



Søreide Båt & Fritidspark AS  
Grimstadveien 93  
5252 Søreidgrend  
[per@bergen-marine.com](mailto:per@bergen-marine.com)

Bergen, 15. februar 2013

## Om båthavn og vannutskifting i Dolviken

Det arbeides med reguleringsplan for et område i Dolviken hvor det er planlagt ny småbåthavn med flytebrygger og innendørs skjulte båtplasser på land (båthotell) i regi av utbygger Søreide Båt & Fritidspark AS. Det nye anlegget planlegges knyttet sammen med eksisterende bryggeanlegg på vestsiden i Dolviken, bestående av 400 båtplasser pr. i dag. Utvidelsen planlegges med ca. 300 båtplasser i sjø i tillegg til innendørs båtplasser på land. Videre er det åpnet for en mulig utvidelse med en nytt og større anlegg på vestsiden og langs utløpssundet fra Dolviken, der det skal være mulig å samle alle de eksisterende båthavnene i Dolviken.

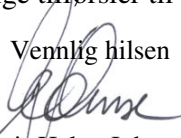
Det er fra kommunens side påpekt problemer med økende grad av forurensing som følge av en terskel som hindrer god utskifting av vann i dypere lag i Dolviken. Dette er utdypet i notat fra vann- og avløpsetaten til avdeling for areal og transportplanlegging, byplan, miljø av 5.juli 2010, der det konkluderes med at *vi frarår at småbåthavn i Dolviken utvides.*

Rådgivende Biologer AS er på dette grunnlag bedt om å bistå med betraktninger rundt vannutskifting og miljøforholdene i Dolviken i forbindelse med planene for ny småbåthavn og eventuelt også en samling og omlokalisering av de fem småbåthavnene i området. Vedlagte konsekvensvurdering oppsummeres slik:

- Dolviken er fra naturens side et tersklet sjøbasseng der det periodevis vil kunne opptre oksygenfattige forhold i dypvannet, antydnet gjennom modellering med Fjordmiljømodellen, og bekreftet av resultatene fra Byfjordundersøkelsene. Resultatene antyder ikke noen utvikling eller endring i omfang av dette forholdet.
- Økende innhold av miljøgifter og tungmetaller i sedimentet i Dolviken skyldes blant annet tilførsler fra båthavnene i indre del av Dolviken, sammen med tidligere kloakkutslipp og andre tilførsler. Et nytt og tidsriktig båthavnanlegg med oppsamlingssystem på land, vil ha svært små tilførsler til sjø, og en eventuell neste utvidelse med sanering av gamle og lite miljømessig bærekraftige båthavner, vil i stor grad bidra til at dagens tilførsler til miljøet også fjernes.
- Flytebrygger påvirker i neglisjerbar grad vannutskifting og vannhastighet i Dolviken. En moderat lokal reduksjon i vannhastighet i den øverste meteren av vannsøylen i selve båthavnen påvirker heller ikke den generelle sedimentasjonsraten for partikler i bassenget. –

Hovedutskiftingen av vann skjer under dette overflatelaget, og påvirkes ikke av flytebrygger. Verken en ny og miljømessig bærekraftig båthavn i seg selv, eller en eventuell samling av båthavnene, vil være i konflikt med kommunenes tre spesifikke krav i nevnte notat. Nye og tidsriktige båthavner medføre ikke særlige tilførsler til sjø.

Vennlig hilsen

  
Geir Helge Johnsen  
Dr.philós. / daglig leder



Rådgivende Biologer AS

Vedlegg: Vurdering av konsekvenser for vannutskifting og miljø i Dolviken



## Vurdering av konsekvenser for vannutskifting og miljø i Dolviken

### Tiltaket

Det arbeides med reguleringsplan for et område i Dolviken hvor det er planlagt ny småbåthavn med flytebrygger og innendørs skjulte båtplasser på land (båthotell) i regi av utbygger Søreide Båt & Fritidspark AS. Det nye anlegget planlegges knyttet sammen med eksisterende bryggeanlegg på vestsiden i Dolviken, bestående av 400 båtplasser pr. i dag. Utvidelsen planlegges med ca. 300 båtplasser i sjø i tillegg til innendørs båtplasser på land. På sjøen vil det da bli plassert flytebrygger fra land på vestsiden av sundet inn til Dolviken og ut mot midten av sundet (**figur 1**). Arealet er avsatt til formålet i gjeldende kommuneplan. Flytebryggene med betongflyte-elementer vil stikke 0,5 – 0,8 meter ned i vannet.

