



O-91160

Alternativt utslippsted  
for avløpsvann  
fra

**A/S Union, Skien**

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-91160	Undernr.:
Løpenr.: 2640	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 39 41 89	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rapportens tittel: <b>ALTERNATIVT UTSLIPPSSTED FOR AVLØPSVANN FRA A/S UNION, SKIEN</b>	Dato: 17/10-91.	Trykket: NIVA 1991
	Faggruppe: Marinøkologisk	
Forfatter(e): Jarle Molvær	Geografisk område: Telemark	
	Antall sider: 23	Opplag: 50

Oppdragsgiver: A/S Union, Skien	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
------------------------------------	----------------------------------

## Ekstrakt:

Uten diffusor vil et utslipp til Skienselvas dypvann gi liten fortykning og tildels dårlig innlagring av avløpsvannet. En diffusor med hull diameter 120 - 150 mm vil fortynne avløpsvannet ca. 20 - 180 ganger eller mer, varierende med sjiktningen i elva. Et dypvannsutslipp krever mye fortykningsvann og vil endre utskiftningsforholdene i dypbassenget, men neppe så mye at forutsetningene for beregningene endres. Dypvannsutslippet vil bedre oksygenforholdene i bassenget.

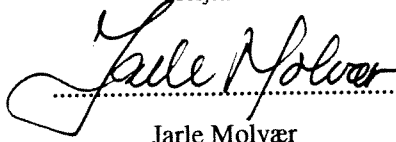
4 emneord, norske

1. Skienselva
2. Utslipp
3. Diffusor
4. Forurensning

4 emneord, engelske

1. Skien River
2. Discharge
3. Diffuser
4. Pollution

Prosjektleder

  
Jarle Molvær

For administrasjonen

  
Torgeir Bakke

ISBN 82-577-1995-1

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO**

**O-91160**

**ALTERNATIVT UTSLIPPSTED FOR AVLØPSVANN  
FRA  
A/S UNION, SKIEN**

**Oslo, 17.10 1991**

**Prosjektleder: Jarle Molvær**

**FORORD**

*Foreliggende notat er utarbeidet på oppdrag for A/S Union, Skien, i brev av 18.9 1991. Bedriftens avløpsvann går for tiden i et midlertidig avløp til elvas overflatelag, nær land. Formålet med dette notatet er å utrede alternativt utslippssted for bedriftens avløpsvann, herunder også utslippsarrangement (behov for diffusor) for å oppnå hensiktsmessig innlagring og fortynning av avløpsvannet.*

## INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD .....	2
1. KORT BESKRIVELSE AV TOPOGRAFI, VANNMASSER OG VANNKVALITET I SKIENSELVA. ....	4
2. BAKGRUNN FOR PROSJEKTET - PROBLEMSTILLINGER .....	5
3. BEREGNINGSMETODE OG DATAMATERIALE .....	7
4. BEREGNINGSRISULTATER .....	9
4.1 Utslippsalternativer .....	9
4.2 Innlagring og fortynning ved utslipp uten diffusor - huldiameter 0.6 m. ....	9
4.3 Utslipp gjennom diffusor .....	12
5. LITTERATUR .....	16
VEDLEGG 1: Diffusorberegninger	
VEDLEGG 2: Beregninger av innlagring og primærfortynning	

## 1. KORT BESKRIVELSE AV TOPOGRAFI, VANNMASSER OG VANNKVALITET I SKIENSELVA.

Skienselva på strekningen Skien - Frierfjorden består av en rekke bassenger, der bassenget ved Porsgrunn bybro med sine 32 m er dypest (fig. 1). Vannmassene kan inndeles i et overflatelag (ferskvann eller brakkvann), og et underliggende sjøvannslag. Tykkelsen av overflatelaget er oftest 3-4 m, men varierer mye med vannføringen i elva.

Med unntak for dypbassengene, beveger sjøvannslaget seg oppover elva. I bassengene fornyes vannet bare når særlig tungt (salt og/eller kaldt) sjøvann kommer oppover med sjøvannsstrømmen, eller når det spyles bort under en flom (jfr. fig. 1). Dette medfører at det ofte oppstår oksygenproblem i bassengene - så også i bassenget nedenfor A/S Union (mellom Gråtenløpet og Skien havn på fig. 1). Dette bassenget er 26 meter dypt. Storparten av tiden inneholder det sjøvann fra bunn opp til 8-12 m dyp.

Oksygenforholdene i sjøvannslaget er ofte dårlige, med periodevis utvikling av hydrogensulfid. I forbindelse med flom spyles sjøvannet bort og oksygenforholdene blir gode i en periode.

