



RAPPORT LNR 5105-2005

Hemne kommune

Undersøkelse for å finne et
gunstig utslippspunkt for
kommunalt avløpsvann



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Hemne kommune. Undersøkelse for å finne et gunstig utslippspunkt for kommunalt avløpsvann	Løpenr. (for bestilling) 5105-2005	Dato 14.12.2005
	Prosjektnr. Undernr. 25267	Sider Pris 15
Forfatter(e) Jarle Molvær	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Hemne kommune, 7200 Kyrksæterøra	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag
Hemne kommune har utslipp av kommunalt avløpsvann i nærheten av munningen av Søa. Det er gjort en undersøkelse for å finne en kombinasjon av utslippspunkt/dyp og utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet ikke kommer i kontakt med elvemunningen. Utslippspunktet bør flyttes til ca. 30 m dyp. Dette vil hindre at avløpsvannet stiger så høyt opp at det berører elvemunningen. Samtidig flyttes utslippet litt lenger ut i fjorden og bort fra munningsområdet. Diffusor er ikke nødvendig.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Hemne kommune Kommunalt avløpsvann Avløpsdirektivet Elvemunning 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Hemne municipality Municipal wastewater Urban wastewater directive Estuary
---	--



Jarle Molvær
Prosjektleder



Dominique Durand
Forskningsleder



Øyvind Sørensen
Ansvarlig

O-25267

Hemne kommune

Undersøkelse for å finne et gunstig utslippspunkt
for kommunalt avløpsvann

Forord

Den foreliggende rapporten er utarbeidet for Hemne kommune i samsvar med NIVAs prosjektforslag av 1.7. 2005 og kontrakt datert 11.10. 2005.

Vi takker avdelingsingeniør Mette Småge Moe, Hemne kommune, for samvittighetsfull oppfølging av feltarbeidet og framskaffelse av andre data som var nødvendige for å gjennomføre prosjektet.

Oslo, 14.12 2005

Jarle Molvær

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn og formål	6
2. Metodikk og data	7
2.1 Metodikk	7
2.2 Data	9
3. Resultater og anbefaling	10
3.1 Målinger av temperatur og av saltholdighet	10
3.2 Innlagringsdypet for avløpsvannet – anbefalt utslippsdyp	11
4. Litteratur	14
Vedlegg A. Tidspunkt for målinger	15

Sammendrag

Hemne kommune er i gang med planleggingen av nytt primærrenseanlegg. Dagens utslipp av kommunalt avløpsvann tilsvarer ca. 2400 PE og ligger så nær munningen av Sjøa at det er mulig utslippet kommer inn under Avløpsdirektivets krav til utslipp som ligger i elvemunninger.

Formålet med dette prosjektet er å:

Finne en kombinasjon av utslippspunkt/dyp og utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet ikke kommer i kontakt med elvemunningen.

Dette kan oppnås ved å:

- Plassere utslippet så dypt at avløpsvannet ikke kommer i kontakt med fjordens overflatelag og elvemunningen
- Flytte utslippspunktet lenger bort fra elvemunningen

For å skaffe datagrunnlag for beregningene av innlagingsdyp for avløpsvannet ble det utført 13 målinger av temperatur og saltholdighet på tre aktuelle utslippspunkt. I tillegg omfattet beregningene tre vannmengder, utslippsdypene 15 m, 20 m, 25 m og 30 m, og to strømhastigheter. I alt 312 utslippskombinasjoner.

Resultatene viser at det nåværende utslippet bør flyttes til ca. 30 m dyp. Avløpsvannet blir da innlagret så dypt at det ikke kommer i berøring med munningområdet til Sjøa. Diffusor er ikke nødvendig.

1. Bakgrunn og formål

Hemne kommune er i gang med planleggingen av nytt primærrenseanlegg. Dagens utslipp av kommunalt avløpsvann (ca. 2400 pe) ligger imidlertid så nær munningen av Sjøa (**Figur 1**) at det er mulig utslippet kommer inn under Avløpsdirektivets krav til utslipp som ligger i elvemunninger. Hvis det er tilfelle vil kravet til rensing av avløpsvannet bli vesentlig strengere enn tilfellet for utslipp utenfor en elvemunning.

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.

