsinntaket

Norsk Energi planlegger et kjøleanlegg i Bispevika, basert på bruk av sjøvann. De vil sannsynligvis kun sirkulere vann om sommeren, normalt ca. 30-60 l/s eller 110-120 m³/t. På de varmeste dagene vil sirkulasjonen øke til ca. 280 l/s (ca. 1000 m³/t) på dagtid. I 4000 timer på vinteren vil det normalt ikke være sirkulasjon (informasjon fra Norsk Energi).

Kjølevannet utgjør store vannmengder, og det er innlysende at dette utgjør et potensiale for en vesentlig økning av vannutskiftningen, altså sterkere vannsirkulasjon, i bassenget, jfr. tidevannets 400-600 m³/d (ca. 16-25 m³/t). En gunstig plassering av et kjølevannsinntak i forhold til bassenget (avstand, posisjon) blir derfor viktig, og **Figur 5** viser to posisjoner som nå vurderes av Norsk Energi. For å kunne gjøre en konkret bedømmelse av hva som i denne sammenhengen er den beste plasseringen av et kjølevannsinntak – ved varierende vannmengder – behøves en hydrodynamisk modell som kan simulere vannsirkulasjonen i bassenget for blant annet:

- situasjoner med bare tidevann
- aktuelle posisjoner for et kjølevannsinntak og for noen typiske vannmengder
- dyp som gir god forbindelse med vannmassen i bassenget
- hensiktsmessig retning og utforming av vanninntaket

Dette kan være aktuelt både for Reguleringsplan og Rammesøknad, og vil gi en beskrivelse av vannsirkulasjon og strømhastigheter i bassenget.

Umiddelbart synes en plassering ved pkt. 1, eller i nærheten, å være gunstigst for å øke vannutskiftningen i bassenget.



Figur 5. Bispevika, søndre basseng (B6b). I kartet vises to posisjoner (1 og 2) som Norsk Energi vurderer for inntak av kjølevann (kart mottatt fra Norsk Energi).

4 Hydrodynamisk modellering av vannsirkulasjon og vannutskiftning

En god hydrodynamisk modell, som er satt opp riktig og har tilstrekkelig nøyaktige inngangsdata og grensebetingelser, vil kunne predikere endringen i sirkulasjonen mellom Reguleringsplanen (2014) og Rammesøknad (2020). Dette gjøres ved å endre topografien med ellers identiske betingelser og drivdata. Med riktig framgangsmåte vil modellen også kunne belyse og kvantifisere hvor stillestående vannmassene vil være i bassenget i B6b, og kvantifisere denne endringen mellom Reguleringsplanens og Rammesøknadens vannutveksling. En hydrodynamisk modell kan også bidra til å optimere plasseringa av kjølevannsinntaket (og -utslippet). Viktige forutsetninger for at en modell eller et modellsystem kan belyse disse problemstillingene i tilstrekkelig nøyaktig grad, er blant annet at modellen har:

1. Høy oppløsning omkring Bispevika, med mindre enn 1 m vertikalt og tilnærmet 1 m horisontalt, i viktigste områder.
2. Tre dimensjoner (3D) for å få inkludert tetthetsdrevet sirkulasjon og mer nøyaktig sirkulasjon av vannmasser med tydelig innslag av ferskvannspåvirkning fra blant annet Akerselva. Modellen vil dermed kunne simulere vannutvekslingen mellom Bispevika og bassenget gjennom den 0,8 m høye åpningen mellom byggenes bunn og sjøbunnen, og brukes for å finne en gunstig plassering av kjølevannsinntaket til Norsk Energi.
3. Klimatologi nøstet inn fra kvalitetssikret fjordmodell. Dette er viktig for å få vannstand, tidevann, salt, temperatur og tetthet riktig inn i modellen omkring Bispevika
4. Verktøy, som for eksempel sporstoffer, for å kunne kvantifisere oppholdstider/ utskiftnings-tider innenfor avgrensede områder som f.eks. bassenget i B6b

En slik modelleringsoppgave vil være ressurskrevende, og kan ikke utføres innen tidsfristen til Rammesøknads innlevering.

Det har vært gjort et forarbeid med å vurdere og utvelge modelleringsverktøy som kan oppfylle og mestre oppgavene A) – D) ovenfor. Valget av modell/programvare som best mulig kan simulere dagens situasjon og geometri, har landet på en kombinasjon av fjordmodelloppsettet FjordOs (www.fjordos.no), som er utviklet i et samarbeid mellom MET, USN og NIVA, og en svært høyoppløst modell for Bispevika-området som er koblet opp mot den førstnevnte.

Modelloppsettet FjordOs er basert på den hydrodynamiske modellen ROMS og er satt opp av NIVA for Indre Oslofjord, hvor den simulerer i nær sanntid med oppløsning på 30 – 50 m i interesseområdet omkring Bispevika. Ferdige data fra FjordOs finnes allerede tilgjengelig. Denne relativt grove modellen vil få med seg signalene fra Skagerrak, innover i Oslofjorden og inn til Bispevika. Fra et sted like utenfor Bispevika vil den høyoppløste modellen ta over og simulere med svært høy oppløsning og detaljrikdom for Bispevika og bassengene B6a og B6b. På denne måten vil man sikre at blant annet tidevannssirkulasjonen og endringer i vannmassenes egenskaper kommer inn i modellen med høy oppløsning på en tilstrekkelig nøyaktig måte. Vi foreslår en slik "ingeniørtype" modell som kalles CFD-modell (Computational Fluid Dynamics), eksempelvis Ansys Fluent, til hovedinteresseområdet inne i Bispevika. Følgende kan/bør da simuleres:

- I. Simuleringer med topografi fra Reguleringsplan (2014)
- II. Simuleringer med topografi fra Rammesøknad (2020)

- III. Simuleringer med valgt plassering av kjølevannsinntak og -utslipp, med topografi fra Rammesøknad, og evt. Reguleringsplan

Perioden som simuleres bør favne om flere årstider, men med hovedvekt på en vår/sommersituasjon hvor en algeoppblomstring er mest sannsynlig.

Forslag: tidsrommet 1.februar –1. august 2018 for alternativ II simuleres først, da det er dette alternativet og resultatene fra denne som først og fremst skal dokumenteres og vurderes opp mot biologi i Rammesøknad. Med bakgrunn i resultatene, gjerne med "worst case scenario" i fokus, velges det ut kortere simuleringsperioder for alternativ I og III, for sammenlikninger mellom disse.

5 Vurderinger av vannkvalitet og algevekst

Som påpekt ovenfor vil større vanddyp alene føre til lenger oppholdstid for vannet i bassenget og dermed risiko for dårligere vannkvalitet, perioder med lave oksygenkonsentrasjoner og uønsket algevekst. På den annen side vil økt bredde i åpningen mot Bispeviken og åpningen under bygg føre til bedre vannutskiftning, i første rekke nær bunnen. Der er ikke data som gir grunnlag for kvantitative vurderinger av hvordan disse to endringene sammen endrer vannutskiftningen, og dermed heller ikke med hensyn til vannkvalitet og algevekst. De påfølgende vurderingene må derfor i hovedsak bli kvalitative og har mye felles med tidligere vurderinger (Molvær og Walday 2014; Molvær, 2018).

Virkningene er knyttet til hverandre, men omtales punktvis:

5.1 Vannets klarhet

Vannets klarhet er oftest styrt av mengden partikler og oppløste stoffer. Disse to forholdene bestemmes her i hovedsak av:

- kvaliteten på vann som strømmer inn fra Bispevika,
- utslipp/avrenning direkte til bassenget
- algevekst i selve bassenget

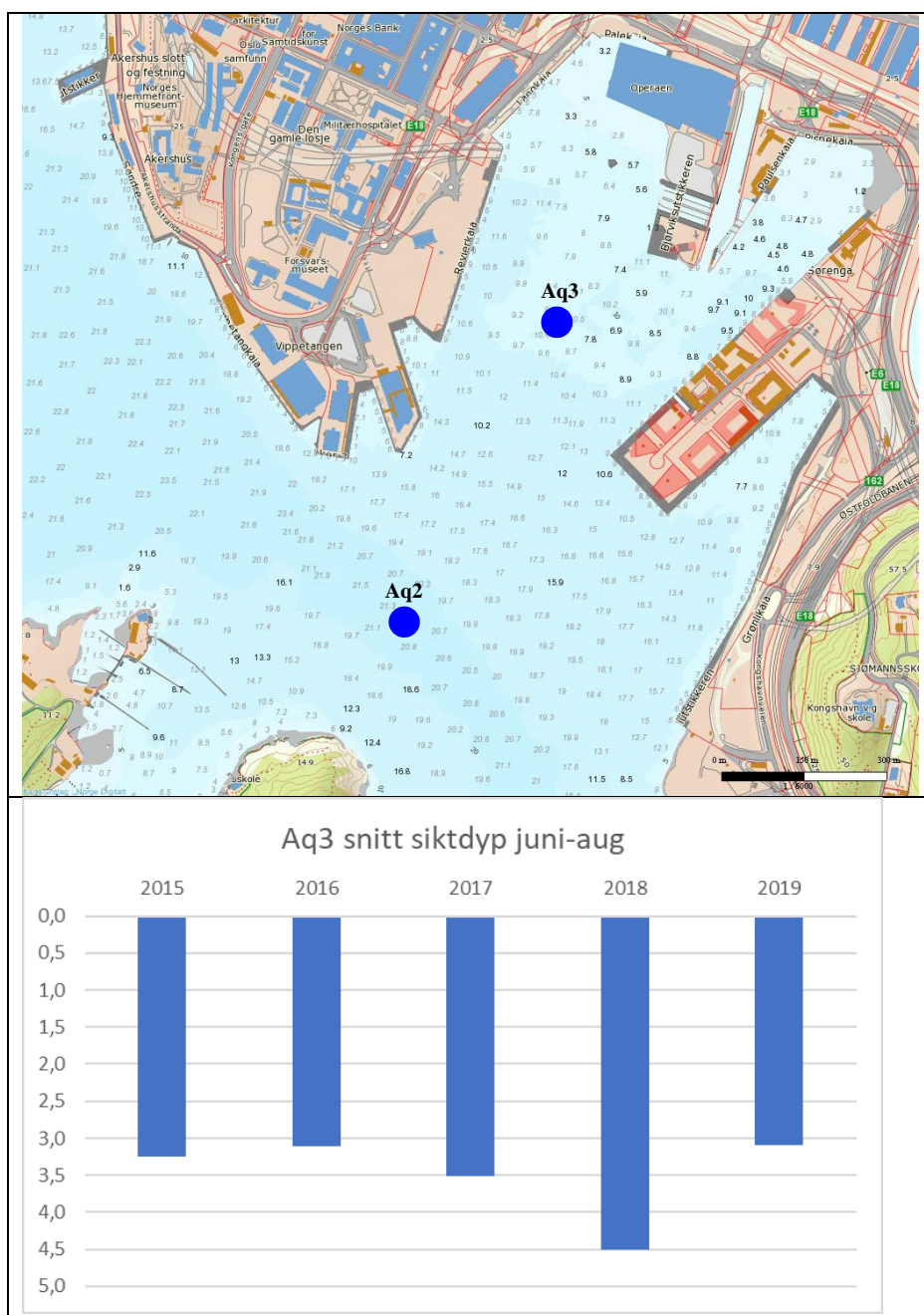
Det er minimalt datagrunnlag for kvantifisering av noen av disse tre faktorene. Med hensyn til vannkvalitet ligger nærmeste målestasjon utenfor Bispevika og under påvirkning av vann fra selve Akerselva (**Figur 6**). Data derfra representerer neppe vannkvaliteten i Bispevika, men kan gi en indikasjon. Så lenge det foregår anleggs- og byggearbeid i områdene rundt Bispevika, må man forvente at utslipp og avrenning til området i stor grad bidrar til å redusere vannets klarhet. Utformingen av landarealene i området vil også ha betydning for avrenningen. Generelt vil håndtering av overvann ha stor betydning for vannkvaliteten i de indre deler av Indre Oslofjord.

