

Vedlegg 32

NOTAT

#. mars 2010

Til: Mainstream Forsan v/Philip van Dijk
Fra: NIVA v/Jarle Molvær

Sak: Mainstream Forsan: anbefaling av plassering for utslipp til sjø

Bakgrunn og problemstilling

Mainstream Forsan vil legge sitt kommende utslipp fra settefiskanlegget på dypt vann utenfor Forsan (Figur 1), og anvende tre kriterier for dette:

1. *avløpsvannet skal innlagres under overflatelaget, av hensyn til bl.a. algevekst i overflatelag og i strandsone.*
2. *avløpsvannet skal ikke bidra til forurensning av munningen av Forselva, slik at det kommer inn under Avløpsdirektivets krav til utslipp som ligger i elvemunninger.*
3. *avløpsvannet skal ikke komme i kontakt med inntaket av sjøvann, og i minst mulig grad påvirke vannkvaliteten.*

Metodikk

Avløpsvannet består av ferskvann + en mindre andel sjøvann, og dermed lettere enn rent sjøvann. Det vil derfor begynne å stige mot overflata 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+sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvannet avtar og i et gitt dyp kan dermed blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring (se **Figur 2**). Da har ikke lenger blandingsvannmassen noen "positiv oppdrift", men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet" for så å synke tilbake og innlagres. I en fjord er der vanligvis en vertikal sjiktning i sjøvannet og det fortynnede avløpsvannet kan innlagres uten å nå overflaten. Etter innlagringen vil avløpsvannet spres med strømmen samtidig som det fortynnes videre.

Innlagringsdypet beregner vi med den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al., 2001). Nødvendige opplysninger er vannmengde, utslippsdyp, diameter for utslippsrøret samt strømhastigheten i resipienten.

For tilfeller der man står rimelig fritt i valg av utslippsdyp, blir beregningene utført for de dypene som er aktuelle. Det er sjelden aktuelt med utslippsdyp større enn 50 m. Ved utløpet er Forselva ganske grunn (<3 m). Tatt i betraktning at vi ikke har tett med data for hele året må det som mål for å holde avløpsvannet unna munningen av Forselva legges inn en god margin, og en bør derfor ta sikte på at avløpsvannet innlagres dypere enn 10 m.

En elvemunning er vanligvis karakterisert av tre forhold (se også **Figur 2**):

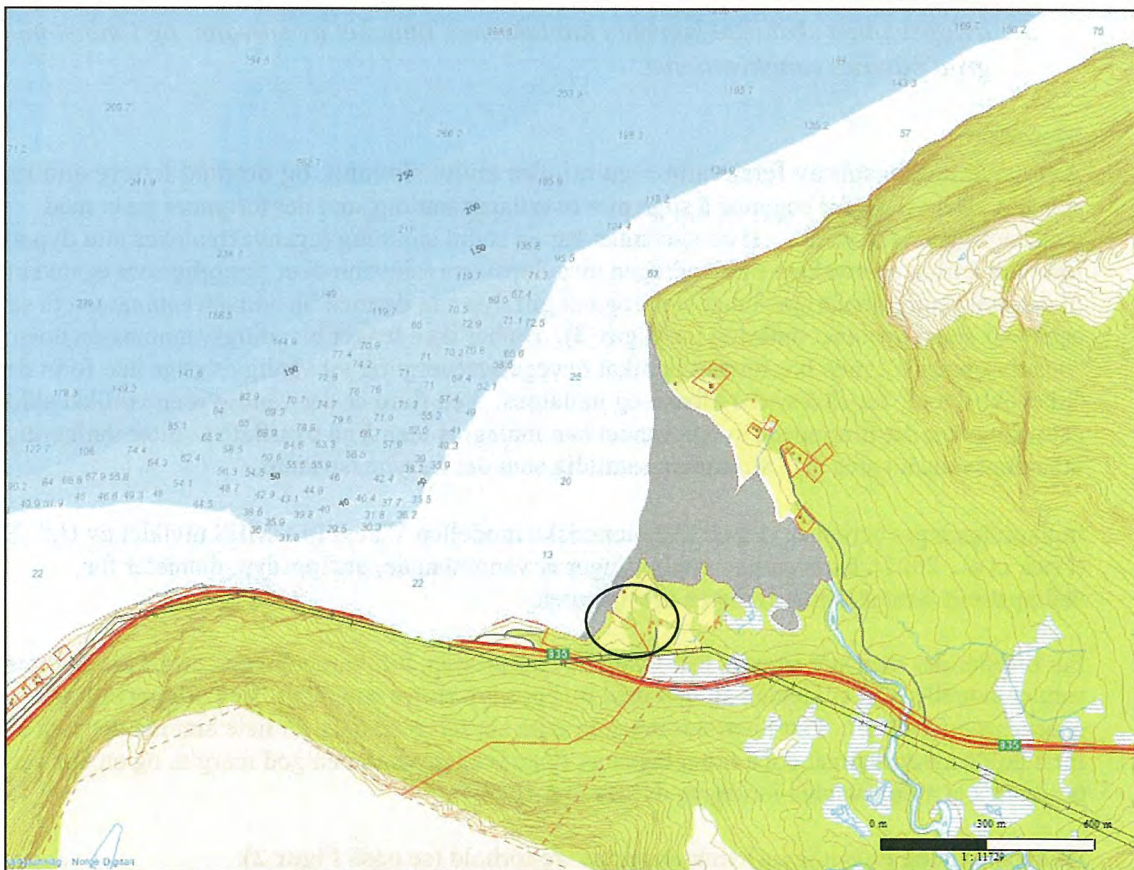
1. Et overflatelag med lav og vekslende saltholdighet.
2. Utgående strøm i overflatelaget og inngående strøm like under dette.
3. Biologiske forhold som er tilpasset dette spesielle miljøet.