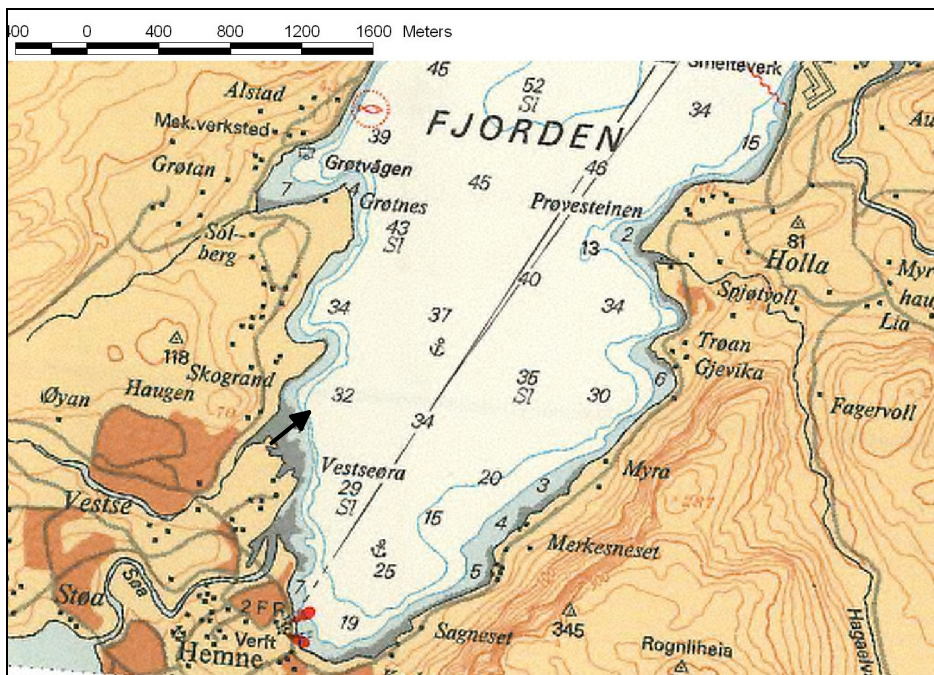
For å fjerne et utslipp fra en elvemunning kan det flyttes i to retninger:

- Horisontalt utover i fjorden: avhengig av størrelsen av ferskvannstilførselen og topografi kan det dreie seg om forflytning på mange kilometer.
- Vertikalt: de forholdene som karakteriserer elvemunningen er oftest avgrenset til de øverste 8-10 m av vannmassen. Dermed er det et alternativ å etablere et dyputslipp der avløpsvannet innlagres godt under elvemunningen (se **Figur 2**), og dermed så dypt at det ikke fanges opp av den inngående sjøvannsstrømmen.

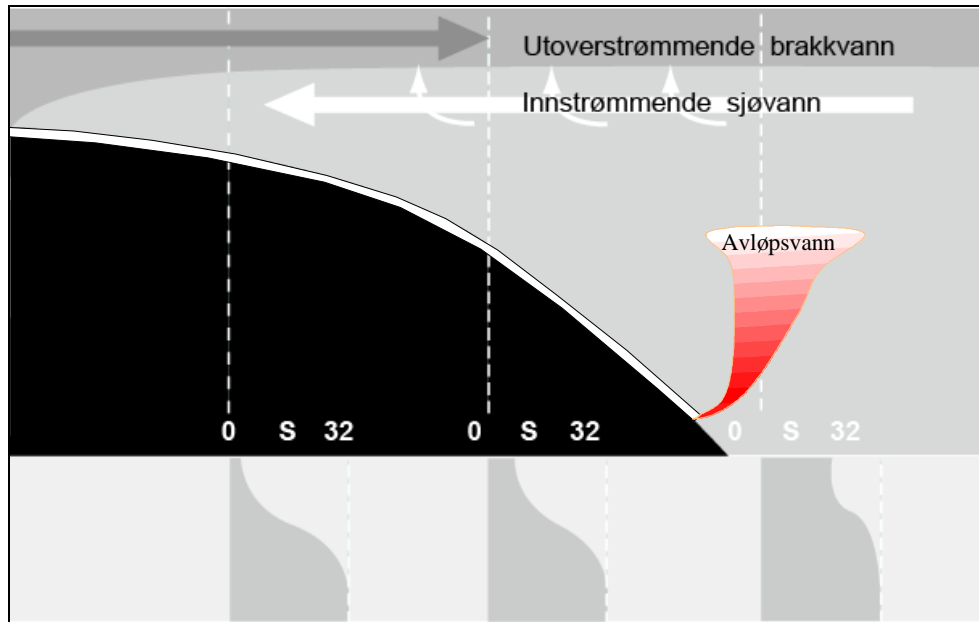
Formålet med dette prosjektet er dermed å:

Finne en kombinasjon av utslippspunkt/dyp og utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet ikke kommer i kontakt med elvemunningen.

Med ”utslippsarrangement” menes at man skal utrede utslipp gjennom 1 hull og eventuelt gjennom en diffusor. Dette er problemstillinger som NIVA er vel kjent med (se Molvær et al., 2002, og Molvær og Velvin, 2004).



Figur 1. Indre del av Hemnefjorden. Dagens utslipp er vist med svart pil.



Figur 2. Skjematiske 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 kan endres med økende avstand fra munningen.