Sommeren 2019 var gjennomsnittlig siktdyp på stasjon Aq3 (**Figur 6**) 3,1 meter, men en kan likevel forvente at siktdypet i bassenget sommerstid iblant blir mindre enn 2-2,5 m, og at en bunn på 2,5-3,8 m dyp ikke kan sees. Her vil en kunne dra nytte av erfaringer fra observasjoner i B6a.

5.2 Algeveksten i vannmasse/bunn

Hovedgrunnlaget for algeveksten er tilstrekkelig lys (fotosyntesen) og plantenæringsalter som fosfor- og nitrogenforbindelser. I bassengvannet, som i selve Bispevika, blir det vekst og oppblomstring av planteplankton, men omfanget er ikke mulig å bedømme kvantitativt. Usikre faktorer er bl.a. begrensningen av naturlig lys mellom bygningene og størrelsen på vannutvekslingen mellom bassenget og Bispevika. Forhåpentligvis blir algeveksten i bassengets vannmasse mindre - i alle fall ikke blir merkbart større enn i Bispevika, og med sammenlignbart eller noe bedre siktdyp.

Bassenget vil bli utsatt for begroing. Det er vanskelig å si med sikkerhet hva slags organismer som vil gro der. Undersøkelser på trappetrinnene i vannkanten ved Operaen viste at blåskjell, rur og tang (Fucoider) var vanlige organismer der. Lysforholdene inne i bassenget i kombinasjon med minimalt av strøm- og bølgebevegelse kan imidlertid begrense tilstedeværelsen av tang og andre typer organismer, men favorisere andre arter, f.eks. trådformete alger, som kan gi en mindre positiv miljøopplevelse enn tang. Befaringen i B6a (ref. kapittel 6) ga også indikasjoner om hva slags organismer som kan leve i bassenget i B6b.



Figur 6. Øverst: Kart over Bispevika, Bjørvika og området utenfor. Nærliggende målestasjoner for hydrografi og vannkjemi er vist med blå sirkler. (Kart fra Molvær og Walday, 2014).

Nederst: Stasjon Aq3. Gjennomsnittlig siktdyp i juni-august for tidsrommet 2015-2019. Året 2018 hadde en eksepsjonelt tørr sommer som ikke er representativ. (Data fra Fagrådets overvåking).

Det er tidligere hevdet at det er gode muligheter for at ålegras kan trives på bløtbunnen i Bjørvika/Bispevika (Christie et al. 2006). Ålegras trenger 20 cm sandig leire som substrat for å kunne vokse godt og vanddypet i bassenget kan være gunstig for ålegras. Muligheten for ålegras i bassenget på B6b er imidlertid liten, og de viktigste begrensninger for dette er trolig vanddypet og tilgang på

naturlig lys. Etablering av ålegras krever at sjøbunn løftes og at det lages groper som kan hindre oppvirvling av bløtbunnssubstratet.

5.3 Sedimentasjon på bunnen i bassenget

Det vil oftest være meget liten vannbevegelse i bassenget, med strømhastighet på noen få millimeter til få centimeter per sekund. Dessuten er bassenget helt skjermet for bølgeeksponering, og relativt høye vegger rundt vannspeilene reduserer lystilgangen. Det er derfor sannsynlig at organisk stoff/materiale fra algevekst og andre sedimenterende partikler etter hvert vil prege bunnen i bassenget, og kanskje til en viss grad også bassensidene.

I forhold til bassengutformingen under Reguleringsplanen vil en forvente at Rammesøknad med åpning mot Bispevika/-kilen under bygningene gir mindre sedimentasjon pga. større vannbevegelser.

5.4 Oksygenforhold i bassenget

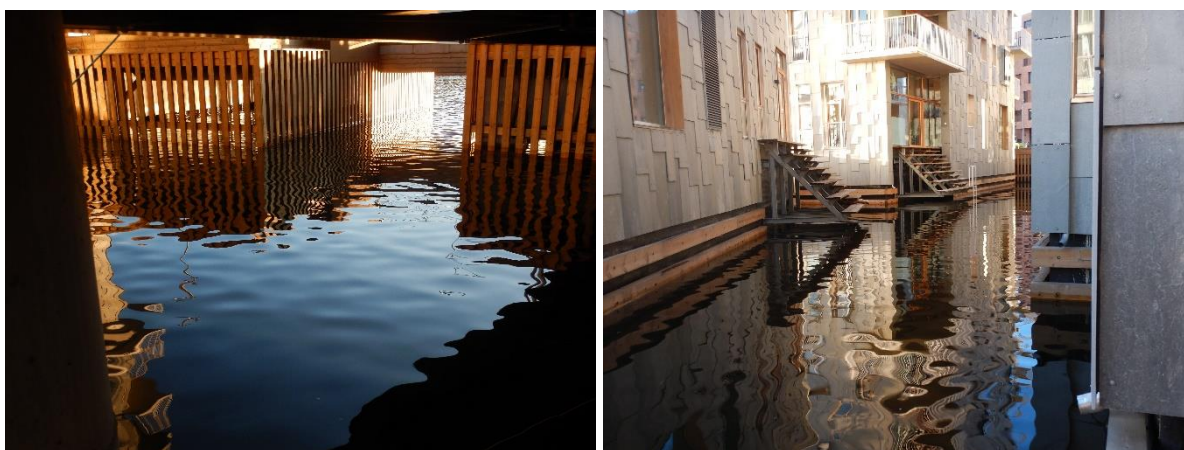
Vannmassen i bassenget får tilførsel av oksygenrikt vann fra Bispevikas overflatelag (her regnet som ca. 0-4 m). Oksygen forbrukes bl.a. ved nedbrytning av organisk materiale i vann og i bunnsedimentene. Nær bunnen av bassenget vil vanligvis oksygenforbruket være størst og oksygenkonsentrasjonen lavest. Under Reguleringsplan vil man forvente at vannutskiftningen blir minst nær bunnen og innerst i bassenget, og man kan ikke helt se bort fra perioder med lav oksygenkonsentrasjon/dårlige oksygenforhold i vannmassen.

I Rammesøknad får bunnvannet i bassenget en direkte forbindelse med vannet i selve Bispevika/-kilen gjennom den brede åpningen under byggene. Det er derfor vesentlig mindre risiko for at oksygenforholdene i bassengvannet ikke blir tilfredsstillende, kanskje med unntak av situasjoner i forbindelse med massiv algeoppblomstring i Bispevika.

For vannmassen i ca. 0-2 m dyp vil derimot åpningen mot Bispekilen være viktigst. Under Rammesøknad blir åpningen bedre plassert og vesentlig større enn under Reguleringsplan, og begge forhold er fordelaktige med hensyn til risiko for dårlige oksygenforhold.

6 Befaring i basseng B6a

Bassenget ved B6a var ferdig våren 2019, cirka halvannet år før befaringen ble gjennomført. Nåværende tilstand i bassenget er viktig å ta med seg ved valget av utforming av B6b, blant annet med hensyn til hvilke marine arter som har klart å etablere seg i dette boligområdet i løpet 1,5 år. Det ble derfor gjennomført en befaring i B6a 23. november 2020 ved hjelp av en mini-ROV (Blueye). Undersøkelsen ble gjort i to forskjellige vannrom; et mer innelukket lengst mot vest, og et med åpning ut mot Bispevika (jfr. **Figur 7**).



Figur 7. Bilder fra vannrommet i B6a tatt under befaring 21.11.2020. Bildet til venstre er fra den østlige delen med åpning i hele vannsøylen ut mot Bispevika. Til høyre viser bildet vannrommet mellom bebyggelsen innover mot den vestlige delen.

Undervannsoptakene fra ROV-en viser en god del materiale fra land som løv og sedimenter, både på «sjøbunnen» og på horisontale bygningsflater. Sedimentene virvles opp av ROV-en når den nærmer seg bunnen. Det er også mye løv i vannsøylen. Video-opptakene viser at det har slått seg ned kalkrørsmark og mye sekkdyr på mange av konstruksjonene i B6a etter kun 1,5 år. Også mye sekkdyr har etablert seg på underkanten av byggene. Sekkdyrene har slått seg ned både på vertikale og horisontale flater, og både på betong og stål. **Figur 8** viser noen av observasjonene som ble gjort på befaringen.