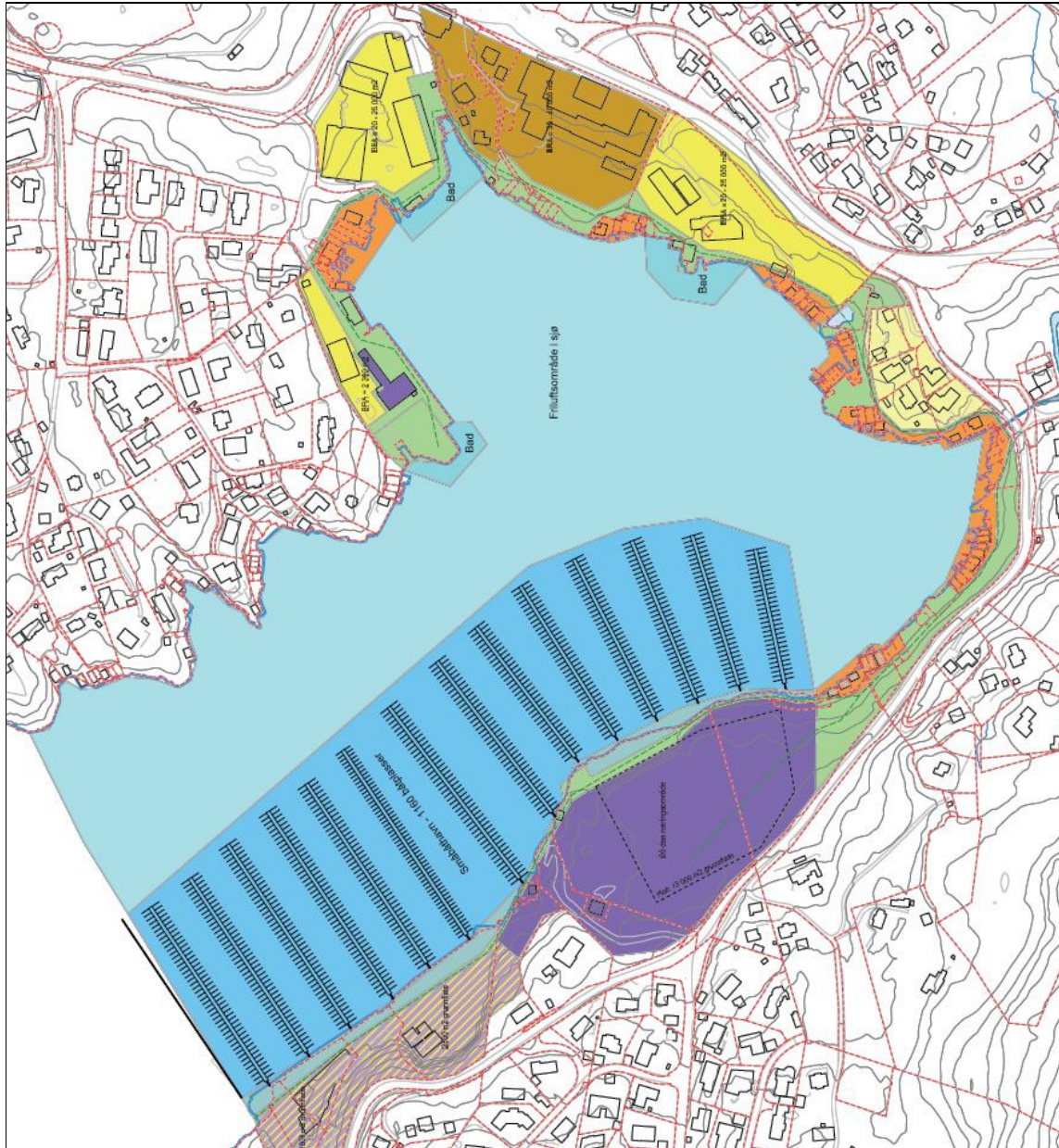


**Figur 1.** Tiltaksområdet for den planlagte nye båthavnen i Dolviken vist med blå farge.



## Tiltaket – mulig trinn 2

Det planlegges også som et eventuelt trinn 2, å flytte og samle eksisterende småbåthavner i Dolviken i en ny og tidsriktig større småbåthavn i et nytt område på vestsiden og langs utløpssundet fra Dolviken og utover indre del av Grimstadneset. Det opereres da med planer for flytebrygger med kapasitet på til sammen 1160 båter og minimum 500 plasser i innendørs reolanlegg (**figur 2**). Det er da tenkt at dette nye anlegget kan samle de eksisterende 740 båt plassene i Dolviken, som i dag er spredt på 4 kommersielle og 1 dugnadsbasert småbåthavn.



**Figur 2.** Tiltaksområdet for eventuell utvidelse av den nå planlagte småbåthavnen, med tanke på flytting og samlokalisering av alle eksisterende båthavnene i Dolviken.



## Mandatet for dette dokumentet

I forbindelse med reguleringsplanarbeidet for denne båthavnen, er det fra kommunens side påpekt problemer med økende grad av forurensing som følge av en terskel som hindrer god utskifting av vann i dypere lag i Dolviken. Dette er utdypet i notat fra vann- og avløpsetaten til avdeling for areal og transportplanlegging, byplan, miljø, datert 5.juli 2010. Siste rapport fra Byfjordundersøkelsene fra 2004 konkluderer med at forholdene i Dolvikens *dypvann er blitt vesentlig dårligere i sedimentene, og det antas at utbygging av marinaer i området er hovedkilden. Bryggene fungerer som lenser, slik at overflatevannet ikke blir ført ut og inn i området som tidligere. Det betyr at partikler, både organiske og andre i mye større grad enn tidligere sedimenterer i den indre del av Dolviken (fra nevnte notat).* På dette grunnlag konkluderer notatet slik, med påfølgende begrunnelse:

### ***Vi frarår at småbåthavn i Dolviken utvides.***

*Arnavågen er en 24 meter dyp poll med et terskeldyp på 7 meter. Her bidrar Arnaelven til noe utskifting i overflatevann. Det er likevel et sårbart område innerst i vågen med lave oksygenkonsentrasjoner og tidvis hydrogensulfid i bunnvannet. Eventuell utvidelse av småbåthavn i Arna bør derfor legges til festtangen som ligger utenfor terskelen.*

Det antas at Arnavågen her er brukt som et tilsvarende eksempel, og kommunen foreslår følgende kriterier i tillegg:

- 1. Nye anlegg skal lokaliseres i områder som har god vannutskifting*
- 2. Nye anlegg skal være tilrettelagt med vannforsyning og avløp, inklusiv tømning av septik fra småbåter*
- 3. Nye anlegg skal iverksette tiltak for å hindre forurensing på land og i sjø.*

