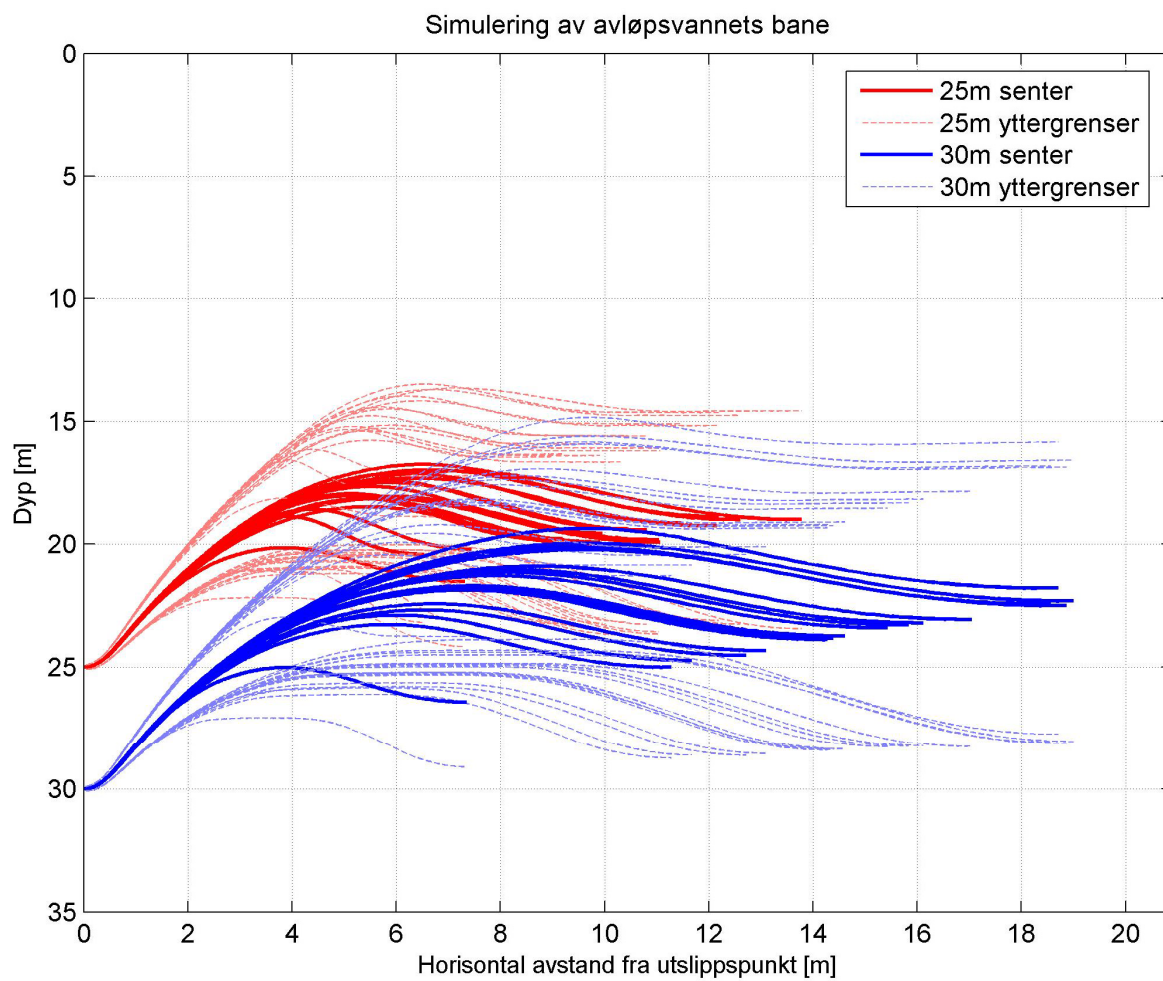


Malvik Biogass, Hommelvika

Vurdering av utslipp til sjø



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

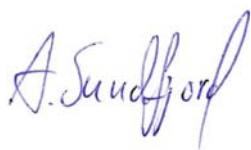
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Malvik Biogass, Hommelvika. Vurdering av utslipp til sjø.	Løpenr. (for bestilling) 5656-2008	Dato 25.08.2008
	Prosjektnr. Undernr. O-28321	Sider Pris 16
Forfatter(e) Øyvind Leikvin Arild Sundfjord	Fagområde Oseanografi	Distribusjon
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket CopyCat AS

Oppdragsgiver(e) Asplan Viak AS	Oppdragsreferanse
------------------------------------	-------------------

Sammenheng
Det er benyttet en numerisk modell for å simulere fortykning og innlagring for ulike utslippsalternativer fra et planlagt biogassanlegg i Hommelvika i Trondheimsfjorden. Gunstig utslippsdyp er beregnet til å være mellom 25 og 30 m, og for å være på den sikre siden anbefales det å legge utslippsledningen til 30 m dyp. Om mulig er det også fordelaktig for vannmiljøet inne i Hommelvika at utslippspunktet plasseres lengst mulig ut mot selve Trondheimsfjorden.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modellering 2. Utslipp 3. Hommelvika 4. Trondheimsfjorden 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modelling 2. Discharge 3. Hommelvika 4. Trondheimsfjorden
--	--



Arild Sundfjord
Prosjektleder



Dominique Durand
Forskningsleder



Jarle Nygaard
Fag- og markedsdirektør

Malvik Biogass, Hommelvika

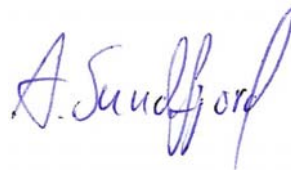
Vurdering av utslipp til sjø

Forord

Den foreliggende rapporten er utarbeidet for Asplan Viak AS, Trondheim, i samsvar med NIVAs prosjektforslag av 26. mai 2008 og utfyllende opplysninger oversendt fra oppdragsgiver 25.07.2008.