I de grunneste områdene var det lite liv, sannsynligvis på grunn av brakkvann og lite vannbevegelse innimellom hus og kaikanter. Bare ut mot Bispevika var det litt rur og grønnalgebelegg. Litt dypere var det på pilarer og vegger en del sekkdyr av arten *Ciona intestinalis* og kalkrørsmark. Det var varierende tetthet av disse organismene, sannsynligvis på grunn av at de ulike overflatene av bygningsstrukturene ligger ulikt til for eksponering overfor vannbevegelse. Det var dårlig sikt under befaringen og det var ikke mulig å se nøyaktig hvor ROV-en var, så slike varierende forekomster blir vanskelig å forklare. Imidlertid var det ganske klart at der hvor det er god vannbevegelse, var det gode forhold for fastsittende filtrerende dyr, slik som på undersiden av plattform-dekket hvor det var tettere forekomster av sekkdyrene. Dette er nok fordi det er her vann strømmer ut og inn mellom Bispevika og vannrommet. Helt ned mot bunnen var det lite liv, mest blader og løst sediment som ble virvlet opp av ROV-en. Det var mer blader på bunnen under det åpne vannrommet, og mer tegn til løst sediment/slam under dekket. Det var ikke synlige tegn til bakteriebelegg, forråtnelse, eller dårlige vannforhold/oksygenforhold langs bunnen. Det er sannsynlig at vannutskiftningen er bedre i

de dypeste partier der det er større kontaktflate ut mot Bispevika. Etter en periode med mye nedbør var det et lag med brakkvann med mye grums som gjorde sikten og sannsynligvis også forholdene for marint liv dårligere helt øverst. Det er mulig vi så en gjenstand på bunnen begrodd med kalkrørsmark, men den observasjonen var for kortvarig til å kunne si noe sikkert. Dersom det er riktig, vil det kunne settes strukturer på bunnen som stikker opp av laget med råtne blader og sedimentert materiale for å få til ekstra begroing av fastsittende dyr.

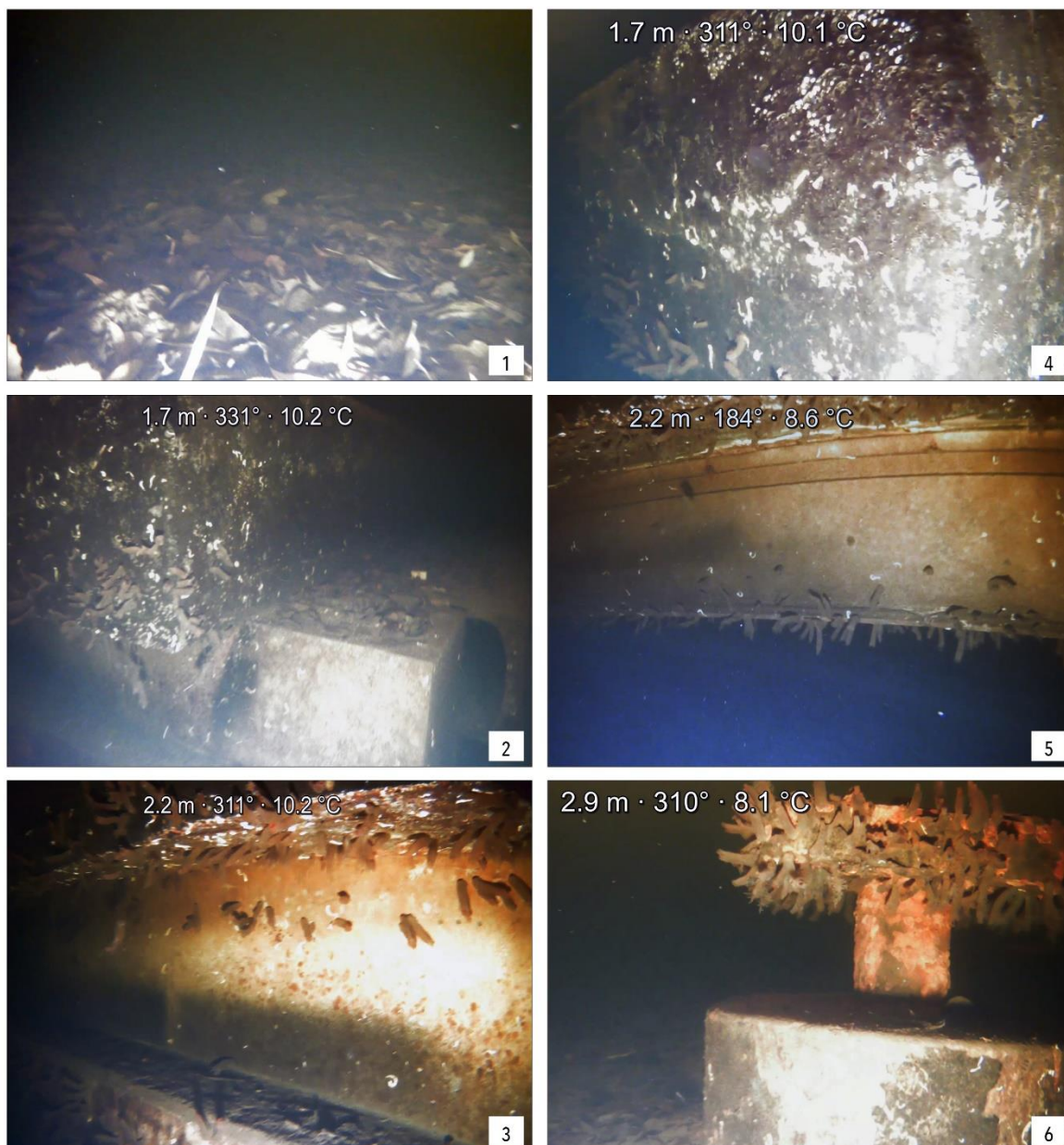
Av mer bevegelige dyr så vi noen få sjøstjerner, og noe som antagelig var små fisk (kutlinger). I selve vannsøylen så vi noen få ribbemaneter og blader som var i ferd med å synke ned mot bunnen.

Indre fjordområder har som oftest mindre vannbevegelse og høyere grad av brakkvannspåvirkning enn de ytre områder, begge deler er kjent for å redusere artsmangfoldet eller eliminere en rekke arter som er forbundet med friskere forhold langs kysten. Det ligger altså en naturlig begrensning i hvor friske og mangfoldige habitater en kan få i Bjørvika-/Bispevikaområdet.

Oppsummert så kan man ikke forvente et spesielt rikt dyreliv innerst i Bispevika, og det vil også ta tid å bygge opp et mer variert liv siden nærområdet er relativt innelukket og med et antatt fattigere dyreliv enn i andre deler av Oslo havneområde. Det å lage mer varierte leveområder på strukturene i B6b vil fasilitere et mer variert dyreliv over tid. Skal man sette ut noe ekstra substrat (kunstige rev) i bassengene, bør dette konstrueres/utformes slik at det ikke påvirkes negativt av for mye av nedslamming.

Det ble gjennomført mer omfattende ROV-undersøkelser i området Bjørvika/Bispevika i 2003 (Walday og Olsgard 2004). Det undersøkte området var dominert av leirbunn, hvor hull, krypespor og mudderrør indikerte at det var relativt mye organismer på og i bunnen. På samtlige stasjoner var faunaen i bunnsedimentene dominert av forurensingstolerante arter. Det var bare under kaiene det ble påvist fjellbunn, men med relativt lite påvekst av organismer.

Forekomst av hardbunnsorganismer er vanligvis knyttet til omfanget av egnet substrat. I flere av de undersøkte områdene, blant annet under Sjørengautstikkeren, var det i 2003 en del egnet substrat, men likevel lite organismer. Årsaken er ikke nærmere undersøkt, men nedslamming av bunnen er trolig en faktor som begrenser utbredelsen av hardbunnsorganismer i området (Walday og Olsgard 2004). Etableringen av Midgardsormen og fremtidige tiltak for å begrense partikkeltilførselen til fjordområdet er derfor viktige for å få levedyktige dyre- og plantesamfunn på hardbunn.



Figur 8. Bilder hentet fra videoopptak med undervanns ROV fra befaringsen 23. november 2020 ved Bispevika B6a. Opptakene viser en god del organisk materiale i form av løv, samt sedimenter transportert inn i bassengene fra land. Bildene viser eksempler på forekomst av sekkdyr og trekantmark på ulike materialer og strukturer og på vertikale og horisontale flater. Materialet er hentet fra filmopptak nr. 22706. ROV-pilot: Lars A. H. Grünfeld.

7 Tilrettelegging for marint biologisk mangfold i B6b

Innspillene i dette kapittelet er hentet fra notatet *Innspill til marin landskapsarkitektur for å fremme et rikt plante- og dyreliv på byggetomt B6b* (Rinde og Sørensen 2020). Notatet er i sin helhet gjengitt i Vedlegg A.

De viktigste begrensende faktorene for marint biologisk mangfold i urbane sjøområder er knyttet til terreng- og vekstflater, lystilgang ned i vannmassene, miljøvariabler som næringssalter og oksygen, miljøgiftbelastning og andre menneskelige forstyrrelser. For å lykkes med tilrettelegging av gode leveområder for marine dyr og planter, bør det arbeides tverrfaglig. God vannkvalitet er helt nødvendig for å fremme et rikt plante- og dyreliv under sjø. Dersom en lykkes med å etablere marint liv, vil de ulike organismene kunne bidra til å bedre vannkvaliteten ytterligere og til å skape flere leveområder for et enda større mangfold. Eksempler på slike nøkkelarter er blåskjell og sekkdyr som begge filtrerer partikler fra vannet, og tang og ålegras som tar opp næringssalter, og som i tillegg skaper sitt eget tredimensjonale habitat. Det bør legges vekt på å tilrettelegge for marine arter som kan spille sammen – det vil si å utvikle gode marine «nabolag» som sørger for en balanse i det nye økosystemet. En må unngå å gjøre de samme feilene som på andre byggetomter i Oslo, der et stort nedfall av blåskjell og sekkdyr blir liggende på bunnen og råtne fordi det ikke finnes tilstrekkelig med bunnorganismer til å ta hånd om det organiske materialet. Et rikt og friskt marint miljø vil også gi økt opplevelseskvalitet til urbane vannrom, noe som er viktig for menneskers helse og trivsel.