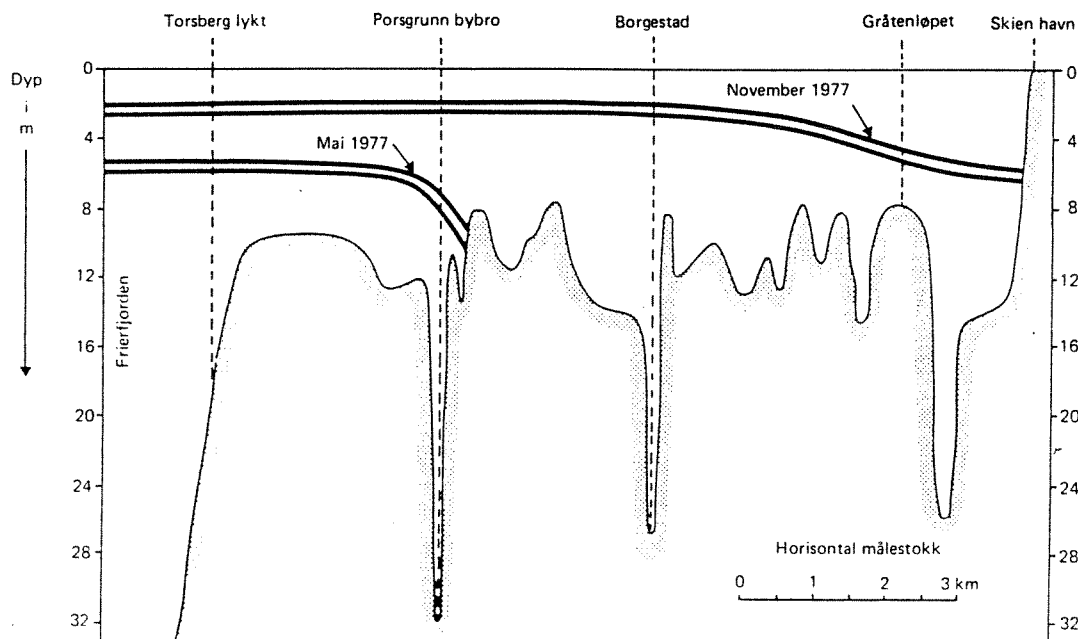


Fig. 1. Sprangsjiktets beliggenhet i Skienselva 11.5.77 (ca. 490 m<sup>3</sup>/s) og 30.11.77 (ca. 230 m<sup>3</sup>/s).

## **2. BAKGRUNN FOR PROSJEKTET - PROBLEMSTILLINGER**

Bedriften har flyttet sitt utslipp fra renseanlegget til et midlertidig utslipp i det såkalte Bryggevannet, og ønsker nå å få utredet fordeler ved å flytte utslippet til det dype bassenget i elva litt sør for bedriften (omkring stasjon S1 på fig. 2).

Tilstedeværelsen av sjøvann medfører en stabil sjiktning av vannmassen, som om ønskelig kan gi muligheter for innlagring av avløpsvannet. I de tilfeller hvor sjøvannsandelen er liten, eller helt fraværende vil avløpsvannet stige til overflaten mens det fortynnes med omkringliggende elvevann.

Bedriften ønsket at følgende forhold utredes:

- 1. Fortynning og innlagring av avløpsvannet ved ulike vannføringer i elva.**
- 2. Utløpshastighetens betydning for fortynning og innlagring av avløpsvannet.**

Vurdering av forhold vedrørende avløpsvannets virkning på laksens oppgang i Skiensvassdraget inngår ikke i dette arbeidet.





### 3. BEREGNINGSMETODE OG DATAMATERIALE

Beregning av innlagring og primærfortynning er utført med et EDB-program, NIVA\*JET.MIX utarbeidet av Bjerkeng og Lesjø (1973). Programmet beregner fortynning og innlagringsdyp for en enkelt avløpsvannsstråle 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 avløpsvannets egenvekt er den samme som omgivelsenes egenvekt. Avløpsvannets vertikale bevegelsesenergi gjør imidlertid at det stiger forbi dette "likevektsnivået", før det synker tilbake og innlagres i likevektsnivået eller litt høyere. I det følgende vil imidlertid innlagringsdyp være ensbetydende med likevektsdypet.

Diffusor-beregningene er utført med EDB-programmet DIFDIM. En beskrivelse av programmet er gitt av Dammen (1979).

Dataene som vurderingene bygger på stammer fra to kilder. Opplysninger om temperatur, saltholdighet og oksygenforhold stammer fra Overvåkingsprogrammet for Skienselva og Grenlandsfjordene, som NIVA på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn har gjennomført siden 1974. Det finnes 22 måleserier fra overflaten og ned til 18 m dyp, og 16 måleserier som går videre til 22 m dyp. Tidspunkt og tilhørende vannføring er vist i tabell 1.

Ved de tidspunktene da vannføringen var over 388 m<sup>3</sup>/s, var sjøvannet vasket ut fra bassenget nedenfor Union. Disse tilfellene oppfyller egentlig ikke beregningsprogrammets krav om en sjiktet resipient. For å omgå dette problemet har vi endret profilen ved å anta en meget liten saltholdighet; 0.000 - 0.005 ‰. For praktiske formål endrer ikke dette sjøvannets tetthet.

Union har gitt de nødvendige opplysninger om vannmengder, ledningslengder og ledningsdiametre og vannføringer.

Tabell 1. Tidspunkt for vertikalprofiler som brukes i beregningene, og tilhørende vannføring målt ved Skotfoss eller NVEs vannmerke Ranneberg - Rørås.

Dato/Profil nr.		Vannføring m <sup>3</sup> /s	Dato/Profil nr.		Vannføring m <sup>3</sup> /s
11.5.77	1	490	29.5.80	12	225
30.11.77	2	230	26.8.80	13	190
8.3.78	3	257	18.11.80	14	205
30.5.78	4	375	4.3.81	15	197
9.8.78	5	161	12.5.81	16	388
22.11.78	6	196	18.8.81	17	112
13.3.79	7	235	16.12.81	18	258
20.6.79	8	228	24.3.82	19	258
22.8.79	9	580	11.5.82	20	378
28.11.79	10	286	26.8.82	21	132
20.3.80	11	210	7.12.82	22	272

## 4. BEREGNINGSRESULTATER

### 4.1 Utslippsalternativer

Bedriften har opplyst at dimensjonerende vannmengde er 0.3 m<sup>3</sup>/s, og at variasjoner i intervallet 0.2-0.4 m<sup>3</sup>/s er vanlig. Indre diameter på utslippledningen vil være 0.6 m.