For å fjerne et utslipp fra en elvemunning kan det flyttes i to retninger:

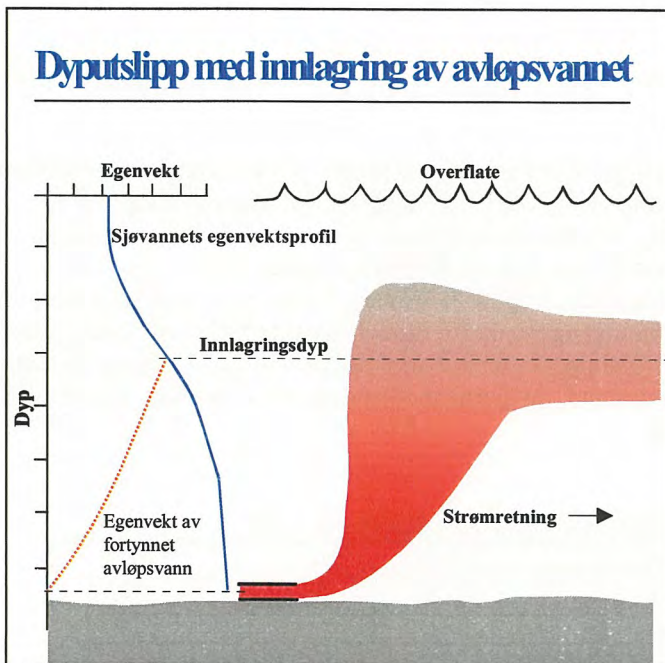
- Horisontalt utover i fjorden: avhengig av størrelsen av ferskvannstilførselen og topografi kan det dreie seg om forflytning på mange hundre meter
- Vertikalt: de forholdene som karakteriserer elvemunningen er oftest avgrenset til de øverste 10 m av vannmassen. Dermed er det et alternativ å etablere et dyputslipp der avløpsvannet innlagres godt under elvemunningen (se **Figur 2**). Dette forutsetter selvfølgelig at resipienten ellers "tåler" den mengden av næringssalter og organisk stoff som utslippet fører med seg.

Med "utslippsarrangement" menes både utslipp gjennom 1 hull og gjennom en diffusor. Dette er problemstillinger som NIVA er vel kjent med (se Molvær et al. (2002) og Molvær og Velvin (2004)). I praksis vil ofte en løsning som oppfyller første punkt samtidig oppfylle punkt nr 2.