Her vil vi innledningsvis omtale viktige faktorer for marint liv, deretter gi en oppsummering av foreslåtte tiltak for B6b, samt noen konkrete forslag til plassering av relevante tiltak.

Vannrommets undervannsterreng- og vekstflater

Manglende, eller uegnede vekstflater i den urbane fjæra kan løses ved å modifisere glatte, rettvinklede strukturer og overflater. Det vil si å bygge opp habitater på betongarbeidsdekke, pilarer, nedtrappinger og byggenes vegger ned i sjø som tilfører en variert utforming av bærende strukturer og overflateteksturer. Felles for alle er at det må brukes marint-liv vennlig materiale, og at det legges opp til løsninger som kan skape positive ringvirkninger. Her er noen generelle løsninger:

- *Diversitetsfremmende habitat*, som tilbyr et mangfold av leverom og vekstflater i sin utforming. Slike mikrohabitat kan innlemmes på alle byggeflater, samt brygge og flytebryggekanter, og på undersiden av flytende installasjoner i sjø. Disse kan lages som ferdigfabrikkerte løsninger (et eksempel på en slik pilar er vist i **Figur 10** i Vedlegg A), eller ettermonteres på nedtrappinger og på vegger i sjøsonen.
- *Hengende marine hager* kan lages av habitatdannende og vannrensende arter som blåskjell-, flatøsters, tangarter og sukkertare, enten på tau fra bøyer og flytebrygger, eller fra underkanten av bygninger som på Tjuvholmen. Tang og sukkertare vil trenge lys for å trives, mens muslingene ikke stiller direkte krav til lys for å leve - så lenge de får tilgang på matpartikler i vannmassene.
- *Harde- og bløte undervannshager* kan etableres på sjøbunnen. Tang som vokser på fjæresteiner kan forflyttes inn i vannrommet, på konstruerte harde undervannshager. Tilsvarende kan ålegrasplanter flyttes og plasseres inn i undervannshager med bløte sedimenter. For at tang og ålegras skal kunne vokse, må imidlertid lysforholdene være tilstrekkelig gode siden disse plantene trenger lys for livsnødvendig fotosyntese.

- *Kunstige rev, krabbe- og hummerhus* kan plasseres ut for å skape vekstflater og skjulesteder for både krepsdyr, fisk og andre organismer. Mindre steinrøyser og løse steiner kan gi husrom for både strandkrabber og hummer. Krabber og hummer har viktige funksjoner som vaktmestere på sjøbunnen, og må være til stede for å rydde opp nedfalte blåskjell og sekkyr som ellers vil bli liggende og råtne. Disse artene trenger ikke lys for å overleve.

Blant løsningene nevnt over er det den første (diversitetsfremmende habitater – ferdigfabrikkert eller ettermonteres), samt sistnevnte løsning (etablering av kunstige rev som steinrøyshabitat, krabbe-, fisk- og hummerhus), som peker seg ut som de mest lovende for B6b.

Lystilgang i vannmassene, samt variasjoner i salinitet og temperatur

Lystilgang i vannmassene handler både om antall partikler i vannet, mengde humusstoffer tilført fra land, og om skygge fra konstruksjoner over og på vannflaten, samt skygge fra høyhus. I prosjekteringen kan det sørges for å inkludere integrerte lysluker i brygger og flytende konstruksjoner (**Figur 9**). Etablering av filtrerende organismer som sekkyr og blåskjell på strukturene i sjø, vil kunne bidra til å bedre vannkvaliteten i sjøområdet. Det vil være hensiktsmessig å måle lysforholdene på lignende sammenlignbare lokaliteter innad i området i B6a, for å få en oversikt over lysets variasjon gjennom året, og på ulike dyp. Tilsvarende målinger av salinitet og temperatur ved B6a vil kunne gi verdifull informasjon om hvilke arter som har mulighet til å overleve på de ulike dypene. På befaringen ble det observert et klart ferskere lag av vann mot overflaten. Hvor ferskt dette vannet kan bli, og hvor varmt det kan bli om sommeren, vil være bestemmende for hvilke arter som klarer å etablere seg i området over lengre tid.

Forholdet mellom land og sjø

For vannkvalitet og marint biomangfold er det sentralt å se forhold mellom land og sjø i sammenheng. Livsbetingelsene i sjø er sterkt forbundet med påvirkninger fra land, som tilførsler av forurenset vann fra land ved regn og ekstremværhendelser som styrtregn. For kvartalet som helhet bør det legges inn løsninger for urban vannhåndtering, for å fange opp forurenset vann og for å forsinke avrenning av vann til sjø.

Vannkvalitet og vannutskifting

Løsninger som kan skape bølger, strøm eller omrøring av vannmasser kan forbedre vannutskiftingen og dermed vannkvaliteten i området. Her er noen aktuelle muligheter:

- I naturen er strandkanten irregulær og terrenget fra land til sjø har stor variasjon i bratthet og tredimensjonal utforming både vertikalt og horisontalt. Strukturer i sjøsonen kan utformes slik at de kan skape variasjoner i bølge- og strømningsforholdene i området.
- Tiltak som øker vannsirkulasjonen, kan være pumpeanordninger, som eksempelvis kan utformes som mindre vannfontener som både skaper bevegelse, oksygentilførsel og gir økt estetisk opplevelse av vannflaten. Bevegelser i vannmassene kan bidra til å "vaske vekk" opphopning av løv og sedimenter som kan «kvele» marint liv.

Forslag til plassering av løsninger nevnt over, og andre mulige tiltak

Plassering av mulige tiltak som lysluker og ettermontering av teksturerede "fliser" på bærende pilarer og vegger under vann er vist i **Figur 9**. Belastningen fra slike objekter må vurderes. Områder med de antatt beste lysforholdene for vekst av tang er også illustrert i denne figuren. Her kan det være mulig å kunne etablere tang i vegghengte plantebed, eller under lysluker i kaiplater og broovergangstrukturer. Alternativt vil det også kunne være mulig å etablere blåskjellbanker/flatøstersrev på grunne strukturer under slike lysluker.

Et mulig tiltak er som nevnt å legge ut sand for å skape ny bløtbunn, som over tid kan gi habitat til marine sedimentlevende organismer.

Kunstig rev laget av sprengstein langs spunt har stort potensiale til å skape leverom for krabber og små fisk. Det er mulig at området er for grunt til at hummer vil kunne trives. På spuntens utside kan det fylles opp et areal med ca. 4 m dybde og ca. 2 m høyde langs hele spuntveggen som er 230 m lang. Dette gir et volum på ca. 2.000 m³. Foreslåtte steinstørrelser er tenkt fra ca. fra 20-300 mm.

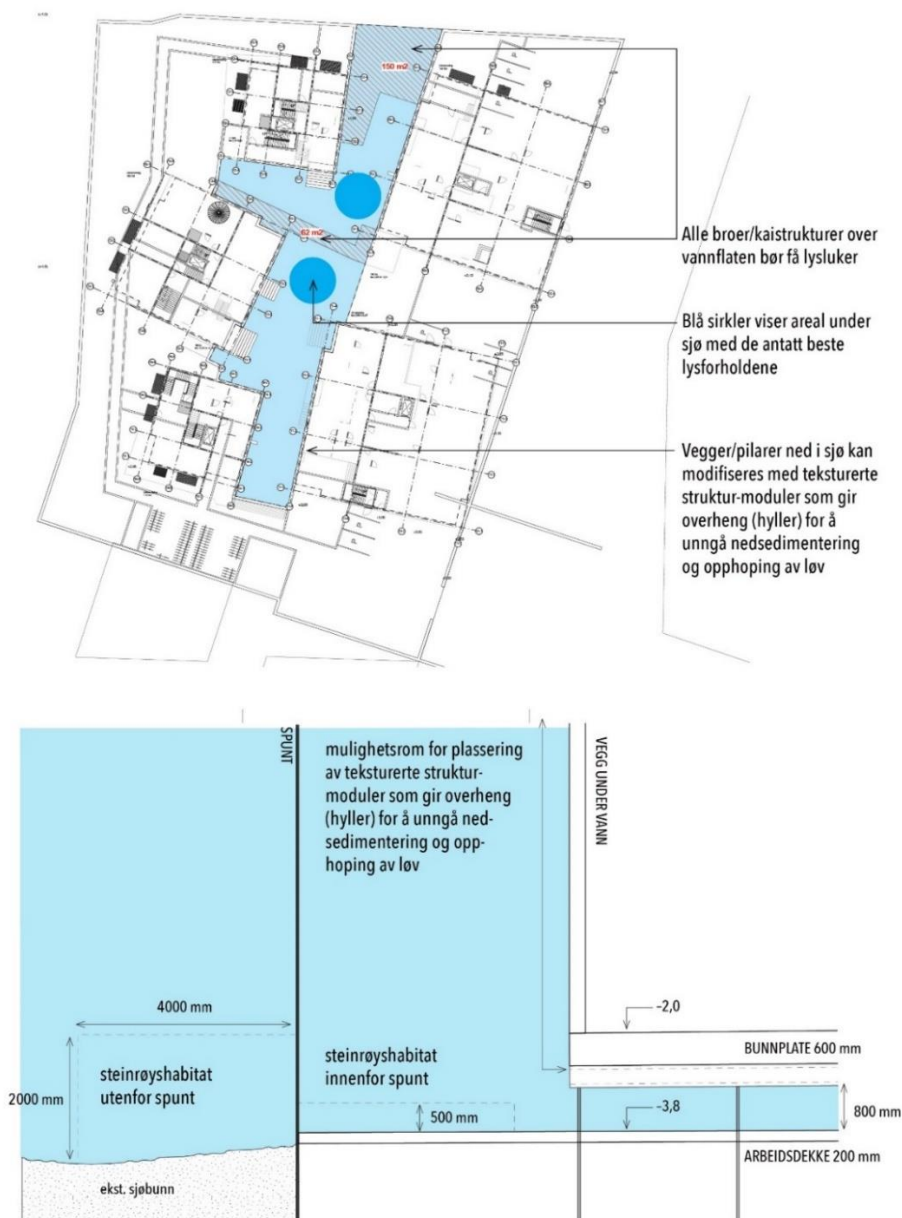
Det beste for etablering av marint liv er at steinrøyshabitatet utformes organisk og variert, både i horisontal og vertikal utforming og med stor variasjon i steinstørrelser. Som geologisk materiale anbefales kambrosilur-bergarter som tilsvarer naturlige svaberg i indre Oslofjord. Steinrøysa kan gi boliger til hummer og krabber som hjelper til med å rydde på bunnen. Det kan legges opp større stein nederst mens topplaget bør være lokal kambrosilurstein. Steinene bør ikke være skarpe da det kan skade småfisk. For å tilrettelegge for hummer bør det lages huler på ca. 0,3 m², jf. prefabrikkerte hummerhus: L = 60 cm, B = 50 cm, H = 20-30 cm (0,09 m³), som bør lages i en avstand på minst 20-30 meter mellom hvert hus. Langs en 230 m lang vegg vil det si ca. 8 hummerhuler. Steinrøysa kan danne husrom også for fisk, krabber, sekkdyr, anemoner, kalkrørsmark, muligens blåskjell, med mer. Lysforholdene vil sannsynligvis være for dårlige til at det vil slå seg ned tang der.