Kombinasjonene av vannmengder og utslippsdyp som beregningene omfatter er vist i tabell 2.

Tabell 2. Utslippsdyp og vannmengder som omfattes av beregningene.

Utslippsdyp, meter	15, 20, 22
Vannmengder, m <sup>3</sup> /s	0.2, 0.3, 0.4

### 4.2 Innlagring og fortykning ved utslipp uten diffusor - hulldiameter 0.6 m.

Resultatene av beregningene mht. innlagringsdyp og fortykning er i sin helhet gjengitt i Vedlegg 1, der også vertikalprofilene for temperatur og saltholdighet er gjengitt. For vannmengden 0.3 m<sup>3</sup>/s er resultatene sammenfattet i fig. 3a-c. I tillegg til innlagringsdyp (likevektsdypet) og fortykning i avløpsskyens sentrum (senterfortynning), vises også nivået for høyeste opptrengning før avløpsvannet synker tilbake og innlagres.

Variasjonene fra profil til profil er store, men hovedtrekkene framgår av tabell 3. Vi påpeker at resultatene for profil 1, 4 og 9 (Tabell 1) er på grensen av hva beregningsprogrammet kan klare, og bør ikke tillegges stor vekt. I tabellen vises også gjennomsnittlig fortykning for hele skyen av avløpsvann, som 1.7x senterfortynningen.

Hovedkonklusjonen er at med sjøvann tilstede vil avløpsvannet bli innlagret, men fortykningen er liten. Fortynningen er liten fordi avstanden mellom utslippsdyp og innlagringsdyp (fortynningslengden) er liten.

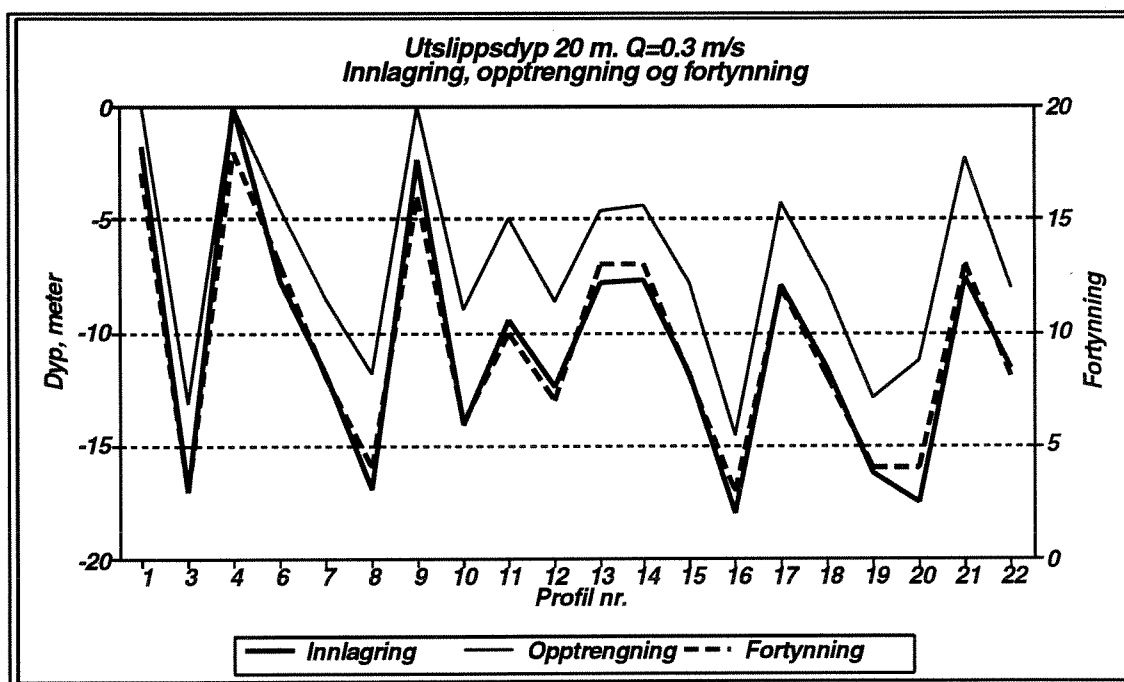
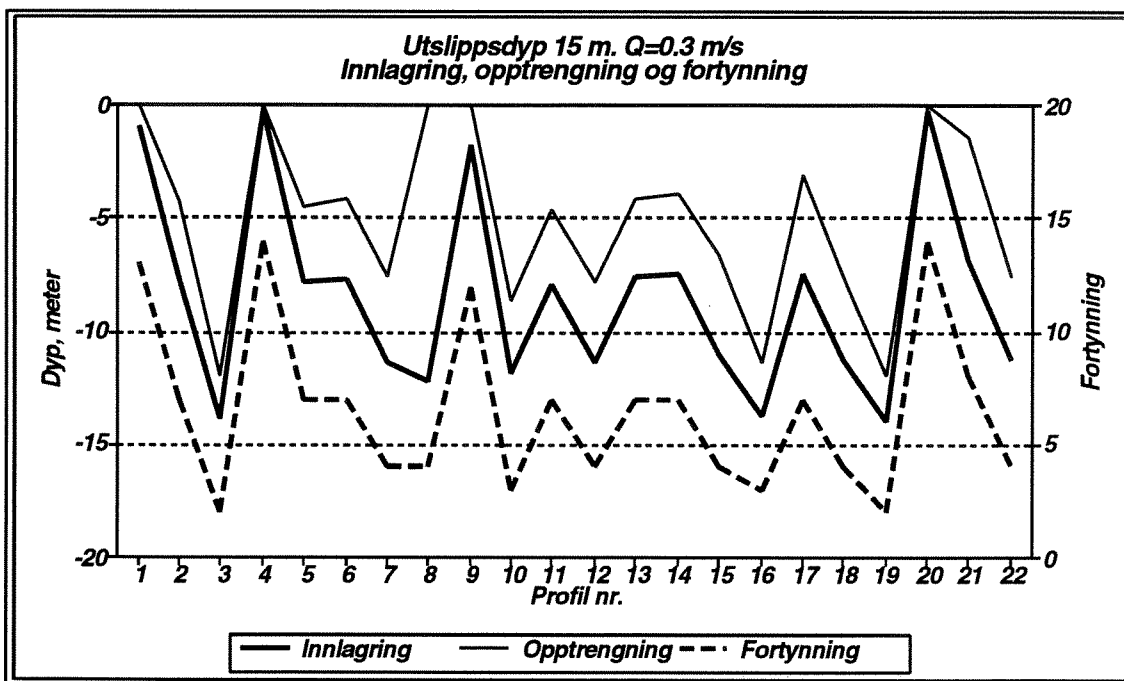