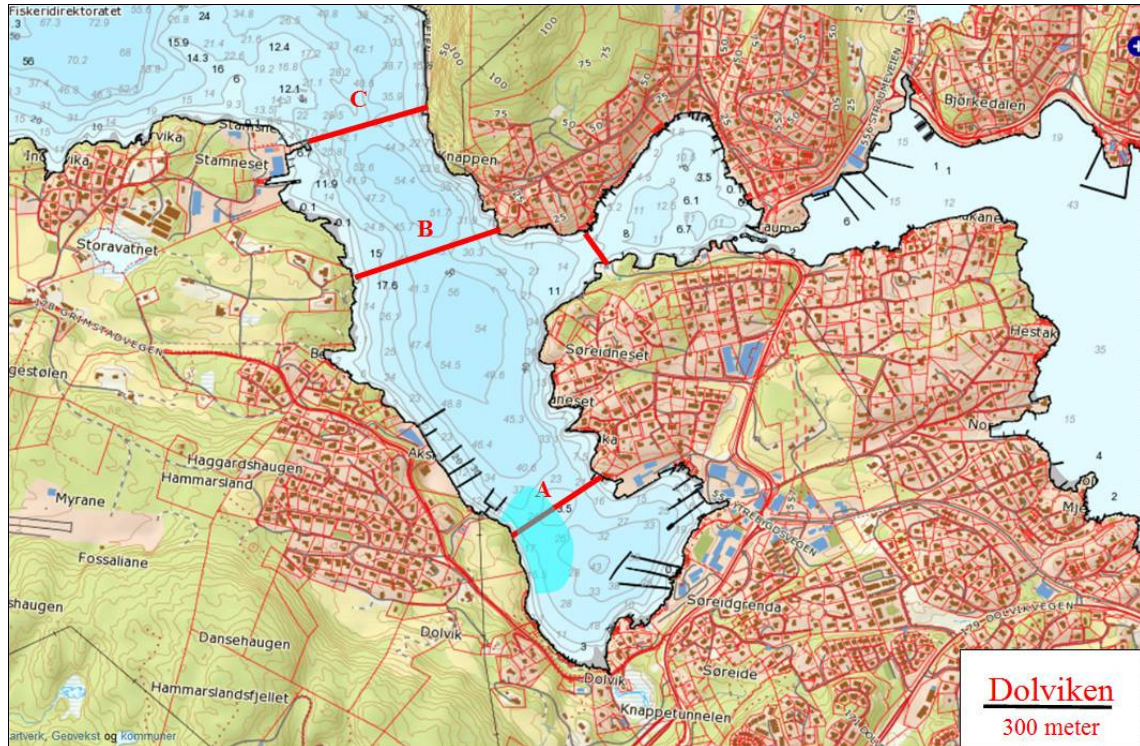
Rådgivende Biologer AS er på dette grunnlag bedt om å bistå med betraktninger rundt vannutskifting og miljøforholdene i Dolviken i forbindelse med planene for ny båthavn på allerede avsatt område i kommuneplanen, med eventuell utvidelse med hensyn på samling og omlokalisering av de fem småbåthavnene i området i neste omgang.

Det er også foretatt en enkel vurdering av hvorvidt deponering av steinmasser ved det dypeste i Dolviken vil være til nytte for miljøet, og eventuelt hvordan dette da må gjennomføres.



## Dolviken

Dolviken er en bukt innerst i Grimstadvfjorden i Bergen kommune, innenfor utløpet av Nordåsvatnet. Dolviken har et dypbasseng med angitt 43 meters maksimal dyp, og det er flere terskler utover som definerer vannutskiftningen til de dypere og indre områdene. Den grunneste terskelen (A i **figur 3**) ligger i indre del av det aktuelle planområdet (mørk blå i **figur 3**).



**Figur 3.** Dybdekart for indre deler av Grimstadvfjorden, med tersklene A-C tegnet inn og tiltaksområdet for aktuell reguleringsplan markert med blått på sjøen.

Terskel A ligger med en grunne på 13,5 meters dyp midt i sundet, der det på begge sider er over 20 meter dypt, og omtrent 24 meter dypt i løpet vest for grunnen. Ved overflaten er sundet her omtrent 240 meter bredt, og det er fremdeles omtrent 75 meter bredt på 20 meters dyp. Samlet vertikalt tverrsnitt i sundet er anslått til nesten 3.900 m<sup>2</sup> (**vedleggstabell 1**).

Den planlagte nye småbåthavn ligger også over et litt større dypbasseng utenfor Dolviken ved utløpet fra Nordåsvatnet. Det har et relativt flatt dypområde på over 50 meters dyp, der det er omtrent 56 meter på det dypeste. Her er ytre avgrensning en terskel ved sørvestspissen av Knappen (B i **figur 3**). Denne terskelen er 44 meter dyp, og sundet er 355 meter bredt ved overflaten, og har et samlet vertikalt tverrsnitt på 10.370 m<sup>2</sup> (**vedleggstabell 2**).

Det er også en noe smalere terskelprofil noe lenger nord ved utløpet til selve Grimstadvfjorden (C i **figur 3**). Dette sundet er 270 meter bredt, terskelen er omtrent 41 meter dyp og vesentlig smalere i dypet enn den innenforliggende terskelen, og den har et samlet vertikalt tverrsnitt på 7.220 m<sup>2</sup> (**vedleggstabell 3**).