Da vi utarbeidet innspill til marint-liv vennlige løsninger ved B6a ønsket vi å benytte kambrosilur-sprengstein fra tunnel i Sandvika. Det bør undersøkes om det er mulig å skaffe overskuddsmasser av kambrosilurstein også for dette formålet.

Våre anbefalinger for å fremme marint liv er:

- Måle lys, temperatur, turbiditet og salinitetsforhold i sammenlignbare lokaliteter innad i området i B6a, for å få oversikt over hvordan disse forholdene varierer gjennom året, og på ulike dyp, slik at det skaffes nødvendig kunnskap om viktige miljøforhold som er avgjørende for hvilke organismer som kan trives
- Utrede om strukturer i sjøsonen kan utformes slik at de kan skape variasjoner i bølge- og strømningsforholdene i området
- Vurdere tiltak som øker vannsirkulasjonen
- Etablere diversitetsfremmende habitater – ferdigfabrikkert eller ettermontert, på vegger og piler
- Etablere kunstige rev som steinrøyshabitat, krabbe-, fisk- og hummerhus på sjøbunnen,
- Teste ut muligheten av å bygge opp en levende marin sedimentbunn ved å legge ut sand, og eventuelt transplantere inn arter som lever oppå sedimentene, som børstemarken *Ophiodromus flexuosus*
- Teste utsetting av strandkrabber som en løsning for å oppnå tilstrekkelig «vaktmesterfunksjon»
- Teste utsetting av fiskehus med tak, som vil gi vekstflater for flere arter filtrerende dyr i ly for «sedimentregn», samtidig som de gir skjulesteder for fisk og krepsdyr.
- Etablere lysluker i brygger og flytende konstruksjoner
- Utvikle en effektiv urban vannhåndtering for området.
- Utvikle skjøtelsesplaner for de blågrønne strukturene

Det må brukes marint-liv vennlig materiale i alle de foreslåtte løsningene.



Figur 9. Plan og prinsippsnitt med henvisninger til aktuell plassering av marinvennlige tiltak. Øverst: Plan (ute av målestokk) laget av OSU/ Vandkunsten, 2020. Nederst: Prinsippsnitt laget av Rinde & Sørensen, 2020.

8 Konklusjoner og anbefalinger

Konklusjoner:

Som for basseng B6a må en forvente at vannutskiftningen i B6b vil bli relativt langsom. En faglig kvalitativ og skjønnsmessig sammenligning av Reguleringsplan og *Rammesøknad* med hensyn til vannutskiftning og vannkvalitet i bassenget konkluderer med at *Rammesøknad* er mest fordelaktig. Det avgjørende her er at åpningen under byggene sikrer bedre vannutskiftning og gode oksygenforhold i bassengets bunnvann, og at åpningen mot Bispekilen i nord er større og bedre plassert enn tilfellet er i Reguleringsplan.

Man kan ikke forvente et veldig rikt dyreliv i B6b innerst i Bispevika, og det vil også ta tid å bygge opp et mer variert liv siden området er relativt innelukket. Dette synes å passe med ROV-observasjonene av en relativt fattig flora og fauna i basseng B6a i november 2020, ca. halvannet år etter at bassenget var ferdig, som må ses i lys av at bassenget ikke er spesielt tilrettelagt for marint liv. Nevnte observasjoner av kalkrøsmark og mye sekkyr på flere konstruksjoner viser at marint liv i alle fall etableres. På grunnere områder var det mer fattig marint liv, trolig på grunn av liten vannbevegelse i tillegg til lav og varierende saltholdighet.

Anbefalinger:

Med unntak av ROV-undersøkelsen i B6a mangler vi konkrete data for vurdering av forventet tilstand i B6b. Vi anbefaler derfor:

- Bruk av hydrodynamisk modell for å kvantifisere vannsirkulasjon og vannutskiftning
 - Under Reguleringsplan og *ny situasjon i Rammesøknad*
 - For kunne vurdere virkningen av et inntak av kjølevann, og å finne gunstig plassering av anlegget
- Gjøre observasjoner i B6a som grunnlag for å vurdere framtidig tilstand i B6b
 - følge etableringen av marine samfunn
 - måle lys, temperatur, salinitet, turbiditet mm. – også utenfor i Bispevika - for å få oversikt over hvordan disse forholdene varierer gjennom året, og på ulike dyp, slik at det skaffes nødvendig kunnskap om viktige miljøforhold som i sin tur er avgjørende for hvilke organismer som kan trives i bassengene
- Etter hvert vurdere behov for tiltak for å sikre best mulig marint mangfold i bassengene, jfr. forslag i kapittel 7.

9 Referanser

Christie, H., Fredriksen, S., Magnusson, J. og Rueness, J., 2006. Marinbiologiske forbedringer i Bjørvika/Bispevika. Vurdering av muligheter. NIVA-rapport 5237-2006. 29 sider.

Molvær, J., 2018. Bispevika. Vurdering av vannutskiftning og miljøforhold i nordre vannbasseng. Molvær Resipientanalyse Notat. 7 sider.

Molvær, J. og Walday, M., 2014. Bispevika. Vurdering av vannutskiftning og vannkvalitet i planlagte kanaler og bassenger. NIVA-rapport 6669-2014. 30 sider.

Rinde, Eli; Sørensen, Elin Tanding (NMBU); Walday, Mats Gunnar; Fagerli, Camilla With; Christie, Hartvig; Staalstrøm, André; Barkved, Line Johanne; Simmons, Henry; Borchgrevink, Harald Bonaventura. 2019. Reetablering av biologisk mangfold i Oslos urbane sjøområder. NIVA-rapport 7426-2019. 68s.

Rinde, Eli; Sørensen, Elin Tanding. 2020. Innspill til marin landskapsarkitektur for å fremme et rikt plante- og dyreliv på byggetomt B6b. NIVA-notat 0523/20. 8s.

Staalstrøm, A., 2018. Forslag til plassering av inntak og utslippspunkt for vann til kjølesentral i Bispevika. NIVA-notat. 6 sider

Walday M. og Olsgard F. 2004. Ny senketunnel i Bjørvika. Biologiske førundersøkelser i november 2003. Bunnforhold kartlagt med ROV og bunnfauna innsamlet med grabb. NIVA-rapport 4832-2004. 30s.

Vedlegg A. Rinde & Sørensen 2020

NOTAT

28.november 2020

Mottakere: Oslo S Utvikling AS
Utarbeidet av NIVA v/: Eli Rinde og Elin Tanding Sørensen
Kopi:
Journalnummer: 0523/20
Prosjektnummer: 200283.Bisp

Sak: Innspill til marin landskapsarkitektur for å fremme et rikt plante- og dyreliv på byggetomt B6b

De viktigste begrensende faktorene for marint biologisk mangfold i urbane sjøområder er knyttet til terreng- og vekstflater, lystilgang ned i vannmassene, miljøvariabler som næringssalter og oksygen, miljøgiftbelastning, og andre menneskelige forstyrrelser. For å kunne lykkes med tilrettelegging av gode leveområder for marine dyr og planter bør det arbeides tverrfaglig for å oppnå de beste løsningene med hensyn til disse faktorene og eventuelt andre viktige parametere for stedegne arters overlevelse og vekst. God vannkvalitet er nødvendig for å fremme et rikt plante- og dyreliv under sjø. Dersom en lykkes med å etablere marint liv vil de ulike organismene kunne bidra til å bedre vannkvaliteten og til å skape flere leveområder for et større mangfold. Eksempler på slike nøkkelarter er blåskjell og sekkyr som filtrer partikler fra vannet og tang og ålegras som tar opp næringssalter, og som i tillegg skaper sitt eget 3-dimensjonale habitat. Det bør legges vekt på å tilrettelegge for marine arter som kan spille sammen – det vil si å utvikle gode marine nabolag som sørger for en balanse i det nye økosystemet. En må unngå å gjøre de samme feilene som på andre byggetomter i Oslo, der et stort nedfall av blåskjell og sekkyr blir liggende på bunnen og råtne, uten at det finnes tilstrekkelig med bunnorganismer til å ta hånd om det organiske materiale. Et rikt og friskt marint miljø vil også gi økt opplevelseskvalitet til urbane vannrom, noe som er viktig for menneskers helse og trivsel.

Dette innspillet bygger på rewild-rapporten til Oslo kommune (Rinde og Sørensen m.fl. 2019), felles erfaringer fra tidligere samarbeid mellom OSU og AF gruppen, våre felles forslag til diversitets-fremmende løsninger for kvartalet B6a, samt resultater fra NIVAs befarings av sjørommet til B6a mandag 23. november 2020. Denne befarings ble utført av Hartvig Christie (NIVA), sammen med Lars A. H. Grünfeld (en ny-utdannet mastergradsstudent ved NIVA) som brukte NIVAs undervanns-ROV for å sjekke ut hvilke marine arter som har klart å etablere seg i dette boligområdet, i løpet 1,5 år.

