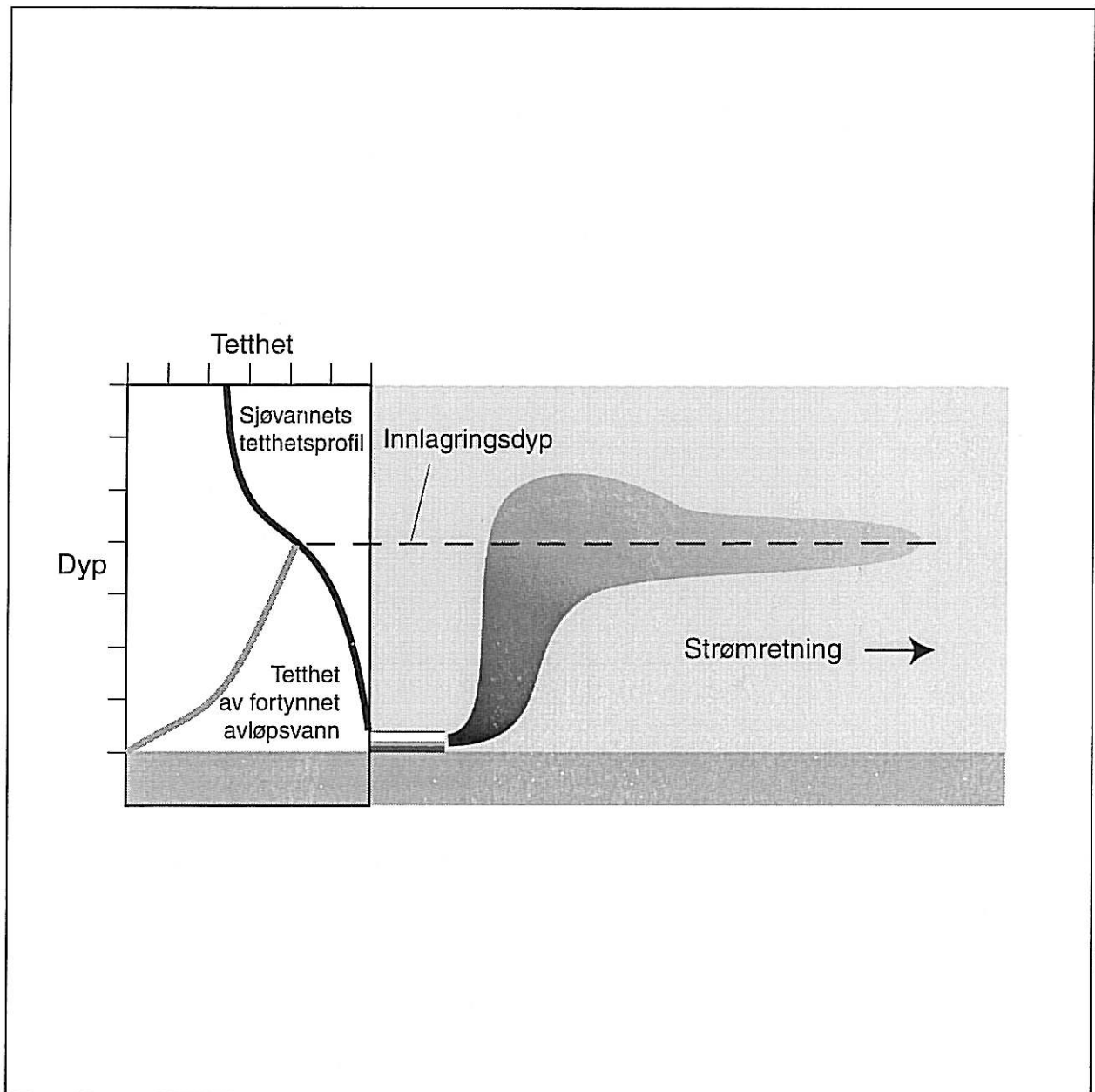


# Hydro Seafood Produksjon

Beregning av utslippsdyp for  
avløpsvann fra smoltanlegg



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 1  
4890 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  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**

9015 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel <b>Hydro Seafood Produksjon.</b> Beregning av utslippsdyp for avløpsvann fra smoltanlegg.	Løpenr. (for bestilling) 4055-99	Dato 30.6 1999	
	Prosjektnr. Undernr. 90033	Sider 33	Pris
Forfatter(e) Jarle Molvær	Fagområde Oseanografi		Distribusjon
	Geografisk område Glomfjord		Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Hydro Seafood Produksjon A/S, Pb. 4102 Dreggen, 5023 Bergen	Oppdragsreferanse
---	-------------------

**Sammendrag**

Fylkesmannen i Nordland har satt som krav at i sommerhalvåret skal avløpsvannet fra Hydro Seafood Produksjon sitt smoltanlegg i Glomfjord innlagres under 15-20 m dyp i 90-95% av tiden. Beregningene av innlagringsdyp for avløpsvannet som ledes ut gjennom de tre avløpsledningene (betegnet AB, CD og KAR) fra smoltanlegget i juni, juli og august er utført i tre omganger:

1. Først er det utført beregninger med forlenging av nåværende ledninger til 25, 30, 35 og 38 m dyp. For avløpsvannet fra KAR-side vil utslipp i 38 m dyp innfri kravet til innlagringsdyp som Fylkesmannen har satt. For de to andre ledningene ble kravet ikke innfridd.
2. Innblanding av sjøvann vil gi avløpsvannet mindre oppdrift og kan dermed gi dypere innlagring. Beregninger med 33% og 67% sjøvann i avløpsvannet for AB-side og CD-side oppfylte heller ikke kravet som Fylkesmannen har satt. Innblanding av vesentlig større mengder sjøvann vil hjelpe, men andre blandingsforhold er ikke forsøkt i denne omgang.
3. For avløpsvannet fra AB-side og CD-side er en diffusor dimensjonert og testet for vannmengder opp til 0.5 m<sup>3</sup>/s (30 m<sup>3</sup>/min). Samme type diffusor kan brukes for begge ledningene. Ved plassering av diffusoren i omkring 30 m dyp viste beregninger at Fylkesmannens krav til innlagringsdyp kan innfris.

Fire norske emneord 1. Glomfjord 2. Akvakultur 3. Avløpsvann 4. Innlagring	Fire engelske emneord 1. Glomfjord 2. Aquaculture 3. Effluent 4. Trapping
--	---

  
 Prosjektleder

ISBN 82-577-3659-7.

  
 Forskningssjef

O-90033

**Hydro Seafood Produksjon**

Beregning av utslippsdyp for avløpsvann  
fra smoltanlegg

## *Forord*

Den foreliggende vurderingen er utarbeidet for Hydro Seafood Produksjon ved bestilling datert 15.4 1999 samt senere telefonsamtaler.

Ved Hydro Seafood Produksjon har Bernhard Norheim og Tor Arne Gransjøen bidratt med opplysninger om bedriftens utslipp samt konstruktive kommentarer.

Ved NIVA har Jarle Molvær utført de hydrofysiske vurderingene og stått for prosjektledelsen.

*Jarle Molvær*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Metodikk og data</b>	<b>6</b>
2.1 Datamaterialet	6
2.2 Beregning av innlagringsdyp	9
2.3 Dimensjonering av diffusor	10
<b>3. Resultater</b>	<b>11</b>
3.1 Innlagring ved utslipp uten diffusor	11
3.2 Innlagring ved bruk av diffusor	12
3.2.1 Utslipp fra AB-side	12
3.2.2 Utslipp fra CD-side	13
<b>4. Konklusjoner</b>	<b>14</b>
<b>5. Litteratur</b>	<b>14</b>
<b>Vedlegg A. Dato for vertikalprofiler som brukes i beregninger av innlagringsdyp</b>	<b>15</b>
<b>Vedlegg B. Beregning av innlagringsdyp for utslipp til 30 m, 35 m og 38 m dyp fra AB-side – uten diffusor</b>	<b>16</b>
<b>Vedlegg C. Beregning av innlagringsdyp for utslipp til 38 m dyp fra KAR-side – uten diffusor</b>	<b>20</b>
<b>Vedlegg D. Beregning av diffusor AB-side</b>	<b>23</b>
<b>Vedlegg E. Beregning av innlagringsdyp for utslipp i 30 m, 35 m og 38 m dyp fra AB-side og CD-side – med diffusor</b>	<b>30</b>

---

## Sammendrag

Fylkesmannen i Nordland har satt som krav at i sommerhalvåret skal avløpsvannet fra Hydro Seafood Produksjon sitt smoltanlegg i Glomfjord innlagres under 15-20 m dyp i 90-95% av tiden.

Beregningene av innlagringsdyp for avløpsvannet som ledes ut gjennom de tre avløpsledningene fra smoltanlegget i juni, juli og august er utført i flere omganger:

1. Beregninger med forlenging av nåværende ledninger til 25, 30, 35 og 38 m dyp viste at med utslipp i 38 m dyp vil avløpsvannet fra KAR-side innfri kravet til innlagringsdyp som Fylkesmannen har satt. For de to andre ledningene ble kravet ikke innfridd.
2. Innblanding av sjøvann vil gi avløpsvannet mindre oppdrift og kan dermed gi dypere innlagring. Beregninger med 33% og 67% sjøvann i avløpsvannet for AB-side oppfylte heller ikke kravet som Fylkesmannen har satt. Innblanding av vesentlig større mengder sjøvann kan nok hjelpe, men andre blandingsforhold er inntil videre ikke forsøkt.
3. For avløpsvannet fra AB-side og CD-side er en diffusor dimensjonert og testet for vannmengder opp til  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $30 \text{ m}^3/\text{min}$ ). Samme type diffusor kan brukes for begge ledningene.
4. Ved plassering av diffusoren i omkring 30 m dyp viste nye beregninger at Fylkesmannens krav til innlagringsdyp kan innfris.