Fig. 3. Innlagring, senterfortynning og høyeste opptrengning ved utslipp av  $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Diameter utløpshull:  $0.6 \text{ m}$ .

a. Utslippsdyp  $15 \text{ m}$

b. Utslippsdyp  $20 \text{ m}$ .

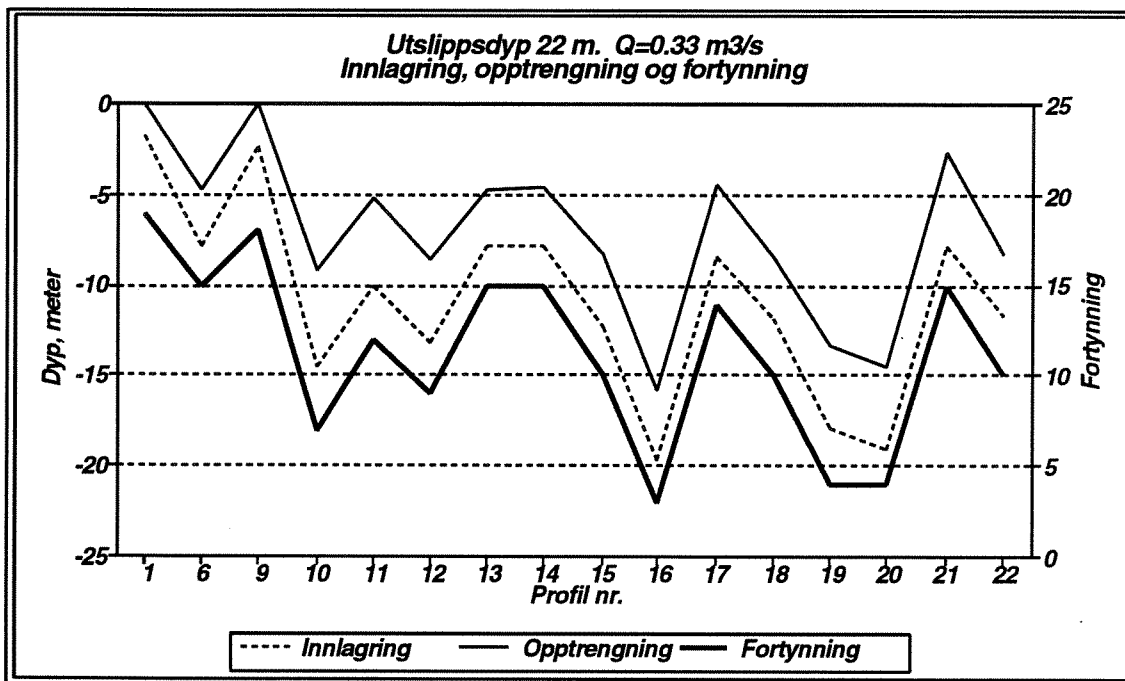


Fig. 3c. Utslippsdyp 22 m.

Tabell 3. Gjennomsnitt av beregninger for utslipp i 15, 20 og 22 m dyp.

Utslippsdyp	Senterfortynning	Midlere fortynning	Innlagringsdyp
15 m	6.4	11	8.5 m
20 m	9.4	16	10.6 m
22 m	11.3	19	10.9 m

### 5.3 Utslipp gjennom diffusor

#### Utforming av diffusor:

Som basisinput i diffusorberegningene er brukt:

Lengde utløpsledning: 500 m  
Vannmengder: 0.2, 0.3, 0.4 m<sup>3</sup>/s

Vi har videre testet for hulldiametre på 0.12, 0.15 og 0.20 m, for tre typiske tetthetsprofiler (bare ferskvann, sjøvann opp til ca. 16 m, og sjøvann opp til ca. 8 m dyp), og for varierende tykkelse av diffusoren. Avstanden mellom hullene ble satt til 4 m. Hensikten har vært å oppnå relativt høy og jevn hastighet gjennom diffusoren, og stor hastighet på utløpsstrålen. Med så kort avstanden mellom utslippsdyp og innlagingsdyp man ofte vil ha i elva, er stor hastighet på strålen nødvendig for å oppnå stor fortykning.

Konklusjonen er at en 16 m lang diffusor, med 4 hull med diameter 0.12 m og et endehull med diameter 0.15 m ser ut til å fungere tilfredsstillende. For de første 8 m bør indre diameter være 0.5 m, deretter 0.3 m. Beregningene for dette valget er gjengitt i Vedlegg 1. Hulldiameter og strålehastighet er videre lagt til grunn for de etterfølgende beregninger av innlagingsdyp og primærfortynning.