Vi gir først en kort oversikt av observasjonene fra befarings på B6a (**Figur 1**), noen generelle prinsipper for å skape et godt marint miljø knyttet til noen essensielle faktorer, der vi samtidig sier noe om hvilke av disse mulighetene som er aktuelle for B6b, før vi avslutter med å komme med noen konkrete forslag til plassering av relevante tiltak (**Figur 2**).

Resultater fra befaringen

Undervannsoptakene fra ROV-en viser en god del organisk materiale fra land som løv og sedimenter, både på «sjøbunnen» og på horisontale bygningsflater. Sedimentene virvles opp av ROV-en når den nærmer seg bunnen. Vi ser også mye løv i vannsøylen. Video-opptakene viser at det har slått seg ned kalkkrørsmark og mye sekkyr på mange av konstruksjonene i sjø i B6a etter å ha vært neddykket i kun 1.6 år. Det ser også ut som mye sekkyr har etablert seg på underkanten av byggene. Sekkyrene har slått seg ned både på vertikale og horisontale flater, og både på betong og stål. **Figur 1** viser noen av observasjonene som ble gjort på befaringen.

Generelle retningslinjer for å skape et godt marint miljø

Følgende faktorer må vurderes for å utvikle gode leveområder og et godt vannmiljø for marint liv:

1. Vannrommets undervannsterreng og vekstflater
2. Lystilgang ned i vannmassene, og andre viktige miljøparametere
3. Vannkvalitet og vannutskiftning
4. Forholdet mellom land og sjø – urban vannhåndtering

Deretter bør en vurdere hvilke stedegne arter som det er mulig å tilrettelegge egne løsninger for, i form av utvikling av **gode marine nabolag**.

Dette bør gjøres gjennom **ideutvikling og detaljprosjektering** for marin landskapsarkitektur. For å skape gode løsninger er det nødvendig å kunne endre på løsningene underveis. Dette krever **overvåking** av hvordan det marine livet utvikler seg, og **en adaptiv skjøtsel** av den *blå parken*, på tilsvarende måte som av grøntarealene på land.

Vannrommets undervannsterreng- og vekstflater

Manglende, eller uegna vekstflater i den urbane fjæra kan løses ved å modifisere glatte, rettvinklede strukturer og overflater. Det vil si å bygge opp habitater på betongarbeidsdekke, pilarer, nedtrappinger og byggenes vegger ned i sjø som tilfører en variert utforming av bærende strukturer og overflateteksturer. Felles for alle er at det må brukes marint-liv vennlig materiale, og at det legges opp til løsninger som kan skape positive ringvirkninger. Her er noen generelle løsninger:

- *Diversitetsfremmende habitat*, som tilbyr et mangfold av leverom og vekstflater i sin utforming. Slike mikrohabitat kan innlemmes på alle byggeflater, samt brygge og flytebryggekanter, og på undersiden av flytende installasjoner i sjø. Disse kan lages som ferdigfabrikkerte løsninger (et eksempel på en slik pilar er vist i **Figur 3**), eller kan ettermonteres i form av teksturer, vegghengte plantebed, hyller o.a. på pilarer, på nedtrappinger og på vegger under sjø.
- *Hengende marine hager* kan lages av habitatdannende og vannrensende arter som blåskjell-, flatøsters, tangarter og sukkertare, enten på tau fra bøyer og flytebrygger, eller fra underkanten av bygninger som på Tjuvholmen. Tang og sukkertare vil trenge lys for å trives, mens muslingene ikke stiller direkte krav til lys for å leve. Så lenge de får tilgang på matpartikler i vannmassene. De kan leve av både plante- og dyreplankton.
- *Harde- og bløte undervannshager* kan etableres på sjøbunnen. Tang som vokser på fjæresteiner kan flyttes inn i vannrommet, på konstruerte harde undervannshager. Tilsvarende kan ålegrasplanter flyttes og plasseres inn i undervannshager med bløte sedimenter. For at tang og ålegras skal kunne vokse må imidlertid lysforholdene være tilstrekkelig gode siden disse plantene trenger lys for livsnødvendig fotosyntese. Ålegras trenger mer lys enn tang for å trives.
- *Kunstige rev, krabbe- og hummerhus*, kan plasseres ut for å skape vekstflater og skjulesteder for både krepsdyr, fisk og andre organismer. Mindre steinrøyser og løse steiner kan gi husrom for både

strandkrabber og hummer. Krabber og hummer har viktige funksjoner som vaktmestere på sjøbunnen, og må være til stede for å rydde opp nedfalte blåskjell og sekkdyr som ellers vil bli liggende og råtne. Disse artene trenger ikke lys for å overleve, og kan plasseres på sjøbunnen under skyggende strukturer.

Blant løsningene nevnt over er det den første (diversitetsfremmende habitater – ferdigfabrikkert eller ettermonteres), samt sistnevnte løsning (etablering av kunstige rev som steinrøyshabitat, krabbe-, fisk- og hummerhus), som peker seg ut som de mest lovende for B6b. Det er for lavt under byggene til å kunne etablere hengende hager. Det kan vurderes å etablere harde- og bløte undervannshager som mindre oppbygninger av steinrøysgroper i henhold til mulig belastning for arbeidsdekket. Dette kan vurderes i sammenheng med muligheter for å bygge opp en levende marin sediment-bunn over tid, med mål om å kunne håndtere sedimentering av blant annet organisk materiale fra land. Dette kan potensielt oppnås ved å legge ut sand, og transplantere inn arter som børstemarken *Ophiodromus flexuosus*, som lever på overflaten av marin bløtbunn, og som i mindre grad vil være utsatt for lavt oksygennivå nede i sedimentene. Utsetting av strandkrabber kan også være nødvendig for å oppnå tilstrekkelig vaktmesterfunksjon til å ta seg av nedfalte sekkdyr. Fiskehus med tak, vil kunne gi vekstflater for flere arter filtrerende dyr i ly for «sedimentregn», samtidig som de gir skjulesteder for fisk og krepsdyr. Tilrettelegging av bløte undervannshager for å huse ålegras vil sannsynligvis kreve for mye masse til at arbeidsdekket tåler vekten. Dette siden det sannsynligvis vil være nødvendig å bygge opp den løfte sjøbunnen til ca. 1 m dyp for at ålegras, og muligens også tang, skal få tilstrekkelig lys til å kunne vokse der. Dette må vurderes i et tverrfaglig møte der også RIG er med og kan gi informasjon om belastning og muligheter. For både nye og planlagte konstruksjoner er det sannsynlig med påvekst av sekkdyr på både vertikale flater og på underkanten av bygningene, i lys av resultatene fra befaringen (**Figur 1**).

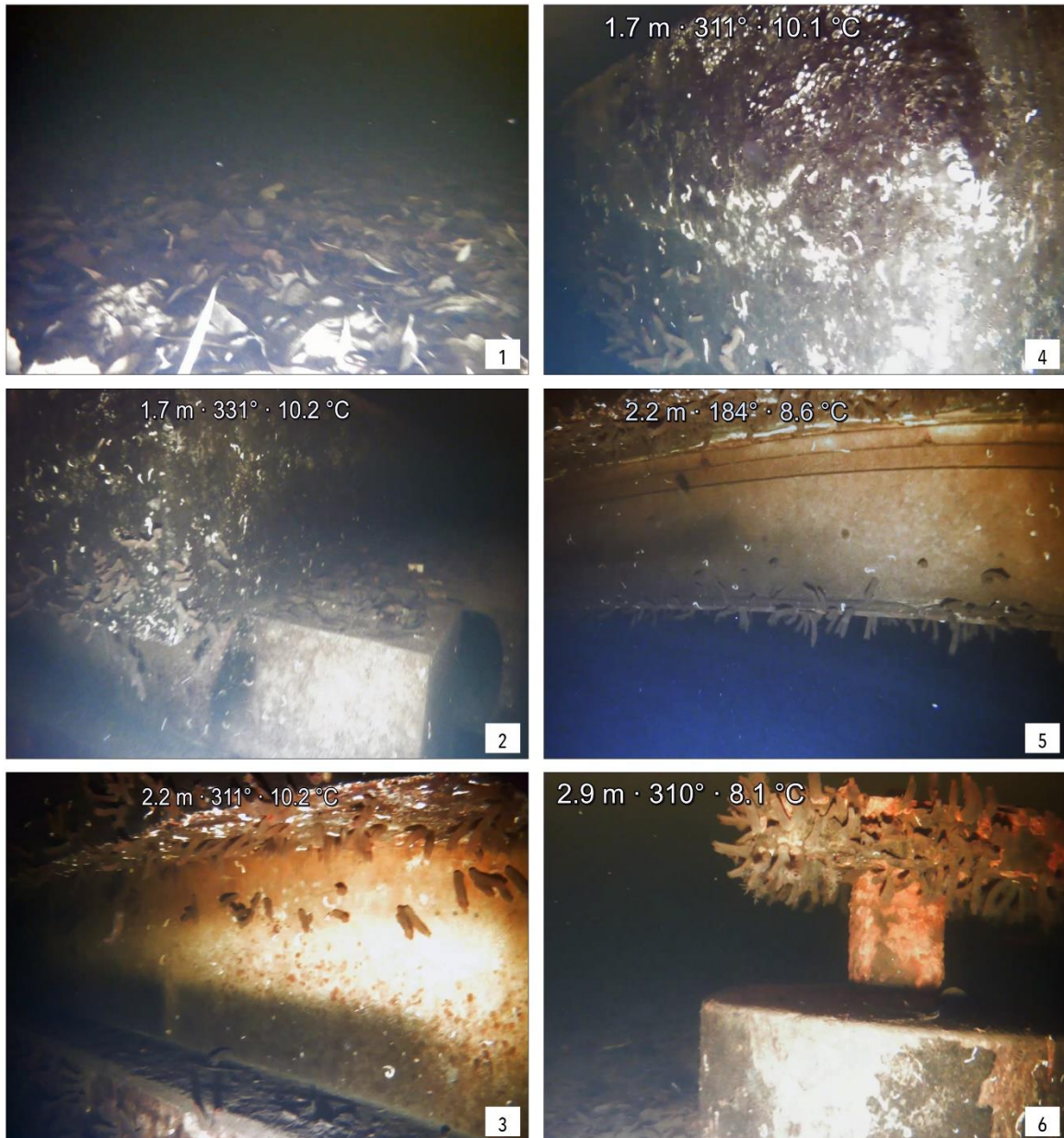
Lystilgang ned i vannmassene, samt variasjoner i salinitet og temperatur