# 1. Innledning

Siden 1986 har Hydro Seafood Produksjon A.S (HSP) drevet smoltanlegg i Glomfjord. Anlegget ligger like vest for Hydro Agri Glomfjord (HAG), og har produsert 2 mill. smolt/år siden 1989. Dette er et område hvor vannkjemiske og marinbiologiske undersøkelser i 1981-82 og 1991-92 påviste sterke eutrofi-effekter, som i alt vesentlig ble forklart som effekter av utslippene fra HAG (se Molvær et al., 1984, Holte et al., 1994). I 1998 utførte NIVA en egen vurdering av miljøvirkningene av utslippet fra smoltanlegget (Molvær og Walday, 1998). Fylkesmannen i Nordland har gitt HSP konsesjon for en produksjon av 4 mill. smolt/år med vilkår om at i sommerhalvåret skal avløpsvannet innlagres dypere enn 15-20 m i 90-95% av tiden.

*Formålet med denne vurderingen er å beregne det dypet avløpsvannet må føres til for å få innlagring som oppfyller Fylkesmannens krav.*

Sommerhalvåret er et litt upresist begrep og i dette prosjektet har HSP besluttet at man skal vurdere tidsrommet juni-august.

## 2. Metodikk og data

Beregningene og vurderingene gjøres i to trinn. Først beregnes innlagringsdypet for utslipp gjennom en avløpsledning med bare et hull. Hvis ikke dette gir tilfredsstillende innlagring, dimensjoneres en diffusor og beregningene for innlagringsdyp gjøres på nytt for utslipp gjennom denne.

### 2.1 Datamaterialet

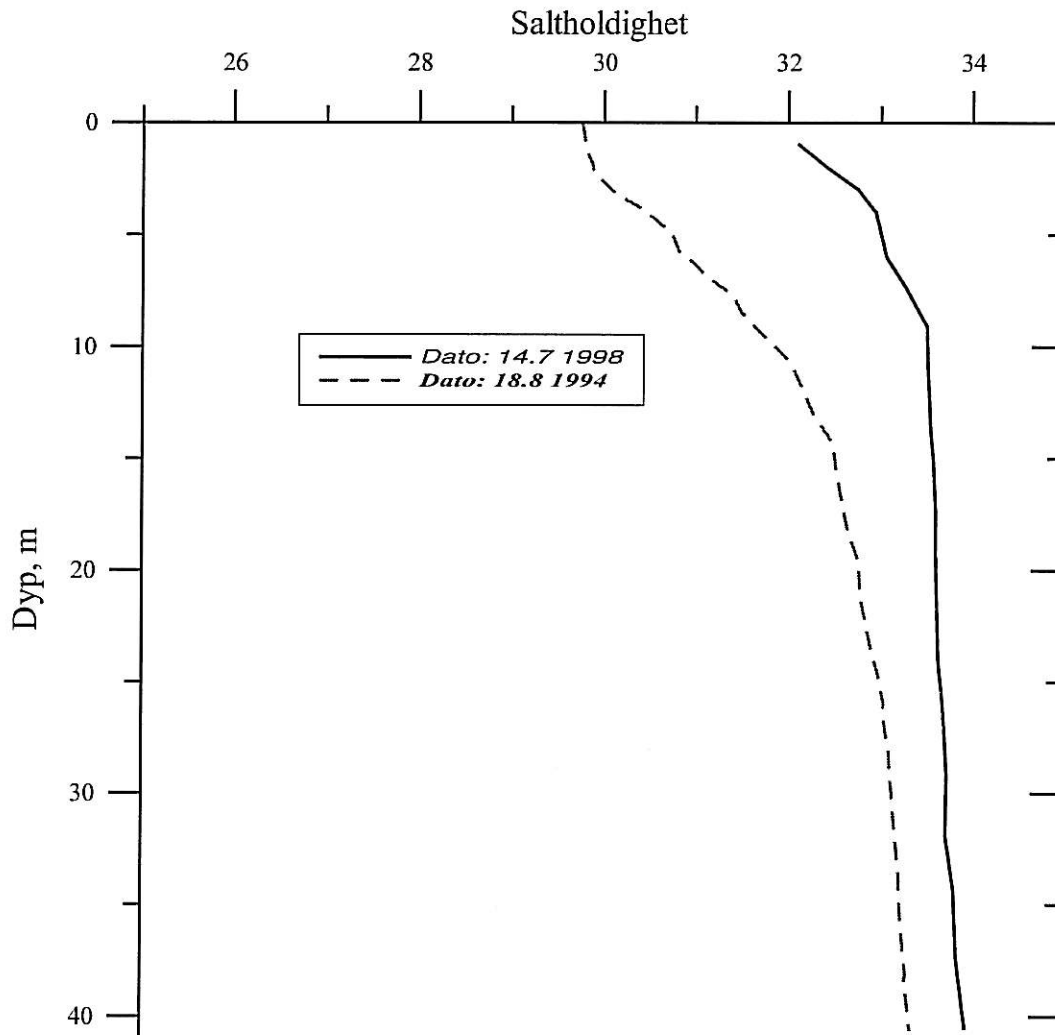
Innlagringsdypet for avløpsvannet vil variere med vannmengden, vannets egenvekt, diameteren på hullet som vannet slippes ut gjennom, utslippsdypet og den vertikale tetthetsprofilen på stedet (bestemt ved målinger av temperatur og saltholdighet). Smoltanlegget bruker både ferskvann og sjøvann i varierende mengder gjennom året. Sjøvannet hentes fra 45 m dyp (ca. 80%) og fra 100 m dyp (ca. 20%). Tabell 1 sammenfatter vannmengdene for et typisk år, og man ser at mengdene varierer med en faktor på ca. 6 over året samtidig som sjøvannsandelen varierer mellom 0 og ca. 38%. I dette prosjektet vurderes som tidligere nevnt innlagring av utslipp av avløpsvann i tidsrommet juni-august. Bedriften fordeler avløpsvannet på 3 ledninger (Tabell 2).

Tabell 1. Avløpsvannmengder, og fordeling mellom ferskvann og sjøvann (m<sup>3</sup>/min). Sommerhalvåret slik det for dette prosjektet er definert er vist med mørk raster (opplysninger fra HSP).

	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
Ferskvann	25	30	35	40	40	10	15	18	20	20	25	25
Sjøvann	10	12	15	25	20						5	10
Totalt	35	42	50	65	60	10	15	18	20	20	30	35

På 80-tallet og i 1991-92 ble det gjort svært mange målinger av temperatur og saltholdighet i Glomfjord. Siden januar 1993 har imidlertid ferskvannstilførselen til fjordens indre del blitt vesentlig redusert pga. overføringer til Svartisen kraftverk ved Holandsfjord, og den vertikale sjiktningen i fjordens vannmasser er endret på grunn av dette. Data fra tiden før februar 1993 kunne derfor ikke brukes for vårt formål. Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet for området i 1994-95 er stilt til rådighet av Statkraft/NVE, mens målinger for juni-oktober 1998 er til stilt til rådighet for dette

prosjektet av HAG. Tidsrommet juni-august er beskrevet ved 18 målinger og tidspunktene for disse er gitt i Vedlegg A. Figur 1 viser to karakteristiske vertikallprofiler av saltholdighet. For 18 profiler betyr Fylkesmannens krav at innlagring grunnere enn 15 m dyp aksepteres for 1-2 situasjoner.



Figur 1. Vertikalprofil av saltholdighet for profilene fra 14.7 1998 (profil 11) og fra 18.8 1994 (profil 14). Sjøktningen er relativt svak og den 14.7.98 var det nesten ingen sjøktning under ca. 10 m dyp.

Tabell 2. Avløpsledninger og ledningsdiametre (opplysninger fra HSP).

Avløp fra:	Andel avløpsvann (%)	Diameter
15 m kar	20	500 mm
AB-side	40	710 mm
CD-side	40	600 mm



Som utgangspunkt for beregningene er det for hver ledning valgt 3 vannmengder, 4 utslippsdyp og altså 18 vertikalprofiler. Dette gir 216 kombinasjoner for hver ledning (Tabell 3). De tre vannmengdene representerer vannmengdene i juni, juli og august (se Tabell 1).

Tabell 3. Sammenfattende beskrivelse av grunnlagsmaterialet for beregninger av innlagringsdyp.

Avløp	Vannmengder (m <sup>3</sup> /min)	Diameter på endehull (mm)	Strålehastighet m/s	Utslippsdyp m
KAR	2, 3, 3.6	500	0.17, 0.26, 0.31	25, 30, 35, 38
AB-side	4, 6, 7.2	710	0.17, 0.26, 0.31	25, 30, 35, 38
CD-side	4, 6, 7.2	600	0.24, 0.36, 0.43	25, 30, 35, 38

Det er store variasjoner i vannmengden (se Tabell 1) og beregningene skal gjøres for tidsrommet med de minste vannmengdene. Da er det en reell mulighet for at avløpsvannet ikke fyller opp rørledningen helt ut til enden. Utstrømningen blir da konsentrert i øvre del av tverrsnittet, og det blir sjøvannsinntrengning i ledningen. Det blir en viss medrivning og innblanding av sjøvann i det siste stykket av ledningen og den strålen som forlater ledningen, vil derfor bestå av en blanding av prosessavløp og noe sjøvann fra resipienten.

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

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

hvor

- $U$  : strømhastighet,
- $g$  : gravitasjonskonstanten = 9.81 m<sup>3</sup>/s,
- $\Delta\rho/\rho$  : 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  $F_u \geq 1$  vil utstrømningen fylle hele røret, og det vil ikke kunne bli noen sjøvannsinntrengning.

Hvis sjøvannsinntrengning forekommer, vil det også skje en viss medrivning, slik at det går en toveis strøm i ytre del av rørledningen. Den dynamiske likevektsbetingelsen er da at kvadratsummen av Froude-tallene for de to motgående strømmene blir 1:

$$F_u^2 + F_i^2 = 1$$

eller

$$F_u^2 < 1$$

når det blir sjøvannsinntrengning i ledningen.