### Innlagring og fortykning:

På grunnlag av diffusorberegningen er innlagring, høyeste opptrengning og midlere primærfortynning beregning for utslipp i 22 m dyp av en stråle gjennom et 15 cm hull og vannmengder 0.2 m<sup>3</sup>/s, 0.3 m<sup>3</sup>/s og 0.4 m<sup>3</sup>/s. Resultatene er gjengitt i Vedlegg 2, og presentert i fig. 4a-c og sammenfattet i tabell 4.

Tabell 4. Midlere innlagringsdyp og midlere fortykning ved utslipp gjennom diffusor i 22 m dyp.

Vannmengde	Innlagringsdyp		Senterfortynning		Midlere fortykning	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
0.2 m <sup>3</sup> /s	3.4 m	21.3 m	11	90	19	153
0.3 m <sup>3</sup> /s	3.6 m	21.4 m	14	105	24	179
0.4 m <sup>3</sup> /s	3.6 m	21.5 m	15	114	26	187

I virkelighetenn vil utslippet endre vannutskiftning og sjiktning i det dype bassenget utenfor Union: bassenvolumet er som følger:

10-26 m:	400.000 m <sup>3</sup> /s
15-26 m:	90.000 "
20-26 m:	30.000 "

I våre beregninger ble et utslipp av 0.3 m<sup>3</sup>/s i gjennomsnitt fortyknet 78 ganger. Ser vi bort fra flomsituasjonene kan gjennomsnittlig fortykning anslås til ca. 50 ganger. Det kreves altså 15 m<sup>3</sup>/s som fortykningsvann. Vannmengden i 15-26 m dyp tilsvare ca. 2 timers fortykningsvann. Dette vil tilbake på innlagringsforholdene, fordi det kreves stor tilførsel av sjøvann for å opprettholde sjiktningen. Sannsynligvis vil sjiktningen i mange tilfeller bli svakere, som vil medføre at avløpsvannet gradvis innlagres høyere i vannmassen, med større fortykning. Men det er usannsynlig at sjiktningen brytes helt ned, slik at man får simulert en "flomsituasjon" med ferskvann fra overflate til bunn.

På den annen side bør man kunne regne med at oksygenforholdene i bassenget blir vesentlig forbedret - i første rekke over utslippsdypet.

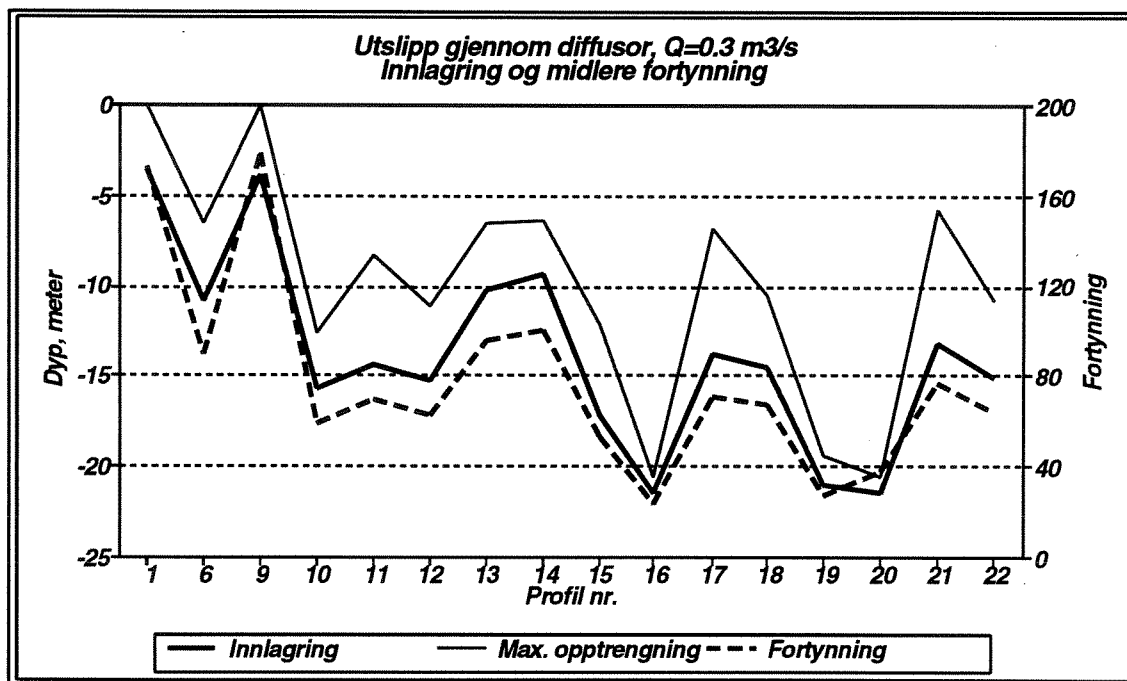
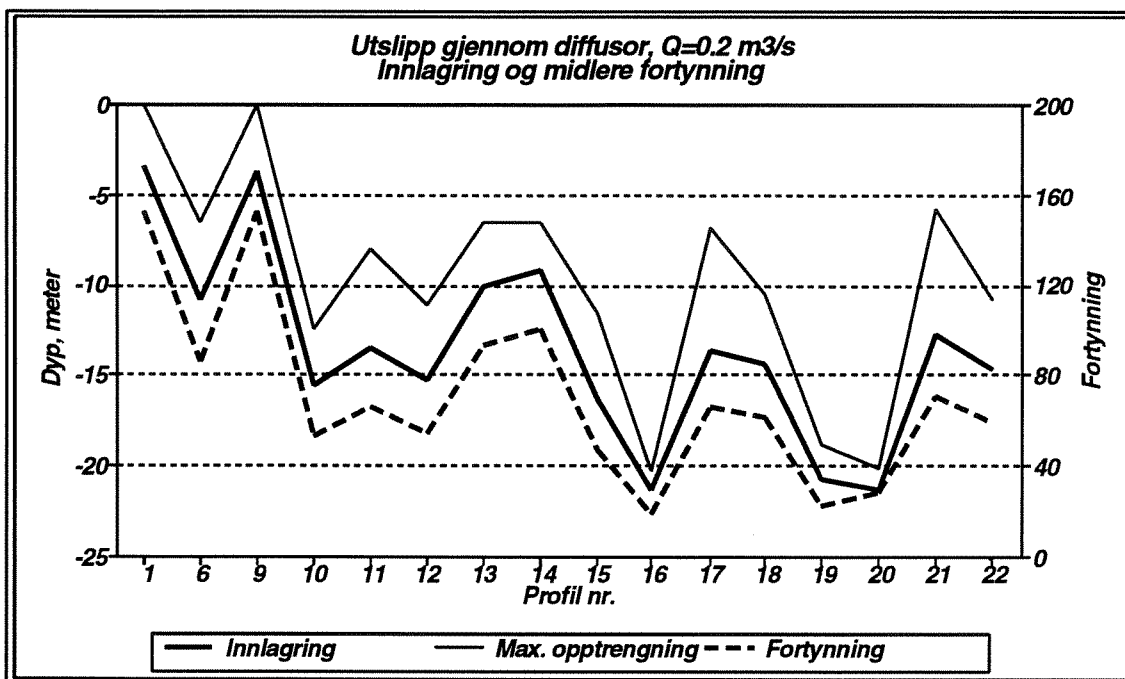