Vi takker for et interessant oppdrag.

Tromsø, 25.08.2008



Arild Sundfjord

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn og formål	6
1.1 Områdebeskrivelse	7
2. Metodikk og data	8
2.1 Metodikk	8
2.2 Data	9
3. Resultater og vurderinger	12
4. Konklusjon	15

Sammendrag

Malvik Biogass AS søker Sør-Trøndelag Fylkeskommune om utslippstillatelse for et planlagt anlegg i Hommelvika, like øst for Trondheim, der biologisk avfall skal omdannes til biogass. Utslipet vil tilsvare ca. 45000 personekvivalenter (pe), og formålet med foreliggende rapport er å finne passende utslippsdyp og -sted i Hommelvika.

Det er benyttet en numerisk modell for å simulere fortykning og innlagring for ulike utslippsalternativer. Modellsimuleringene er basert på driftsmessige opplysninger fra oppdragsgiver, eksisterende data for resipienten, samt tidligere erfaring fra lignende problemstillinger og kunnskap om det aktuelle resipientområdet.

Det er gjort modellsimuleringer for å finne utslippsdyp som sikrer at avløpsvannet fra biogass-anlegget ikke kommer i kontakt med og påvirker vannkvaliteten i overflatelaget. Gunstig utslippsdyp er beregnet til å være mellom 25 og 30 m, og for å være på den sikre siden anbefales det å legge utslippsledningen til 30 m dyp. Om mulig er det også fordelaktig for vannmiljøet inne i Hommelvika at utslippspunktet plasseres lengst mulig ut mot selve Trondheimsfjorden.

1. Bakgrunn og formål

Malvik Biogass AS planlegger et nytt biogassanlegg med tilhørende utslipp i Hommelvika, Trondheimsfjorden (**Figur 1**). Anlegget skal produsere biogass basert på slakteriavfall fra Spis Grilstads nye anlegg i Malvik, og andre matavfallsprodusenter. Utslipet fra bedriften vil bestå av avløpsvann fra avløpsrenseanlegget samt utslipp av overvann fra tette flater på tomten, og vil tilsvare et utslipp fra ca. 45000 pe.

Som del av søknaden til Fylkesmannen i Sør-Trøndelag skal det gjøres vurderinger basert på modellsimuleringer av utslippet for å finne gunstig innlagringsdyp og -sted.

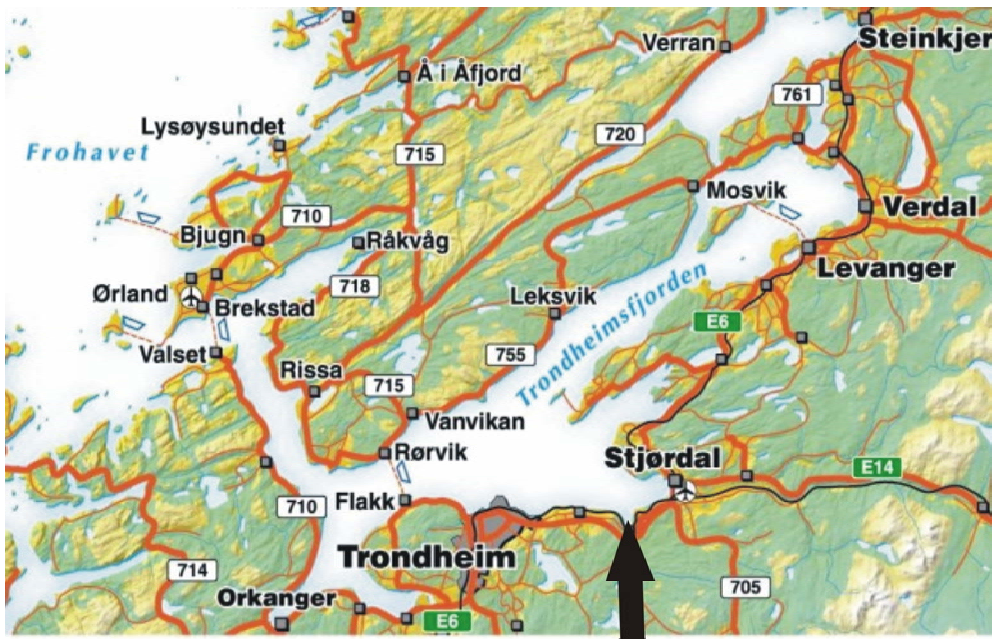
Formålet med foreliggende undersøkelser og utslippsmodellering er dermed å:

Vurdere hvor og i hvilket dyp et slikt avløp bør plasseres for å sikre at vannmassene i overflata ikke påvirkes, og samtidig sørge for at utslippet gir minst mulig spredning til innenforliggende områder.

Dersom utslippsvannet holdes dypere enn de øvre ca 15 m vil det bli minimal påvirkning på biologisk produksjon i nærområdet. Vi setter det derfor som en konkret målsetning å sikre at utslippet innlagres under dette dypet.