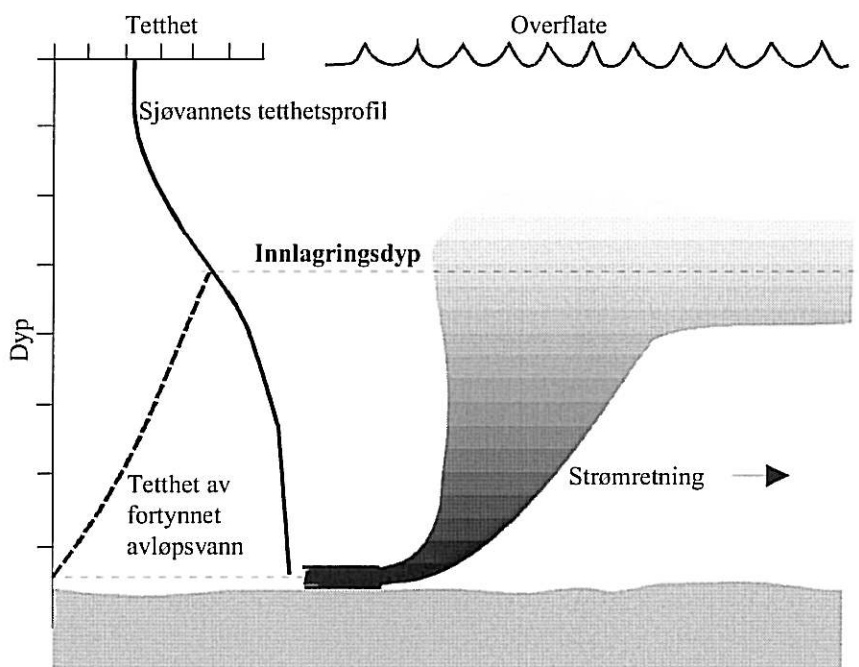
## 2.2 Beregning av innlagringsdyp

Beregning av innlagringsdyp er utført med EDB-programmet NIVA\*JET.MIX, utarbeidet av Bjerkeng og Lesjø (1973). Programmet beregner fortynning og innlagringsdyp for en enkelt stråle avløpsvann i en sjiktet resipient, på basis av tetthetsprofiler i resipienten og data om strålen i utløpet. Programmet beregner ikke eksakt innlagringsdyp, men gir det nivået der det fortynnede avløpsvannets egenvekt er den samme som omgivelsenes egenvekt. Avløpsvannets vertikale bevegelsesenergi gjør imidlertid at det stiger noe forbi dette "likevektsdypet", før det synker tilbake og innlagres (Figur 2). I praksis er oftest liten forskjell mellom innlagringsdypet og likevektsdypet, og i det følgende vil innlagringsdyp være ensbetydende med likevektsdypet.

Dataprogrammet beregner den teoretisk høyeste opptrengning på to måter:

- ved fortsatt fortynning etter at likevektsdypet er "passert" (EQS).
- uten blanding eller friksjon etter likevektsdypet er "passert" (GRAV).

Det første metoden (EQS) antas å gi mest realistisk resultat.



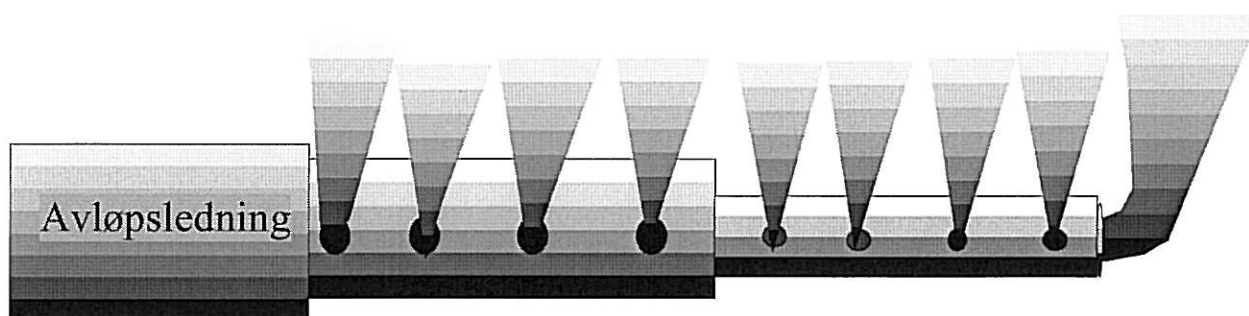
Figur 2. Prinsippskisse av et dyputslipp med innlagring

## 2.3 Dimensjonering av diffusor

Diffusorberegningene er utført ved dataprogrammet DIFDIM. En beskrivelse av programmet er gitt av Dammen (1979). Beregningene gjøres i to trinn. Først beregnes en diffusor med tilhørende ledning som tilfredsstiller de aktuelle krav mht. energi og dybde. Figur 3 illustrerer hvordan en slik diffusor kan se ut. Deretter benyttes NIVA\*JET.MIX for å kontrollere at dette utslippsarrangementet oppfyller kravene mht. innlagring av avløpsvannet.

Diffusoren må dimensjoneres for å fungere ved alle aktuelle vannmengder, dvs. også for vannmengder utenom de som er aktuelle for juni-juli.

DIFDIM beregner også Froude-tallet ved varierende vannmengder og ledningsdiametre og gir derfor informasjon om mulig sjøvannsinntrængning ved lave vannmengder.



Figur 3. *Prinsippskisse av en diffusor med to avtrapninger og 9 hull, der 8 hull for illustrasjonens del er plassert på samme side. Til vanlig plasseres hullene vekselvis på hver side av diffusoren. Diffusoren er ikke identisk med den som beskrives i kapittel 3.2.*

## 3. Resultater

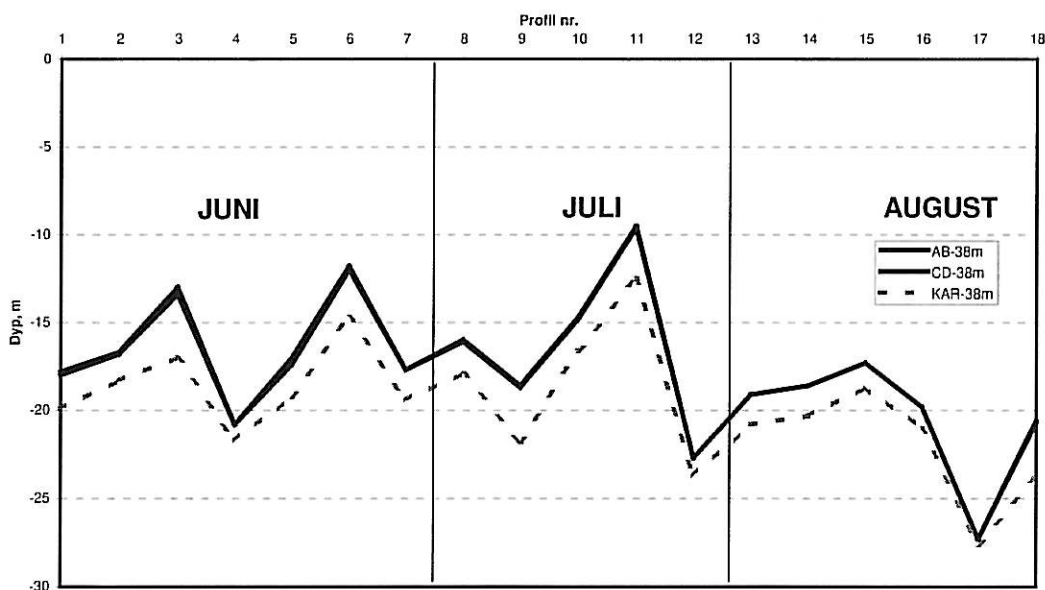
### 3.1 Innlagring ved utslipp uten diffusor

Vannmengdene er ulike for juni, juli og august. Det er derfor gjort beregninger av innlagringsdyp for alle profiler fra henholdsvis juni (7 stk.), juli (5 stk.) og august (6 stk.) med tilhørende vannføringer. Figur 4 viser innlagringsdyp for utslipp i 38 m dyp fra AB-side, CD-side og KAR. De to førstnevnte ledningene har dobbelt så stor vannmengde og større rørdiameter enn ledningen fra KAR. Dette tilsier at kravet om dyp innlagring blir relativt vanskelig å oppfylle. Resultatene for AB-side og KAR er gjengitt i henholdsvis Vedlegg B og C. Beregningene for CD-side er nærmest identisk med AB-side og er ikke vist som Vedlegg.

Beregningene viser at med de typiske vannmengdene som er oppgitt for juni-juli-august vil ikke Fylkesmannens kravet om innlagring i 15-20 m dyp i 90-95% av tiden være oppfylt for AB-side eller for CD-side. Problemene er knyttet til tre situasjoner (profilene 7, 10 og 13 se Vedlegg A) da den vertikale sjiktningen i fjorden var svært svak og mulighetene for innlagring av avløpsvannet er tilsvarende små. To av disse profilene finnes i data fra juni og en fra juli, i alt 3 av 18 profiler. For KAR-side kan Fylkesmannens krav innfris ved utslipp i 38 m dyp.

Smoltanlegget kan ha anledning til å blande sjøvann med ferskvannet og for AB-side ble det derfor gjort beregninger med 33% og 67% sjøvann, som gav henholdsvis 4 og 3 situasjoner der kravet ikke ble oppfylt. Årsaken til at innlagringen ikke blir vesentlig bedre med innblanding av sjøvann er at effekten fra økningen i avløpsvannet egenvekt blir motvirket av økningen i volum.

Skal Fylkesmannens krav innfris, må avløpsvannet i ledningene fra AB- og CD-side sannsynligvis slippes ut gjennom diffusor. I kapittel 3.2 er utført beregninger av diffusor for disse to avløpsledningene.