Fig. 4. Innlagring, senterfortytning og høyeste opptrengning ved utslipp i 22 m dyp.

Diameter utløpshull: 0.15 m.

a. Vannmengde  $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

b. Vannmengde  $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ .



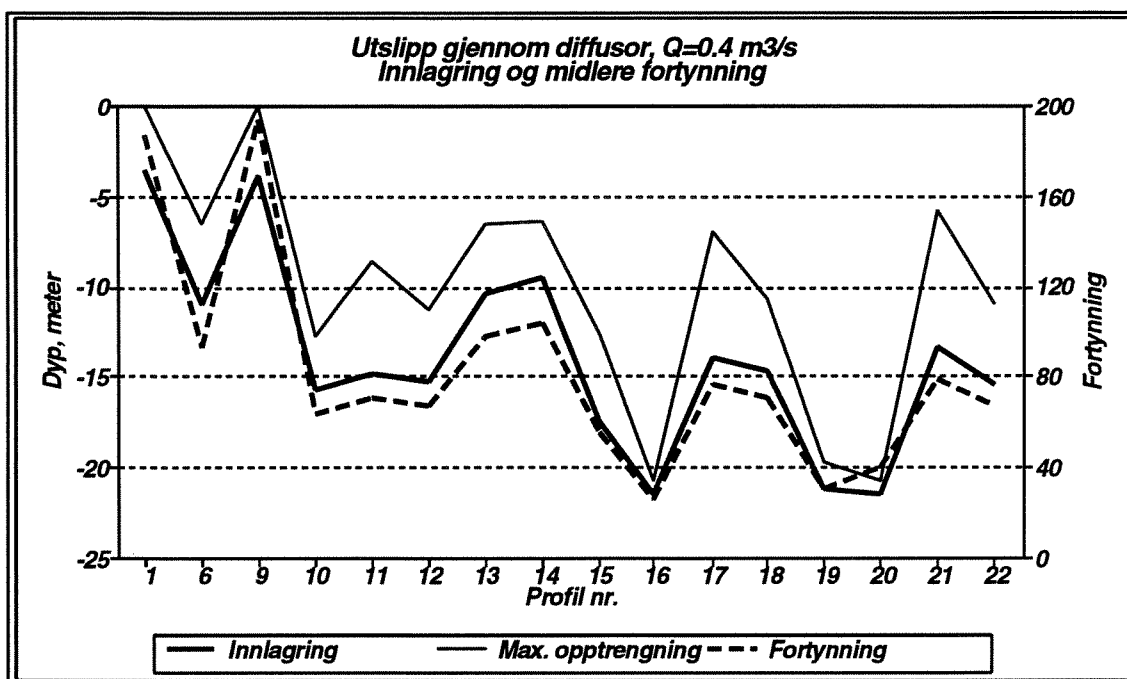


Fig. 4.c Vannmengde  $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Av det foranstående kan vi konkludere:

1. Når det er sjøvann tilstede i elva vil avløpsvannet kunne innlagres i sprangsjiktet mellom sjøvann og overliggende ferskvann/brakkvann. Når innlagring ikke oppnås vil fortykningen være maksimal - 160-200x, kombinert med flom.
2. Sjiktningen i elvevannet er avgjørende for innlagringsdypet, ikke vannmengden som slippes ut.
3. Den beregnede diffusoren er et realistisk utløpsarrangement
4. Man kan vente forbedrede oksygenforhold over utslippsdypet

## 6. LITTERATUR

Bjerkeng, B. og Lesjø, Å., 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. PRA 5.7. NIVA-rapport O-126/72. 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.