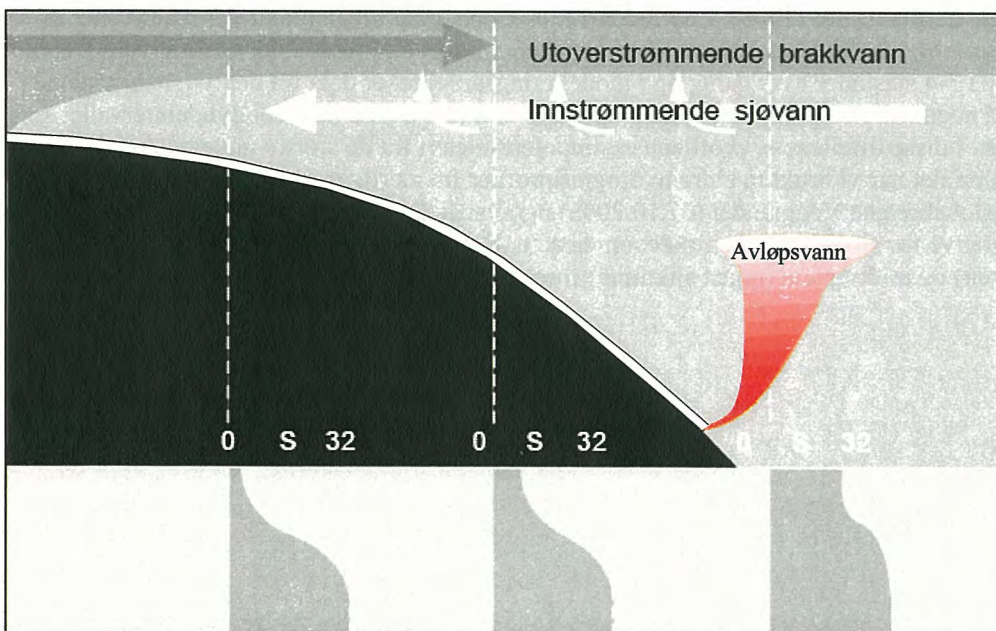
Figur 1 viser at deltaet utenfor Forselva er meget grunt og i NVEs Elvedatabase er området karakterisert som gruntvannsdelta. I følge samme database er det ikke registrert verneområder innenfor deltaet. På fjære sjø er deltaet delvis tørrlagt og ved å innlagre avløpsvannet i 8-10 m dyp bør man kunne sikre det mot påvirkning.



Figur 1. Forsan. Settefiskanlegget er vist med sirkel. Selve elvedeltaet er farget grått.



Figur 2. Prinsipsskisse 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). Dette er vanligvis tilfelle ved Forsan



Figur 2. Skjematisk bilde av strømforhold ved en elvemunning, og hvordan et utslipp kan plasseres for at avløpsvannet ikke kommer i kontakt med elvemunningen. Nedre del av figuren antyder hvordan den vertikale saltholdighetsprofilen endres med økende avstand fra munningen.

Datagrunnlag

Vi benytter i alt vesentlig samme datagrunnlag som redegjort for av Sundfjord (2009). Kort nevnes:

Utslippsdata

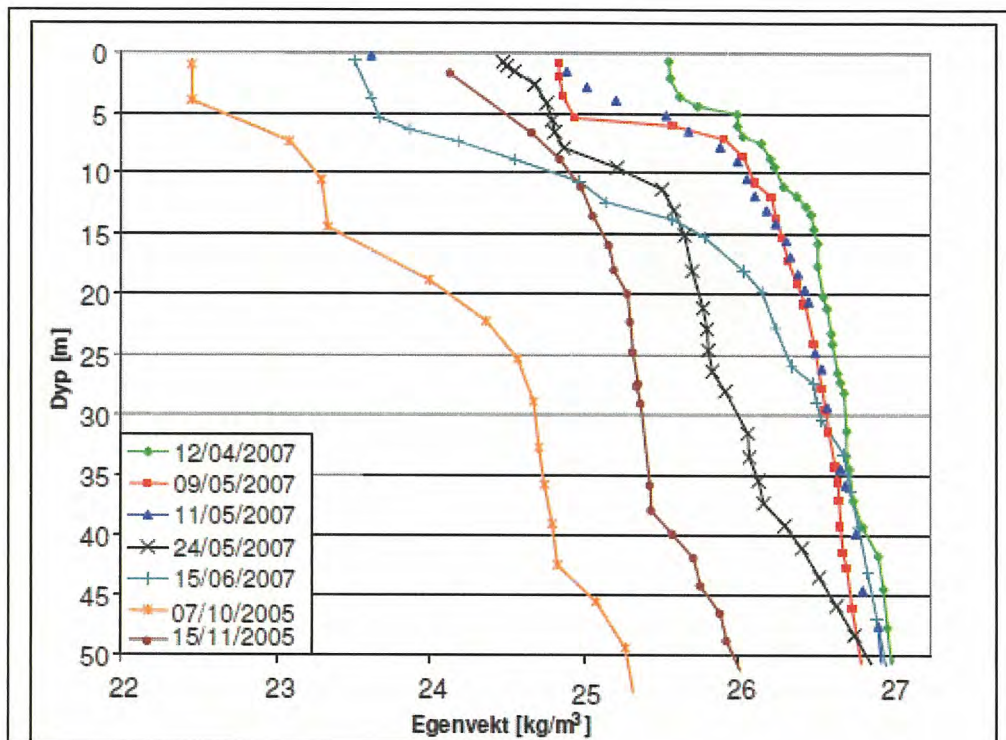
Sundfjord (2009) oppgir månedsverdier for vannbehov (to scenarier per måned), vanntemperatur og andelsjøvannsinnblanding for en årssyklus (Tabell 1). Vannbehovet kan variere fra ca 10 m³/minutt (mai) til 113 m³/min (mars). Temperaturen varierer primært med temperaturen på råvannet (ferskvann), men deler av vannet som brukes i driften vil kunne varmes opp noe i perioden mai-juni. Det vil blandes inn mellom 3 og 30 % sjøvann i ulike produksjonsstadier. Etter opplysninger fra Artec Aqua er det som utgangspunkt for modelleringsarbeidet brukt en tentativ diameter for utslippsrøret på 710 mm. Utslippet er tenkt å fordeles på 5 slike ledninger. Dersom disse plasseres med en viss innbyrdes avstand, og gjerne med endepunkt i noe ulike dyp, kan det oppnås bedre fortykning og innlagring av utslippsvannet.