Spredningen av utslippet må vurderes i forhold til sesongvariasjoner i lagdeling og strømforhold, samt ta høyde for driftsmessige variasjoner. Modellberegninger er derfor gjennomført for ulike hydrografiske situasjoner som representerer variasjoner gjennom en hel årssyklus, basert på tilgjengelige og antatt representative hydrografidata fra en nærliggende målestasjon. Det er gjort simuleringer både for forventede maksimale og gjennomsnittlige utslippsflukser fra anlegget.

I denne rapporten vurderes bare selve utslippsvannet. Det er ikke gjort noen inngående analyse av eventuelle effekter av næringssaltutslipp eller partikulært organisk materiale.



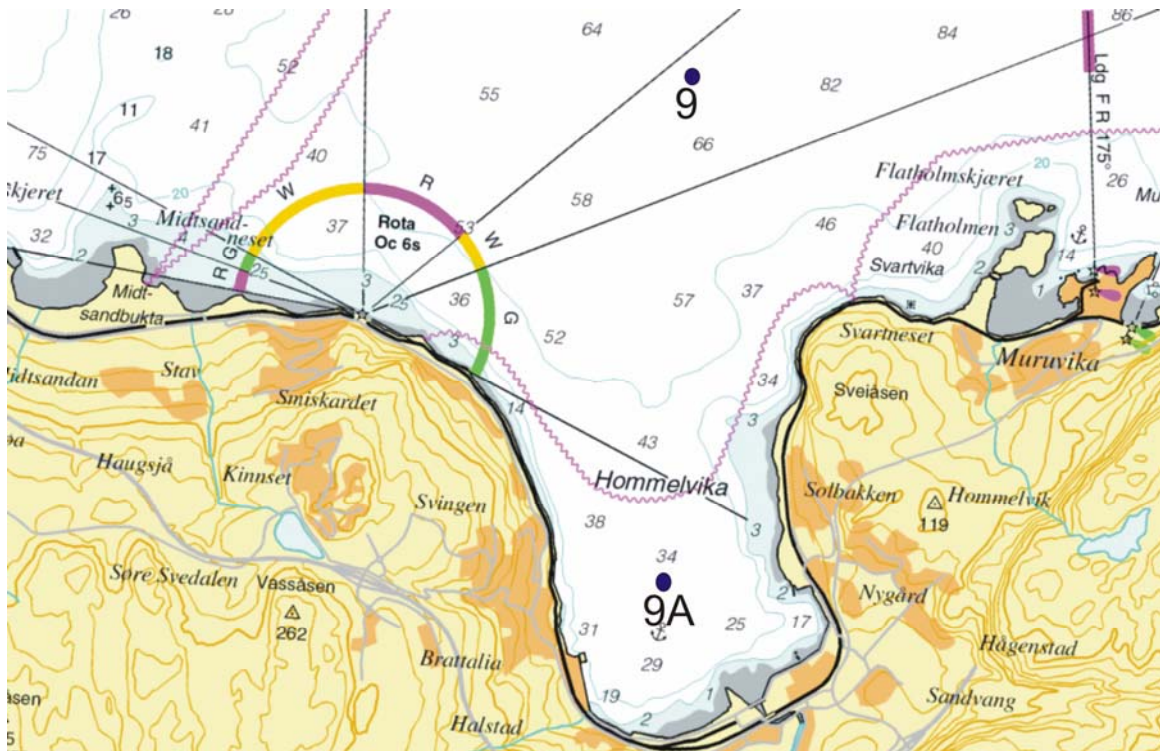
Hommelvika

Figur 1. Kart som viser Hommelvikas beliggenhet i Trondheimsfjorden (Kart: Wikipedia, 2008).

1.1 Områdebeskrivelse

Hommelvika i Trondheimsfjorden ligger nesten 20 km øst for Trondheim. Der buker Hommelvika seg ca to kilometer inn mot syd, med en bredde på omlag en kilometer (se **Figur 2**). Innerst i fjorden munner elva Humla og andre mindre elver ut.

Hommelvika er en liten fjordarm uten noen betydelige terskler, som munner ut i Trondheimsfjorden. Trondheimsfjorden har heller ikke noen grunne terskler og det er derfor gode oksygenforhold og god vannutskiftning, med regelmessig tilførsel av oksygenrikt atlantehavsvann til dypområdene. De hydrografiske forhold og den miljømessige tilstanden i Trondheimsfjorden er tidligere beskrevet i for eksempel Tangen og Arff (2003).



Figur 2. Kart over Hommelvika, med dybdedata. Denne vika er ca. 1 km bred og 2 km lang. Måleposisjoner for data til modellsimuleringene er vist med stasjonsnummer. (Kart: Mareano, 2008).

