

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-113/77

UTSLIPP AV AVLØPSVANN FRA

SKJERKØYA, BAMBLE KOMMUNE

Innlagringsberegninger

Blindern, 20. april 1978

Saksbehandler: cand.real. Jarle Molvær

Medarbeider: siv.ing. Birger Bjerkeng

Instituttetsjef Kjell Baalsrud

ISBN 82-577-0051-7

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	3
2. FORTYNNINGS- OG INNLAGRINGSBEREGNINGER	3
2.1 Metode og beregningsopplegg	3
2.2 Resultater	5
3. DRØFTING AV RESULTATENE OG ANBEFALINGER	11
4. LITTERATURLISTE	11

TABELLFORTEGNELSE

Tabell 1	Tidspunkt for de benyttede tetthetsprofiler	6
Tabell 2	Innledende beregninger av innlagring og fortynning	7
Tabell 3	Innlagring og fortynning for hvert profil ved varierende utslippsdyp og strålehastighet	8

1. INNLEDNING

Etter oppdrag fra Bamble industrier a.s. avga Norsk institutt for vannforskning høsten 1977 en uttalelse om de resipientmessige forhold ved utslipp av avløpsvann fra Skjerkøya industriområde i Bamble (NIVA 1977b) se fig.1. Vi anbefalte da et dyputslipp med innlagring av avløpsvannet i 15 - 25 m dyp.

Ved brev av 1.3.1978 ba Bamble industrier a.s. NIVA utføre beregninger av innlagrings- og fortynningsforhold for avløpsvannet med sikte på et riktig valg av utslippsdyp. Foreliggende rapport presenterer resultatene av disse innlagringsberegningene.

Dimensjonerende vannmengde for anlegget er $22 \text{ m}^3/\text{time}$, d.v.s. ca. 6 l/s. Maksimal pumpekapasitet er 15 l/s. Oppdragsgiver ønsket å få vurdert følgende rørdimensjoner:

$$\phi_i \approx 140 \text{ mm}$$

$$\phi_i \approx 125 \text{ mm}$$

$$\phi_i \approx 110 \text{ mm}$$

2. FORTYNNINGS- OG INNLAGRINGSBEREGNINGER

2.1 Metode og beregningsopplegg

Avløpsstrålens fortykning og innlagring kan beregnes teoretisk ut fra data om strålen i utløpet, og tetthetsdata. Dette er her gjort ved hjelp av et EDB-program, NIVA*JET.MIX, utviklet av Computas og NIVA (1973). Programmet bruker utslippsdyp, diameter, hastighet og vinkel på strålen som utgangspunkt, og beregner strålebane med senterfortynning for en vilkårlig tetthetsprofil. Teoretisk innlagringspunkt angis spesielt, med senterfortynning, strålebredde og vinkel mot horisontalplan. Dessuten beregner programmet dyp for største opptrengning på to forskjellige måter.

Det er gjort innlagringsberegninger for i alt 30 vertikale tetthetsprofiler fra området i nærheten av Skjerkøya. Det er benyttet data fra tidsrommet mars 1974 - mai 1977, innsamlet under den generelle resipientundersøkelsen av Grenlandsfjordene som NIVA har utført for fylkes-