Det indre bassenget i Dolviken, innenfor terskel A i figur 2, er 132.250 m<sup>2</sup> stort, altså 43 meter dypt, har et samlet volum innenfor terskelen på omtrent 2.645 millioner m<sup>3</sup>, og en gjennomsnittsdyp på 20 meter (**vedleggstabell 4**).

Det planlagte tiltaket ligger i hovedsak utenfor terskelen inn til indre Dolviken, til et basseng med 56 meters største dybde innenfor terskel B i figur 2. Samlet areal av de to indre bassengene er 0,4 km<sup>2</sup>, de to bassengene har til sammen et volum innenfor terskelen på 11,4 millioner m<sup>3</sup>, og et gjennomsnittsdyp på 28,3 meter (**vedleggstabell 5**).

## Tidevannutskifting

Hovedutskiftingen av vann til Dolviken skjer gjennom det to ganger daglig inn og utstrømmende tidevannet. Høydeforskjellen mellom middel flo og middel fjære i Bergen er på 90 cm. Verdier for ulike nivåer av tidevann er hentet fra *Tidevannstabeller for den norske kyst 2009, 72 årgang*, for standardhavn Bergen uten videre korreksjon (**tabell 1**).

**Tabell 1.** Tidevannsvariasjon i Bergen og Dolviken.

Standardhavn: <b>Bergen</b>		Høyder
	Høyeste observerte vannstand (1990)	241 cm
Høyvann:	Høyeste astronomiske tidevatn (HAT)	180 cm
	Middel spring høyvann (MHWS)	151 cm
	Middel høyvann (MHW)	135 cm
	Middel nipp høyvann (MHWN)	119 cm
	Middelvann (MSL)	90 cm
Lavvann:	Middel nipp lavvann (MLWN)	61 cm
	Middel lavvann (MLW)	45 cm
	Middel spring lavvann (MLWS)	29 cm
	Laveste astronomiske tidevann (LAT)	0 cm
	Laveste observerte vannstand (1989)	-42 cm

Nordåsvannet ligger som en dempende faktor med sin betydelige forsinkelse av tidevanns-bølgen i området utenfor Straume bro, men for enkelhets skyld er tidevannsforskjellene i Bergen benyttet for Dolvikens indre basseng.

Dette bassenget har et areal på 123.250 m<sup>2</sup>, og tidevannsvolumet mellom flo og fjære er da 111.000 m<sup>3</sup>. Dette skal inn og ut sundet inn til Dolviken hver 12,5 time og med en enkel fordeling blir det da en vannmengde på omtrent 5 m<sup>3</sup>/s i gjennomsnitt enten inn eller ut i sykluser på vel 6 timer. Den innerste terskelen har et vertikalt tverrsnitt de øverste 5 meterne på 1.175 m<sup>2</sup> og de øverste 10 meterne på 1.250 m<sup>2</sup>. Det gir en tidevannshastighet på under 0,5 cm/s i disse øvre delene av vannsøylen.



## Ferskvannstilrenning

Dolviken har et lite og lokalt nedbørfelt på oppunder 1 km<sup>2</sup>. Det renner inn en liten bekk fra sør, som drenerer omtrent halvparten av dette lokale feltet.

Spesifikk avrenning i feltet er 58 l/km<sup>2</sup>/s, alminnelig lavvannføring er 7,4 l/km<sup>2</sup>/s og 5-persentiler sommer og vinter er henholdsvis 4,4 og 15,2 l/km<sup>2</sup>/s. Med antagelse om et lokalt felt på 1 km<sup>2</sup>, blir dette også de aktuelle tallene for tilrenning av ferskvann.

En middelvannføring til Dolviken på 0,058 m<sup>3</sup>/s utgjør i størrelsesorden 1 % av tidevannets volum. Dolviken er dermed ikke særlig ferskvannspåvirket av sitt lokale felt, men det kan påregnes at tilstrømming av utstrømmende tidevann fra Nordåsvannet gjør Dolviken noe mer ferskvannspåvirket enn avrenningen fra det lokale feltet skulle tilsi.

Målinger av sjiktning i vannsøylen i indre bassenget i Dolviken i forbindelse med Byfjordundersøkelsene i 2003 (**tabell 2**), viser at vannsøylen har tre ”klassiske” sjikt.

Øverst er et tynt ferskvannspåvirket lag på omtrent 2 meter med saltholdighet på 23-30 ‰, med lavest saltholdighet i perioder med mye nedbør. Under dette og ned til terskelnivå er det saltere (31-32 ‰) og tidvis også varmere tidevannssjikt. Dypest og under terskelnivå er det et enda saltere (33 ‰) og tidvis oksygenfattigere dypvann.