Lystilgang i vannmassene handler både om andel partikler i vannet, mengde humusstoffer tilført fra land, og om skygge fra konstruksjoner over og på vannflaten, samt skygge fra høyhus. Flytende konstruksjoner i sjø skygger for vannmassene og sjøbunnen under. I prosjekteringen kan det sørges for å inkludere integrerte lysluker i brygger og flytende konstruksjoner (**Figur 2**). Etablering av filtrerende organismer som sekkdyr og blåskjell på strukturene i sjø, vil kunne bidra til å bedre vannkvaliteten i sjøområdet. Det vil være hensiktsmessig å måle lysforholdene på lignende sammenlignbare lokaliteter innad i området i B6a, for å få en oversikt over hvordan lysforholdene varierer gjennom året, og på ulike dyp. Tilsvarende målinger av salinitet og temperatur ved B6a, vil kunne gi nyttig informasjon om variasjoner også i disse faktorene, og vil kunne gi verdifull informasjon om hvilke arter som har mulighet til å overleve på de ulike dypene. På befaringen ble det observert et klart ferskere lag av vann mot overflaten. Hvor ferskt dette vannet kan bli, og hvor varmt det kan bli om sommeren, vil være bestemmende for hvilke arter som klarer å etablere seg i området over lengre tid. Et annet mulig tiltak er å overvåke sedimenteringsraten.

Forholdet mellom land og sjø

For vannkvalitet og marint biomangfold er det sentralt å se forhold mellom land og sjø i sammenheng. Livsbetingelsene i sjø er sterkt forbundet med påvirkninger fra land, som tilførsler av forurenset vann fra land ved regn og ekstremværhendelser som styrtregn. For kvartalet som helhet bør det legges inn løsninger for urban vannhåndtering, for å fange opp forurenset vann og for å forsinke avrenning av vann til sjø ved etablering av grønne vegger og biotoptak, vegetasjonsbufferoner langs vann, regnbed, permeable dekker, sandfang med mer.

For å lykkes med å skape gode livsbetingelser for marint liv ved B6b er det essensielt å få på plass en effektiv urban vannhåndtering for området.



Figur 1. Bilder hentet fra videoopptak med undervanns ROV fra befaringen 23. november 2020 ved Bispevika B6a. Opptakene viser en god del organisk materiale i form av løv, samt sedimenter transportert inn i bassengene fra land. Bildene viser eksempler på forekomst av sekkdyr og trekantmark, på ulike materialer og strukturer, og på vertikale og horisontale flater. Materialet er hentet fra filmopptak nr. 22706. ROV-pilot: Lars A. H. Grünfeld.

1. Organisk materiale i form av løv som ansamles på gulv. Løv samlet seg også på konstruksjons-utstikkere og "hyller".
2. Kalkrørsmark og sekkdyr på vertikal betongvegg. Her ser vi også at det samles løv og sedimenter på betonghyllen.
3. Struktur som ser ut som en ståldrager med noe sekkdyr og kalkrørsmark.
4. Vertikal, glatt betongstruktur med rur og mulig nedslag av blåskjell.
5. Struktur som ser ut som ståldrager med noe sekkdyr på undersiden.
6. Sekkdyr på siden og underkant av en metallkonstruksjon, og der den glatte betongpilaren har lite påvekst.

Vannkvalitet og vannutskifting

Løsninger som kan skape bølger, strøm eller omrøring av vannmasser kan forbedre vannutskiftingen og dermed vannkvaliteten i området. Her er noen aktuelle muligheter:

- I naturen er strandkanten irregulær og terrenget fra land til sjø har stor variasjon i bratthet og tredimensjonal utforming både vertikalt og horisontalt. Strukturer i sjøsonen kan utformes slik at de kan skape variasjoner i bølge- og strømningsforholdene i området.
- Tiltak som øker vannsirkulasjonen, kan være pumpeanordninger, som eksempelvis kan utformes som mindre vannfontener som både skaper bevegelse, oksygentilførsel og gir økt estetisk opplevelse av vannflaten. Bevegelser i vannmassene kan bidra til å "vaske vekk" opphopning av løv og sedimenter som kan "kvele" nytt marint liv.

Urban vannhåndtering og etablering / tilrettelegging av planter og dyr som har en rensende effekt som nevnt over, vil også ha en positiv effekt på vannkvaliteten. For å komme fram til gode løsninger for B6b, som kombinerer utforming av strukturer og tiltak som utløp av kjølevann, for å bedre vannkvaliteten, er det viktig at slike løsninger diskuteres, planlegges og designes av et tverrfaglig team. Om mulig kan det være hensiktsmessig å plassere marinvennlige løsninger i samspill med vannbevegelsen som oppstår av planlagte kjølevannsanlegg.

Gode marine nabolag

Tilsvarende som vegetasjon på land bidrar **tang og ålegras, blåskjell- og flatøstersbanker** med et mangfold av funksjoner til fordel for både natur og mennesker. Slike funksjoner kalles økosystemtjenester og omfatter deres rolle som habitat, skjulested, oppvekstområder, og matfat for et stort mangfold av både alger og dyr. Tang og ålegras har også stor betydning for rekreasjon og fiske. Frisk vegetasjon med et rikt dyreliv har stor betydning for folks opplevelse av naturen og fjordens betydning for friluftsliv og helse. Eksempler på positive samspill mellom nøkkelarter som finnes i Oslos urbane sjøområder:

- Blåskjell og sekkdyr renser vannet slik at ålegras og tang får mer lys ned i vannmassen. Blåskjell skaper tilsvarende som plantene, et 3-dimensjonalt-habitat som gir leverom for et mangfold av andre marine arter
- Krabber og hummer rydder sjøbunnen fordi de er åtseletere. Krabber og der dette er mulig, også hummer, må være til stede alle steder hvor det henges ut blåskjell-, sekkdyr- og tare-tau.
- Ålegras som vokser på bløtbunn binder sedimentene og reduserer erosjon, planten fører også oksygen ned i sedimentene. Både tang og ålegras bruker næringsalter for å vokse, og kan dermed utnyttes som naturbaserte løsninger for å rense vann for næringsalter.
- Tilrettelegging for filtrerende dyr som blåskjell, flatøsters, rur og sekkdyr fungerer som marine naturbaserte løsninger for rensing av vann.

For B6b er det særlig sekkdyr, blåskjell, rur og krabber som vil ha mulighet til å etablere seg, og som sammen kan bidra til renere vann og bunn.

Ideutvikling og detaljprosjektering for marin landskapsarkitektur

En prosjektering av løsninger som beskrevet over, må bygge på et tverrfaglig samarbeid mellom utbygger, arkitekter, marine landskapsarkitekter, ingeniører, marinbiologer og oseanografer. Flere viktige forhold må tas med i vurderingene:

- *Vekt og omfang av diversitetsfremmende modifikasjoner.* I arbeidet med B6a erfarte vi at foreslåtte tiltak for etablering av marint biomangfold ikke lot seg gjøre fordi foreslåtte modifikasjoner tilførte ekstra belastning som det ikke var dimensjonert for. For B6b er det også nødvendig med modifikasjoner for å oppnå gode livsbetingelser for marine planter og dyr. Belastning og dimensjonering må inngå i tidlig fase av prosjektering.
- *Materialvalg.* Det må brukes marint-liv vennlig materiale. For bygde strukturer bør muligheter innen marinvennlig betong kartlegges, sammen med andre aktuelle materialer som ikke gir forurensing til

sjø. Bruk av tre og teknisk porselen bør undersøkes. Dagens treprodukter som brukes også i sjø er vanligvis satt inn med en overflatebehandling som ikke er marinvennlig – og som avgir forurensede stoffer i vannmiljø.

- *Kartlegging og modellering av lysforhold.* Skygge fra høyhus vurderes alltid i hver utbygging med sol/skygge analyse. Disse analysene bør også vektlegges og modelleres for alle tilgrensende vannareal. I tillegg bør lystilgang ned i vannmassene modelleres og analyseres, jf. The Elliot Bay Seawall i Seattle, der de har designet fortau med lysluker basert på en 3d Max analyse av over 35 ulike formgivinger på lys-lukene med hensyn til mengde lys som nådde ned i vannmassene.
- *Ved utbygging og tiltak i sjø bør det settes krav om modellering av tiltakenes påvirkning på bølger, strøm og oksygenforhold.* Dette bør gjøres gjennom et tverrfaglig samarbeid slik at alternative løsninger blir vurdert.

Overvåking og adaptiv skjøtsel

Som for grøntarealer på land er det nødvendig med overvåking og adaptiv skjøtsel av tiltakene som settes i verk i sjø. Det må være mulig å kunne endre tiltak underveis ved behov.

Alle former for blågrønnstruktur må skjottes og følges opp. For etablering av liv under vann må det lages skjøtselsplaner tilsvarende som for grøntanlegg på land. Det gjelder både oppfølging av samspill mellom marine planter og dyr, som å rydde opp på bunn ved nedfall av dødt terrestrisk og marint materiale. Det gjelder også fjerning av uønskede planter og dyr (fremmede arter og "ugress"), som trådalger, japansk drivtang og stillehavsøsters.