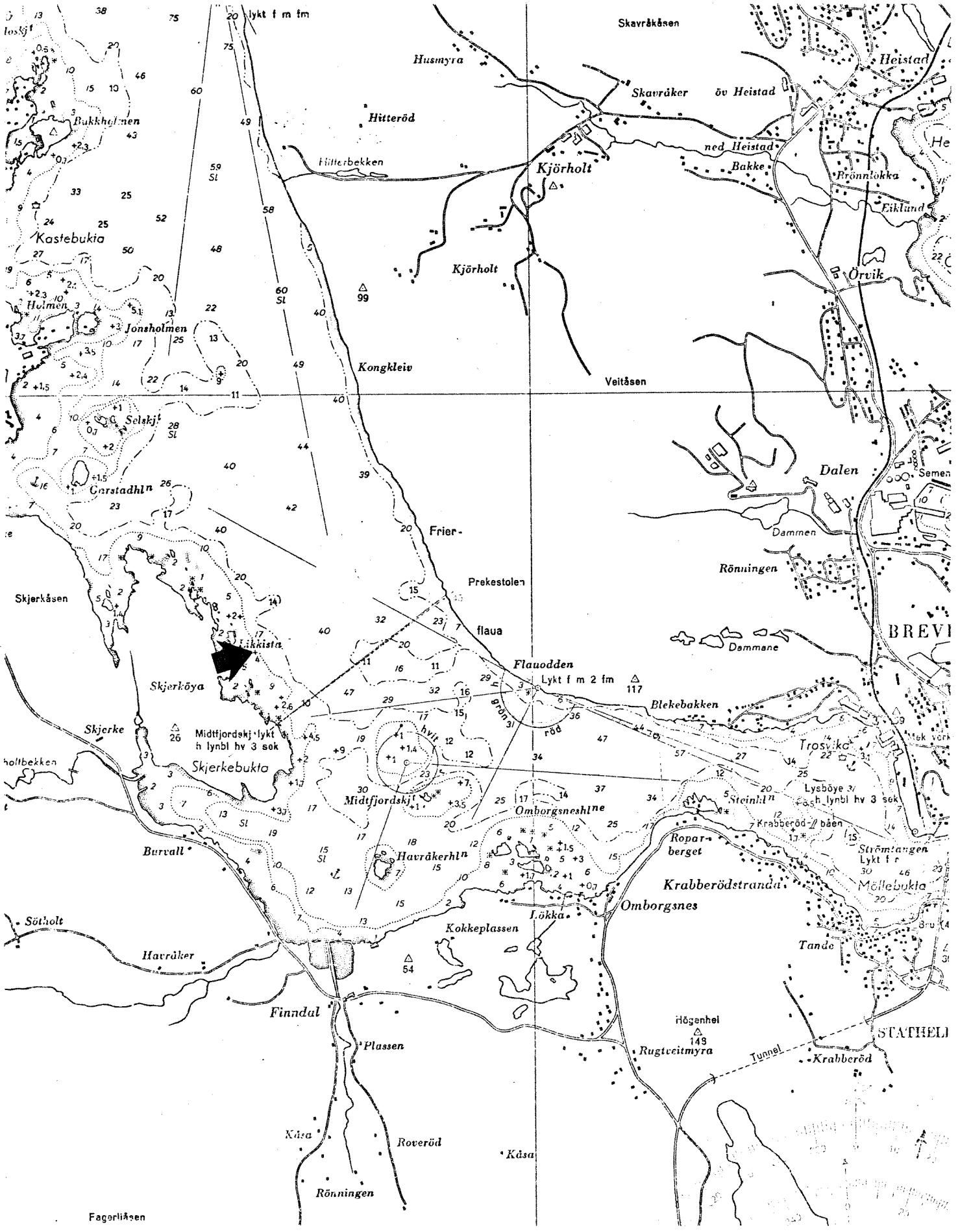


Fig. 1. Skjerkøya med utslippsstedet.

mannen i Telemark (NIVA-oppdrag 0-111/70). Tidspunktene for målingene er angitt i tabell 1. Med unntak for profilene fra mai 1977 er dataene tidligere publisert (NIVA 1977a). Som aktuelle utslippsdyp ble valgt 30 m, 35 m og 40 m.

For å se hvordan innlagringsdyp og fortykning varierte med diameter av avløpsrøret og vannmengde, ble det først gjort beregninger for 3 sommerprofiler og for vannmengdene 6 l/s, 10 l/s og 15 l/s tabell 2. Det viste seg da at variasjon i rørdiameter fra 11 cm til 14 cm var uten betydning for innlagringsdyp. Variasjon i vannmengde og utslippsdyp gav stort sett en lineær endring i innlagringsdyp. De avsluttende beregninger ble da utført med rørdiameter 0.125 m (i utskrifter avrundet til 0.13 m) og for 4 utslippsalternativer.