Tabell 1. Hovedscenarier brukt i modellsimuleringer (fra Sundfjord, 2009).

Tabell 1. Hovedscenarier brukt i modellsimuleringene. Vannmengder er gitt i m ³ /minutt.					
Nr	Scenario	Måneder	Vannmengder	Temperatur	Salinitet
1	Vår/sommer, 30% sjøvannsinnb.	mars-april, aug.	59,8 - 113,4	5,0 - 12,0	10,1
2	Vår/sommer, 15% sjøvannsinnb.	mai, september	10,3 - 92,4	7,1 - 11,0	5,0
3	Sommer, 3% sjøvannsinnb.	juni, juli	25,8 - 67,0	8,5 - 10,0	1,0
4	Vinter, 3% sjøvannsinnb.	oktober-februar	55,8 - 106,7	5,0 - 8,0	1,0

Hydrografiske forhold

Vi gjengir fra Sundfjord (2009): I perioden 12.04-14.06.2007 ble det målt vertikallprofiler av salt og temperatur i og utenfor Forsanbukta på til sammen 5 tidspunkt, med ulike tidsintervall. Det ble tatt profiler på 3-4 stasjoner hver gang, og i modelleringsarbeidet er data fra den ytterste stasjonen brukt. På noen måletidspunkt er profilen ikke dyp nok til å dekke hele det dybdeintervallet som er modellert. I disse tilfellene er profilene ekstrapolert lineært fra de største måledypene. I tillegg til dette materialet har vi brukt to eldre hydrografiprofiler fra nærliggende områder: oppdrettslokalitetene Vegglandet (07.10.2005) og Svartfjell (15.11.2005). Disse profilene er representative for sjiktningen i området om høsten. Data fra sensommer (sterk sjiktning i resipienten) og midtvinters (minst sjiktning) foreligger ikke.