Green, N., Kirkerud, L., Molvær, J., Rygg, B. og Skei, J., 1979: Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva. Årsrapport for 1977. NIVA-rapport nr. 1131. 152 sider. Oslo.

## VEDLEGG 1

### DIFFUSORBEREGNINGER

De etterfølgende tabeller viser resultat for beregninger av en diffusor med endehull 15 cm og 12 cm hull på sidene. Først er beregninger gjort for dimensjonerende vannmengde 0.3 m<sup>3</sup>/s, og deretter er den også testet for 0.2 m<sup>3</sup>/s og 0.4 m<sup>3</sup>/s. I utskriften vil flow-verdiene avvike litt fra disse verdiene, uten at det spiller noen rolle.

Det er to hovedtyper av tabeller for hver beregning:

- \* Først beskrives selve diffusoren
- \* Deretter beregnes energibudsjetter for avløpsledning og diffusor. Forskjellige diametre på avløpsledningen er vurdert. Totalt energibehov (trykkhøyde) er summert i siste kolonne til høyre.

DIFFUSOR DESIGN 911015 - 2333

UNION

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

GENERAL SPECIFICATIONS:

1 DIFFUSOR ON ONE PIPELINE  
DISCHARGE DENSITY: 1.00000 KG/L  
RECIPIENT DENSITY:

DEPTH M	DENSITY KG/L
.0	1.00000
4.0	1.00001
8.0	1.00003
12.0	1.01550
16.0	1.02090
22.0	1.02100

DIFFUSOR SPECIFICATIONS:

ROUGHNESS GIVEN, IS SET TO .50000E-01MM  
SHARP DIAMETER CHANGES  
SHARP-EDGED OUTLETS

PIPELINE SPECIFICATIONS:

STARTPOINT: X=-5.000 Y=-2.000  
ROUGHNESS GIVEN, IS SET TO .50000E-01MM  
SPECIFIED SINGULAR LOSS:

$$K^2 / 2G, \text{ WHERE } K=.50000$$

\*\*\*\*\*  
DIFFUSOR: FLOW= .2759 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	500.0	22.0	.150	2.57	.120	7.1	80.0	45.24	4.00	.297	.080	1.2
2	496.0	21.8	.120	2.59	.092	7.1	47.7	51.72	4.00	.297	.128	1.8
3	492.0	21.7	.120	2.63	.090	7.2	45.5	52.83	4.00	.297	.173	2.5
4	488.0	21.5	.120	2.80	.094	7.4	51.6	53.23	4.00	.499	.225	1.1
5	484.0	21.4	.120	2.81	.094	7.4	51.2	53.49	4.00	.499	.276	1.4

\*\*\*\*\*  
PIPELINE ALTERNATIVES: FLOW= .2759 M3/S

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

DIAM. M	VEL. M/S	DIFFUSOR ENERGY +	JUNCTION LOSS +	SPECIFIED LOSS +	PIPELINE FRICTION +	GRAVITY PRESSURE +	ENERGY HEIGHT
.348	2.90	2.81	.11	.21	8.65	.22	12.01
.377	2.47	2.81	.06	.16	5.78	.22	9.03
.396	2.24	2.81	.04	.13	4.52	.22	7.71
.424	1.95	2.81	.02	.10	3.21	.22	6.35
.447	1.76	2.81	.01	.08	2.47	.22	5.58
.499	1.41	2.81	.00	.05	1.43	.22	4.51
.565	1.10	2.81	.01	.03	.77	.22	3.84
.593	1.00	2.81	.01	.03	.61	.22	3.68

\*\*\*\*\*

TESTRUN NR. 1 ON DIFFUSOR DESIGN 911015 - 2333

UNION

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

ALTERED GENERAL SPECIFICATIONS:

NONE

ALTERED DIFFUSOR SPECIFICATIONS:

NONE

ALTERED PIPELINE SPECIFICATIONS:

NONE

TESTRUN 1, FLOW NR. 1

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

DIFFUSOR: FLOW= .2000 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	500.0	22.0	.150	1.35	.120	5.1	57.9	32.74	4.00	.297	.058	.8
2	496.0	21.8	.120	1.36	.092	5.2	34.5	37.46	4.00	.297	.092	1.3
3	492.0	21.7	.120	1.38	.090	5.2	33.0	38.29	4.00	.297	.125	1.8
4	488.0	21.5	.120	1.47	.094	5.4	37.5	38.62	4.00	.499	.163	.8
5	484.0	21.4	.120	1.48	.094	5.4	37.1	38.83	4.00	.499	.200	1.0

\*\*\*\*\*

PIPELINE ALTERNATIVES: FLOW= .2000 M3/S

\*\*\*\*\*

DIAM. M	VEL. M/S	DIFFUSOR ENERGY +	JUNCTION LOSS +	ENERGY BUDGET AT STARTPOINT SPECIFIED LOSS +	PIPELINE FRICTION +	(METERS) GRAVITY PRESSURE =	ENERGY HEIGHT
------------	-------------	----------------------	--------------------	-------------------------------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------

.348	2.10	1.48	.06	.11	4.68	.22	6.55
.377	1.79	1.48	.03	.08	3.13	.22	4.94
.396	1.62	1.48	.02	.07	2.45	.22	4.24
.424	1.42	1.48	.01	.05	1.75	.22	3.50
.447	1.27	1.48	.00	.04	1.34	.22	3.09
.499	1.02	1.48	.00	.03	.78	.22	2.50
.565	.80	1.48	.01	.02	.42	.22	2.14
.593	.72	1.48	.01	.01	.33	.22	2.05

\*\*\*\*\*

TESTRUN 1, FLOW NR. 2

\*\*\*\*\*

DIFFUSOR: FLOW= .4000 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	500.0	22.0	.150	5.42	.120	10.3	116.1	65.64	4.00	.297	.116	1.7
2	496.0	21.8	.120	5.45	.092	10.3	69.1	75.01	4.00	.297	.185	2.7
3	492.0	21.7	.120	5.53	.090	10.4	65.9	76.58	4.00	.297	.251	3.6
4	488.0	21.5	.120	5.88	.094	10.7	74.8	77.11	4.00	.499	.326	1.7
5	484.0	21.4	.120	5.90	.094	10.8	74.1	77.46	4.00	.499	.400	2.0

\*\*\*\*\*  
 PIPELINE ALTERNATIVES: FLOW= .4000 M3/S

-----

*****ENERGY BUDGET AT STARTPOINT (METERS)*****							
DIAM.	VEL.	DIFFUSOR	JUNCTION	SPECIFIED	PIPELINE	GRAVITY	ENERGY
M	M/S	ENERGY +	LOSS +	LOSS +	FRICTION +	PRESSURE	= HEIGHT
.348	4.21	5.90	.24	.45	17.69	.22	24.49
.377	3.58	5.90	.12	.33	11.79	.22	18.36
.396	3.25	5.90	.07	.27	9.20	.22	15.66
.424	2.83	5.90	.03	.20	6.52	.22	12.87
.447	2.55	5.90	.01	.17	5.00	.22	11.29
.499	2.05	5.90	.00	.11	2.88	.22	9.10
.565	1.60	5.90	.02	.06	1.55	.22	7.75
.593	1.45	5.90	.03	.05	1.22	.22	7.42

\*\*\*\*\*

**VEDLEGG 2****BEREGNINGER AV INNLAGRING OG PRIMÆRFORTYNNING**

## ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1    OUTFALL SITE:    UNION

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. (M)	GRAV. (M)
7	22.0	.12	4.40	0	1	8.1	68	90	3.4	.7	< .0
					2	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					3	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					4	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					5	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					6	3.9	74	51	10.8	7.6	6.5
					7	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					8	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					9	8.9	63	90	3.7	1.6	< .0
					10	2.9	66	31	15.6	14.2	12.4
					11	3.7	65	39	13.5	10.6	8.0
					12	3.0	67	32	15.3	13.3	11.1
					13	4.1	75	55	10.1	7.4	6.5
					14	4.3	76	59	9.1	7.3	6.5
					15	3.1	58	28	16.3	14.1	11.5
					16	1.6	18	11	21.3	20.8	20.2
					17	3.4	69	39	13.6	10.2	6.8
					18	3.2	69	36	14.3	11.7	10.5
					19	1.9	27	13	20.7	20.0	18.8
					20	2.5	12	17	21.3	20.8	20.1
					21	3.7	70	42	12.8	8.7	5.7
					22	3.4	64	35	14.6	11.6	10.7
8	22.0	.12	7.20	0	1	10.8	59	102	3.6	.9	< .0
					2	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					3	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					4	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					5	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					6	4.9	67	53	10.8	7.6	6.5
					7	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					8	DISCHARGE OUTSIDE		DENSITY	RANGE		
					9	12.2	52	105	3.8	1.9	< .0
					10	3.9	57	35	15.7	14.3	12.6
					11	4.7	53	41	14.4	11.0	8.3
					12	4.0	58	37	15.3	13.4	11.1
					13	5.1	67	56	10.2	7.4	6.5
					14	5.3	69	59	9.3	7.3	6.4
					15	3.9	44	31	17.1	14.7	12.1
					16	2.1	11	14	21.4	21.1	20.5
					17	4.4	61	42	13.7	10.3	6.8
					18	4.2	60	40	14.5	11.7	10.5
					19	2.4	17	16	21.0	20.4	19.4
					20	3.2	7	22	21.4	21.1	20.5
					21	4.6	61	45	13.2	9.0	5.8
					22	4.4	53	38	15.1	11.9	10.8



Vedlegg 2, forts.

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.
										(M)	(M)
9	22.0	.12	8.80	0	1	12.3	55	110	3.6	.9	< .0
					2	DISCHARGE	OUTSIDE	DENSITY	RANGE		
					3	DISCHARGE	OUTSIDE	DENSITY	RANGE		
					4	DISCHARGE	OUTSIDE	DENSITY	RANGE		
					5	DISCHARGE	OUTSIDE	DENSITY	RANGE		
					6	5.4	64	55	10.9	7.6	6.5
					7	DISCHARGE	OUTSIDE	DENSITY	RANGE		
					8	DISCHARGE	OUTSIDE	DENSITY	RANGE		
					9	14.0	47	114	3.9	2.1	< .0
					10	4.5	53	38	15.7	14.4	12.7
					11	5.2	48	42	14.8	11.3	8.6
					12	4.6	54	40	15.3	13.4	11.2
					13	5.7	64	58	10.3	7.4	6.5
					14	5.8	65	61	9.5	7.2	6.4
					15	4.3	39	33	17.5	15.1	12.5
					16	2.3	9	15	21.5	21.2	20.7
					17	4.9	56	45	13.9	10.5	6.9
					18	4.7	56	42	14.6	11.7	10.6
					19	2.7	14	18	21.1	20.5	19.7
					20	3.6	6	24	21.5	21.1	20.7
					21	5.1	57	47	13.3	9.1	5.8
					22	4.9	47	40	15.4	12.3	10.9

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

< : BEYOND MIN DEPTH OF DENSITY RANGE

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-1995-1