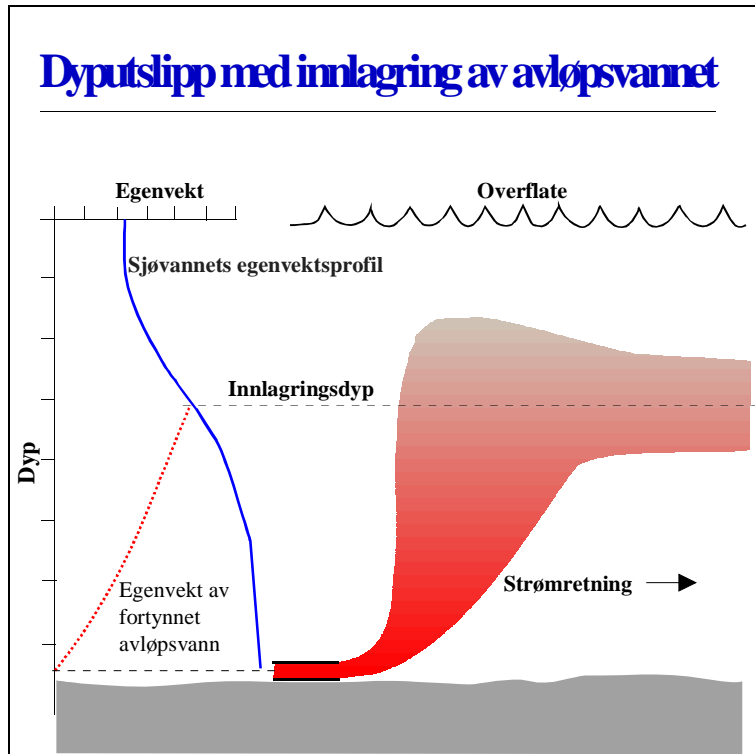
2. Metodikk og data

2.1 Metodikk

Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann og er dermed lettere enn sjøvann. Når avløpsvannet slippes ut gjennom en ledning på dypt vann vil det derfor begynne å stige opp mot overflata samtidig som det blander seg med det omkringliggende sjøvannet. 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 3**). 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.

Dette innlagingsdypet kan beregnes og vi bruker da den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al., 2001). Nødvendige opplysninger for modellsimuleringene er vannmengde, dyp og diameter for utslippsrøret samt strømhastigheten i resipienten. Ved å inkludere disse i modellsimuleringene kan konsentrasjon av de ulike komponentene i gitte avstander fra utslippspunktet beregnes og influensområdet kan kvantifiseres.

For tilfeller der man står rimelig fritt i valg av utslippsdyp, blir beregningene utført for de dypene som er aktuelle. Svært sjelden er det aktuelt med utslippsdyp større enn 40 m. Ved utløpet er Sjøa ganske grunn (2-3 m). Tatt i betraktning at vi ikke har data for hele året bør det som mål for å holde avløpsvannet unna elvemunningen legges inn en god margin, og vi foreslår at avløpsvannet bør innlagres dypere enn 10-12 m.



Figur 3. Prinsippskisse 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).

Mengden avløpsvann vil variere og ved liten vannmengde er det sannsynlig at avløpsvannet ikke alltid fyller opp rørledningen. Utstrømningen blir da konsentrert i øvre del av tverrsnittet, og det blir sjøvannsinntrengning i tverrsnittets nedre del. Det blir en viss medrivning og blanding mellom avløpsvann og sjøvann i det siste stykket av ledningen, og den strålen som forlater ledningen vil derfor bestå av avløpsvann og en mindre andel sjøvann.

Dersom det ikke er noen vesentlig medrivning av sjøvann inne i røret, kan vannet i nedre del av tverrsnittet dynamisk sett betraktes som stillestående. Tverrsnittsarealet for utstrømning er da gitt av at det såkalte densimetriske Froude-tallet (F) har verdien 1. F er definert som

$$F = \frac{U}{\sqrt{g \frac{\Delta\rho}{\rho} H}} \quad \text{hvor}$$

- U : strømhastighet,
- g : tyngdeakselerasjonen = 9.81 m/s²,
- $\Delta\rho/\rho$: relativ tetthetsforskjell mellom ferskvann og omgivende sjøvann, og
- H : tykkelse av utstrømmende lag.

Betingelsen $F=1$ uttrykker at det er balanse mellom kinetisk energi og potensiell energi knyttet til trykket. Hvis $F \geq 1$ vil utstrømningen fylle hele røret. Når $F < 1$ vil ikke det utstrømmende avløpsvannet kunne fylle hele røret og det blir sjøvannsinntrengning. Hastigheten blir større enn om det utstrømmende vannet var fordelt over hele tverrsnittet, og dette blir tatt hensyn til i beregningene.