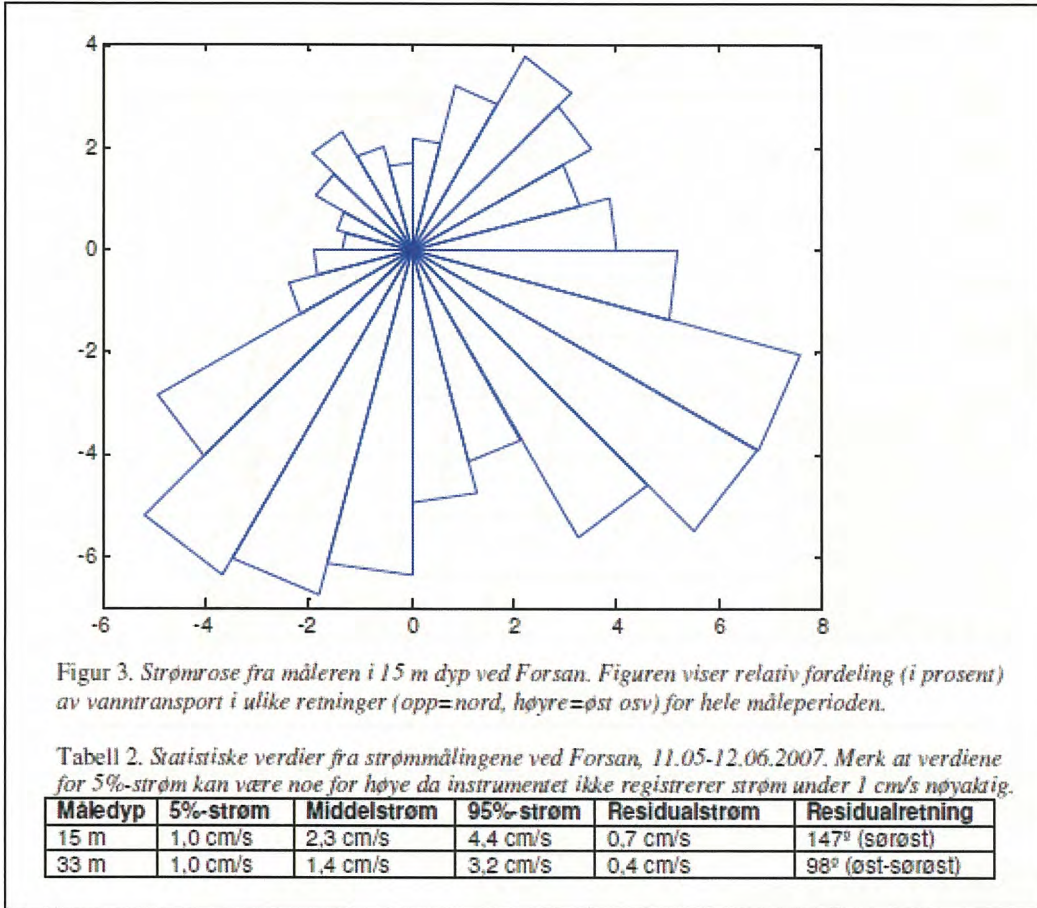


Figur 4. Egenvektsprofiler fra 7 ulike måletidspunkt. Profilene er målt utenfor Forsan (fra Sundfjord, 2009).

Strømforhold

Vi gjengir fra Sundfjord (2009):

Det ble målt strøm i to dyp (15 m og ca 33 m) i Forsanbukta i perioden 11.05-12.06.2007. Målingene dekker dermed variasjon i strømforhold gjennom en hel spring-nipp tidevannsperiode. Målerne, av typen SD6000 (Sensordata AS), var programmert til å logge strømhastighet og -retning hvert 10. minutt. Til modelleringen er det brukt tre statistiske mål på strømmen: 5%-strøm (den høyeste av de laveste 5 % registrerte målingene, representativ for perioder med svak strøm), middelstrøm, og 95%-strøm (den laveste av de høyeste 5 %, representativ for episoder med sterk strøm). For dybdeintervallene over, mellom og under strømmålerne er resultatene interpolert/ekstrapolert.



Figur 5. Figurens øvre halvdel: Strømrose fra måleren i 15 m dyp ved Forsan. Figuren viser relativ fordeling (i prosent) av vanntransport i ulike retninger (opp=nord, høyre=øst osv) for hele måleperioden. Figurens nedre halvdel: statistisk oppsummering av strømmålingene i 15 m og 35 m dyp utenfor Forsan (fra Sundford, 2009).

Beregninger og vurderinger

De to første problemstillingene er knyttet til valg av utslippsdyp og disse vurderes først. Deretter ser vi på valg av utslippsted.