**Tabell 2.** Hydrografiske målinger i Dolviken i 2003 (fra Johansen mfl. 2004).

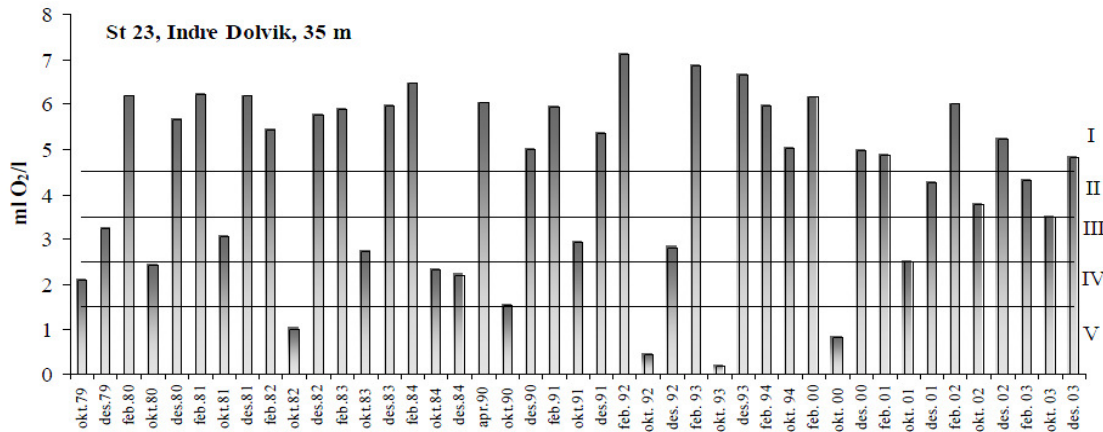
St 23, Indre Dolviken				
Parameter	Dyp	26.3.03	23.10.03	17.12.03
Sikt (m)		16 m	For mørkt	12 m
Temp.	0	4,29	7,14	7,20
° C	2	4,29	9,30	7,32
	5	4,32	10,05	8,20
	10	4,37	10,07	8,31
	15	4,50	10,93	8,51
	20	5,00	10,94	8,66
	35	6,81	9,40	9,58
Salinitet	0	30,08	26,78	22,94
psu.	2	30,98	27,15	26,95
	5	31,58	28,94	32,06
	10	31,81	31,63	32,17
	15	32,02	32,15	32,29
	20	32,32	32,49	32,40
	35	33,48	33,29	33,15
Tetthet	0	23,88	20,97	17,91
σ <sub>t</sub>	2	24,59	20,98	21,06
	5	25,06	22,26	24,96
	10	25,24	24,34	25,05
	15	25,39	24,59	25,14
	20	25,58	24,86	25,23
	35	26,27	25,74	25,74
Oksygen	0	7,12	6,51	6,26
(ml/l)	2	7,11	6,53	6,08
	5	7,05	6,02	5,95
	10	7,00	5,06	5,90
	15	6,81	4,92	5,88
	20	6,70	4,82	5,86
	35	4,31	3,48	4,81
Oksygen	0	95,55	91,58	86,06
metning (%)	2	95,97	96,88	86,01
	5	95,66	91,84	88,74
	10	95,26	78,55	88,25
	15	93,01	78,11	88,43
	20	92,83	76,73	88,52
	35	62,89	53,81	74,58





## Oksygen i dypvannet

Byfjordundersøkelsene har målt oksygen i Dolviken flere ganger årlig i en årrekke, og disse er oppsummert etter undersøkelsene i 2003 (Johansen mfl. 2004). I Indre Dolviken har det på høsten i enkelte av årene vært målt svært lave oksygenkonsentrasjoner på 35 meters dyp, og da er det enda lavere ved det dypeste på 43 meter. Videre synes det å være typisk at det etter slike lave oktober-målinger har skjedd en utskifting av dypvann fram til neste måling i desember. Det skjer også videre fornying av dypvann utover vinteren, og ofte stiger oksygeninnholdet ytterligere forbi nyttår til februar-målingene (**figur 3**).



**Figur 3.** Oksygeninnhold på 35 meters dyp nær det dypeste i indre basseng av Dolviken, målt flere ganger årlig i en årrekke i forbindelse med Byfjordundersøkelsene. Figuren er hentet fra oppsummeringen etter undersøkelsene i 2003 (Johansen mfl. 2004).

## Dypvannsutskifting

Bak og innenfor terskelen til Dolviken på 24 meters dyp, ligger innestengt dypvann ned til det dypeste på 43 meter, altså en stagnerende vannsøyle på 15-19 meters høyde. Dette volumet utgjør omtrent 1/5 av hele bassengets volum.

I dette stagnerende dypvannet er tettheten vanligvis større enn i det daglig innstrømmende tidevannet, og her foregår det to viktige prosesser. For det første forbrukes oksygenet i vannmassene jevnt på grunn av biologisk aktivitet knyttet til nedbryting av organisk materiale. Enkle beregninger ved hjelp av Fjordmiljømodellen (Stigebrandt 1992) viser at oksygenforbruket i dypvannet er omtrent 1 ml/l/mnd, hvilket tilsier at det går vel et halvt år før alt oksygenet er brukt opp.

For det andre skjer det en jevn tetthetsreduksjon i dypvannet på grunn av daglige mekaniske påvirkning av det inn- og utstrømmende tidevannet. Siden munningen her ikke er trang og kanalformet, vil det inn- og utstrømmende tidevannet ikke ha stor fart, og påvirkningen på de underliggende vannmassene vil bli liten. Når tettheten i dypvannet er blitt så lav at den tilsvarer tidevannets tetthet, kan dypvannet skiftes ut med tilførsel av friskt vann helt til bunns i bassenget. Beregninger fra Fjordmiljømodellen (Stigebrandt 1992) tilsier en tetthetsreduksjon på 0,115 kg/m<sup>3</sup>/mnd, og at det da vil gå omtrent ett år før tettheten er redusert til tidevannets tetthet.



Vinterstid kan også tyngre og saltere vannmasser komme nærmere overflaten i sjøområdene langs kysten, fordi ferskvannspåvirkningen til kystområdene da er liten og brakkvannslaget blir tynnere. Dersom dette tyngre vannet kommer opp over terskelnivå, vil en kunne få en fullstendig utskifting av dypvannet innenfor terskelen. Hyppigheten av slike utskiftinger avhenger i stor grad av terskelens dyp,- jo grunnere terskel jo sjeldnere forekommer utskiftinger av denne typen. I Dolviken ser dette ut til å skje allerede før nyttår og videre utover vinteren da tidevannet langs kysten vanligvis er tyngst.