2.2 Data

Hemne kommune har gitt opplysninger om utslippet og disse er sammenfattet i **Tabell 1**. Store deler av avløpsnett er fellessystem, og det medfører store variasjoner i vannmengden. Hemne kommune opplyser at dette vil endre seg i framtida. I følge kommunens "Hovedplan avløp" skal avløpsledningene separeres i områdene: Stretet, Skeiet, Støa, Haugen boligfelt sør, Haugen boligfelt vest og øst. I henhold til avløpsplanen skal dette være ferdig utført innen 2016. Antall PE etter utbyggingen blir ca. 3000.

Tabell 1. Karakteristiske tall for det nåværende utslippet av kommunalt avløpsvann.

Utslippsdyp	Avløpsledning indre diameter	Vannmengde, l/s		
		Lav	Middels	Stor
15 m	315mm	3	9	20

Vi har beregnet Froudetallet for ledningsdiameter 315 mm og de tre vannmengdene. Ved alle tre ble Froudetallet mindre enn 1, dvs. man må anta at ytre del av avløpsledningen delvis blir fylt av sjøvann. Deretter har vi beregnet det utslippstverrsnittet som gir Froudetall lik 1, dvs. omtrentlig hvor stort utslippstverrsnitt som det utstrømmende avløpsvannet vil fordele seg over. Og har beregnet diameteren for dette tverrsnittet under forutsetning av at det er sirkulært. Denne diameteren er så brukt i beregningene (**Tabell 2**).

Tabell 2. Beregning av Froudetall ved ulike vannmengder og ledningsdiameter. De ledningsdiameterne som brukes i beregningene er vist med mørk skravor.

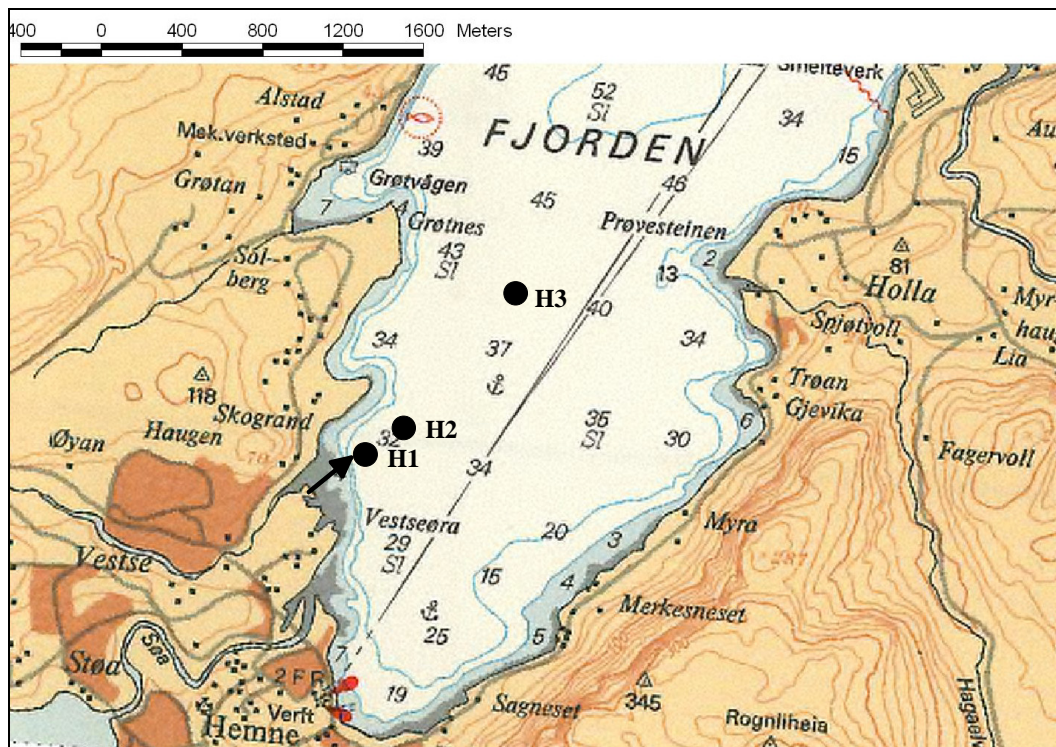
Vannmengde, l/s	Diameter, mm	Froudetall
20	315	0,92
	300	1,04
9	315	0,41
	220	1,02
3	315	0,157
	140	1,05

For beregningene av innlagingsdypet trengs først og fremst et representativt antall av vertikallprofiler av temperatur og saltholdighet (brukes til å beregne egenvekten i de forskjellige dyp i fjorden). For å framskaffe slike data ble det satt i gang målinger på stasjonene H1-H3 (**Figur 4**). I tidsrommet 5.7-27.9.2005 ble det utført ukentlige målinger av temperatur og saltholdighet, med en selvregistrerende sonde av typen SensorData 204 stilt til rådighet av NIVA. Sonden registrerer dyp (trykk), saltholdighet, temperatur, dato og klokkeslett med 1 sekunds intervall mens den langsomt ble senket fra overflate og ned til bunnen. Dataene ble lest ut ved å koble sonden til en PC og fortløpende sendt over internett til NIVA. Det ble utført 13 måleserier og tidspunktene er gjengitt i Vedlegg A. Målingene representerer ikke hele året, men antas å gi et rimelig representativt bilde av tilstanden i sommerhalvåret da god innlagring er viktigst.