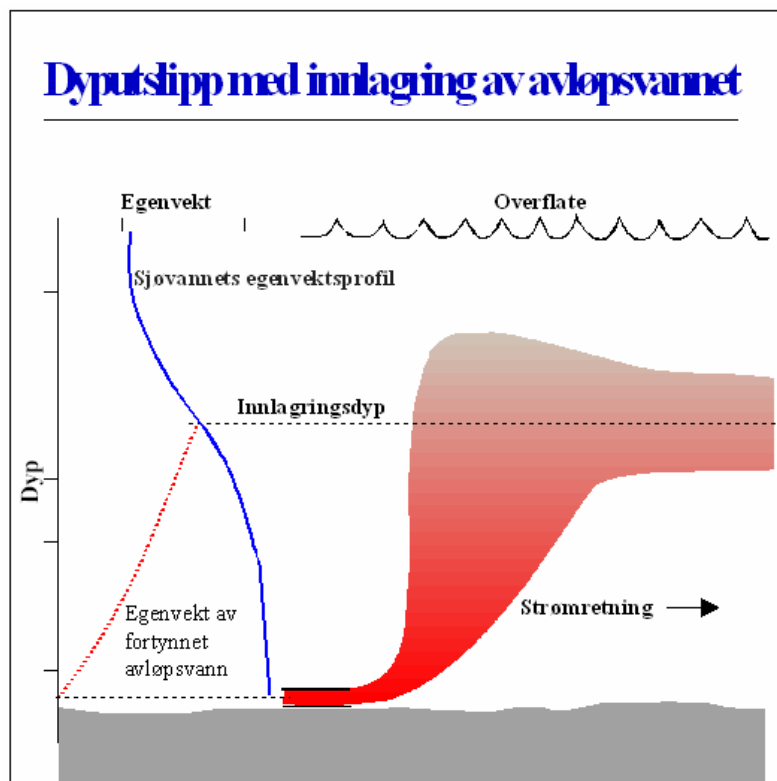
2. Metodikk og data

2.1 Metodikk

Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann og er dermed lettere enn sjøvann. Det vil derfor begynne å stige mot overflaten samtidig som det fortynnes raskt med omkringliggende sjøvann. Hvis sjøvannet har en stabil sjiktning (egenvekten øker mot dypet) fører dette til at egenvekten til blandingen av avløpsvann og sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvann avtar. Dermed kan vi i et gitt dyp finne at blandingsvannmassen får samme egenvekt som sjøvannet omkring (se **Figur 3**). Da har ikke blandingsvannmassen lenger noen positiv oppdrift, men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet", for deretter å synke tilbake og innlagres. I en fjord er det vanligvis en vertikal sjiktning i sjøvannet og dersom utslippet legges tilstrekkelig dypt kan det fortynnede avløpsvannet innlagres uten å nå opp til overflaten. Etter innlagringen vil avløpsvannet spres med strømmen samtidig som det fortynnes videre.

Beregning av spredning av utslippsskyen, fortynning og eventuelt innlagringsdyp er gjort med den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al., 2001). Det er brukt anbefalte standardverdier for turbulent diffusjonskoeffisient m.m. i alle simuleringene. For beregningene av innlagringsdyp behøves opplysninger om:

1. ledningsdiameter
2. vannmengder (typisk maksimums- og middelverdier)
3. vertikale profiler av saltholdighet og temperatur
4. strømforhold i innlagringsdypet (hastighet)



Figur 3. Prinsippsskisse som viser hvordan et dyputslipp av avløpsvann fungerer i forhold til innlagring. En forutsetning for innlagring er at egenvekten for fjordvannet øker med dypet (vertikal sjiktning).

2.2 Data

Beskrivelse av utslippene

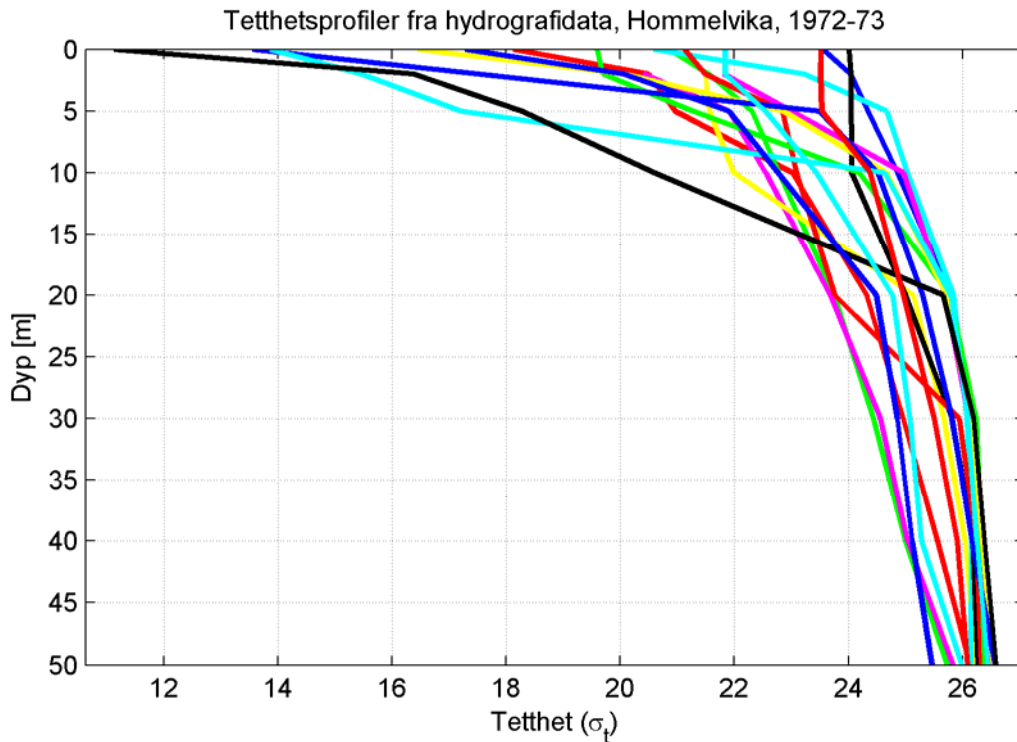
Asplan Viak har gitt opplysninger om vannmengden til utslippet. De opererer med verdiene 4.7 l/s og 8.3 l/s for henholdsvis midlere og maksimal vannmengde. Ledningsdiameter er ikke oppgitt fra oppdragsgiver. I modellsimuleringene har vi brukt en diameter på 15 cm, som er beregnet til å passe til utslippene beskrevet ovenfor. Denne dimensjonen tilsvarer en fornuftig hastighet gjennom røret (<50 cm/s) og vil også sørge for at avløpsvannet fyller opp hele rørledningen og motvirker dermed at sjøvann trenger inn i denne.

Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet

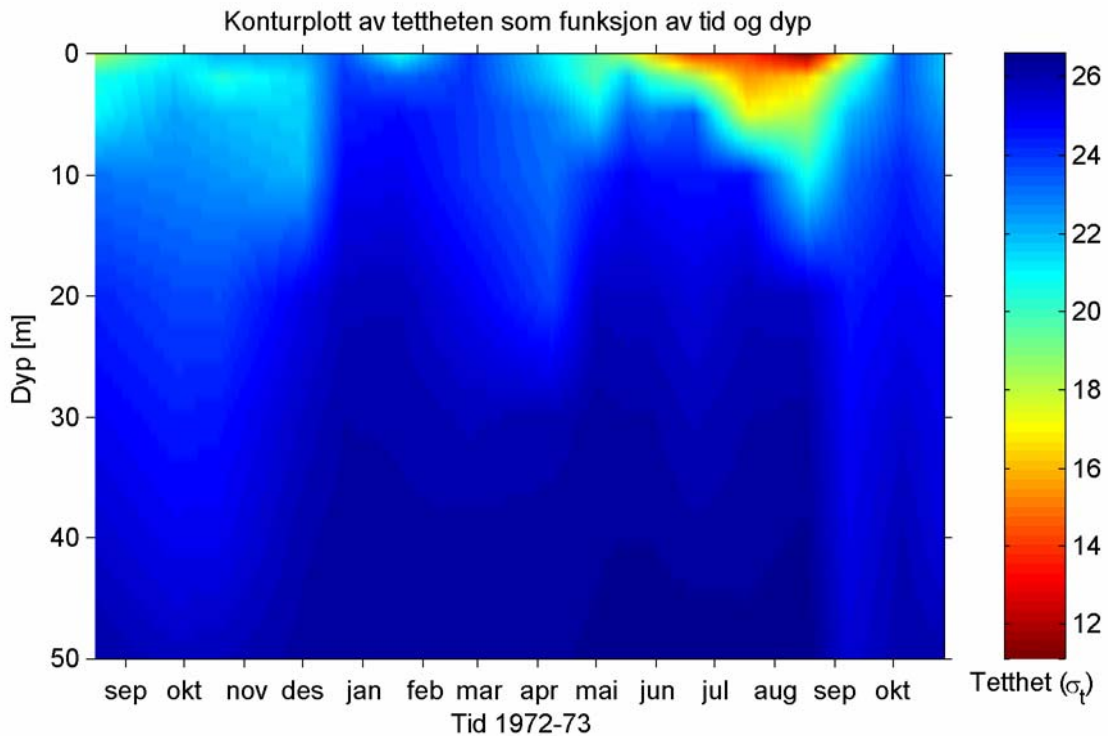
Som inngangsdata til modellsimuleringene bør det ideelt sett foreligge både hydrografi- og strømmålinger gjennom et helt år, og i perioder med varierende vannføring i Homla og andre nærliggende elveutløp. I perioden august 1972 til oktober 1973 ble det gjort målinger av VHL (Vassdrags- og Havnelaboratoriet) på 17 tidspunkt like utenfor Hommelvika (stasjon 9) i Trondheimsfjorden og på to tidspunkt i selve Hommelvika (stasjon 9A) (Jacobson, 1974). Se **Figur 2** for lokalisering av stasjonene. Ved stasjon 9A rapporteres det kun om måledybder på 20 og 30 m, mens det ved stasjon 9 ute i Trondheimsfjorden var 8 målinger mellom overflaten og 50 m dyp. Sammenligning mellom de få datapunktene fra selve Hommelvika og målinger fra tilsvarende tid og dyp på målestasjonen lenger ute i fjorden viser stor grad av likhet. Gitt den korte avstanden mellom de to stasjonene legger vi derfor til grunn at profilene fra stasjonen like utenfor Hommelvika vil være representative også for selve Hommelvika. Denne antagelsen støttes også av at det utenfor selve Hommelvika er større sannsynlighet for svakere sprangsjikt (på grunn av mindre lokal ferskvannstilførsel) og dermed større risiko for gjennomslag av avløpsvann til overflaten. Et eventuelt utslipp inne i vika vil da med stor sannsynlighet bli innlagret minst like dypt som et utslipp utenfor vika. Profilene brukt i denne rapporten vil altså være på den konservative siden angående problemstillingen om gjennomslag til overflaten.