Utslippsdyp: 30 m og 40 m

Vannmengde: 6 l/s (0.49 m/s) og 15 l/s (1.22 m/s)

2.2 Resultater

Resultater av de avsluttende beregningene er presentert i tabell 3. I tabellen er angitt utslippsdyp (DEPTH), utløpsstrålens diameter (DIAM), hastighet (VEL) og vinkel med horisontalen for de forskjellige utslipps-tilfeller. For hver profil er innlagringsdyp og primærfortynning beregnet for alle sett utslippsdata. For innlagringspunkt (NEUTRAL POINT) er gitt strålebredde (WIDTH), vinkel i forhold til vertikalen (ANGLE), senterfortynning (CENTER DILUTION) og innlagringsdyp (DEPTH).

Dessuten er dyp for høyeste opptrengning (EXTREMAL DEPTH) beregnet på to måter: 1) Ved å anta at fortykning og innlagring fortsetter etter innlagring (EQS.)

2) Ved bare å ta hensyn til bevegelsesenergien i strålen og virkningen av tyngdefeltet (POT.).

Den første verdien (EQS.) kan antas å være mest representativ, den andre (POT.) representerer en absolutt teoretisk grense for hvor høyt vannmassene kan nå.

Tabell 1. Tidspunkt for de benyttede tetthetsprofiler.

PLIB PROFILE	STATION	REGTIME	NO. OF DEPTHS
1	EE-1 770510	9.40	23
2	EE-1 770215	15.00	10
3	EE-1 761207	15	10
4	EE-1 761019	16.40	9
5	EE-1 760907	15	10
6	EE-1 760728	14	10
7	EE-1 760609	15	10
8	EE-1 760428	16.40	10
9	EE-1 760316	14.30	10
10	EE-1 760203	17.15	10
11	EE-1 751216	14	10
12	EE-1 751029	14.15	10
13	EE-1 750916	15	10
14	EE-1 750730	13.45	10
15	EE-1 750611	10	10
16	EE-1 750514	10.35	10
17	EE-1 750422	16.30	10
18	EE-1 750317	12	9
19	EE-1 750212	16	9
20	EE-1 750115	10.	10
21	EE-1 741210	16	9
22	EE-1 741120	15	9
23	EE-1 741023	9	9
24	EE-1 740925	10	9
25	EE-1 740815	14	9
26	EE-1 740718	12	9
27	EE-1 740620	14	9
28	EE-1 740520	16	10
29	EE-1 740423	15	8
30	EE-1 740313	11	9

Tabell 2. Innledende beregninger av innlagring og fortykning.

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

JET DATA AFTER CONTRACTION						RESULTS							
PRO- FILE NR.	I I I I I I I I I	HOLE NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	NEUTRAL		POINT		EXTREMAL DEPTHS		
							WIDTH (M)	ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EQS. (M)	POT. (M)	
1	I	1	35.0	0.13	0.49	0	I	1.7	88	156	20.3	18.9	14.9
	I	2	35.0	0.13	0.81	0	I	1.8	88	125	19.7	18.1	14.3
	I	3	35.0	0.13	1.22	0	I	1.9	86	105	19.3	17.7	13.6
	I	4	35.0	0.11	0.63	0	I	1.7	88	157	20.4	19.0	15.0
	I	5	35.0	0.11	1.58	0	I	1.9	86	109	19.4	17.8	13.7
	I	6	35.0	0.14	0.39	0	I	1.7	89	155	20.3	18.9	14.9
	I	7	35.0	0.14	0.97	0	I	1.9	87	104	19.2	17.6	13.6
	I	8	30.0	0.13	0.49	0	I	1.3	88	104	18.7	17.3	14.3
	I	9	40.0	0.13	0.49	0	I	2.1	89	214	21.9	20.6	15.6
6	I	1	35.0	0.13	0.49	0	I	1.2	88	86	24.8	23.0	20.4
	I	2	35.0	0.13	0.81	0	I	1.3	86	69	24.6	22.8	17.3
	I	3	35.0	0.13	1.22	0	I	1.4	84	59	24.5	22.5	18.6
	I	4	35.0	0.11	0.63	0	I	1.2	87	88	24.8	23.0	20.5
	I	5	35.0	0.11	1.53	0	I	1.4	83	62	24.5	22.5	16.7
	I	6	35.0	0.14	0.39	0	I	1.2	88	86	24.8	22.9	20.4
	I	7	35.0	0.14	0.97	0	I	1.3	85	57	24.4	22.3	18.5
	I	8	30.0	0.13	0.49	0	I	0.8	87	45	23.5	21.7	18.3
	I	9	40.0	0.13	0.49	0	I	1.4	88	107	28.2	26.5	21.7
7	I	1	35.0	0.13	0.49	0	I	1.4	88	108	23.2	21.1	15.6
	I	2	35.0	0.13	0.81	0	I	1.6	87	93	22.3	19.8	14.4
	I	3	35.0	0.13	1.22	0	I	1.7	85	83	21.4	18.8	13.4
	I	4	35.0	0.11	0.63	0	I	1.4	87	107	23.4	21.3	15.6
	I	5	35.0	0.11	1.58	0	I	1.7	84	84	21.8	19.1	13.5
	I	6	35.0	0.14	0.39	0	I	1.4	88	106	23.3	21.1	15.5
	I	7	35.0	0.14	0.97	0	I	1.7	86	83	21.2	18.5	13.4
	I	8	30.0	0.13	0.49	0	I	1.2	88	88	19.6	17.4	13.8
	I	9	40.0	0.13	0.49	0	I	1.5	88	134	26.6	24.2	17.1