Hastigheten av strømmen mellom utslippsdyp og innlagingsdypet har betydning både for innlagingsdypet og for spredningen av det fortynnede avløpsvannet. Halvveis i måleprogrammet vurderte NIVA behovet for strømmålinger, og fant at de ikke var nødvendig for å kunne gjennomføre prosjektet. I ca. 10-30 m dyp, der det er aktuelt å innlagre avløpsvannet, vil en forvente et strømbilde preget av virkningen av tidevannsvariasjoner og av skiftende meteorologiske forhold (vind og lufttrykk). Erfaringsmessig skaper dette et strømsystem der hastighet og retning varierer mye, og der hastigheten sjelden blir mer enn 10-12 cm/s.

Beregningene blir utført for utslipp i 15 m, 20 m, 25 m og 30 m dyp. Fordi strømhastigheten er av betydning for innlagingsdypet, blir beregningene utført for en lav hastighet (1 cm/s) og en antatt

typisk hastighet (5 cm/s). Det er ved lav hastighet at innlagringen blir dårligst og dermed er usikkerheten omkring valget av 5 cm/s ikke så avgjørende.

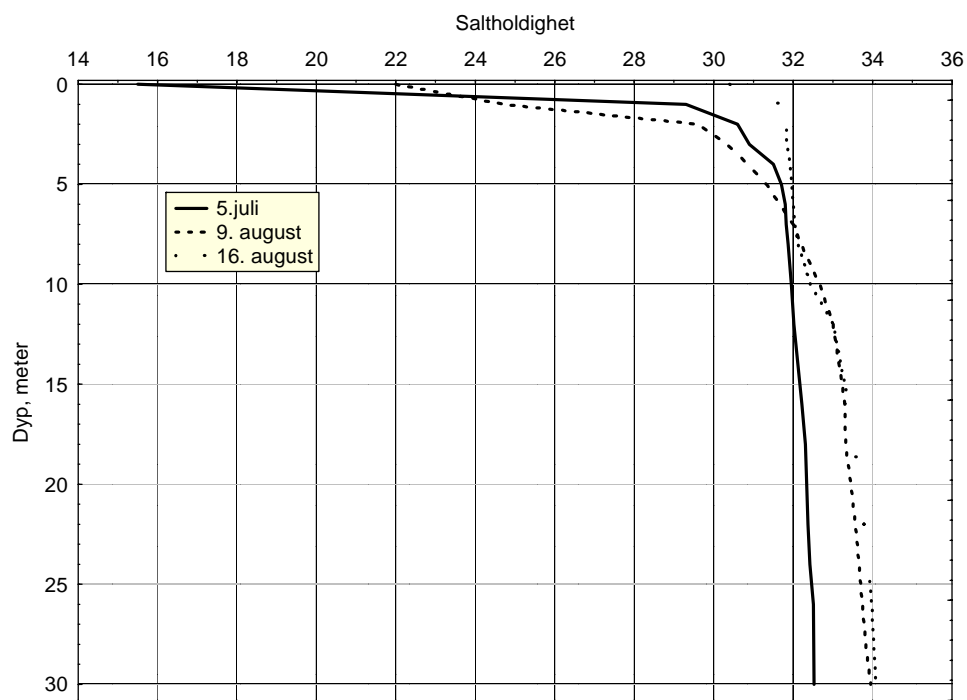


Figur 4. Indre del av Hemnefjorden. Dagens utslipp er vist med svart pil. De tre stasjonene (H1-H3) hvor temperatur og saltholdighet ble målt er vist som svarte punkt.

3. Resultater og anbefaling

3.1 Målinger av temperatur og av saltholdighet

På grunn av varierende ferskvannsavrenning til fjorden og varierende vindforhold (bølger vil bidra til å blande ferskvannet med sjøvann) kan den vertikale tetthetssjiktningen variere mye med tiden. Saltholdigheten er i hovedsak bestemmende for vannet tetthet (egenvekt) og (**Figur 5**) viser noen typiske situasjoner. Som ventet var variasjonene størst nær overflata og mindre dypere nede. Dette viser at ved utslipp av en gitt mengde avløpsvann (for eksempel 9 l/s) vil dypet hvor avløpsvannet innlagres variere mye fra gang til gang.



Figur 5. Stasjon H2. Tre vertikalprofiler for saltholdighet som viser typiske variasjoner.