I bassengvannet vil balansen mellom disse to nevnte prosessene avgjøre miljøtilstanden i dypvannet. Siden oksygenforbruket er stort, vil oksygenet bli brukt opp raskere enn tidsintervallet mellom dypvannsutskifting, og det vil da oppstå oksygenfrie forhold og etter en tid kan det også forekomme dannelse av hydrogensulfid i dypvannet. Da kan det bli ulevelig for høyerestående organismer som er avhengig av oksygen. I Dolviken skjer dette utover våren, sommeren og høsten, da ferskvannsinholdet i overflatevannet er høyest. Oksygenminimum i dypvannet forekommer da seinhøstes.

## Sedimentkvalitet

Byfjordundersøkelsene fra 2003 viste at tungmetaller, PCB, PAH og tinnorganiske forbindelser i indre bassenget i selve Dolviken forekom i høyere konsentrasjoner i sediment fra dypt vann enn i sediment fra grunt vann. Sedimentet i dypet av Dolviken var moderat til markert forurenset av tungmetallene bly, sink, kadmium, kvikksølv og kobber, mens sedimentet var ubetydelig til lite forurenset av krom. Sedimentet i den dype delen av Dolviken var markert forurenset av PCB og PAH, sterkt forurenset av benzo(a)pyren og meget sterkt forurenset av tributyltinn. Bunnfaunaen var også betydelig mer artsrik på 31 m dyp enn den var dypere enn 37 m dyp i indre Dolviken. Dette kan være relatert til forekomsten av miljøgifter og av tidvis lavt oksygeninnhold i dypvannet (Johansen mfl. 2004).

Dolviken mottok da tilførsler fra utslipp fra bebyggelsen og småbåthavner, og mellom Dolviken og Nordåsvannet ligger Ruskeneset septikkslamstasjon som var i drift fra 1964 til 1980. I 1979, da utslippene var på det største, ble det sluppet ut ca. 17 000 m<sup>3</sup> septikkslam på ca 15 m dyp ved Ruskeneset. Det gamle utslippet setter fortsatt sitt preg på sjøbunnen ved Ruskeneset utenfor indre basseng i Dolviken (Johansen mfl. 2004).

## Om virkning av småbåthavner

Klif (2010) har fått kartlagt forurensing i en rekke utvalgte småbåthavner i Norge. Både Bergen seilforening og den mye mindre Nordås Marina i Bergen inngår i denne undersøkelsen. Undersøkelsen avdekket at den viktigste hovedkilden til forurensing fra småbåthavnene relater seg til spyling og vedlikehold av skrog på land. Slikt vedlikehold genererer et materiale som inneholder høye konsentrasjoner av flere tungmetaller og organiske miljøgifter som organiske tjærestoffer, tinnorganiske forbindelser og PCB. Konsentrasjonen av disse stoffene foreligger typisk i tilstandsklasse IV og V. Det er også observert at konsentrasjonen av metaller i flere prøver av slikt materiale er så høy at dette må karakteriseres som farlig avfall.



På basis av erfaringene med de ulike småbåthavnene, anbefaler rapporten at det gjøres tiltak for innsamling av materiale fra spyling og puss av skrog slik at dette kan innleveres til godkjent mottak. Videre bør det være lett tilgjengelig sted for innsamling av farlig avfall i småbåthavnene slik at dette ikke havner i uegnede avfallsstrømmer.

Ved å etablere et helt nytt anlegg der samtlige eksisterende båtplasser samles, har man en meget god anledning til å etablere miljømessig og tidsriktige oppsamlingssystem på land med sandfangskum for å hindre tilførsler til sjø, slik Klif (2010) skisserer i sin rapport. Eksisterende båthavner i Dolviken har i mindre grad slike ordninger på plass, og innhold av miljøgifter og tungmetaller i sedimentet ved det dypeste i Dolviken viser dette med tydelighet.

## Vannutskifting

Småbåthavner med flytebrygger påvirker i liten grad den dominerende vannutskiftingen i sjøområdene de ligger. De største og mest stabile flytebrygger med betongelementer stikker ikke mer enn 0,5 – 0,8 meter ned i sjøen. I Dolviken er det et ferskvannspåvirket overflatelag som sjelden er særlig mer enn 2 meter dypt. Tilførslene til dette laget kommer sannsynligvis i hovedsak fra strømmen ut fra Nordåsvatnet, og i liten grad fra Dolvikens lokale nedbørfelt.

Overflatestrømmen i fjordsystemer med ferskvannspåvirket overflatesjikt, påvirkes i hovedsak av ferskvannstilførsel fra større vassdrag eller også ved vindpåvirkning. I Dolviken er det ikke noe lokalt vassdrag av betydning, og vindeksponeringen er ekstremt liten i dette beskyttede området. Lengste pådrag er fra nordvest på en omtrent 2 km lang strekning fra Haakonsvern og inn i en meget smal sektor. Dette gir svært liten effekt av vind, noe vi har vist ved konkrete strømmålinger ved slaktemerder ved flere oppdrettsslakterier langs kysten. Alle disse anleggene ligger også relativt beskyttet til.

Vannstrømmene i slike fjordsystem er i stor utstrekning laminære, det vil si at de ulike lagene sklir ut og inn oppå hverandre, kun med turbulenser i glidelaget mellom, slik at de på lengre sikt blandes sammen.