Valg av utslippsdyp

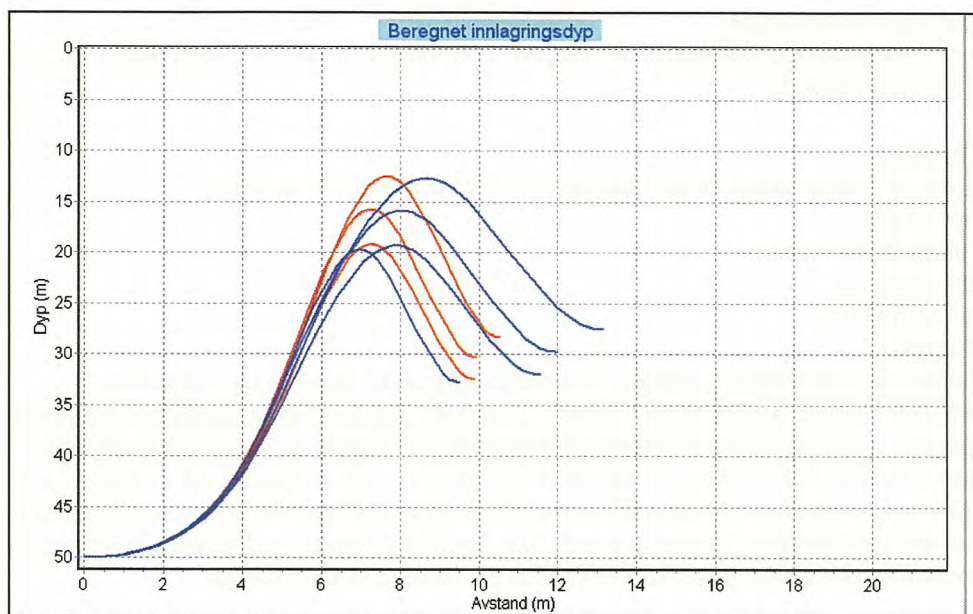
Mht. innlagring av avløpsvannet er det i hovedsak 5 faktorer man må vurdere:

1. vannmengde
2. innblanding av sjøvann
3. strømhastighet
4. vertikal sjiktning
5. utslippsdyp

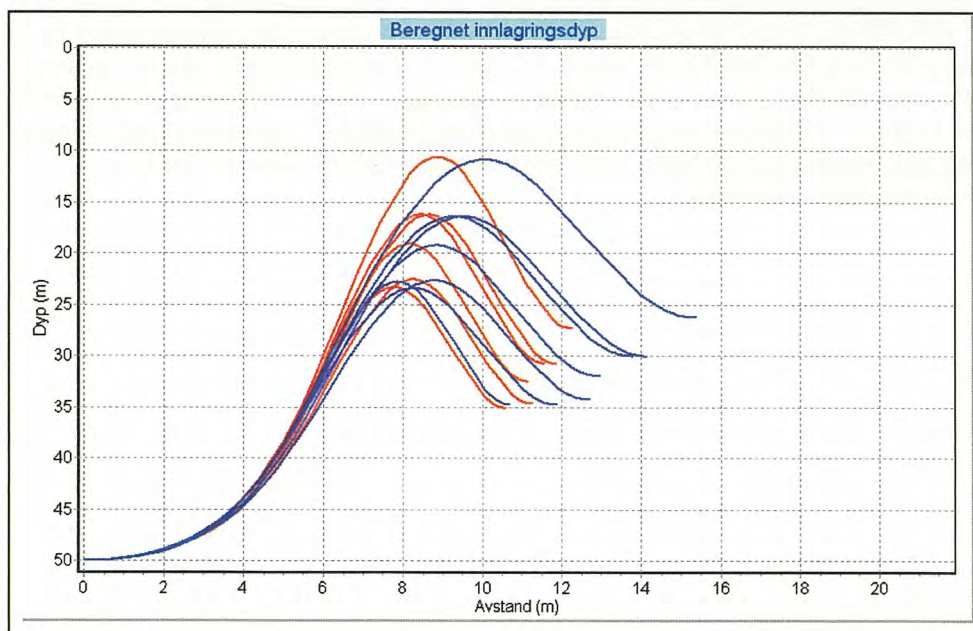
som er bestemmende for innlagringsdypet. Vi tar utgangspunkt i Tabell 1 og viderefører beregningene som ble gjort av Sundfjord (2009). Den mest ugunstige kombinasjonen av de fire første faktorene er: stor vannmengde + liten andel sjøvann + svak strøm + svak vertikal sjiktning. Dette tilsvarer scenarier 3-4 i Tabell 1 samt strømhastighet = 1 cm/s (se nedre del av Figur 5). Som vertikalprofiler velges profiler fra juni-juli samt oktober-februar (3 profiler). Resultatet er vist i Figur 6 og vi ser at avløpsvannet stiger opp mot 10 m dyp før det synker tilbake og innlagres. Der er ikke gjennomslag til overflatelaget med risiko for påvirkning av elvedeltaet.