Figur 4. Innlagringsdyp for utslipp fra AB-side, CD-side og KAR-side i 38 m dyp uten diffusor i juni, juli og august. AB-side og CD-side har i alt vesentlig samme innlagringsdyp. For datoer som profilene representerer, se Vedlegg A.

## 3.2 Innlagring ved bruk av diffusor

### 3.2.1 Utslipp fra AB-side

Det er spesielt viktig at diffusoren fungerer godt i sommerhalvåret og for dimensjoneringen er derfor en relativt lav vannføring på  $0.22 \text{ m}^3/\text{s}$  (ca.  $13 \text{ m}^3/\text{min}$ ) lagt til grunn for beregningene. Diffusoren er også testet for vannmengdene  $0.07$ ,  $0.12$ ,  $0.3$ ,  $0.4$  og  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . En detaljert beskrivelse av resultatene er gitt i Vedlegg D. Tabell 4 sammenfatter dimensjonene av diffusoren. For en prinsippsskisse av en diffusor, se Figur 3.

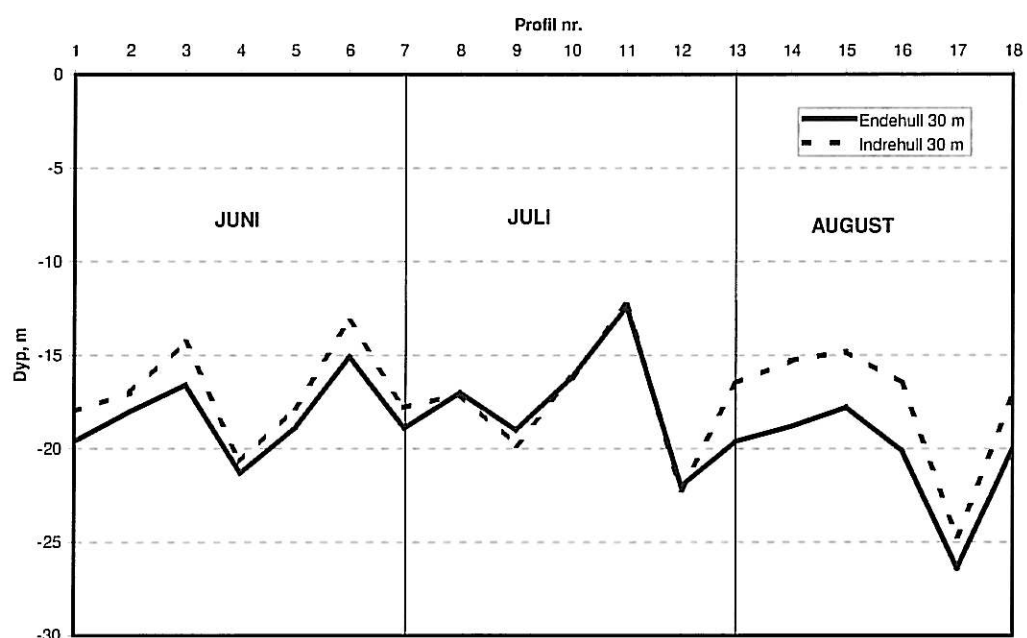
Beregningene (Vedlegg D) viser at for  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  og en diameter på  $0.71$  for selve utslippsledningen kreves en energihøyde på ca.  $2.5 \text{ m}$ .

Den største vannmengden og dårligste innlagringen vil man vanligvis ha for endehullet. I dette tilfellet er vannmengden relativt liten (av  $4 \text{ m}^3/\text{min}$  i juni og  $7.2 \text{ m}^3/\text{min}$  i august) i forhold til det som diffusoren er dimensjonert for, og JETMIX er derfor brukt for å beregne innlagringsdypet både for avløpsvannet gjennom diffusorens innerste hull og for endehullet. Beregningene er gjort for utslipp i  $30 \text{ m}$ ,  $35 \text{ m}$  og  $38 \text{ m}$  dyp, og Figur 5 viser resultater for utslipp i  $30 \text{ m}$  dyp (alle resultater er vist i Vedlegg E).

Sammenlignet med Figur 4 får man en betydelig gunstigere innlagring. Beregningene viser at vannet for det innerste av 9 hull i juni kan stige til litt over  $15 \text{ m}$  dyp, noe som kan motvirkes enten ved at diffusoren plasseres i  $32 \text{ m}$  dyp eller ved innblanding av litt sjøvann.

Tabell 4. Sammenfattende beskrivelse av diffusor for AB-side beregnet ut fra  $Q_{mid}$  ( $0.22 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Antall hull	9
Diameter endehull	180 m m
Diameter sidehull	150 mm
Avstand mellom hullene	2 m
Total lengde	ca.15 m
Indre diameter	0.289-0.600 mm
Antall avtrapninger	5



Figur 5. AB-side og CD-side. Beregning av innlagringsdyp for utslipp av avløpsvann i juni-august gjennom utløpsledning til 30 m dyp og diffusorens innerste hull og endehull. Den øvre horisontale akse viser profilnr.

### 3.2.2 Utslipp fra CD-side

Vannmengden er den samme som for AB-side og dermed kan samme diffusor brukes, se kap. 3.2.1 og Tabell 4. En detaljert beskrivelse av resultatene er gitt i Vedlegg D. Beregningene viser at for  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  og en diameter på 0.5 for selve utslippsledningen kreves en energihøyde på ca. 3 m.

At man kan bruke samme diffusor for samme vannmengde som for AB-side betyr også at innlagringsberegningene som er utført for AB-side (Figur 5) også gjelder for CD-side.

Tabell 4. Sammenfattende beskrivelse av diffusor for CD-side beregnet ut fra  $Q_{mid}$  ( $0.22 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Antall hull	9
Diameter endehull	180 m m
Diameter sidehull	150 mm
Avstand mellom hullene	2 m
Total lengde	ca.15 m
Indre diameter	0.289-0.600 mm
Antall avtrapninger	5

## 4. Konklusjoner

Fylkesmannen i Nordland har satt som krav at i sommerhalvåret skal avløpsvannet fra Hydro Seafood Produksjon sitt smoltanlegg i Glomfjord innlagres dypere enn 15-20 m i 90-95% av tiden.

Beregningene av innlagringsdyp for avløpsvannet som ledes ut gjennom de tre avløpsledningene fra smoltanlegget i juni, juli og august er utført i fire omganger:

1. Først er det utført beregninger med forlenging av nåværende ledninger til 25, 30, 35 og 38 m dyp. For avløpsvannet fra KAR-side vil utslipp i 38 m dyp innfri kravet til innlagringsdyp som Fylkesmannen har satt. For de to andreledningene ble kravet ikke innfridd.
2. Innblanding av sjøvann vil gi avløpsvannet mindre oppdrift og kan dermed gi dypere innlagring. Beregninger med 33% og 67% sjøvann i avløpsvannet for AB-side oppfylte heller ikke kravet som Fylkesmannen har satt. Innblanding av ytterligere sjøvann kan nok hjelpe, men andre blandingsforhold er inntil videre ikke forsøkt.
3. For avløpsvannet fra AB-side og CD-side er en diffusor dimensjonert og testet for vannmengder opp til 0.5 m<sup>3</sup>/s (30 m<sup>3</sup>/min). Samme type diffusor kan brukes for beggeledningene.
4. Ved plassering av diffusoren i omkring 30 m dyp viste nye beregninger at Fylkesmannens krav til innlagringsdyp kan innfris.

## 5. Litteratur

Bjerkeng, B. og Lesjø, A., 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. PRA 5.7. NIVA-rapport O-126/73. Oslo.

Dammen, B., 1979: Diffusorprogrammet DIFDIM. Input og output. Bruk av EDB i VA-teknikken. Kursdagene ved NTH-Trondheim 3.-5. januar 1979. Norske Sivilingeniørers Forening.

Holte, B., Johnsen, T., Molvær, J., Næs, K., Pedersen, A., Stigebrandt, A., Walday, M., 1994: Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord 1991 - 92. Sammendragsrapport. Overvåkningsrapport; 573/94. NIVA-rapport nr. 3082. 35 sider.

Molvær, J., Knutzen, J., Rygg, B. og Skei, J., 1984: Basisundersøkelse i Glomfjord 1981-82. Sammendragsrapport. NIVA-rapport nr. 1614. Oslo. 41 sider.

Molvær, J. og Walday, M., 1998. Glomfjord. Vurderinger av miljøvirkninger av utslipp fra akvakulturanlegg. NIVA-rapport nr. 3962-98. 13 sider.

---

## Vedlegg A.

### Dato for vertikalprofiler som brukes i beregninger av innlagringsdyp

PROFILE NO.	STATION	DATE	TIME	NO. OF DEPTHS
1	G1	940609	11	40
2	G1	940622	11	32
3	G1	980602	12	17
4	G1	980609	12	17
5	G1	980616	12	17
6	G1	980623	12	17
7	G1	980630	12	17
8	G1	940707	07	40
9	G1	940723	09	37
10	G1	980707	12	17
11	G1	980714	12	20
12	G1	980721	12	18
13	G1	940804	09	36
14	G1	940818	09	38
15	G1	980844	12	18
16	G1	980813	12	18
17	G1	980819	12	17
18	G1	980825	12	17



## **Vedlegg B.**

### **Beregning av innlagringsdyp for utslipp til 30 m, 35 m og 38 m dyp fra AB-side – uten diffusor**

Beregningene bygger på vannmengder og ledningsdiametre som vist i Tabell 3 foran i rapporten og resultatene vises som tabeller for ulike kombinasjoner av vannmengder. Beregningsresultatene er presentert i tre hoveddeler:

#### **1. Utslippsdata:**

- HOLE NR: Nummer for det alternativet som beregnes
- DEPTH (M): Utslippsdyp
- DIAM. (M): Kontrahert strålediameter
- VEL. (M/S): Vannhastighet i strålen
- ANGLE DEG. Strålens vinkel med horisontalplanet. I tabellene står  $-10$ , som viser at ledningen heller 10 grader nedover i utslippspunktet.