Under det to meter tykke overflatesjiktet strømmer tidevannet inn og ut to ganger i døgnet. Dette utgjør hoved-vannutskiftingen i Dolviken, og det vil i svært liten grad bli påvirket av flytebrygger. Tidevannet løfter i praksis hele overflatelaget 70-90 cm to ganger i døgnet, inkludert de flytende bryggene oppå. Det er således ikke snakk om at flytebryggene på noen måte bremser vannstrømmen eller øker sedimentasjonsraten. Fjordmiljømodellen (Stigebrandt 1992) antyder en oppholdstid på oppunder ett døgn for vannmassene over terskeldyp (24 meter) i Dolviken. Da utgjør den intermediære sirkulasjonen hele 20 m<sup>3</sup>/s, mens tidevannet og den estuarine sirkulasjonen til sammen utgjør 7 m<sup>3</sup>/s. Alle disse strømmer inn og ut av Dolviken under flytebryggene.

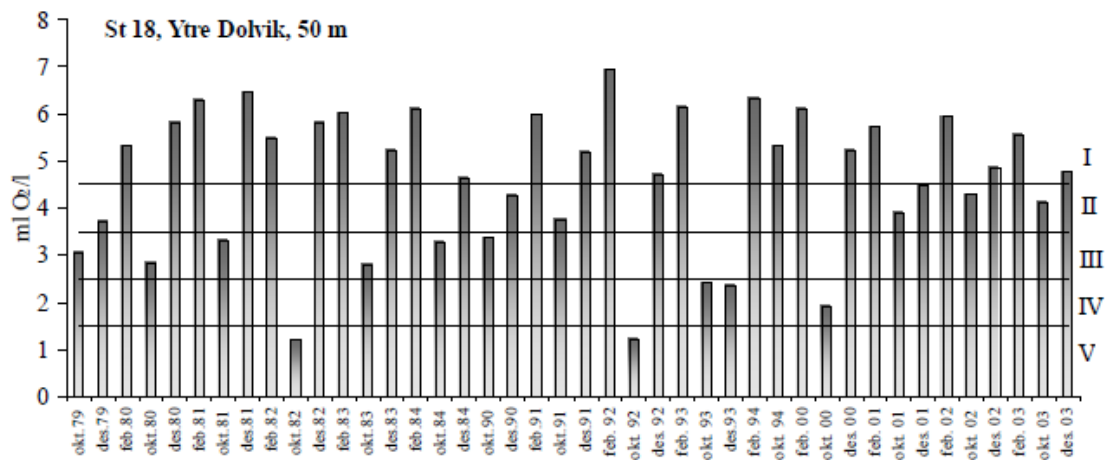
Kommunens påstand om at *bryggene fungerer som lenser, slik at overflatevannet ikke blir ført ut og inn i området som tidligere*, må nok derfor nyanseres litt. Det er klart at når vannet i overflaten skal finne sin vei forbi slike flyteelementer, blir det bremset opp idet det må reise rundt eller under hindringen. Med et så omfattende flytebryggeanlegg som er planlagt på vestsiden av sundet inn til Dolviken, vil overflatestrømmen i dette konkrete området bli noe svekket i forhold til i dag. Samtidig kan det samme vannet i større grad bli tvunget til å passere langs den østlige kyststripen



i dette sundet. Men dette gjelder kun den absolutt øverste meteren av vannsøylen, mens hovedvannutskiftningen på opp mot 27 m<sup>3</sup>/s altså passerer uhindret under dette.

Konklusjonen om at ”*det betyr at partikler, både organiske og andre i mye større grad enn tidligere sedimenterer i den indre del av Dolviken*” er derfor ikke riktig. Fjordmiljømodellen (Stigebrandt 1992) beregner at organiske partikler fra overflatelaget i Dolviken vil trenge 16 døgn på å sedimentere til bunns i sjøbassenget. At en noe redusert vannhastighet i den øverste meteren i den planlagte båthavnen da eventuelt medfører en tilsvarende økning i vertikal synkehastighet, påvirker den samlede sedimentasjonen svært lite. De økte konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentet i Dolviken stammer i hovedsak fra aktiviteter på land i båthavnene, og har ingenting med synkehastighet i vannsøylen aller øverste meter å gjøre.

Kommunens krav om at slike småbåthavner skal legges til områder med god vannutskifting, og da med hensyn på dypvannutskifting, vil også kunne innfries i større grad ved flytting av anleggene i Dolviken. To tredeler av det nye anlegget vil bli liggende utenfor terskelen til Dolviken, der sjøbassenget har bedre vannutskifting til bunns enn det indre bassenget har, og det jevnt over er bedre oksygenforhold i dypvannet (**figur 4**).



**Figur 4.** Oksygeninnhold på 50 meters dyp nær det dypeste i bassenget utenfor Dolviken, målt flere ganger årlig i en årrekke i forbindelse med Byfjordundersøkelsene. Figuren er hentet fra oppsummeringen etter undersøkelsene i 2003 (Johansen mfl. 2004).



## Konklusjon

Dolviken er fra naturens side et tersklet sjøbasseng der det periodevis vil kunne opptre oksygenfattige forhold i dypvannet, antydnet gjennom modellering med Fjordmiljømodellen, og bekreftet av resultatene fra Byfjordundersøkelsene. Resultatene antyder ikke noen negativ utvikling eller endring i omfang av dette forholdet i perioden 1979 - 2003.