Tabell 3. Innlagring og fortykning for hvert profil ved varierende utslippsdyp og strålehastighet.

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

PRO- FILE NR.	JET DATA AFTER CONTRACTION					RESULTS					
	NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	NEUTRAL WIDTH (M)	POINT ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EXTREMAL EQS. (M)	POT. (M)
1	1	30.0	0.13	0.49	0	1.3	88	104	18.7	17.3	14.3
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.5	85	74	17.7	16.1	13.0
	3	40.0	0.13	0.49	0	2.1	89	214	21.9	20.6	15.6
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.3	87	143	20.7	19.0	14.3
2	1	30.0	0.13	0.49	0	0.9	87	52	22.7	21.4	17.8
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.1	82	41	21.9	20.2	16.7
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.4	88	116	27.9	25.3	20.5
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.6	86	82	26.9	25.2	18.6
3	1	30.0	0.13	0.49	0	1.7	88	139	15.9	14.1	11.4
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.8	86	93	15.4	12.8	8.9
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.9	88	182	23.6	21.5	13.1
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.2	87	130	21.7	19.2	10.8
4	1	30.0	0.13	0.49	0	0.7	86	36	24.4	22.9	20.6
	2	30.0	0.13	1.22	0	0.9	80	28	24.1	22.0	19.5
	3	40.0	0.13	0.49	0	0.9	87	54	32.5	29.7	25.4
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.2	82	43	31.5	29.9	23.3
5	1	30.0	0.13	0.49	0	1.2	88	90	19.6	18.4	14.9
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.4	85	61	19.2	17.5	13.5
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.6	88	159	24.9	23.1	17.2
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.0	86	113	23.4	21.9	15.3
6	1	30.0	0.13	0.49	0	0.8	87	45	23.5	21.7	18.3
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.0	82	35	22.9	20.8	16.8
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.4	88	107	28.2	26.5	21.7
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.7	85	81	26.7	24.5	20.1
7	1	30.0	0.13	0.49	0	1.2	88	88	19.6	17.4	13.8
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.4	85	63	19.0	17.7	11.4
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.5	88	134	26.6	24.2	17.1
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.9	86	100	24.8	22.1	14.6
8	1	30.0	0.13	0.49	0	0.9	87	55	22.5	20.9	17.3
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.1	83	43	21.7	19.8	15.8
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.5	88	121	27.2	25.1	20.6
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.9	86	96	24.9	23.3	18.9
9	1	30.0	0.13	0.49	0	1.2	88	85	20.0	18.2	13.7
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.4	84	62	19.0	17.4	11.7
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.3	87	88	29.6	27.0	18.8
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.9	85	83	26.1	23.1	16.5
10	1	30.0	0.13	0.49	0	1.6	88	141	16.0	15.7	7.4
	2	30.0	0.13	1.22	0	2.3	86	130	11.4	11.0	7.2
	3	40.0	0.13	0.49	0	2.0	89	213	22.0	18.3	8.7
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.4	87	153	19.7	19.3	7.4
11	1	30.0	0.13	0.49	0	1.2	88	94	19.3	16.8	13.4
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.4	85	65	18.7	15.9	10.8
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.9	89	193	23.1	20.8	15.7
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.2	87	136	21.4	18.5	13.7
12	1	30.0	0.13	0.49	0	1.2	88	97	19.1	17.1	13.2
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.5	85	68	18.3	15.7	11.3
	3	40.0	0.13	0.49	0	2.0	89	196	22.8	21.1	15.4
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.4	87	149	19.9	17.9	13.9