#### **2. Angivelse av hvilken tetthetsprofil beregningen gjelder (PROFILE NR.)**

#### **3. Resultater:**

Disse angis i to hovedgrupper: for likevektsdypet (NEUTRAL POINT) og høyeste opptrengning (EXTREMAL DEPTHS).

- WIDTH (M): Strålens bredde
- ANGLE DEG.: Vinkel i forhold til horisontalplanet
- CENTER DILUT.: Fortynning i strålens senter
- DEPTH (M): Likevektsdyp
- EQS. (M): Høyeste opptrengning etter fortynningsligningene
- GRAV. (M): Høyeste opptrengning uten blanding og friksjon etter likevektsdypet.

Dessuten brukes symbolene:

< : gjennomslag til overflata

X : beregningen stanset, intet likevektsdyp

OUTFALL SITE: AB-side, Juni

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1      OUTFALL SITE:      Jun  
 PAGE 1

JET DATA AFTER CONTRACTION					!	!	RESULTS						
					!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL			
					!	!				DEPTHS			
HOLE DEPTH DIAM. VEL. ANGLE					!	!	NR.	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH	EQS.	GRAV.
NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	!	!	(M)	DEG.		(M)	(M)	(M)	(M)
					!	!							
					!	!							
1	30.0	.71	.17	-10	!	1 !	4.2	89	43	13.5	10.0	4.9	
					!	2 !	3.8	89	39	14.7	10.6	4.1	
					!	3 !	5.7	89	71	6.6	3.8	1.9	
					!	4 !	4.5	89	43	13.0	6.1	<1.0	
					!	5 !	4.1	89	43	13.4	9.0	1.8	
					!	6 !	5.4	89	68	7.5	2.8	<1.0	
					!	7 !	3.9	89	39	14.7	9.1	1.8	
-----													
2	35.0	.71	.17	-10	!	1 !	4.7	89	52	16.2	11.2	6.4	
					!	2 !	4.6	89	53	16.0	12.1	5.8	
					!	3 !	6.1	89	76	10.3	4.5	2.3	
					!	4 !	3.7	89	38	20.0	12.8	<1.0	
					!	5 !	4.8	89	56	15.3	10.6	4.2	
					!	6 !	6.0	89	79	10.1	4.0	<1.0	
					!	7 !	4.3	89	49	17.1	11.2	3.6	
-----													
3	38.0	.71	.17	-10	!	1 !	4.9	89	57	18.0	12.2	6.9	
					!	2 !	5.1	89	62	16.8	12.8	6.7	
					!	3 !	6.0	89	76	13.4	5.4	2.5	
					!	4 !	4.1	89	46	20.8	14.8	2.4	
					!	5 !	5.0	89	60	17.4	11.6	5.0	
					!	6 !	6.2	89	84	12.0	5.0	<1.0	
					!	7 !	4.9	89	58	17.7	12.9	5.3	

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT  
 - GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT

< : BEYOND MIN DEPTH OF DENSITY RANGE

OUTFALL SITE: AB-side, Juli

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1      OUTFALL SITE: Jul  
 PAGE 1

JET DATA AFTER CONTRACTION				!	!	RESULTS							
				!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL				
				!	!	FILE			DEPTHS				
HOLE NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	!	NR.	!	WIDTH (M)	ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EQS. (M)	GRAV. (M)
1	30.0	.71	.26	-10	!	8	!	4.0	88	32	14.1	10.5	4.2
					!	9	!	3.7	88	27	15.8	12.6	7.1
					!	10	!	4.6	89	40	11.4	6.8	1.8
					!	11	!	5.2	89	51	8.0	3.4	<1.0
					!	12	!	2.6	88	16	20.6	16.5	6.8
2	35.0	.71	.26	-10	!	8	!	4.8	89	43	15.4	11.5	6.1
					!	9	!	4.5	88	36	17.4	13.9	9.0
					!	10	!	5.3	89	50	13.3	8.3	2.6
					!	11	!	6.2	89	66	8.8	4.7	<1.0
					!	12	!	3.5	88	25	21.7	18.8	12.2
3	38.0	.71	.26	-10	!	8	!	5.4	89	51	16.0	12.0	7.2
					!	9	!	5.0	88	41	18.6	14.5	10.2
					!	10	!	5.6	89	56	14.7	9.1	3.0
					!	11	!	6.8	89	74	9.5	5.3	<1.0
					!	12	!	4.0	88	30	22.7	19.6	14.1

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT  
 - GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT

< : BEYOND MIN DEPTH OF DENSITY RANGE

OUTFALL SITE: AB-side, August

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1      OUTFALL SITE:      Aug  
 PAGE 1

JET DATA AFTER CONTRACTION				!	!	RESULTS							
				!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL DEPTHS				
				!	!	FILE							
HOLE NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	!	NR.	!	WIDTH (M)	ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EQS. (M)	GRAV. (M)
1	30.0	.71	.31	-10	!	13	!	3.9	88	26	15.1	11.8	8.5
					!	14	!	4.4	88	30	13.2	8.5	3.0
					!	15	!	4.3	88	31	13.3	7.6	2.8
					!	16	!	3.8	88	25	15.6	12.5	6.5
					!	17	!	3.8	87	19	17.0	4.1	<2.0
					!	18	!	3.7	88	24	16.0	11.5	5.5
2	35.0	.71	.31	-10	!	13	!	4.4	88	32	17.9	13.0	9.2
					!	14	!	4.8	88	36	16.3	10.5	4.6
					!	15	!	4.7	88	36	16.3	10.0	3.5
					!	16	!	4.4	88	32	17.7	13.7	8.5
					!	17	!	2.4	87	12	26.6	22.3	7.7
					!	18	!	4.4	88	30	18.5	14.0	7.8
3	38.0	.71	.31	-10	!	13	!	4.8	88	37	19.1	13.8	9.6
					!	14	!	4.9	88	38	18.6	12.0	5.2
					!	15	!	5.1	88	42	17.3	11.3	4.2
					!	16	!	4.6	88	35	19.8	14.4	8.8
					!	17	!	2.9	87	17	27.3	24.1	14.0
					!	18	!	4.6	88	32	20.6	15.4	8.8

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT  
 - GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT  
 < : BEYOND MIN DEPTH OF DENSITY RANGE

## Vedlegg C.

### Beregning av innlagringsdyp for utslipp til 38 m dyp fra KAR-side – uten diffusor

Beregningene bygger på vannmengder og ledningsdiametre som vist i Tabell 3 foran i rapporten og resultatene vises som tabeller for juni, juli og august. "AMGLE DEG. -10" viser at ledningen heller 10 grader nedover i utslippspunktet. Forklaring til tabellene er gitt i Vedlegg B.

**OUTFALL SITE: KAR-side, Juni**

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1      OUTFALL SITE:      Jun  
PAGE 1

JET DATA AFTER CONTRACTION				!	!	RESULTS						
				!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL DEPTHS			
				!	!	FILE						
HOLE NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	!	NR.	WIDTH (M)	ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EQS. (M)	GRAV. (M)
1	30.0	.50	.17	-10	!	1	3.6	89	54	15.4	11.4	7.4
					!	2	3.5	89	54	15.4	12.3	6.5
					!	3	5.2	89	92	8.8	4.8	2.8
					!	4	3.3	89	44	17.2	10.9	1.9
					!	5	3.7	89	57	14.8	10.8	5.2
					!	6	4.8	89	88	9.7	4.5	<1.0
					!	7	3.2	89	47	16.7	11.2	4.6
2	35.0	.50	.14	-10	!	1	4.0	89	73	18.5	13.8	9.0
					!	2	4.2	89	81	17.3	13.7	9.4
					!	3	4.7	89	93	15.4	8.1	3.3
					!	4	3.3	89	56	21.2	16.8	6.6
					!	5	3.9	89	73	18.4	13.3	7.7
					!	6	5.1	89	108	13.5	7.4	1.7
					!	7	4.0	89	73	18.4	14.9	8.5
3	38.0	.50	.17	-10	!	1	4.3	89	74	19.9	14.7	9.0
					!	2	4.7	89	84	18.3	14.2	9.6
					!	3	5.1	89	92	17.0	9.8	3.4
					!	4	3.9	89	64	21.7	17.7	8.5
					!	5	4.5	89	79	19.2	14.0	8.1
					!	6	5.5	89	108	14.7	8.2	1.9
					!	7	4.5	89	78	19.4	15.4	9.0

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT  
- GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT

< : BEYOND MIN DEPTH OF DENSITY RANGE

**OUTFALL SITE: KAR-side, Juli**

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1      OUTFALL SITE:      Jul  
 PAGE 1

JET DATA AFTER CONTRACTION					!	!	RESULTS					
					!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL		
					!	!				DEPTHS		
HOLE DEPTH DIAM. VEL. ANGLE					!	!	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH	EQS.	GRAV.
NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	!	!	(M)	DEG.	DILUT.	(M)	(M)	(M)
1	30.0	.50	.26	-10	!	8 !	3.7	88	44	15.0	11.7	6.9
					!	9 !	3.4	88	36	16.7	13.9	9.5
					!	10 !	4.2	89	54	12.7	8.7	3.6
					!	11 !	5.0	89	74	8.7	5.3	<1.0
					!	12 !	2.4	88	21	21.1	18.3	11.6
2	35.0	.50	.26	-10	!	8 !	4.5	89	60	16.4	12.7	8.9
					!	9 !	4.0	88	46	19.2	15.1	11.4
					!	10 !	4.7	89	66	15.3	10.1	4.5
					!	11 !	5.6	89	87	11.1	6.2	1.1
					!	12 !	3.2	88	33	22.5	19.9	15.8
3	38.0	.50	.26	-10	!	8 !	4.9	89	67	17.9	13.4	9.4
					!	9 !	4.0	89	49	21.8	16.2	11.8
					!	10 !	5.1	89	74	16.6	11.0	5.2
					!	11 !	6.0	89	96	12.5	6.8	1.7
					!	12 !	3.6	88	40	23.7	20.6	17.1