Økende innhold av miljøgifter og tungmetaller i sedimentet i Dolviken skyldes blant annet tilførsler fra båthavnene i indre del av Dolviken, samt tidligere tilførsler av kloakk og annen avrenning. Et nytt og tidsriktig båthavnanlegg med oppsamlingssystem på land, vil ha svært små tilførsler til sjø, og en eventuell videre utvidelse med sanering av gamle og lite miljømessig bærekraftige båthavner, vil i stor grad bidra til at dagens tilførsler til miljøet også reduseres og så godt som fjernes.

Flytebrygger påvirker i neglisjerbar grad vannutskifting og vannhastighet i Dolviken. En moderat lokal reduksjon i vannhastighet i den øverste meteren av vannsøylen i selve båthavnen påvirker heller ikke den generelle sedimentasjonsraten for partikler i bassenget. Hovedutskiftingen av vann i Dolviken er god, og skjer under dette overflatelaget slik at den ikke påvirkes av flytebrygger. Overflatevannutskiftingen utgjør ytterst få % av den samlede vannutskiftingen i Dolviken, og dypvannutskiftingen skjer årlig før nyttår og tidlig på vinteren.

En eventuell videre utbygging med samling av eksisterende småbåthavner i en ny og miljømessig bærekraftig båthavn, med det meste av arealet utenfor indre basseng av Dolviken, vil i seg selv gi en betydelig miljøgevinst for dette forurensete sjøbassenget. Denne vurdering av Dolviken viser at det planlagte anlegget vil imøtekomme kommunens tre krav:

- *Nye anlegg skal lokaliseres i områder som har god vannutskifting*
- *Nye anlegg skal være tilrettelagt med vannforsyning og avløp, inklusiv tømning av septik fra småbåter*
- *Nye anlegg skal iverksette tiltak for å hindre forurensing på land og i sjø.*

Deponering av eventuelle overskuddsmasser ved det dypeste i Dolviken har to aspekter. For det første vil det kunne redusere volumet av det dypvannet som tidvis har lite oksygen, slik at miljøforholdene ved bunnen blir bedre. Samtidig vil deponering av steinmasser oppå de finkornete sedimentene med høyt innhold av miljøgifter og tungmetaller føre til oppvirvling og aktivisering av disse, slik at forurensingen blir spredd. Dette må unngås, og kan eventuell gjennomføres ved at de eksisterende sedimentene "låses" med et godt lag med finkornet materiale, eventuelt duk, før steinmassene så føres forsiktig ned og legges på fra en leker.



## Vedleggstabeller morfologi og hydrologi

**Vedleggstabell 1.** Bredder og arealer på innerste terskel til Dolviken (A i figur 2).

Dyp m	Bredde på dyp m	Sjikt m	Areal av sjikt m <sup>2</sup>	Areal under dyp m <sup>2</sup>
0	240	0-5	1.175	3.865
5	230	5-10	1.088	2.690
10	205	10-15	888	1.600
15	150	15-20	563	715
20	75	20-24	150	150
24	0			

**Vedleggstabell 2.** Bredder og arealer på mellomste terskel til Dolviken (B i figur 2).

Dyp m	Bredde på dyp M	Sjikt m	Areal av sjikt m <sup>2</sup>	Areal under dyp m <sup>2</sup>
0	355	0-5	1.713	10.370
5	330	5-10	1.613	8.660
10	315	10-20	2.950	7.045
20	275	20-30	2.375	4.095
30	200	30-40	1.500	1.720
40	100	40-44	220	220
44	10			

**Vedleggstabell 3.** Bredder og arealer på ytterste terskel til Dolviken (C i figur 2).

Dyp m	Bredde på dyp m	Sjikt m	Areal av sjikt m <sup>2</sup>	Areal under dyp m <sup>2</sup>
0	270	0-5	1.325	7.220
5	260	5-10	1.263	5.895
10	245	10-20	2.350	4.630
20	225	20-30	1.678	2.280
30	110	30-40	600	605
40	10	40-41	5	5
41	0			



**Vedleggstabell 4.** Arealer og volumer av indre del av Dolviken, innenfor terskel A i figur 2.

Dyp m	Areal på dyp m	Sjikt m	Volum av sjikt m <sup>3</sup>	Volum under dyp m <sup>3</sup>
0	123.250	0-10	1.139.330	2.644.135
10	95.615	10-20	821.905	1.504.805
20	68.765	20-30	509.000	682.900
30	33.035	30-40	171.875	173.900
40	1.340	40-43	2.025	2.025
43	10			

**Vedleggstabell 4.** Arealer og volumer av de to indre bassengene av Dolviken, innenfor terskel B i figur 2.

Dyp m	Areal på dyp m	Sjikt m	Volum av sjikt m <sup>3</sup>	Volum under dyp m <sup>3</sup>
0	401.725	0-10	3.702.925	11.369.125
10	338.860	10-20	3.038.750	7.666.200
20	268.890	20-30	2.261.200	4.627.450
30	183.350	30-40	1.470.750	2.366.250
40	110.800	40-50	767.250	895.500
50	42.650	50-56	128.250	128.250
56	100			

## Referanser

**Johansen, P-O., Heggøy E., Botnen, H., Vassenden G., Johannessen, P.J. 2004.**

“Byfjordsundersøkelsen” overvåking av fjordene rundt Bergen – Miljøundersøkelse i 2003. IFM Rapport nr. 6, 2004. Universitetet i Bergen. 170 s.

**Klif 2010.**

Prosjekt småbåthavner – utredning av miljøfarlige utslipp som følge av drift.  
Kartlegging av forurensing i utvalgte småbåthavner i Norge  
NGI-rapport TA-2751/2010, 121 sider.

**Stigebrandt, A. 1992.**

Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter.  
ANCYLUS, rapport nr. 9201, 58 sider.