På grunn av varierende ferskvannsavrenning til fjorden, varierende vindforhold (bølger som bidrar til å blande ferskvann med sjøvann) og sesongmessige variasjoner i soloppvarming og utveksling med kystvannet utenfor, kan den vertikale tetthetssjiktningen variere mye med tiden. Saltholdigheten er i hovedsak bestemmende for vannets tetthet (egenvekt). **Figur 4** viser hvordan vannets tetthet varierer med dybden for de 17 forskjellige profilene. Vannets tetthet er beregnet fra dets saltholdighet, temperatur og trykk, og er gitt med betegnelsen σ_t . Figuren viser at det hele året er tydelig sjiktning i de øverste 20-30 meter av vannsøylen. Om våren og sommeren, når smeltevann fra elvene renner ut i Trondheimsfjorden og når det øverste vannlaget blir varmet opp fra atmosfæren, blir det generelt kraftigere sjiktning. Dette skyldes at tettheten til vannet minker ved lavere saltholdighet (her gitt ved introduksjon av ferskvann/brakkvann) og ved økt temperatur, og begge disse bidrar mest i overflatelaget. Alle vertikallprofilene fra april til og med august viser slik kraftig sjiktning. I tidsrommet fra september til mars er tettheten i overflatelaget høyere, og profilene mangler den karakteristiske 'halen' mot venstre nær overflaten.

I Figur 5 ses det tydelig hvordan vannmassen er mer sammenblandet eller homogen om vinteren og tidlig om våren. Spesielt om sommeren, men også tidlig på høsten, er det 'lettere' vann ved overflaten, noe som gir gode forhold for innlagring av avløpsvannet.



Figur 4. 17 tetthetsprofiler beregnet fra salt- og temperaturmålinger tatt fra VHLs stasjon 9, like utenfor Hommelvika, mellom august 1972 og oktober 1973. Data fra Jacobson, 1974.



Figur 5. Tetthet fra de 17 vertikallprofilene med data fra 8 dyp interpolert over tid (oppløsning 1 dag) og dyp (oppløsning 1 meter). Figuren illustrerer hvordan tettheten i vannsøylen endres med årstidene.

Strømhastigheter ved utslippspunktet

Hastigheten av strømmen mellom utslippsdyp og innlagingsdypet har betydning både for innlagingsdypet og for spredningen av det fortynnede avløpsvannet. I dette området vil en forvente et strømbilde preget av virkningen av tidevannsvariasjoner og av skiftende meteorologiske forhold (vind og lufttrykk). I det dypet hvor avløpsvannet er tenkt innlagret vil den direkte påvirkningen av elvemunninger være minimal. Erfaringsmessig skaper dette til sammen et strømsystem der hastighet og retning varierer mye, og hvor hastigheten sjelden kommer over 10-15 cm/s. Samtidig er det god gjennomstrømning i Trondheimsfjorden, som beskrevet i rapporten fra OCEANOR (Tangen og Arff, 2003). Utenfor Hommelvika vil overflatestrømmen ifølge Bakken m. fl. (2000) gå langs skråningen mot øst-nordøst, både ved stigende og fallende tidevann. Fordi strømhastigheten er av betydning for innlagingsdypet, blir beregningene utført for en lav hastighet og en antatt middelhastighet (henholdsvis 2 cm/s og 5 cm/s). Det er størst sannsynlighet for gjennomslag til overflaten ved svak strøm, slik at de dimensjonerende beregningene er gjort med den lave strømhastigheten.

Modellscenarier

Basert på de foreliggende hydrografiprofilene og de to valgte strømhastighetene, er følgende scenarier simulert:

Scenarier som gir størst risiko for overflategjennomslag, eller innlagingsdyp nær overflaten:

Maksimal utslippsmengde, utslippsdyp 20 m, 17 hydrografiprofiler, svak strøm

Maksimal utslippsmengde, utslippsdyp 25 m, 17 hydrografiprofiler, svak strøm

Maksimal utslippsmengde, utslippsdyp 30 m, 17 hydrografiprofiler, svak strøm

Scenarier som er representative for typiske drifts- og resipientforhold:

Gjennomsnittlig utslippsmengde, utslippsdyp 25 m, 17 hydrografiprofiler, middels strøm

Gjennomsnittlig utslippsmengde, utslippsdyp 30 m, 17 hydrografiprofiler, middels strøm

Tilsammen er det altså gjort 85 modellkjøringer.