Tilsvarende beregninger for scenarier 1-2 er vist i Figur 7. Heller ikke der forekommer gjennomslag til overflatelaget med risiko for påvirkning av elvedeltaet.

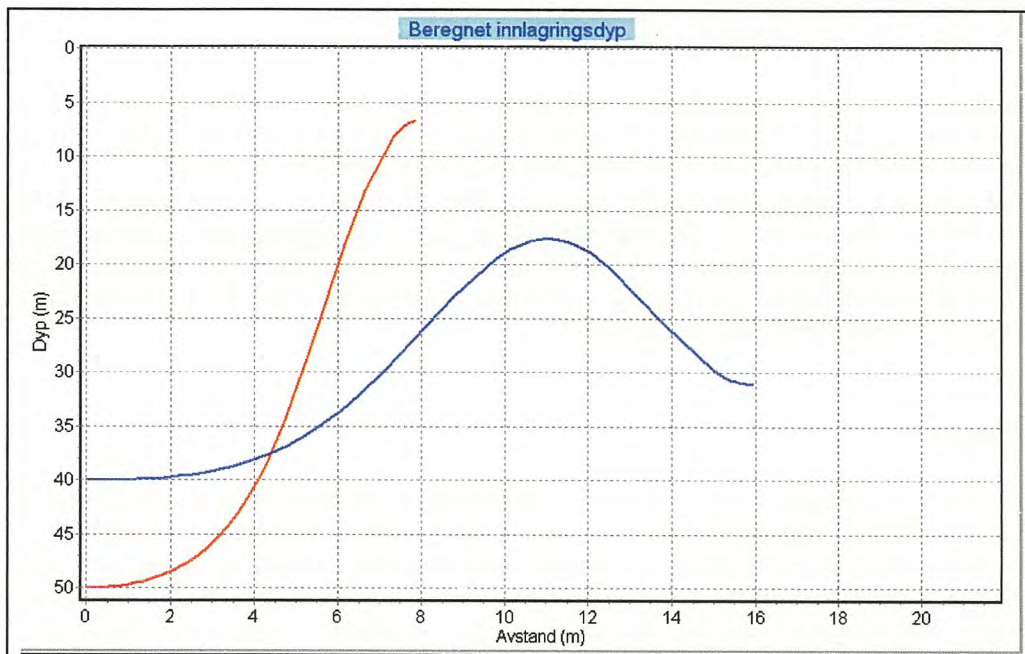
Som vist i Figur 4 vil den vertikale sjiktningen variere gjennom året. Sundfjord (2009) påpekte derfor at det kunne ha vært ønskelig med beregninger for flere vertikalprofiler og i første rekke sensommers (juli-september), men også desember-mars. Slike profiler finnes ikke og selv om resultatene ser betryggende ut bør man vurdere å legge inn en sikkerhetsmargin. Sundfjord (2009) nevnte flere aktuelle tiltak som kan gi slike marginer. Gitt at vannmengder og innblanding av sjøvann er som forutsatt, kan kanskje det enkleste tiltaket være å montere en diffusor ("spreder") på enden av hver avløpsledning. Denne sikrer dypere innlagring og større fortykning av avløpsvannet, som illustrert i Figur 7. Vi understreker at her er brukt "april-profilen" kombinert med 3%-sjøvann for å illustrere virkningen av en diffusor, mens den korrekte kombinasjonen er "april-profilen"+30%-sjøvann (som i Figur 7).



Figur 6. Beregning av innlagring med stor vannmengde, liten innblanding av sjøvann (3% sjøvann) og svak strøm. Ingen gjennomslag til overflatelaget. De tre profilene gjelder 14.7.2007, 7.10.2007 og 15.11.2007.



Figur 7. Øverst: Beregning av innlagring med stor vannmengde, stor innblanding av sjøvann (15-30% sjøvann) og svak strøm. Ingen gjennomslag til overflatelaget. De fire profilene gjelder 12.4.2007, 9.5.2007, 11.5.2007 og 24.5.2007.



Figur 8. Beregning av innlagring med bruk av profilen fra 12.4.2007, men denne gangen for liten innblanding av sjøvann (3%). Rød kurve viser forløpet av utslipp gjennom en avløpsledning med et hull i 50 m dyp og blå kurve viser forløpet ved utslipp gjennom en diffusor i 40 m dyp. I dette eksemplet består diffusoren av 10 hull med diameter 10 cm og innbyrdes avstand 3 m.