EXTREMAL DEPTHS: - EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT  
 - GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT  
 < : BEYOND MIN DEPTH OF DENSITY RANGE

**OUTFALL SITE: KAR-side, August**

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1      OUTFALL SITE:      Aug  
 PAGE 1

JET DATA AFTER CONTRACTION				!	!	RESULTS							
				!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL DEPTHS				
				!	!	FILE							
HOLE NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	!	NR.	!	WIDTH (M)	ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EQS. (M)	GRAV. (M)
1	30.0	.50	.31	-10	!	13	!	3.5	88	34	16.4	13.0	9.9
					!	14	!	3.9	88	40	14.6	10.3	5.6
					!	15	!	3.6	88	38	15.5	10.0	4.3
					!	16	!	3.6	88	34	16.3	13.7	9.9
					!	17	!	3.2	86	21	19.6	15.5	2.2
				!	18	!	3.3	88	31	17.2	13.5	8.0	
2	35.0	.50	.31	-10	!	13	!	3.9	88	42	19.3	14.6	10.5
					!	14	!	4.1	88	44	18.7	13.0	6.6
					!	15	!	4.3	88	49	17.5	12.7	5.7
					!	16	!	3.7	88	40	20.0	15.0	10.5
					!	17	!	2.2	87	17	27.0	24.3	16.4
				!	18	!	3.8	88	37	20.4	16.0	10.6	
3	38.0	.50	.31	-10	!	13	!	4.2	88	48	20.8	15.8	11.0
					!	14	!	4.4	88	50	20.3	14.9	8.1
					!	15	!	4.7	89	57	18.7	14.0	6.8
					!	16	!	4.2	88	47	21.0	16.0	11.5
					!	17	!	2.7	88	24	27.6	25.4	20.0
				!	18	!	3.6	88	36	23.8	17.8	11.0	

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT  
 - GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT

## Vedlegg D. Beregning av diffusor AB-side

De etterfølgende tabellene består av to hoveddeler. Først dimensjoneres diffusoren (tabell Diffusor) for en gjennomsnittlig vannmengde  $Q=0.21 \text{ m}^3/\text{s}$ , og deretter beregnes energibehovet for denne diffusoren ved ulike diametre av selve utløpsledningen (tabell PIPELINE ALTERNATIVES).

Som kontroll av diffusoren gjentas beregningene for fem alternative vannmengder ( $Q=0.07, 0.10, 0.12, 0.3, 0.4$  og  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) som er tabellene under henholdsvis **TESTRUN 1, Flow nr. 1- 6**.

```

*****
DIFFUSOR:                                FLOW= .21      M3/S
-----
HOLE *****OUTLET***** *****JET***** ***DIFFUSOR SEGMENT**
NR.  POS.  DEPTH DIAH ENERGY DIAJ VEL. FLOW FROUDE LENGTH DIAM FLOW VEL.
      M     M     M     M      M M/S   L/S  DENS.   M     M  M3/S M/S
                                  NUM.
1   50.0  30.0  .180  .20  .146 2.0   33.3 10.25 2.00  .289 .033 .5
2   48.0  29.8  .150  .21  .110 2.0   19.4 11.99 2.00  .289 .053 .8
3   46.0  29.6  .150  .22  .110 2.1   20.0 12.37 2.00  .334 .073 .8
4   44.0  29.4  .150  .24  .110 2.2   20.7 12.69 2.00  .377 .093 .8
5   42.0  29.2  .150  .25  .113 2.2   22.4 12.89 2.00  .458 .116 .7
6   40.0  29.0  .150  .26  .111 2.2   21.9 13.20 2.00  .458 .138 .8
7   38.1  28.6  .150  .27  .109 2.3   21.5 13.66 2.00  .458 .159 1.0
8   36.1  28.2  .150  .29  .115 2.4   24.9 13.87 2.00  .600 .184 .7
9   34.5  27.3  .150  .32  .114 2.5   25.6 14.50 2.00  .600 .210 .7
*****
PIPELINE ALTERNATIVES:                   FLOW= .21      M3/S
-----
*****ENERGY BUDGET AT STARTPOINT (METERS)*****
DIAM.  VEL.  DIFFUSOR  JUNCTION  SPECIFIED  PIPELINE  GRAVITY  ENERGY
  M     M/S   ENERGY +  LOSS +    LOSS +    FRICTION +  PRESSURE =  HEIGHT
.297  3.03   .32        .27        .23        1.16        .73        2.70
.334  2.39   .32        .14        .15        .64        .73        1.97
.355  2.12   .32        .10        .11        .47        .73        1.73
.377  1.88   .32        .07        .09        .35        .73        1.55
.458  1.27   .32        .01        .04        .13        .73        1.23
.500  1.07   .32        .01        .03        .09        .73        1.17
.550  .88    .32        .00        .02        .05        .73        1.12
.600  .74    .32        .00        .01        .04        .73        1.09
.710  .53    .32        .00        .01        .02        .73        1.07
*****

```



TESTRUN NR. 1 ON DIFFUSOR DESIGN 990623 - 0928

AB 1

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

ALTERED GENERAL SPECIFICATIONS:

NONE

ALTERED DIFFUSOR SPECIFICATIONS:

NONE

ALTERED PIPELINE SPECIFICATIONS:

NONE

TESTRUN 1, FLOW NR. 1

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

DIFFUSOR: FLOW= .7011E-01 M3/S

-----

HOLE \*\*\*\*\*OUTLET\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*JET\*\*\*\*\* \*\*DIFFUSOR SEGMENT\*\*

NR.	POS. M	DEPTH M	DIAH M	ENERGY M	DIAJ M	VEL. M/S	FLOW L/S	FROUDE DENS.	LENGTH M	DIAM M	FLOW M3/S	VEL. M/S
-----	-----------	------------	-----------	-------------	-----------	-------------	-------------	-----------------	-------------	-----------	--------------	-------------

1	50.0	30.0	.180	.00	.146	.3	4.6	1.42	2.00	.289	.005	.1
2	48.0	29.8	.150	.01	.113	.4	4.3	2.48	2.00	.289	.009	.1
3	46.0	29.6	.150	.01	.114	.5	5.5	3.13	2.00	.334	.014	.2
4	44.0	29.4	.150	.02	.114	.6	6.5	3.67	2.00	.377	.021	.2
5	42.0	29.2	.150	.03	.116	.7	7.6	4.12	2.00	.458	.028	.2
6	40.0	29.0	.150	.03	.115	.8	8.1	4.56	2.00	.458	.037	.2
7	38.1	28.6	.150	.04	.114	.9	9.3	5.28	2.00	.458	.046	.3
8	36.1	28.2	.150	.05	.117	1.0	11.0	5.88	2.00	.600	.057	.2
9	34.5	27.3	.150	.08	.117	1.2	13.2	7.08	2.00	.600	.070	.2

\*\*\*\*\*

PIPELINE ALTERNATIVES: FLOW= .7011E-01 M3/S

-----

\*\*\*\*\*ENERGY BUDGET AT STARTPOINT (METERS)\*\*\*\*\*

DIAM. M	VEL. M/S	DIFFUSOR ENERGY +	JUNCTION LOSS +	SPECIFIED LOSS +	PIPELINE FRICTION +	GRAVITY PRESSURE +	ENERGY = HEIGHT
.297	1.01	.08	.03	.03	.15	.73	1.01
.334	.80	.08	.02	.02	.08	.73	.92
.355	.71	.08	.01	.01	.06	.73	.89
.377	.63	.08	.01	.01	.05	.73	.87
.458	.43	.08	.00	.00	.02	.73	.83
.500	.36	.08	.00	.00	.01	.73	.82
.550	.30	.08	.00	.00	.01	.73	.81
.600	.25	.08	.00	.00	.00	.73	.81
.710	.18	.08	.00	.00	.00	.73	.81

\*\*\*\*\*

TESTRUN 1, FLOW NR. 2

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

DIFFUSOR: FLOW= .1008 M3/S

-----

HOLE NR.	*****OUTLET*****	*****JET*****	***DIFFUSOR	SEGMENT**								
NR.	POS.	DEPTH	DIAH	ENERGY	DIAJ	VEL.	FLOW	FROUDE	LENGTH	DIAM	FLOW	VEL.
	M	M	M	M	M	M/S	L/S	DENS.	M	M	M3/S	M/S
								NUM.				
1	50.0	30.0	.180	.03	.146	.8	12.6	3.87	2.00	.289	.013	.2
2	48.0	29.8	.150	.03	.111	.8	8.0	4.85	2.00	.289	.021	.3
3	46.0	29.6	.150	.04	.111	.9	8.8	5.28	2.00	.334	.029	.3
4	44.0	29.4	.150	.05	.112	1.0	9.5	5.67	2.00	.377	.039	.3
5	42.0	29.2	.150	.05	.114	1.0	10.7	6.00	2.00	.458	.049	.3
6	40.0	29.0	.150	.06	.113	1.1	10.9	6.35	2.00	.458	.060	.4
7	38.1	28.6	.150	.07	.111	1.2	11.5	6.94	2.00	.458	.072	.4
8	36.1	28.2	.150	.08	.116	1.3	13.6	7.40	2.00	.600	.085	.3
9	34.5	27.3	.150	.11	.116	1.5	15.4	8.40	2.00	.600	.101	.4