3. Resultater og vurderinger

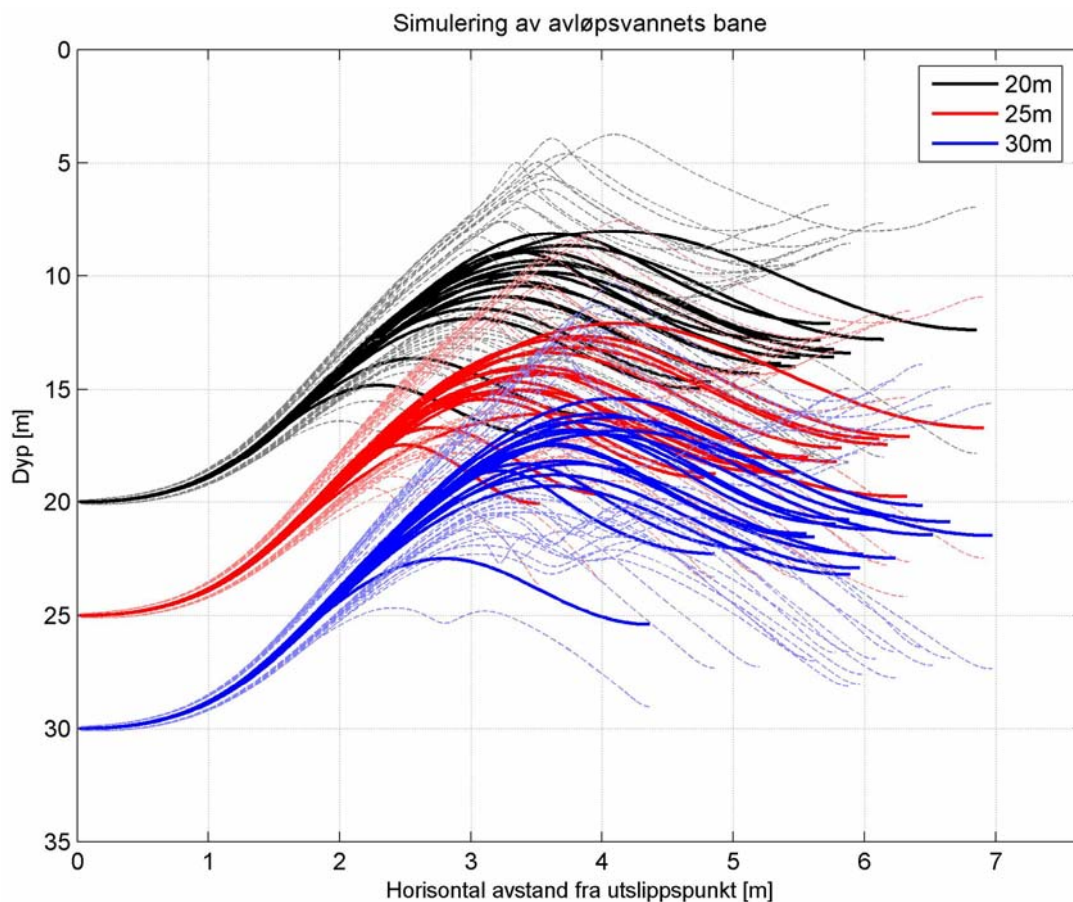
Beregning av innlagringsdyp for avløpsvannet

Resultater fra beregninger for maksimal utslippsfluks ($30 \text{ m}^3/\text{h}=8.3 \text{ l/s}$) til tre forskjellige utslippsdyp (20, 25 og 30 m), for alle de 17 vertikallprofilene tatt i 1972-73, er vist i **Feil! Fant ikke referanse-kilden.** Det er her brukt svak strøm (2 cm/s) i resipienten. Strålebanene (senterlinjen i 'skyen' med fortynnet avløpsvann) viser hvordan avløpsvannet først stiger og deretter synker noe ned. Øvre og nedre grense av 'skyen' er også vist i figuren.

Ved utslipp til 20 m dyp vil senter av skyen typisk trenge opp i 8-15 m dyp før den synker ned og innlagres i dyp mellom 12 og 18 m. Toppen av skyen kan etter innlagring ligge så grunt som i 6-7 m dyp.

Når utslippsdypet settes til 25 m kan senter av skyen komme opp i ca 12 m dyp, før endelig innlagring i 16-20 m dyp. Nå kan toppen av skyen ligge i 11-12 m dyp.

Ved utslippsdyp 30 m blir høyeste senter-opptrengning ca 15 m. Innlagring blir nå i dyp mellom 20 og 26 m, og toppen av skyen vil ved innlagring ligge dypere enn 13 m.