3.2 Innlagringsdypet for avløpsvannet – anbefalt utslippsdyp

Som beskrevet i kap. 2 tar beregningene av innlagringsdypet utgangspunkt i 13 vertikalprofiler og tre vannmengder, og utføres for utslipp i 15 m, 20 m og 30 m dyp – samt de to valgte strømhastighetene. I alt 312 kombinasjoner.

Resultatene mht. innlagring av et utslipp på 9 l/s og ved strømhastighetene 1 cm/s og 5 cm/s er vist i henholdsvis **Figur 6** og **Figur 7**. Strålebanene (senterlinjen ”skyen” med fortynnet avløpsvann) viser hvordan avløpsvannet stiger og deretter synker noe ned og innlagres (jfr. også **Figur 3**). Sett i forhold til

- vårt mål om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn 10-12 m dyp
- at toppen av skyen med fortynnet avløpsvann vil ligge høyere enn senterlinjen
- at en må legge mest vekt på resultatet for liten strømhastighet
- at beregningene ikke omfatter vinter- og vår (men de viktigste årstidene som er sommer-høst) tilsier at man legger inn en viss margin

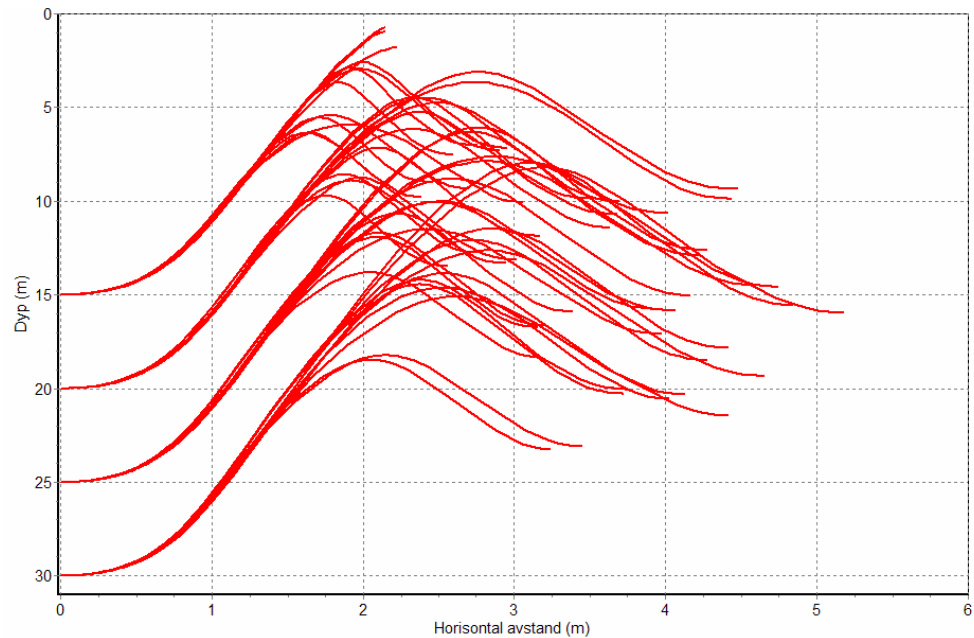
viser resultatene at utslippsdypet bør være ca. 30 m.

Beregninger for utslipp av 3 l/s og 20 l/s ved 1 cm/s er vist i hhv. **Figur 8** og **Figur 9**. Ved 3 l/s skjer innlagringen noe dypere enn for 9 l/s og ved utslipp av 20 l/s skjer innlagringen noe høyere oppe. Her må vi imidlertid påpeke at ved utslipp fra et fellessystem kan en liten mengde avløpsvann være ensbetydende med en tørrværsperiode. Hvis det stemmer vil det være riktigst å vurdere resultatene for utslipp av 3 l/s i forhold til situasjoner med forholdsvis svak vertikal sjiktning i fjorden (lite ferskvann). Gjør vi det, framstår et bilde som er mer likt det som vi fikk for utslipp av 9 l/s.