Forslag til plassering av løsninger nevnt over, og andre mulige tiltak

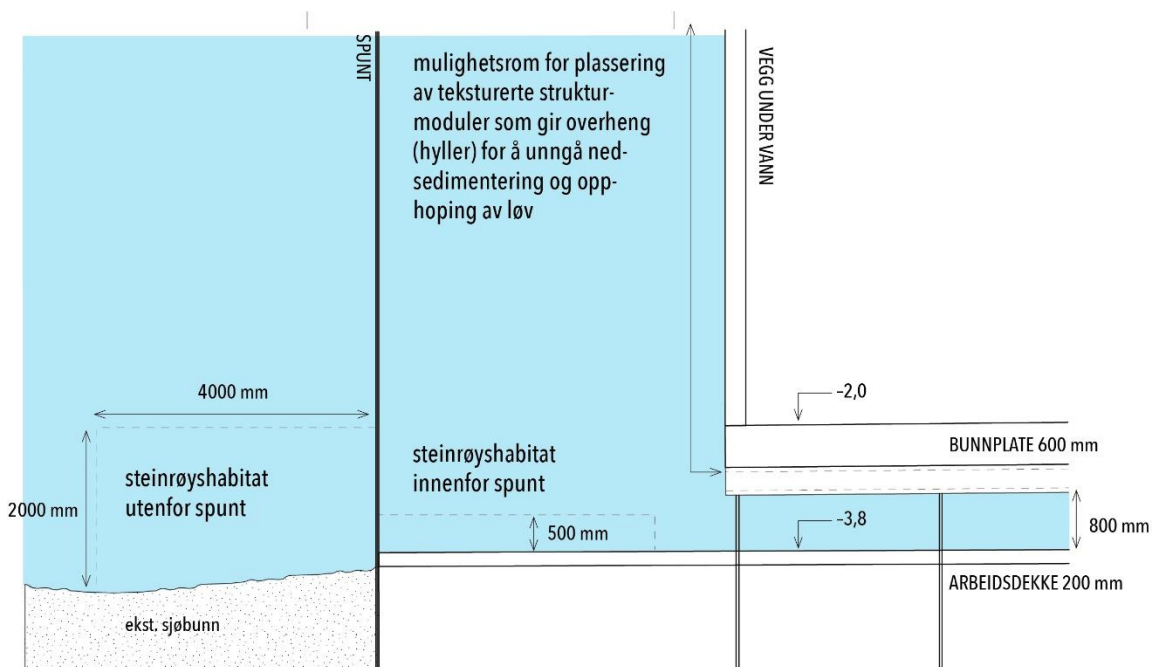
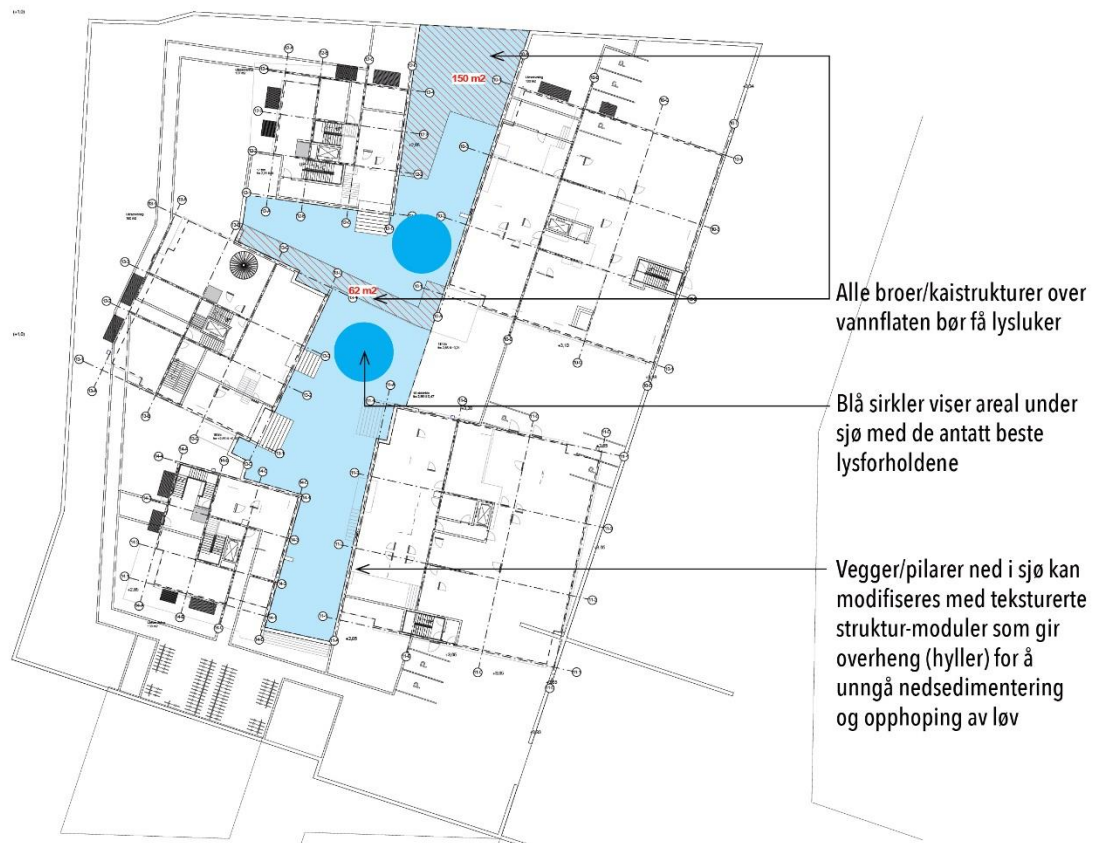
Plassering av mulige tiltak som lysluker og ettermontering av teksturerede "fliser" på bærende pilarer og vegger under vann er vist i **Figur 2**. RIG må vurdere belastningen fra slike objekter. Områder med de antatt beste lysforholdene for vekst av tang er også illustrert i denne figuren. Her kan det være mulig å kunne etablere tang i vegghengte plante bed, eller under lysluker i kaiplater og broovergang-strukturer. Alternativt, vil det også kunne være mulig å etablere blåskjellbanker/flatøsters rev, på grunne strukturer under slike lysluker.

Et mulig tiltak er som nevnt å legge ut sand for å skape ny bløtbunn, slik at det over tid kan dannes marin bløtbunn som kan gi habitat til marine organismer, dersom oksygenforholdene blir tilstrekkelig gode.

Kunstig rev laget av sprengstein langs spunt har et stort potensial til å skape leverom for krabber og små fisk. Det er mulig at området er for grunt til at hummer vil kunne trives. På spuntens utside kan det fylles opp et areal med ca. 4 m dybde og ca. 2 m høyde langs hele spuntveggen som er 230 m lang. Dette gir et volum på ca. 2.000 m³. Foreslåtte steinstørrelser er tenkt fra ca. fra 20-300 mm.

Det beste for etablering av marint liv er at steinrøyshabitatet utformes organiske og variert, både i horisontal og vertikal utforming og med stor variasjon i steinstørrelser. Som geologisk materiale anbefales kambrosilurbergarter som tilsvarer naturlige svaberg i indre Oslofjord. Steinrøysa kan gi boliger til hummer og krabber som hjelper til med å rydde på bunnen. Det kan legges opp større stein nederst mens topplaget bør være lokal kambrosilurstein. Steinene bør ikke være skarpe da det kan skade småfisk. For å tilrettelegge for hummer bør det lages huler på ca. 3 m² jf. prefabrikkerte hummerhus: L = 60 cm, B = 50 cm, H = 20-30 cm (0,09 m³). Hummer må ha avstand mellom seg og hummerhuler bør lages i en avstand på minst 20-30 meter mellom hvert hus. Langs en 230 m lang vegg vil det si ca. 8 hummerhuler. Steinrøysa kan danne husrom også for fisk, krabber, sekkedyr, anemoner, kalkrørsmark, blåskjell med mer. Lysforholdene kan være for dårlige til at det vil slå seg ned tang der.

I forrige designrunde jobbet vi med å skaffe kambrosilursprengstein fra tunell i Sandvika. Det bør undersøkes om det er mulig å skaffe tilsvarende materialer for dette formålet.



Figur 2. Plan og prinsipsnitt med henvisninger til aktuell plassering av marinvennlige tiltak. Øverst: Plan (ute av målestokk) laget av OSU/ Vandkunsten 2020. Nederst: Prinsipsnitt laget av Rinde & Sørensen 2020.

Våre anbefalinger for å fremme marint liv er kort oppsummert:

- Måle lys, temperatur og salinitetsforhold i sammenlignbare lokaliteter innad i området i B6a, for å få oversikt over hvordan disse forholdene varierer gjennom året, og på ulike dyp, slik at det skaffes nødvendig kunnskap om viktige miljøforhold som er avgjørende for hvilke organismer som kan trives
- Utrede om strukturer i sjøsonen kan utformes slik at de kan skape variasjoner i bølge- og strømningsforholdene i området
- Vurdere tiltak som øker vannsirkulasjonen
- Etablere diversitetsfremmende habitater – ferdigfabrikkert eller ettermontert, på vegger og pilerar
- Etablere kunstige rev som steinrøyshabitat, krabbe-, fisk- og hummerhus på sjøbunnen,
- Teste ut muligheten av å bygge opp en levende marin sediment-bunn ved å legge ut sand, og eventuelt transplantere inn arter som børstemarken *Ophiodromus flexuosus*
- Teste utsetting av strandkrabber som en løsning for å oppnå tilstrekkelig vaktmesterfunksjon
- Teste utsetting av fiskehus med tak, som vil gi vekstflater for flere arter filtrerende dyr i ly for «sedimentregn», samtidig som de gir skjulesteder for fisk og krepsdyr.
- Etablere lysluker i brygger og flytende konstruksjoner
- Utvikle en effektiv urban vannhåndtering for området.
- Utvikle skjøtselsplaner for de blågrønne strukturene

Det må brukes marint-liv vennlig materiale i alle de foreslåtte løsningene.



Figur 3. Eksempler på 3-dimensjonalt leveområde. Øverst: et hummersteinrøyshabitat. Venstre: illustrasjon av muligheten for 3-D printing av pilerar med en tekstur inspirert av ruglbunn-dannende kalkalger. Nederst: rosa kalkalgebunn, undervannsfoto ved Janne K. Gitmark. 3D-visualiseringer ved Ivar Kjellmo etter konsepter av Elin T. Sørensen 2020.



Kilde:

Eli Rinde, Elin T. Sørensen, Mats Gunnar Walday, Camilla With Fagerli, Hartvig C. Christie, André Staalstrøm, Line Johanne Barkved, Henry Simmons, Harald Bonaventura Borchgrevink (2019). *Reetablering av biologisk mangfold i Oslos urbane sjøområder*. Oslo: NIVA & NMBU, oktober 2019. Rapport 7426-2019. 78 sider.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no