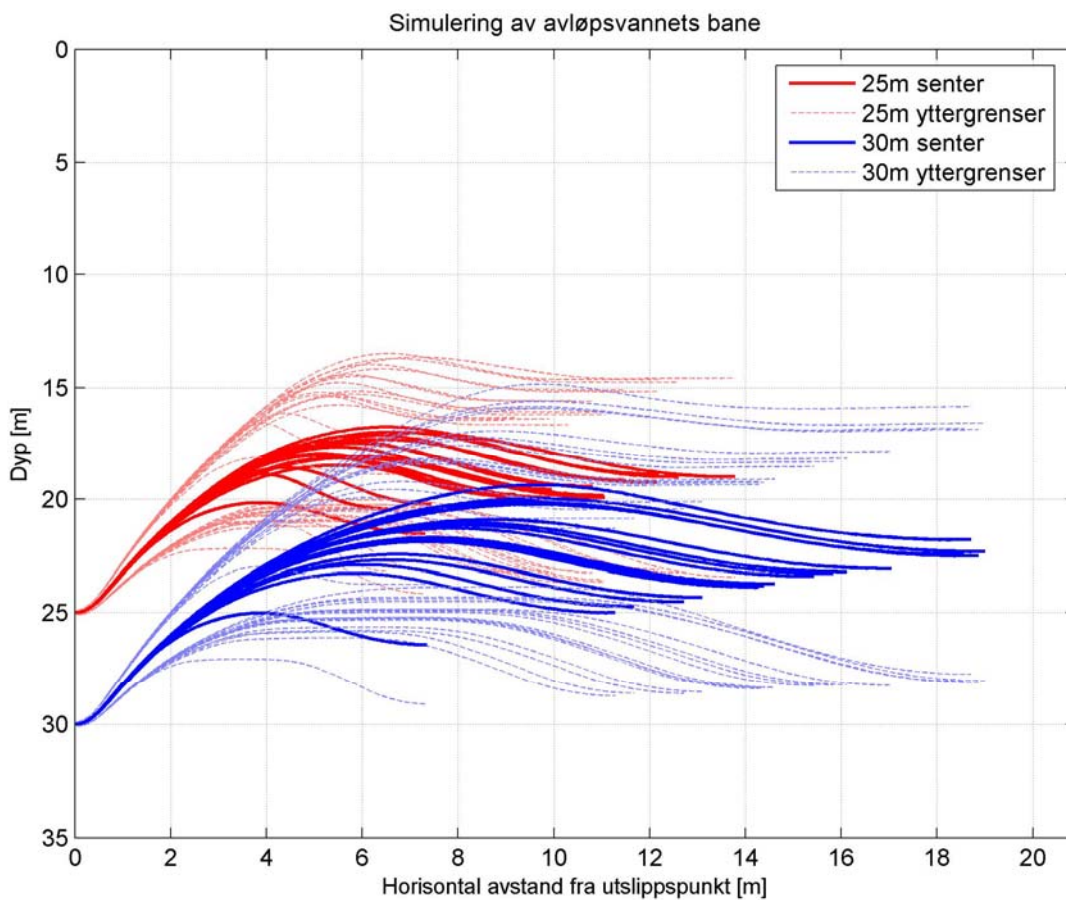


Figur 6. Strålebaner for utslipp fra 20 m (sort), 25 m (rød) og 30 m (blå). Hetrukne linjer viser senter av skyene av utslippsvann, mens stiplede linjer viser topp og bunn av skyene. Det er gjort simuleringer for 17 forskjellige hydrografiprofiler for hvert utslipp, her med maksimal vannmengde og svak strømhastighet.

Tilsvarende simuleringer for innlagringsdyp med antatte gjennomsnittsverdier for resipientstrøm (5 cm/s) og utslippsfluks ($17 \text{ m}^3/\text{h}=4.7 \text{ l/s}$) er vist i **Figur 7**. Med økende strømhastighet blir det større turbulent blanding mellom utslippsvann og omgivende vann nær utslippspunktet. Strålebanene blir da flatere og innlagringen vil skje dypere. Lavere mengde avløpsvann bidrar også til at innlagringen blir noe dypere.

Ved utslipp til 25 m dyp vil toppen av skyen, ved gjennomsnittlige driftsforhold og strømhastighet, fortsatt kunne trenge opp i 14-15 m dyp ved innlagring. Senter avskyen vil typisk innlagres i dyp større enn 18 m.

Simuleringene av utslipp til 30 m viser at også toppen av skyen vil ligge dypere enn 15 m, og at kjernen av utslippet vil innlagres på over 20 m dyp.



Figur 7. Strålebaner for utslipp fra 25 m (rød) og 30 m (blå). Hetrunkne linjer viser senter av skyene av utslippsvann, mens stiplede linjer viser topp og bunn av skyene. 17 forskjellige vertikallprofiler er simulert for hvert utslipp. Det er her brukt gjennomsnittlig vannmengde og middels strømhastighet i resipienten.

Sett i forhold til:

- målsetningen om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn ca. 15 m dyp,
- at en må legge mest vekt på resultatet for liten strømhastighet og maksimal utslippsfluks,
- at hydrografidataene er fra en stasjon som ligger 2-3 km fra Hommelvika, og
- at datamaterialet (hydrografi) er ca 35 år gammelt, og det derfor kan ha vært en viss temperaturøkning siden den gang og at dette er en trend som kan fortsette med eventuelle klimaendringer,

må det legges inn en viss sikkerhetsmargin ved valg av utslippsdyp. Modellresultatene indikerer at et utslipp i 30 m dyp gjennom en ledning med diameter på om lag 15 cm vil være en sikker løsning.

Utslippsledningen vil ligge enten inne i Hommelvika, eller fortrinnsvis på skråningen fra Hommelvika nordover og ned mot den dypere del av Trondheimsfjorden. Jo lenger ut mot fjordåpningen, dess større utskiftning med Trondheimsfjorden, og mindre sannsynlighet for akkumulering og lokale effekter av utslippsvann inne i Hommelvika.

4. Konklusjon

Basert på data fra oppdragsgiver, eksisterende målinger fra resipienten (Jacobson, 1974) og modellsimuleringer, anbefaler vi å legge det planlagte utslippet til 30 m dyp. Det er da tatt høyde for usikkerhet i måledataene (plassering og alder). Videre anbefales det å plassere utslippet ut mot skråningen nordover mot Trondheimsfjorden, for å minimere akkumulering av utslippsvann inne i Hommelvika.

Det er i dette arbeidet ikke gjort vurderinger av eventuelle effekter av de assosierte utslippene av organisk materiale, næringssalt og partikulært materiale.

Litteratur

Bakken, T., Holthe, T. og Sneli, J.A., 2000. Strøm, vannutveksling og tidevann. I Sakshaug, E. og Sneli, J.A. (red.). Trondheimsfjorden. s 42-58.

Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J., Baumgartner, D.J. and George, K.P., 2001. Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes). Environmental Research Divison, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.

Jacobson, P., 1974. Resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden. Delrapport 2 – Bind II. Hydrografiske observasjoner i Trondheimsfjorden i perioden sept. -72 – sept. 73. Vassdrags-og Havnelaboratoriet.

Mareano, 2008. <http://www.mareano.no/kart/viewer.php>

Tangen, K., og Arff, J., 2003. Høringen renseanlegg og miljøtilstanden i Trondheimsfjorden. Rapport nr. OCN R-23015, OCEANOR, 40 sider.

Wikipedia 2008. <http://www.wikipedia.org/wiki/Trondheimsfjorden>

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