\*\*\*\*\*

PIPELINE ALTERNATIVES: FLOW= .1008 M3/S

-----

*****ENERGY BUDGET AT STARTPOINT (METERS)*****							
DIAM.	VEL.	DIFFUSOR	JUNCTION	SPECIFIED	PIPELINE	GRAVITY	ENERGY
M	M/S	ENERGY +	LOSS +	LOSS +	FRICITION +	PRESSURE +	HEIGHT
.297	1.46	.11	.06	.05	.29	.73	1.24
.334	1.15	.11	.03	.03	.16	.73	1.06
.355	1.02	.11	.02	.03	.12	.73	1.00
.377	.90	.11	.02	.02	.09	.73	.96
.458	.61	.11	.00	.01	.03	.73	.88
.500	.51	.11	.00	.01	.02	.73	.86
.550	.42	.11	.00	.00	.01	.73	.85
.600	.36	.11	.00	.00	.01	.73	.85
.710	.25	.11	.00	.00	.00	.73	.84

\*\*\*\*\*

TESTRUN 1, FLOW NR. 3

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

DIFFUSOR: FLOW= .1199 M3/S

-----

HOLE \*\*\*\*\*OUTLET\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*JET\*\*\*\*\* \*\*\*DIFFUSOR SEGMENT\*\*

NR.	POS. M	DEPTH M	DIAH M	ENERGY M	DIAJ M	VEL. M/S	FLOW L/S	FROUDE DENS.	LENGTH M	DIAM M	FLOW M3/S	VEL. M/S
-----	-----------	------------	-----------	-------------	-----------	-------------	-------------	-----------------	-------------	-----------	--------------	-------------

1	50.0	30.0	.180	.05	.146	1.0	16.6	5.10	2.00	.289	.017	.3
2	48.0	29.8	.150	.06	.111	1.1	10.1	6.18	2.00	.289	.027	.4
3	46.0	29.6	.150	.06	.111	1.1	10.8	6.58	2.00	.334	.037	.4
4	44.0	29.4	.150	.07	.111	1.2	11.5	6.93	2.00	.377	.049	.4
5	42.0	29.2	.150	.08	.114	1.2	12.7	7.21	2.00	.458	.062	.4
6	40.0	29.0	.150	.08	.112	1.3	12.7	7.54	2.00	.458	.074	.5
7	38.1	28.6	.150	.10	.111	1.4	13.2	8.07	2.00	.458	.088	.5
8	36.1	28.2	.150	.11	.116	1.5	15.5	8.47	2.00	.600	.103	.4
9	34.5	27.3	.150	.13	.115	1.6	17.0	9.37	2.00	.600	.120	.4

\*\*\*\*\*

PIPELINE ALTERNATIVES: FLOW= .1199 M3/S

-----

\*\*\*\*\*ENERGY BUDGET AT STARTPOINT (METERS)\*\*\*\*\*

DIAM. M	VEL. M/S	DIFFUSOR ENERGY +	JUNCTION LOSS +	SPECIFIED LOSS +	PIPELINE FRICTION +	GRAVITY PRESSURE +	ENERGY = HEIGHT
.297	1.73	.13	.09	.08	.40	.73	1.42
.334	1.37	.13	.05	.05	.22	.73	1.18
.355	1.21	.13	.03	.04	.16	.73	1.09
.377	1.07	.13	.02	.03	.12	.73	1.03
.458	.73	.13	.00	.01	.05	.73	.93
.500	.61	.13	.00	.01	.03	.73	.90
.550	.50	.13	.00	.01	.02	.73	.89
.600	.42	.13	.00	.00	.01	.73	.88
.710	.30	.13	.00	.00	.01	.73	.87

\*\*\*\*\*

TESTRUN 1, FLOW NR. 4

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

DIFFUSOR: FLOW= .3009 M3/S

-----  
HOLE \*\*\*\*\*OUTLET\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*JET\*\*\*\*\* \*\*\*DIFFUSOR SEGMENT\*\*

NR.	POS. M	DEPTH M	DIAH M	ENERGY M	DIAJ M	VEL. M/S	FLOW L/S	FROUDE DENS.	LENGTH M	DIAM M	FLOW M3/S	VEL. M/S
-----	-----------	------------	-----------	-------------	-----------	-------------	-------------	-----------------	-------------	-----------	--------------	-------------

1	50.0	30.0	.180	.45	.146	3.0	49.3	15.18	2.00	.289	.049	.8
2	48.0	29.8	.150	.46	.110	3.0	28.5	17.63	2.00	.289	.078	1.2
3	46.0	29.6	.150	.48	.110	3.1	29.1	18.07	2.00	.334	.107	1.2
4	44.0	29.4	.150	.50	.110	3.1	29.9	18.43	2.00	.377	.137	1.2
5	42.0	29.2	.150	.52	.113	3.2	32.3	18.62	2.00	.458	.169	1.0
6	40.0	29.0	.150	.53	.111	3.2	31.3	18.97	2.00	.458	.200	1.2
7	38.1	28.6	.150	.55	.109	3.3	30.3	19.45	2.00	.458	.231	1.4
8	36.1	28.2	.150	.58	.115	3.4	35.0	19.56	2.00	.600	.266	.9
9	34.5	27.3	.150	.61	.114	3.5	35.2	20.08	2.00	.600	.301	1.1

\*\*\*\*\*

PIPELINE ALTERNATIVES: FLOW= .3009 M3/S

-----  
\*\*\*\*\*ENERGY BUDGET AT STARTPOINT (METERS)\*\*\*\*\*

DIAM. M	VEL. M/S	DIFFUSOR ENERGY +	JUNCTION LOSS +	SPECIFIED LOSS +	PIPELINE FRICTION +	GRAVITY PRESSURE +	ENERGY = HEIGHT
.297	4.34	.61	.55	.48	2.32	.73	4.69
.334	3.43	.61	.29	.30	1.28	.73	3.21
.355	3.04	.61	.20	.24	.94	.73	2.71
.377	2.70	.61	.14	.19	.70	.73	2.35
.458	1.83	.61	.03	.09	.26	.73	1.71
.500	1.53	.61	.01	.06	.17	.73	1.58
.550	1.27	.61	.00	.04	.11	.73	1.49
.600	1.06	.61	.00	.03	.07	.73	1.43
.710	.76	.61	.01	.01	.03	.73	1.39

\*\*\*\*\*

TESTRUN 1, FLOW NR. 5

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

DIFFUSOR: FLOW= .3997 M3/S

-----

HOLE \*\*\*\*\*OUTLET\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*JET\*\*\*\*\* \*\*\*DIFFUSOR SEGMENT\*\*

NR.	POS. M	DEPTH M	DIAH M	ENERGY M	DIAJ M	VEL. M/S	FLOW L/S	FROUDE DENS.	LENGTH M	DIAM M	FLOW M3/S	VEL. M/S
-----	-----------	------------	-----------	-------------	-----------	-------------	-------------	-----------------	-------------	-----------	--------------	-------------

1	50.0	30.0	.180	.81	.146	4.0	66.4	20.43	2.00	.289	.066	1.0
2	48.0	29.8	.150	.82	.110	4.0	38.2	23.66	2.00	.289	.105	1.6
3	46.0	29.6	.150	.86	.110	4.1	38.9	24.18	2.00	.334	.143	1.6
4	44.0	29.4	.150	.89	.110	4.2	39.9	24.61	2.00	.377	.183	1.6
5	42.0	29.2	.150	.93	.113	4.3	42.9	24.80	2.00	.458	.226	1.4
6	40.0	29.0	.150	.94	.111	4.3	41.5	25.21	2.00	.458	.268	1.6
7	38.1	28.6	.150	.96	.108	4.3	40.0	25.75	2.00	.458	.308	1.9
8	36.1	28.2	.150	1.02	.115	4.5	46.1	25.80	2.00	.600	.354	1.3
9	34.5	27.3	.150	1.04	.114	4.5	45.8	26.27	2.00	.600	.400	1.4

\*\*\*\*\*

PIPELINE ALTERNATIVES: FLOW= .3997 M3/S

-----

\*\*\*\*\*ENERGY BUDGET AT STARTPOINT (METERS)\*\*\*\*\*

DIAM. M	VEL. M/S	DIFFUSOR ENERGY +	JUNCTION LOSS +	SPECIFIED LOSS +	PIPELINE FRICTION +	GRAVITY PRESSURE +	ENERGY = HEIGHT
.297	5.77	1.04	.97	.85	4.03	.73	7.62
.334	4.56	1.04	.51	.53	2.22	.73	5.02
.355	4.04	1.04	.35	.42	1.63	.73	4.17
.377	3.58	1.04	.24	.33	1.20	.73	3.54
.458	2.43	1.04	.05	.15	.45	.73	2.42
.500	2.04	1.04	.02	.11	.29	.73	2.19
.550	1.68	1.04	.00	.07	.18	.73	2.03
.600	1.41	1.04	.00	.05	.12	.73	1.94
.710	1.01	1.04	.01	.03	.05	.73	1.86

\*\*\*\*\*

TESTRUN 1, FLOW NR. 6

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

DIFFUSOR: FLOW= .5000 M3/S  
-----

HOLE NR.	*****OUTLET*****	*****JET*****	***DIFFUSOR	SEGMENT**								
NR.	POS.	DEPTH	DIAH	ENERGY	DIAJ	VEL.	FLOW	FROUDE	LENGTH	DIAM	FLOW	VEL.
	M	M	M	M	M	M/S	L/S	DENS.	M	M	M3/S	M/S
							NUM.					
1	50.0	30.0	.180	1.28	.146	5.0	83.6	25.72	2.00	.289	.084	1.3
2	48.0	29.8	.150	1.30	.110	5.0	48.0	29.75	2.00	.289	.132	2.0
3	46.0	29.6	.150	1.35	.110	5.1	48.8	30.37	2.00	.334	.180	2.1
4	44.0	29.4	.150	1.40	.110	5.2	50.0	30.86	2.00	.377	.230	2.1
5	42.0	29.2	.150	1.45	.113	5.3	53.8	31.07	2.00	.458	.284	1.7
6	40.0	29.0	.150	1.47	.111	5.4	51.8	31.55	2.00	.458	.336	2.0
7	38.1	28.6	.150	1.49	.108	5.4	49.9	32.17	2.00	.458	.386	2.3
8	36.1	28.2	.150	1.58	.115	5.6	57.4	32.16	2.00	.600	.443	1.6
9	34.5	27.3	.150	1.61	.113	5.6	56.8	32.62	2.00	.600	.500	1.8