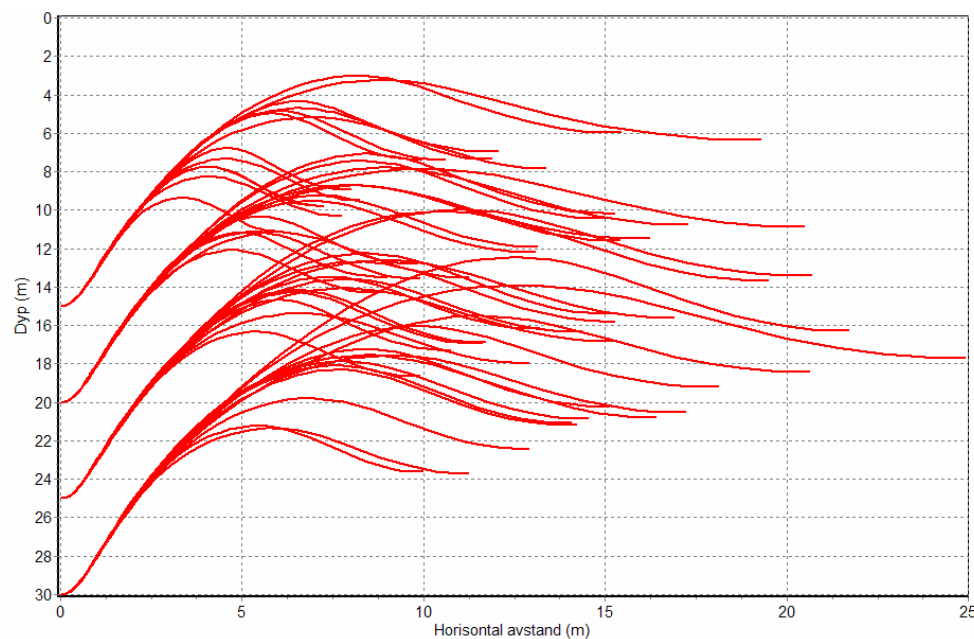
Ut fra samme resonnement kan det være riktigst å vurdere resultatene for utslipp av 20 l/s i forhold til situasjoner med forholdsvis sterk sjiktning i fjorden. Gjør vi det, framstår et bilde der avløpsvannet jevnt over innlagres noe dypere enn det som sees i **Figur 9**.

Som vist for utslipp av 9 l/s (**Figur 7**) vil innlagringen foregå dypere både for utslipp av 3 l/s og 20 l/s når strømhastigheten øker.

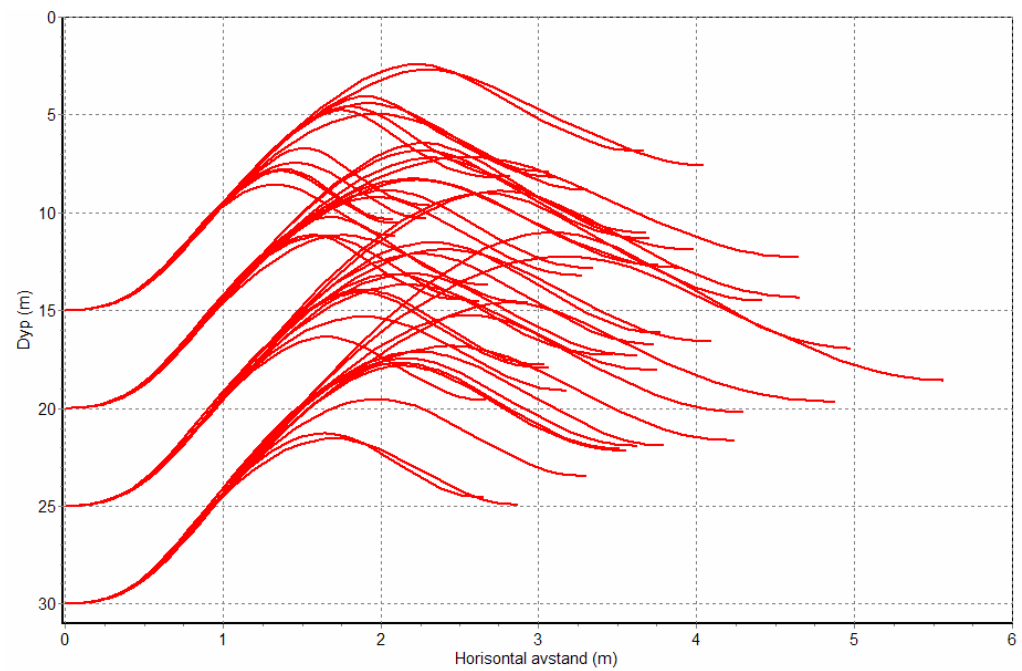
Samlet sett viser beregningene at den nåværende avløpsledningen bør forlenges slik av avløpsvannet slippes ut i ca. 30 m dyp. Diffusor er ikke nødvendig.



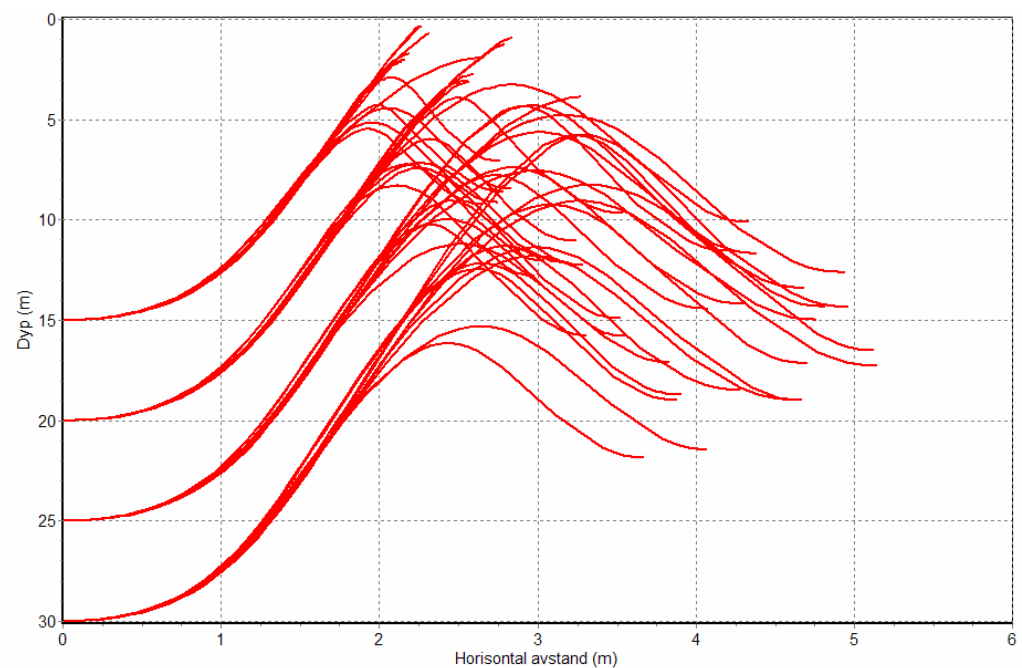
Figur 6. Innlagringsdyp ved utslipp i 15 m, 20 m, 25 m og 30 m dyp når vannmengden er 9 l/s og strømhastigheten 0,01 m/s. Figuren viser "strålebanene" for de 13 vertikallprofilene.



Figur 7. Innlagringsdyp ved utslipp i 15 m, 20 m, 25 m og 30 m dyp når vannmengden er 9 l/s og strømhastigheten 0,05 m/s. Figuren viser "strålebanene" for de 13 vertikallprofilene.



Figur 8. Innlagringsdyp ved utlipp i 15 m, 20 m, 25 m og 30 m dyp når vannmengden er 3 l/s og strømhastigheten 0,01 m/s. Figuren viser "strålebanene" for de 13 vertikalprofilene.



Figur 9. Innlagringsdyp ved utlipp i 15 m, 20 m, 25 m og 30 m dyp når vannmengden er 20 l/s og strømhastigheten 0,01 m/s. Figuren viser "strålebanene" for de 13 vertikalprofilene. Figuren viser sannsynligvis for mange situasjoner der avløpsvannet stiger over 10 m dyp. Grunnen er at en så stor vannmengde i et fellessystem betyr at storparten er overvann pga. nedbør eller snøsmelting. Ved slike situasjoner vil også ferskvannsmengden i fjorden være større enn vanlig, noe som gir sterkere vertikal sjiktning og dypere innlagring.

4. 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. og Velvin, R., 2004. EUs avløpsdirektiv. Hva er en elvemunning? VANN vol.1/04

Vedlegg A. Tidspunkt for målinger

Dato:	Målepkt.	Tid:	Dyp, m
05.07.2005	H1	09:45	15
05.07.2005	H 2	10:25	32
05.07.2005	H 3	10:37	39
05.07.2005	H 4	10:51	35
05.07.2005	H 5	11:04	33
12.07.2005	H 1	10:00	15
12.07.2005	H 2	10:14	32
12.07.2005	H 3	10:37	39
19.07.2005	H 1	10:24	15
19.07.2005	H 2	10:37	32
19.07.2005	H 3	10:45	39
26.07.2005	H 1	09:37	15
26.07.2005	H 2	09:44	32
26.07.2005	H 3	09:54	39
02.08.2005	H 1	09:52	15
02.08.2005	H 2	10:03	32
02.08.2005	H 3	10:13	39
09.08.2005	H 1	09:40	15
09.08.2005	H 2	09:51	32
09.08.2005	H 3	10:01	39
16.08.2005	H 1	09:30	15
16.08.2005	H 2	09:37	32
16.08.2005	H 3	09:44	39
23.08.2005	H 1	08:55	15
23.08.2005	H 2	09:00	32
23.08.2005	H 3	09:05	39
30.08.2005	H 1	10:13	15
30.08.2005	H 2	10:22	32
30.08.2005	H 3	10:27	39
06.09.2005	H 1	11:50	15
06.09.2005	H 2	11:55	32
06.09.2005	H 3	12:00	39
14.09.2005	H 1	12:05	15
14.09.2005	H 2	12:08	32
14.09.2005	H 3	12:17	39
20.09.2005	H 1	09:45	15
20.09.2005	H 2	09:50	32
20.09.2005	H 3	09:55	39
27.09.2005	H 1	10:05	15
27.09.2005	H 2	10:10	32
27.09.2005	H 3	10:15	39