(CONTINUES:)

Tabell 3, forts.

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1 OUTFALL SITE : GRENLA
PAGE 2

PRO- FILE NR.	JET DATA AFTER CONTRACTION					RESULTS						
	NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	WIDTH (M)	ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EXTREMAL EQS. (M)	POT. (M)	
13	1	30.0	0.13	0.49	0	0.6	83	21	26.1	24.1	20.0	
	2	30.0	0.13	1.22	0	0.7	74	18	25.9	23.5	18.3	
	3	40.0	0.13	0.49	0	0.9	86	47	33.2	31.7	27.7	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.1	81	38	32.3	30.5	26.4	
14	1	30.0	0.13	0.49	0	0.7	86	33	24.7	23.4	21.6	
	2	30.0	0.13	1.22	0	0.8	80	25	24.5	22.9	20.6	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.3	88	102	28.8	27.7	23.5	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.4	85	69	28.4	26.8	22.4	
15	1	30.0	0.13	0.49	0	1.1	87	69	21.2	20.1	17.4	
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.3	84	54	20.0	18.5	16.6	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.5	88	122	27.3	26.2	19.3	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.8	86	91	25.7	24.3	17.9	
16	1	30.0	0.13	0.49	0	0.9	87	50	23.0	21.7	18.0	
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.1	82	39	22.2	20.7	17.0	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.4	88	113	28.0	25.8	21.0	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.6	86	82	26.8	25.4	19.1	
17	1	30.0	0.13	0.49	0	1.2	88	88	19.8	18.7	14.8	
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.4	85	61	19.2	17.7	13.5	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.7	88	135	26.1	24.3	18.2	
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.0	86	103	24.1	22.9	15.8	
18	1	30.0	0.13	0.49	0	0.7	85	32	24.8	23.4	19.7	
	2	30.0	0.13	1.22	0	0.9	79	26	24.3	22.6	18.3	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.2	88	99	29.2	27.0	23.9	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.4	85	66	28.3	26.1	22.0	
19	1	30.0	0.13	0.49	0	0.8	85	36	24.2	22.4	19.0	
	2	30.0	0.13	1.22	0	0.9	79	29	23.8	21.4	17.2	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.2	88	98	29.1	26.9	23.5	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.4	85	66	28.7	25.8	21.4	
20	1	30.0	0.13	0.49	0	1.5	88	123	17.2	15.1	11.0	
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.7	86	84	16.5	13.7	8.6	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.9	88	185	23.4	21.2	13.5	
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.4	87	143	20.5	18.1	11.5	
21	1	30.0	0.13	0.49	0	1.3	88	106	18.5	16.4	12.2	
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.6	85	75	17.5	15.7	10.5	
	3	40.0	0.13	0.49	0	2.0	88	190	23.1	21.3	14.6	
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.4	87	146	20.2	17.9	12.9	
22	1	30.0	0.13	0.49	0	1.0	87	60	21.9	20.0	16.2	
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.3	83	48	20.7	18.7	14.6	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.1	87	71	30.9	28.1	23.3	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.4	84	56	29.6	26.0	20.4	
23	1	30.0	0.13	0.49	0	0.8	86	39	23.9	21.4	18.0	
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.0	80	32	23.2	20.6	15.6	
	3	40.0	0.13	0.49	0	0.9	86	50	32.8	30.6	26.6	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.2	82	40	31.9	29.1	24.3	
24	1	30.0	0.13	0.49	0	0.6	84	26	25.5	23.7	21.0	
	2	30.0	0.13	1.22	0	0.8	77	21	25.1	23.0	19.6	
	3	40.0	0.13	0.49	0	0.8	86	43	33.6	31.9	27.9	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.1	81	35	32.8	30.7	26.3	

(CONTINUES:)

Tabell 3, forts.

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

PRO- FILE NR.	JET DATA AFTER CONTRACTION					RESULTS						
	NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	NEUTRAL WIDTH (M)	ANGLE DEG.	POINT CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EXTREMAL DEPTHS EQS. POT. (M) (M)		
25	1	30.0	0.13	0.49	0	0.7	85	29	25.1	23.2	20.3	
	2	30.0	0.13	1.22	0	0.8	78	24	24.7	21.5	18.8	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.2	88	91	29.6	27.7	25.0	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.3	85	62	29.2	26.8	23.2	
26	1	30.0	0.13	0.49	0	0.7	85	33	24.7	22.1	19.5	
	2	30.0	0.13	1.22	0	0.9	79	27	24.2	21.0	17.6	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.2	88	98	29.2	27.1	24.0	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.4	85	66	28.8	26.1	22.1	
27	1	30.0	0.13	0.49	0	0.7	85	35	24.5	22.9	19.2	
	2	30.0	0.13	1.22	0	0.9	79	28	23.9	22.0	17.7	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.2	88	100	29.1	26.8	23.5	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.4	86	68	28.6	25.8	21.5	
28	1	30.0	0.13	0.49	0	1.2	88	92	19.4	18.7	14.9	
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.4	85	65	18.8	17.8	14.1	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.6	88	143	26.1	23.8	16.5	
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.0	86	107	24.1	23.2	15.1	
29	1	30.0	0.13	0.49	0	1.3	88	105	18.7	15.2	11.1	
	2	30.0	0.13	1.22	0	1.5	86	73	17.9	17.4	7.8	
	3	40.0	0.13	0.49	0	2.1	88	202	22.4	19.7	15.1	
	4	40.0	0.13	1.22	0	2.4	87	150	19.8	16.3	12.7	
30	1	30.0	0.13	0.49	0	0.6	84	26	25.4	23.7	21.0	
	2	30.0	0.13	1.22	0	0.8	77	22	25.1	23.7	19.6	
	3	40.0	0.13	0.49	0	1.2	88	90	29.6	27.9	25.4	
	4	40.0	0.13	1.22	0	1.4	85	61	29.3	27.1	23.8	

3. DRØFTING AV RESULTATENE OG ANBEFALINGER

Beregningene er gjort for 30 tetthetsprofiler fra en 3-års periode. Det er grunn til å tro at profilene er representative for de naturlige tetthetsvariasjoner i fjorden.

Som nevnt i innledningen bør man av resipientmessige hensyn tilstrebe en innlagring mellom 15 m og 25 m dyp.

Resultatene i tabell 3 tilsier at man da bør velge et utslippsdyp på 30 m. Man står fritt i valg av rørdiameter i området 11 - 14 cm.

4. LITTERATURLISTE

NIVA 1973

0-126/72 Mixing of a jet into stratified environment. Saksbehandlere: Birger Bjerkeng og Aage Lesjø (Computas).

NIVA 1977a

0-111/70 Resipientundersøkelse av nedre Skienselva Frierfjorden og tiliggende områder. Rapport nr. 7 Hydrokjemiske data fra tidsrommet mars 1974 - februar 1977. Saksbehandler: Jarle Molvær. 30.8.1977.

NIVA 1977b

0-113/77 Utslipp av avløpsvann fra Skjerkøya, Bamble kommune. Saksbehandler: Jarle Molvær. 6.12.1977.

MOL/ØST

20.4.1978