Utslippssted i forhold til vanninntak

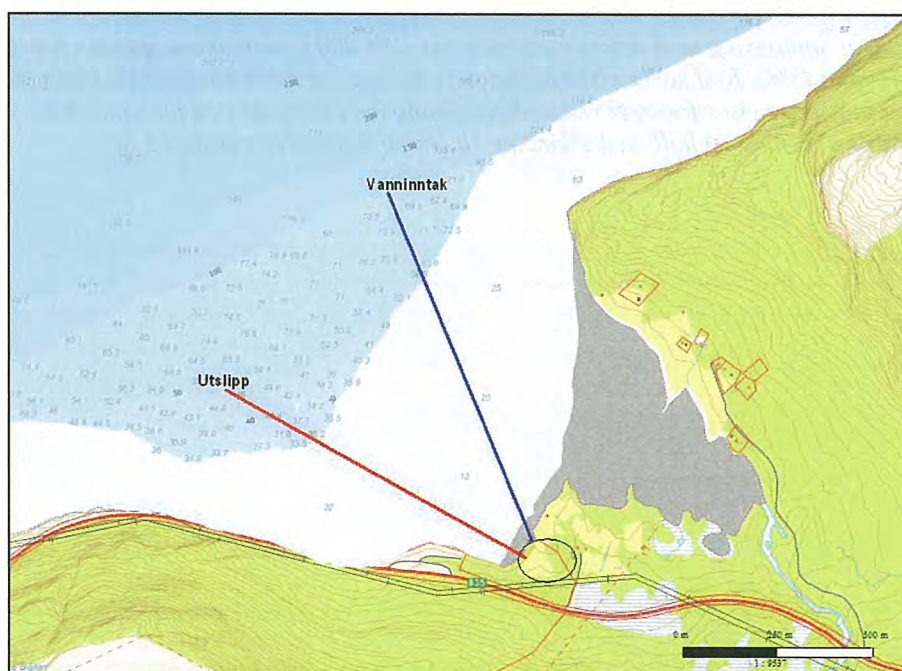
Som vist i Figur 6-7 vil avløpsvannet stige oppover i vannsøylen og det vil ikke være fare for direkte "kortslutning" mellom dette og et dypereliggende vanninntak.

Dersom det er vesentlige mengder fôrspill og fekalier som ikke filtreres bort før utslipp vil dette imidlertid sedimentere ut av utslippsskyen og kan kontaminere inntaket. Dette kan ikke helt forhindres, men reduseres gjennom hensiktsmessig plassering av utslipp og inntak.

Strømmålingene fra Forsanbukten viser at vanntransporten i dypene over utslippspunktet oftest går i sektoren sørvest-sørøst (Figur 5). Det skal dermed være sikrest å legge det dype inntakspunktet nord-nordvest for utslippet. Av hensyn til fortynning og utsynking å strekningen utslipp – posisjon for inntak, bør avstanden være størst mulig. Fortrinnsvis flere hundre meter for å gi partiklene tid til å fortynnes og å synke dypere enn vanninntaket.

Anbefalinger

Med grunnlag i vurderingene foran – samt også anbefalingene i Sundfjord (2009) – er forslag til plassering av utslipp og vanninntak skissert i Figur 9. Her er rom for tilpasninger i forhold til pumpekapasitet, bunnens topografi, hensiktsmessig avstand mellom utslipp og inntak osv., men vi har her lagt til grunn et vanninntak i 80-100 m dyp og utslipp i ca. 50 m dyp. Velger man å bruke diffusor på avløpsledningene kan de sannsynligvis gjøres noe kortere (utslipp i 35-40 m dyp).



Figur 9. Skisse av plassering av vanninntak og av utslipp. Vanligste strømretning er fra vanninntaket og sørover mot utslippet.

Litteratur

- 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 Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.
- Molvær, J., Velvin, R., Berg, I., Finnesand, T. og Bratli. J.L., 2002. EUs Avløpsdirektiv - Veileder i planlegging, gjennomføring og rapportering av resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann. SFT-rapport. TA-nr.1890/2002. 47 sider.
- Molvær, J. and Velvin, R., 2004. EUs avløpsdirektiv. Hva er en elvemunning? VANN vol.1/04.
- Sundfjord, A., 2009. Vedlegg 6: Vurdering av utslipp til sjø og vanninntak for settefiskanlegg ved Forsan, Steigen, Nordland. NIVA-notat. 10 sider.