\*\*\*\*\*

PIPELINE ALTERNATIVES: FLOW= .5000 M3/S

-----

*****ENERGY BUDGET AT STARTPOINT (METERS)*****							
DIAM.	VEL.	DIFFUSOR	JUNCTION	SPECIFIED	PIPELINE	GRAVITY	ENERGY
M	M/S	ENERGY +	LOSS +	LOSS +	FRICITION +	PRESSURE +	HEIGHT
.297	7.22	1.61	1.51	1.33	6.25	.73	11.42
.334	5.71	1.61	.79	.83	3.43	.73	7.39
.355	5.05	1.61	.55	.65	2.52	.73	6.05
.377	4.48	1.61	.37	.51	1.85	.73	5.07
.458	3.04	1.61	.08	.23	.69	.73	3.34
.500	2.55	1.61	.03	.17	.45	.73	2.98
.550	2.10	1.61	.01	.11	.28	.73	2.73
.600	1.77	1.61	.00	.08	.18	.73	2.59
.710	1.26	1.61	.02	.04	.08	.73	2.47

\*\*\*\*\*

## Vedlegg E.

### Beregning av innlagringsdyp for utslipp i 30 m, 35 m og 38 m dyp fra AB-side og CD-side – med diffusor

Beregningene bygger på vannmengder og ledningsdiametre som vist i Vedlegg D og resultatene vises som tabeller for juni, juli og august. For hvert dyp vises først beregninger for diffusorens endehull med effektiv diameter på 0.15 m og deretter beregninger for innerste hull der effektiv diameter er 0.12 m. "ANGLE DEG. -10" viser at diffusoren heller 10 grader nedover. Forklaring til tabellene er gitt i Vedlegg B.

OUTFALL SITE:            AB-side og CD-side, Juni

JET DATA AFTER CONTRACTION					!	!	RESULTS					
					!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL		
					!	!				DEPTHS		
					!	!	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH		
					!	!			DILUT.		EQS.	GRAV.
NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	!	!	(M)	DEG.		(M)	(M)	(M)
1	30.0	.15	.30	-10	!	1 !	2.4	89	98	19.6	16.1	11.3
					!	2 !	2.8	89	122	18.1	15.2	12.2
					!	3 !	3.1	89	142	16.6	12.1	5.1
					!	4 !	2.1	88	76	21.3	18.8	12.7
					!	5 !	2.6	89	109	18.9	15.2	10.8
					!	6 !	3.5	89	170	15.1	10.9	5.3
					!	7 !	2.6	89	108	18.9	16.3	12.3
2	35.0	.15	.30	-10	!	1 !	2.9	89	132	22.3	18.8	13.7
					!	2 !	3.4	89	156	20.7	17.2	13.7
					!	3 !	3.3	89	148	21.3	16.9	9.6
					!	4 !	2.8	89	121	23.1	20.5	16.7
					!	5 !	3.1	89	138	21.9	18.2	13.5
					!	6 !	3.7	89	186	19.2	14.3	7.4
					!	7 !	2.9	89	126	22.8	18.7	14.6
3	38.0	.15	.30	-10	!	1 !	3.3	89	154	24.0	20.1	15.5
					!	2 !	3.4	89	151	24.0	19.1	14.7
					!	3 !	3.2	89	144	24.6	19.8	12.4
					!	4 !	3.2	89	144	24.5	21.4	18.2
					!	5 !	3.1	89	144	24.6	20.1	14.3
					!	6 !	3.7	89	186	22.1	16.9	9.1
					!	7 !	3.1	89	145	24.7	20.6	15.5

-----													
4	30.0	.12	1.20	-10	!	1	!	3.1	85	77	18.0	14.0	9.7
					!	2	!	3.3	86	87	17.0	14.0	10.4
					!	3	!	4.0	86	112	14.3	8.3	3.8
					!	4	!	2.5	84	55	20.7	16.8	7.5
					!	5	!	3.1	86	79	17.8	13.5	8.5
					!	6	!	4.2	87	125	13.2	8.0	2.7
					!	7	!	3.2	85	79	17.8	15.0	9.5
-----													
5	35.0	.12	1.20	-10	!	1	!	3.6	86	100	20.6	16.7	11.3
					!	2	!	3.9	86	111	19.3	15.5	11.9
					!	3	!	4.1	86	114	19.0	13.4	5.0
					!	4	!	3.3	86	87	22.0	19.1	13.5
					!	5	!	3.9	86	107	19.8	15.8	10.9
					!	6	!	4.6	87	143	16.5	11.0	4.1
					!	7	!	3.7	86	99	20.7	16.7	11.8

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT  
 - GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT



OUTFALL SITE: AB-side og CD-side, Juli

JET DATA AFTER CONTRACTION				! PRO- !	RESULTS							
				! FILE !	NEUTRAL		POINT		EXTREMAL DEPTHS			
HOLE NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	! NR. !	WIDTH (M)	ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EQS. (M)	GRAV. (M)	
1	30.0	.15	.80	-10	! 8 !	3.3	87	80	17.0	14.0	11.0	
					! 9 !	3.0	86	62	18.9	15.9	13.5	
					! 10 !	3.4	87	88	16.2	12.0	7.6	
					! 11 !	4.2	88	125	12.4	7.6	3.7	
					! 12 !	2.1	85	40	22.0	20.3	17.6	
2	35.0	.15	.80	-10	! 8 !	3.6	87	96	20.3	15.8	11.9	
					! 9 !	2.9	87	68	23.4	19.3	14.1	
					! 10 !	3.9	87	111	18.8	14.3	9.0	
					! 11 !	4.9	88	151	14.8	10.0	5.5	
					! 12 !	2.5	86	51	25.5	22.1	19.3	
3	38.0	.15	.80	-10	! 8 !	3.9	87	109	22.0	17.3	12.6	
					! 9 !	3.3	87	83	24.6	21.0	15.2	
					! 10 !	4.2	88	126	20.4	15.6	9.8	
					! 11 !	5.1	88	154	17.5	11.9	6.4	
					! 12 !	2.6	86	59	27.5	23.7	19.8	
4	30.0	.12	1.50	-10	! 8 !	3.5	84	78	17.1	13.9	10.9	
					! 9 !	2.9	83	56	19.8	16.1	13.2	
					! 10 !	3.6	85	86	16.2	11.9	7.3	
					! 11 !	4.4	86	121	12.3	7.6	3.5	
					! 12 !	2.3	81	40	22.2	20.4	17.8	
5	35.0	.12	1.50	-10	! 8 !	3.8	85	94	20.2	15.6	11.7	
					! 9 !	3.1	84	68	23.4	19.2	14.1	
					! 10 !	4.1	86	108	18.8	14.1	8.7	
					! 11 !	5.2	86	145	14.7	9.7	5.2	
					! 12 !	2.6	82	49	26.0	22.2	19.1	

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT  
 - GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT

OUTFALL SITE: AB-side og CD-side, August

```

-----
JET DATA AFTER CONTRACTION ! PRO- ! RESULTS
                             ! FILE ! NEUTRAL POINT EXTREMAL
                             ! ! DEPTHS
HOLE DEPTH DIAM. VEL. ANGLE ! NR. ! WIDTH ANGLE CENTER DEPTH
NR. (M) (M) (M/S) DEG. ! ! (M) DEG. DILUT. (M) EQS. GRAV.
                             ! !
1 30.0 .15 1.00 -10 ! 13 ! 2.8 85 53 19.6 16.0 12.2
                             ! 14 ! 2.9 85 57 18.8 14.7 9.4
                             ! 15 ! 3.1 86 66 17.8 14.5 9.0
                             ! 16 ! 2.6 85 50 20.1 16.1 12.6
                             ! 17 ! 1.3 77 14 26.4 24.2 17.5
                             ! 18 ! 2.8 84 48 20.0 16.8 13.0
-----
2 35.0 .15 1.00 -10 ! 13 ! 3.2 86 70 22.2 18.4 13.5
                             ! 14 ! 3.2 86 67 22.6 18.1 11.7
                             ! 15 ! 3.7 86 85 20.4 16.6 11.6
                             ! 16 ! 3.4 86 73 21.8 18.7 14.3
                             ! 17 ! 2.1 83 33 27.7 26.2 23.4
                             ! 18 ! 2.6 85 50 25.0 20.8 14.8
-----
3 38.0 .15 1.00 -10 ! 13 ! 3.6 86 83 23.5 19.7 14.5
                             ! 14 ! 3.5 86 78 24.2 19.9 13.5
                             ! 15 ! 3.4 87 79 24.2 17.9 11.5
                             ! 16 ! 3.8 86 84 23.4 19.9 15.3
                             ! 17 ! 2.4 84 42 29.2 26.9 24.7
                             ! 18 ! 3.0 86 60 26.5 23.0 16.4
-----
4 30.0 .12 1.60 -10 ! 13 ! 2.8 83 54 20.0 16.5 12.3
                             ! 14 ! 3.1 83 60 19.1 15.3 9.9
                             ! 15 ! 3.2 84 68 18.2 14.8 9.5
                             ! 16 ! 2.7 83 52 20.4 16.5 12.7
                             ! 17 ! 1.4 72 17 26.6 24.7 19.1
                             ! 18 ! 2.8 81 49 20.6 17.2 13.2
-----
5 35.0 .12 1.60 -10 ! 13 ! 3.3 84 73 22.6 18.8 13.8
                             ! 14 ! 3.2 84 67 23.2 18.6 12.0
                             ! 15 ! 3.8 85 87 20.7 16.9 12.0
                             ! 16 ! 3.5 84 75 22.1 18.9 14.6
                             ! 17 ! 2.2 80 35 27.9 26.5 24.2
                             ! 18 ! 2.7 82 52 25.4 21.4 15.1

```

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT  
 - GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT