

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60  
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-82022
Undernummer:
Løpenummer: 1427
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Tørrværsavsetninger i fellessystemrør Fase I. Problembeskrivelse VA 10/82	Dato: 1. 11. 1982
Forfatter(e): Oddvar Lindholm	Prosjektnummer: 0-82022
	Faggruppe: Urban hydrologi
	Geografisk område: Norge
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: Prosjekt Transport av Vann (PTV)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

I tørrvær vil det vanligvis avlagres tørrstoff i deler av ledningsnettet. De årlige avsetningene kan bli betydelige sett i forhold til årlig spillvannsproduksjon og kan delvis forklare lave tilføringsgrader for spillvann. I nedbørperioder blir betydelige mengder skylt ut direkte til vannforekomster via overløp.

Tørrværsavsetning
1. Røravlagringer
2. Fellessystem
3. Forurensninger
4. Overløp
VA 10/82

4 emneord, engelske:
1. Pipe deposits
2. Combined sewers
3. Pollutants
4. Storm overflow

Prosjektleder:

Oddvar Lindholm


Divisjonssjef:

  
Egil Gjessing

For administrasjonen:

  
J. E. Sandal

ISBN 82-577 0545-4

  
Lars N. Overrein

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO

0-82022

TØRRVÆRSAVSETNINGER I FELLESSYSTEMRØR

Fase I - Problembeskrivelse

Oslo, 15. oktober 1982

Prosjektleder: Oddvar Lindholm

For administrasjonen:

John Erik Samdal

Lars N. Overrein

## 1. FORORD

Prosjektet "Tørrvørsavsetninger i fellessystemrør, fase I" er finansiert av NTNFS prosjekt transport av vann (PTV). Arbeidet er delt mellom NIVA og Vassdrags- og Havnelaboratoriet (VHL). NIVA's del av prosjektet i fase I er å foreta en problembeskrivelse av forholdene omkring tørrvørsavsetningene med en forurensningsmessig innfallsvinkel. VHL vil i fase I se på alternative muligheter for spyling av avløpsnett og dimensjoneringskriterier for optimal spyling av avløpsrør.

I fase II kan det bl.a. bli aktuelt å se nærmere på data for norske avløpsledningsnett med hensyn til problemområder, svanker og erfaringer fra kommunene. Målinger bør også utføres i Norge for å kontrollere de avsetningsmodellene som er utviklet i USA.

Arbeidet med EDB-programmet er utført av siv.ing. Thore Jarlset.

Siv.ing. Sveinung Sægrov, PTV og siv.ing. Eivind Lygren, NIVA har deltatt i diskusjoner på ulike stadier i prosjektgjennomføringen.

Overingeniør Bjarne Helland, Oslo Vann- og Kloakkvesen har bidratt med en rekke nyttige informasjoner.

Grunnlagsdata er skaffet frem fra Oslo, Bærum, Trondheim, Steinkjer og Sandefjord kommuner.

Oppdraget, fase I ble påbegynt august 1982 og avsluttet i oktober 1982.

Oslo, 15. oktober 1982

Oddvar Lindholm

I N N H O L D

	Side
1. FORORD	2
2. SAMMENDRAG	4
3. PROBLEMORIENTERING	7
4. ERFARINGER FRA OSLO KOMMUNE	9
5. BEREGNEDE TØRRVÆRSVAVLAGRINGER I FIRE NORSKE FELLESYSTEMER	13
6. ERFARINGER FRA USA	30
7. BETYDNING AV AVSETNINGER FOR FORURENSNINGSSITUASJONEN	33
8. EDB-PROGRAM FOR BEREGNING AV TØRRVÆRSVAVSETNINGER	38
9. SIMULERING AV AVSETNINGER I NORSKE AVLØPSNETT	47
10. FORSLAG TIL VIDEREFØRING AV PROSJEKTET	50
11. LITTERATURHENVISNING	53
12. FORKORTELSER OG SYMBOLER	54
13. VEDLEGG 1. UTSKRIFTER FRA EDB-KJØRINGER	55
VEDLEGG 2. LISTING FOR EDB-PROGRAM	60

## 2. SAMMENDRAG

### 2.1 Generelt

NTNF's "Prosjekt Transport av Vann, (PTV)" har finansiert fase I av et prosjekt om tørrværsavlagringer i rørnett. Prosjektet er delt mellom NIVA og Vassdrags- og havnelaboratoriet (VHL). VHL tar seg av det strømningsstekniske i forbindelse med selvrensing og kunstig utspyling av ledninger. VHL vil gjennomgå all relevant, tilgjengelig litteratur om ulike spylemetoder, samt utføre laboratorieforsøk og feltforsøk med utspylinger. NIVA's del av fase I er å fastslå i hvilken grad tørrværsavlagringer fra spillvann er et driftsteknisk og forurensningsmessig problem. For å løse denne oppgaven har man:

- a) Gått gjennom tilgjengelig litteratur om emnet og gjort et sammendrag.
- b) Laget et EDB-program som beregner tørrværsavsetninger i ledningsnett. Programmet er basert på omfattende amerikanske feltmålinger for avlagringer av ulike forurensningsparametere i ledningsnett. (Ved å sammenholde EDB-simuleringer for norske nett og målte verdier for røravlagringer i de samme feltene, fåes en relativt god overensstemmelse. Det amerikanske formelverket må likevel ajourføres til norske forhold).
- c) Gått gjennom Oslo Vann- og Kloakkvesens (OV&K) arbeid med å holde avløpsledningsnettet åpent. Trukket ut nøkkelinformasjoner vedrørende dette.

- d) Beregnet røravlagringer i fire norske fellesavløpsnett (kg/ha.år) for suspendert stoff (SS), organisk stoff (KOF) og total fosfor (Tot.P). Beregningene er basert på de ca. 10.000 kjemiske analyser av separatsystemer og fellessystemer som ble utført i PRA-prosjektet 1973-1975.
- e) Utført beregninger med utgangspunkt i nedbørdata og fysiske opplysninger om de fire fellessystemfeltene for å finne hvor mye røravlagringer som spyles ut i regnvannsoverløp i nedbørperioder.

## 2.2 Konklusjoner fra NIVA's prosjekt fase I er:

- Oslo kommune bruker store ressurser hvert år for å bekjempe driftsproblemer med røravlagringer i tørrvær og med ikke-selvrensende rør.

For Norge samlet er problemene av denne art trolig av vesentlig betydning økonomisk og driftsteknisk.

- Omfanget av røravlagringer er av vesentlig omfang.

Beregninger basert på omfattende målinger i PRA-prosjektet viser følgende prosentvise årlige røravlagringer i forhold til årlig stoffmengde i spillvannet i samme felt:

### SS:

3 av de 4 feltene har 50-70 prosent årlige røravlagringer i tørrvær.

### KOF:

3 av de 4 feltene har 16-20 prosent årlige røravlagringer i tørrvær.

Tot.P:

3 av de 4 feltene har 10-20 prosent årlige røravlagringer i tørrvær.

Disse avlagringene spyles ut i korte støt under sterke regnskyll.

- Ved å se på konsentrasjon og tilføringsgrad i tørrvær for spillvannet har man påvist at tørrvørsavlagringene i rørene for enkelte parametere og felter fullt ut kan forklare lave tilføringsgrader for spillvann, og for andre parametere delvis forklare lave tilføringsgrader.
- Beregningene av rørutspylinger til overløp har vist at for 3 av de 4 feltene utgjør røravlagringer utspylt via overløp ca. 10 prosent av brutto årsproduksjon i feltet med hensyn til fosfor og organisk stoff. Tilsvarende tall for SS er 20-40 prosent. Dette vil si at bidraget som man vanligvis ikke regner med eller regner på, utgjør omtrent det samme som utslippet fra avløpsrensingsanlegget over året. I tillegg kommer bidraget fra overflateforurensningene i overvannet og andelen av spillvann produsert i våtværperioden. At dette kommer som korte støt gjør at det blir et ugunstig sjokk for miljøet.

### 3. PROBLEMIORIENTERING

I husholdningskloakk er det mye partikulært materiale. Hvorvidt dette sedimenterer i rørene er særlig avhengig av vannføringene og fallet på ledningene. I et normalt avløpsledningsnett vil det vanligvis være mange ledningsstrekninger hvor forholdene er slik at partikler sedimenterer og ikke kan skylles ut selv under maksimalvannføringen på spillvannet over et døgn.

Dette kan i verste fall medføre såkalt kloakkstopp i rørene, som fører til oppstuvning av spillvannet og kjelleroversvømmelser etc.

For å unngå dette må deler av avløpsnettene regelmessig renskes med mekanisk utstyr eller med spyling av rørene med en ekstern vannkilde. I Oslo kommune har man f.eks. ca. 880 punkter i det offentlige avløpsnettet hvor regelmessig spyling er nødvendig for å unngå tilstoppinger i rørene. Dette er svært arbeidskrevende. Bare i Oslo har man 30 mann kontinuerlig i felten for å rense ledninger og forebygge igjentetting av rørene.

Problemet med avlagringer i rør finnes i både separate spillvannsledninger og i fellessystemledninger. Større regnskyll vil vanligvis spyle løs mye avlagringer. Det ser imidlertid ut til at mindre og middels intense regn ikke klarer å renspele alle ledninger (1).

Avlagringsproblemene er størst i ytterkant av avløpsfeltene hvor vannføringen er mindre. Imidlertid er spyling av ledningene også effektive i disse områdene, da rørdiameterene er såpass små at spylevannføringen medfører en relativt bra skjærspenning.

Ved siden av de rene driftsproblemene ved igjentettede rør, medfører løsspylte røravlagringer store forurensningsproblemer. Under tørrvårsperiodene, som man vanligvis har 90-95 prosent av tiden, vil det alltid være en del rørestrekninger hvor kloakkpartikler sedimenterer og lagrer seg opp. Disse avlagringene kan ofte gå opp i 20-30 prosent (1) av årlig mengde suspendert stoff i spillvannet fra



hele feltet. Dette prosjektet bekrefter de høye verdiene rapportert fra USA.

Det utspylte materialet inneholder også store mengder organisk stoff og næringsstoffer. Avlagringene løsner og spyles ut særlig under større regnskyll. Det vil si at mesteparten av dette materialet går direkte ut i overløp til resipientene. Dette representerer betydelig tap selv sett på årsbasis. Ser man på forurensningstilførselen over den tid overløpet er i funksjon vil utspylingene utgjøre sjokkbelastninger med betydelige konsekvenser i mindre resipienter.

Dette prosjektet har gitt resultater som tyder på at de lave tilføringsgradene som er rapportert fra spillvannsledningsnett i de seneste årene delvis kan forklares med rørvlagringer i de periodene da tilføringsgradene blir målt. I tilføringsgradbegrepet forutsettes det at spillvannets komponenter strømmer ut kontinuerlig og uhindret, mens dette i virkeligheten i mange situasjoner skjer med sterkt varierende intensitet.

Tre av hovedidéene bak dette prosjektet har vært å se på mulighetene og hensiktsmessigheten av å etablere automatiske spyle rutiner for:

- a) Å få forurensningene transportert til renseanleggene i stedet for i overløpene.
- b) Å bevisst kunne legge visse ledningsstrekninger med lite fall, for dermed å kunne unngå pumpestasjoner.
- c) Å undersøke om de automatiske spylestasjonene kan være teknisk og økonomisk gunstigere enn dagens manuelle spyling.

Fase I av prosjektet er ment å klargjøre om problemstillingene er relevante for norske forhold. Undersøkelsene så langt tyder på at så er tilfelle.

#### 4. ERFARINGER FRA OSLO KOMMUNE

Av hensyn til prosjektets rammer i fase I, er erfaringsinnhentingene begrenset til Oslo kommune.

Oslo kommune har ca. 450.000 innbyggere, mens antallet hydrauliske personenheter antas å være ca. 900.000.

Totalt antall meter offentlig avløpsledninger i 1976 var ca. 1830 km, hvorav ca. 850 km er fellesavløpsledninger, ca. 500 km var separate spillvannsledninger og ca. 480 km var separate overvannsledninger. Mye av separatsystemområdene er ikke "virksomt separatsystem", da mange av disse feltene kobles til nedstrøms beliggende fellesavløpssystem.

I Oslo Vann- og kloakkvesen (OV&K) regner man med at ca. 30 prosent av ledningsnettene er "virksomhet" separatsystem.

I Oslo legger man alltid spillvannsledningen over overvannsledningen. Midlere avløp pr. personenheter er ca. 560 l/p.d. og midlere årsnedbør er ca. 0,85 m pr. år.

Følgende opplysninger om Oslos avløpsnett er basert på samtaler med overing. Bjarne Helland og sammendrag fra litt. (6).

OV&K har organisert seg slik at en egen seksjon innen driftsavdelingen har ansvaret for drift og vedlikehold av Oslo's anlegg. Til arbeidet i feltene med å sørge for at avløpsvannet alltid "renner i ønsket retning" er det avsatt 28 mann. Disse er organisert i renselag hvor en vanligvis har 2-3 pr. lag.

I tillegg har OV&K tre spylebiler og to TV-biler med tilsammen 12 mann.

For driftsåret 1981 har følgende opplysninger blitt ekstrahert:

- Antall rapporterte kloakkstopper var 187 stk., hvorav 45 forårsaket

kjelleroversvømmelser med en samlet utbetalt erstatning fra OV&K på kr 708.000.

Gjennomsnittlig erstatning pr. skadende kloakkstopp var kr 17.750.

- Av de 187 rapporterte kloakkstopper hadde 138 kjente årsaker. Enkelte kloakkstoppere hadde to kjente årsaker. Totalt antall årsaker er derfor 213.

Følgende årsaker av disse antas å ha sammenheng med dårlig selvrensing/tørrværsavsetinger:

- "Tilbakefall på ledningen" : 10 stk.
- "Liten vannføring" : 38 stk.
- "Stein, grus i ledningen" : 21 stk.
- "Sand, slam i ledningen" : 4 stk.
- "Fett i ledningen" : 2 stk.
- "Stein, grus i kum" : 7 stk.
- "Utette skjøter" : 8 stk.

Tilsammen 90 av 164 kjente årsaker, eller 55 prosent kan tilbakeføres til dårlig selvrensing/avsetninger.

De andre årsakene er:

- "Brudd på ledningen" : 20 stk.
- "Innstukket rør" : 1 stk.
- "Røtter i ledningen" : 5 stk.
- "Fremmedlegemer i ledningen" : 15 stk.
- "Andre årsaker i ledningen" : 1 stk.
- "Pinnestopp i kum" : 18 stk.
- "Plastlokk i renne" : 2 stk.
- "Fremmedlegemer i kum" : 12 stk.
- "Ukjente årsaker" : 49 stk.

- Årlig arbeid i felten (1981) tilknyttet avløpsnett med dårlig selvrensing/avlagninger var:

a)	Rensking av kummer	= 1196	lagtimer
b)	Spyling av avløpsrør	= 463	"
c)	Arbeid med kloakkstopper	= 794	"
d)	Forebyggende kontroll	= 1492	"
e)	Mekanisk skraping av rør	= 3197	"
f)	Assistanse til spylebil	= 2379	"

Vanligvis er det 2-3 mann pr. lag.

Totalt er ca. 24.000 arbeidstimer brukt av renselagene i 1981 i felten til forebyggende aktiviteter og til arbeid med kloakkstopper. I tillegg er ca. 9.000 arbeidstimer brukt i felten av spylebilsjåførene til å rense kloakkledninger.

- Antall spylepunkter (kummer) i Oslo's avløpsnett er ca. 880. Dette er punkter hvor man har erfaring for at regelmessig spyling med rentvann er nødvendig for å unngå avlagringer som medfører driftsproblemer. Spyling som foretas er for det meste motivert av driftshensyn og ikke ut fra forurensningsmessige hensyn. I visse tilfeller spyles det for å unngå forurensning av bekker.
- For å se på hvordan spylingen foretas er avløpsdistriktet Nordstrand-Øst valgt ut. Dette distriktet hadde i 1981 166 av de 880 spylepunktene og 17 av de rapporterte 187 kloakkstopper.

Spyling med brannstender velges ved lavere spylefrekvenser, mens fast montert spylekran velges ved hyppigere spylefrekvenser. Den helt dominerende spylefrekvensen er 3 ganger pr. år, mens 2 av de 166 spylepunktene må spyles kontinuerlig året rundt. Disse to tilfellene skyldes tilbakefall på ledningene og skal utbedres i nær framtid. I Oslo totalt er spylefrekvensen trolig en del lavere enn på Nordstrand-Øst.

De fleste faste spylepunktene har 1" kran med normal vannføring på ca. 180 l/min. Brannstenderene leverer vanligvis ca. 540 l/min. Spyletiden pr. punkt er vanligvis ca. 1 time.

- I tillegg til de manuelle spylestasjonene har OV&K også fem automatiske hevertspylestasjoner (Nordstrand).
- De aller fleste spylepunktene befinner seg i områdene nær endeledningene, det vil si der tørrværsvannføringen er lav.
- Spylepunktene ser ikke ut til å tilhøre noe spesielt avløpssystem i påfallende grad.

Spylemetode og frekvens på Nordstrand-Øst

Spylefrekvens	Fra brannstender		Fra fast montert kran	
	Ant. pkt.	m <sup>3</sup> /mnd.	Ant. pkt.	m <sup>3</sup> /mnd.
Kontinuerlig	0	-	2	1832
1 g pr. uke	0	-	1	46,8
1 g pr. mnd.	0	-	3	10,8
1 g pr. 2 mnd.	1	16,2	7	5,4
1 g pr. 3 mnd.	1	10,8	9	3,6
1 g pr. 4 mnd.	18	8,1	122	2,7
1 g pr. 6 mnd.	2	5,4	0	-

## 5. BEREGNEDE TØRRVÆRSAVLAGRINGER I FIRE NORSKE FELLESSYSTEMFELTER

### Beregningsmetoder

I PRA-prosjektet "Forurensninger i overvann" (3) ble det utført et betydelig antall forurensningsmålinger i overvannet fra 5 separatsystemer og i overvannet fra 4 fellesavløpssystemer. Det ble utført ca. 10 000 analyser på kjemiske parametre over ca. en ett-års periode. Dette materialet kan nyttes i det foreliggende prosjektet. Den beskrivende faktor for et urbanisert felt som best kan korreleres med feltets overvannsforurensning, er funnet å være andelen tette flater. Se f.eks. Reinertsen (7), Lindholm (3) og Malmqvist (10).

Brukes dette prinsippet, kan man sammenligne målingene for fellesavløpssystemene og separatavløpssystemene. Forskjeller i målte mengder kan da ideelt sett tilskrives røravlagringer i fellessystemrørene, som spyles ut under nedbørsperioder.

Selv om metoden rommer mange usikkerheter, ser man av figurene 1, 2, 3, 4 og 5 at årlige utspylte mengder for separatsystemene er så forskjellige fra utspylte mengder i fellesavløpssystemene at differensen bare kan forklares med utspylte røravlagringer. Følgende fremgangsmåte er brukt for å beregne årlige røravlagringer i fellesavløpssystemene; Bislettbekken (Oslo), Rukklabekken (Sandefjord), Solvik (Bærum) og Øya (Trondheim):

- 1) Bestemmelse av "normal" mengde forurensning i overvann i separatsystemer. Bestemmes ved bruk av anbefalte verdier for 850 mm nedbør fra Malmqvist (10) og Reinertsen (7), uttrykt som funksjon av andelen tette flater i feltene. Verdiene er lagt inn i figurene fra PRA-prosjektet (3). En ser at de anbefalte verdiene stort sett passer bra med de målte verdiene fra PRA-prosjektets separatsystemer.
- 2) Den målte stoffmengden for fellesavløpssystemene fratrekkes verdien av den "normale" overvannsforurensningen i separatsystemene.

- 3) Differensen forutsettes å være tørrværsavsetninger i ledningene. Den valgte verdien for overvannsforurensning i separatsystemene ble beregnet ut fra 850 mm nedbør pr. år. Dette er noe i overkant for de aktuelle feltene slik at den beregnede verdien for røravlagringer er blitt noe for lave i forhold til hva en helt slavisk teoretisk beregning kunne gi.

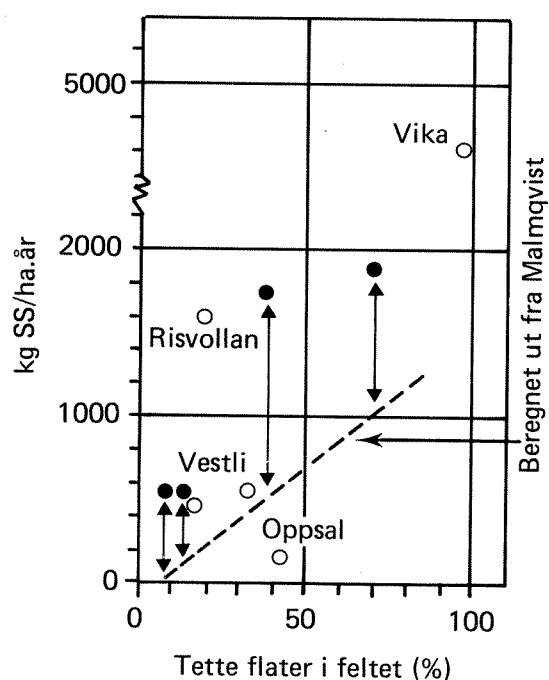


Fig.1 Arlig mengde suspendert stoff i overvann.

- =Fellesystem
- =Separatsystem

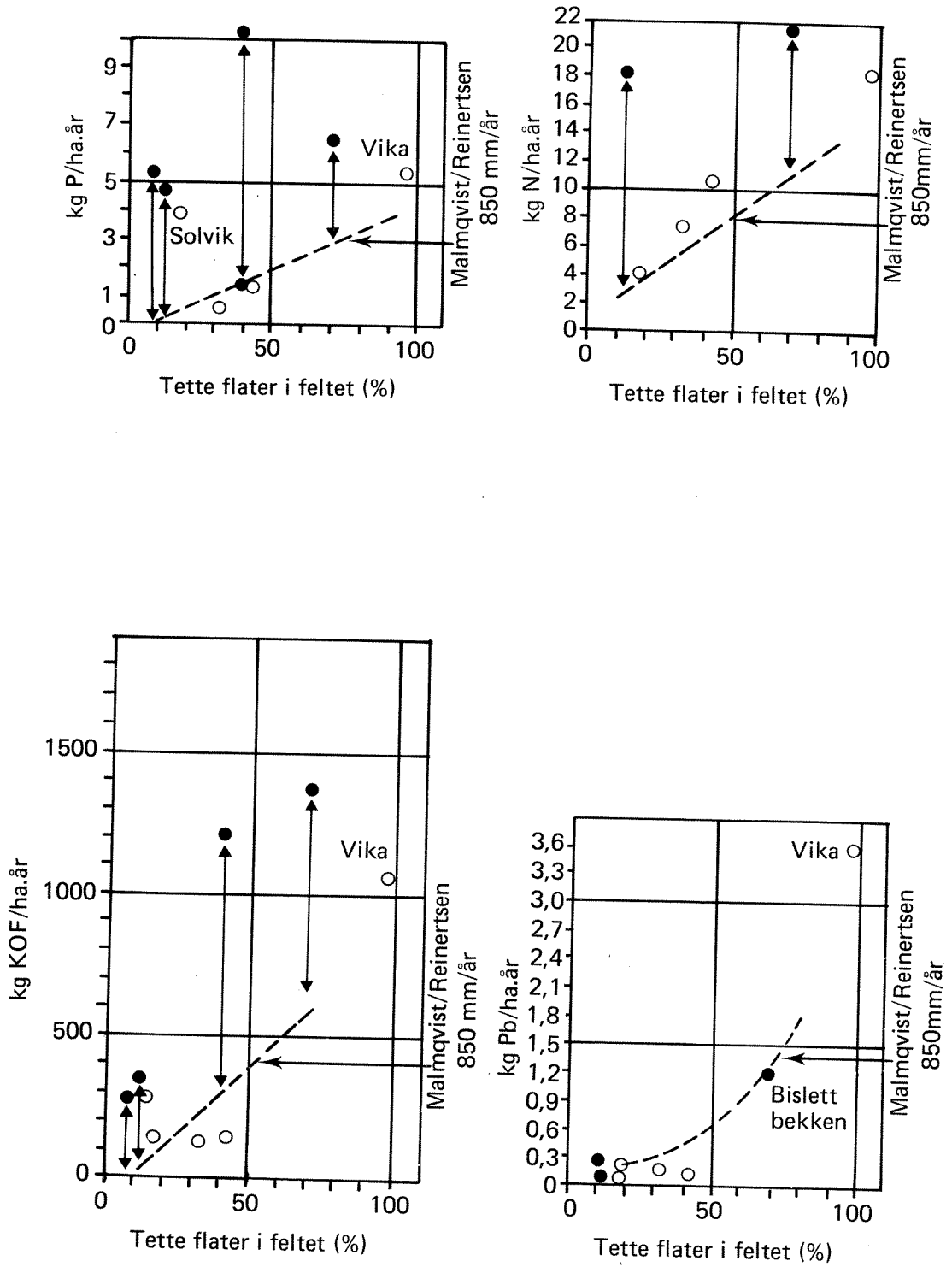


Fig 2,3,4og 5 Forurensning i overvann.



## Resultater

Tabell 1 viser fysiske data for de fire fellesavløpssystemfeltene fra PRA-prosjektet.

Tabell 1. Fysiske data fra de anvendte fellessystemfelt.

Feltbetegnelse	Areal ha	% tette flater	Antall p.e. pr. ha	Midlere helning i feltet i ‰	Type felt
Bislettbekken, Oslo	219	69	342	28	Leiegårder, sentr.omr.
Rukklabekken, Sandefjord	380	12	25	25	Boliger spredt
Øya, Trondheim	21	37	93	11	Leiegårder, bystrøk
Solvik, Bærum	175	11	17	22	Åpen villabebyggelse

Årlig produsert mengde av stoffer er vist i tabell 2.

Tabell 2. Årlig masse fra spillvannsproduksjon

Felt	Årlig produsert masse fra befolkning og "industri" kg/ha.år			
	SS	KOF	Tot.P	Tot.N
Bislettb.	9362	18724	312	1498
Rukklab.	684	1368	22,8	109
Øya	2546	5092	84,8	-
Solvik	465	931	15,5	-

Tabell 3. Årlig stoffavstrømninger og beregnede rørvlagringer.

Felt	Årlig stoffavstrømning overvarnsbidrag kg/ha.år				Årlig "normal" overflate- avstrømning kg/ha.år				Årlig beregnede rørvlag- ringer kg/ha.år			
	SS	KOF	Tot.P	Tot.N	SS	KOF	Tot.P	Tot.N	SS	KOF	Tot.P	Tot.N
Bislettb.	1867	1373	6,2	21,2	648	600	2,8	11	1219	773	3,4	10,2
Rukklab.	537	340	5,1	18,2	94	60	0,4	2,5	443	280	4,7	15,7
Øya	1755	1210	10,3	-	500	250	1,5	-	1255	960	8,8	-
Solvik *	430	204	4,3	-	90	50	0,4	-	340	154	3,9	-

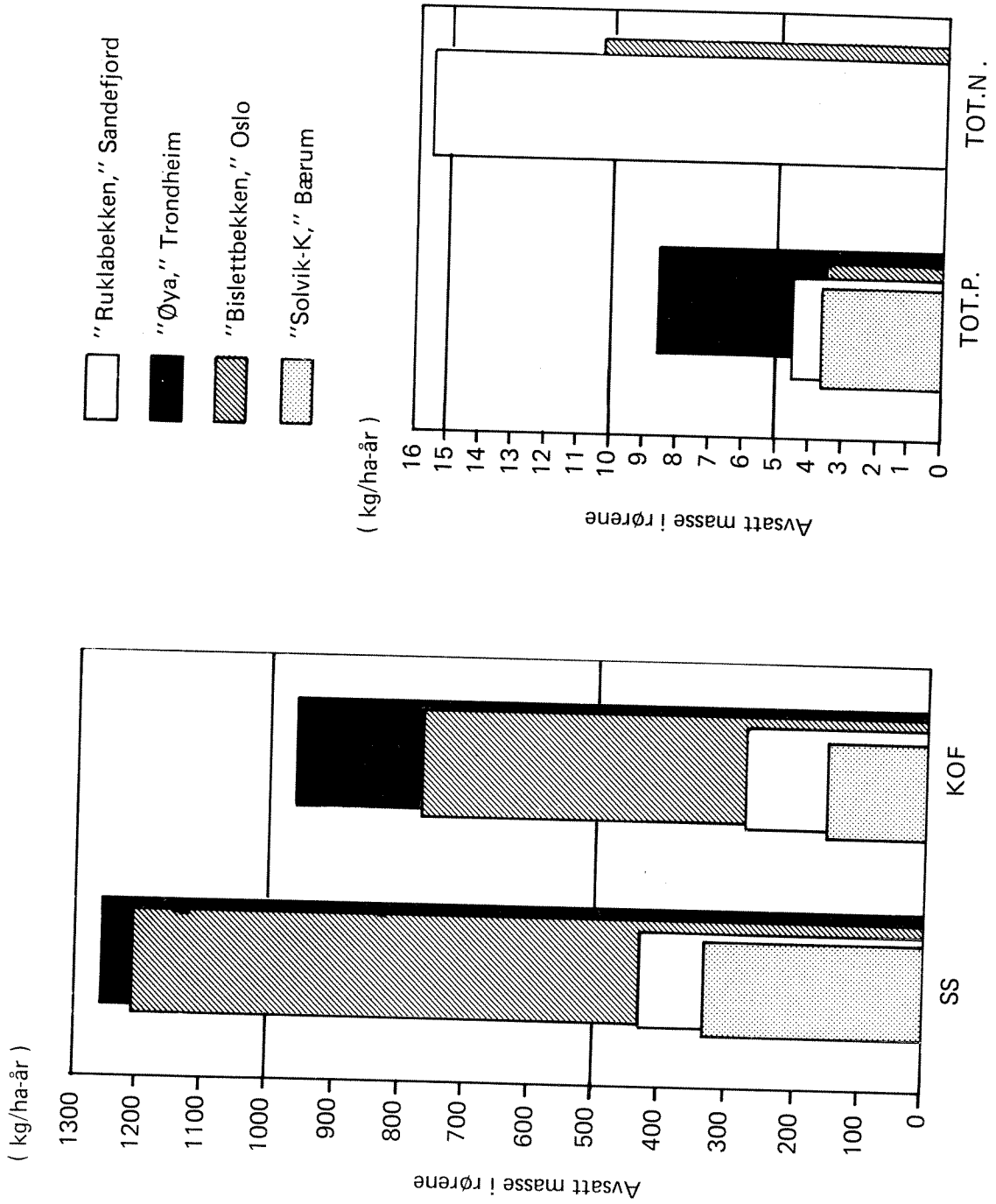
\* For Solvik-feltet ligger stoffavstrømningene noe for høyt, da målingene ble påvirket av et V-overløp i ugunstig retning.

Den årlige beregnede spillvannsproduksjonen er basert på følgende standardtall: 2,5 g fosfor/p.d., 12 g tot.N/p.d., 75 g SS/p.d. og 150 g KOF/p.d. Tabell 3 viser årlig stoffavstrømning slik det er målt i PRA-prosjektet, årlig normal stoffavstrømning som anbefalt av Malmqvist (10) og Reinertsen (7), samt beregnede årlige rørvlagringer i kg/ha.år.

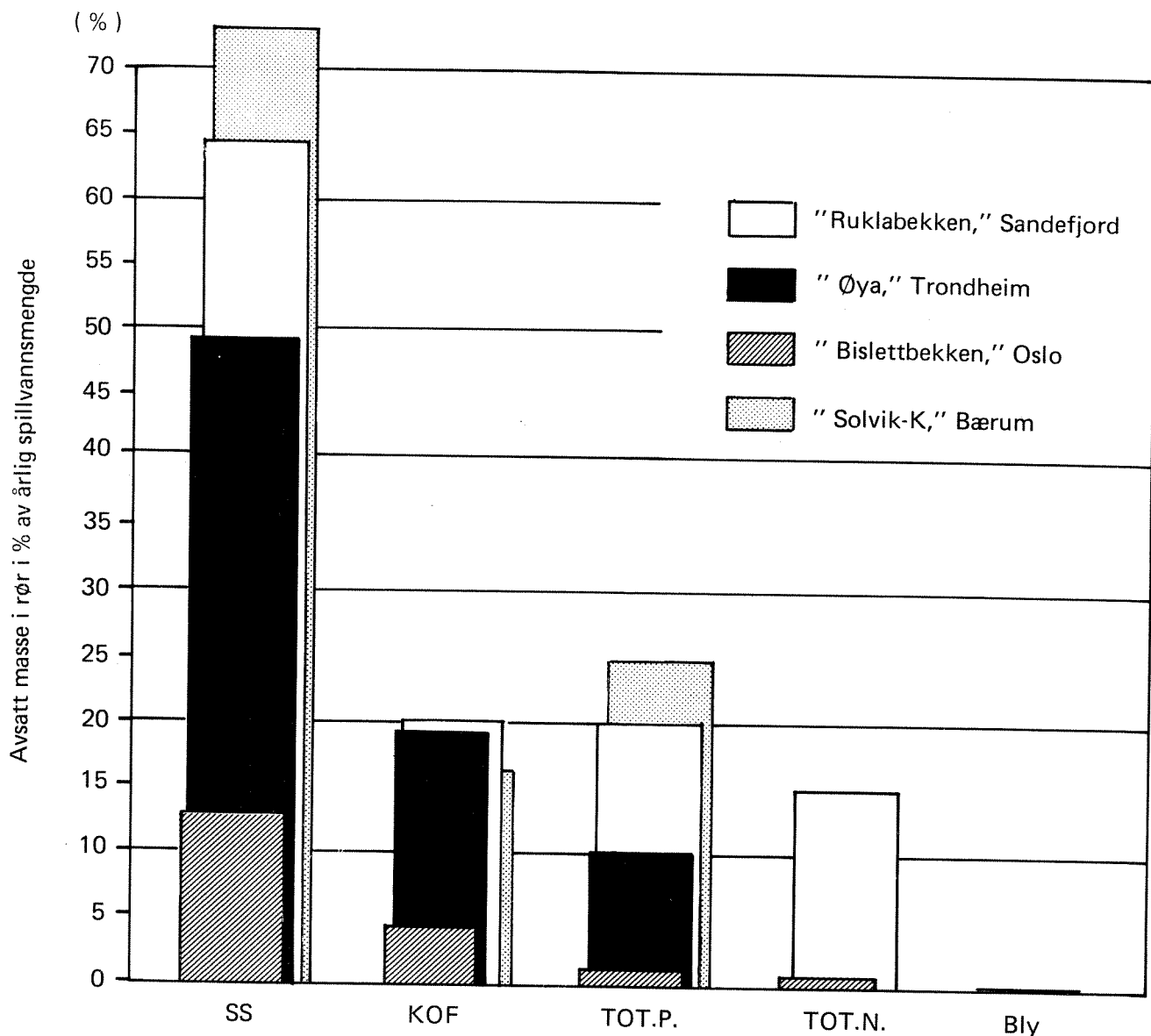
De avlagrede mengdene i kg/ha.år er fremstilt som absolutte verdier i figur 6. Tabell 4 viser rørvlagringene beregnet som prosent i forhold til stoffmengden i årlig spillvannsproduksjon.

Tabell 4. Avlagret mengde stoff i ledningene i prosent av årlig stoffmengde i spillvannet.

Årlig avlagring i rør i prosent av spillv.					
Fellessystemfelt	SS	KOF	Tot.P	Tot.N	Bly
Bislettbekken	13,0	4,1	1,1	0,7	0
Rukklabekken	64,0	20,0	20,0	14,0	0
Øya	49,0	19,0	10,0	-	-
Solvik	73,0	16,5	25,2	-	-



Figur 6. Røravlagringer fremstilt som kg stoff pr. hektar overflate i feltet og år.



Figur 7. Røravlagringer som prosent av årlig stoffmengde i spillvann fra respektive felter.

Figur 7 viser de prosentvise røravlagringene fremstilt i et histogram.

I figur 8 er de prosentvise røravlagringene plottet mot befolkningstettheten i feltene. Korrelasjonen synes å være god. Korrelasjonen med andelen tette flater synes også å være tilsvarende god (økende andel tette flater ga minkende røravlagringer). Se fig. 10.

For øvrig ble røravlagringene (både absolutte verdier (kg/ha.år) og andel i forhold til årlig spillvannsproduksjon (%)) plottet mot befolkningstettheten (p.e./ha) og midlere helning på ledningene (‰), uten at disse ga helt entydige resultater. Se figurene 9, 11 og 12.

Korrelasjonsforsøkene viser den erkjennelsen som allerede er gjort av Pisano et al. (1) og andre, at røravlagringene ikke kan fremstilles som funksjon av en eller to parametre.

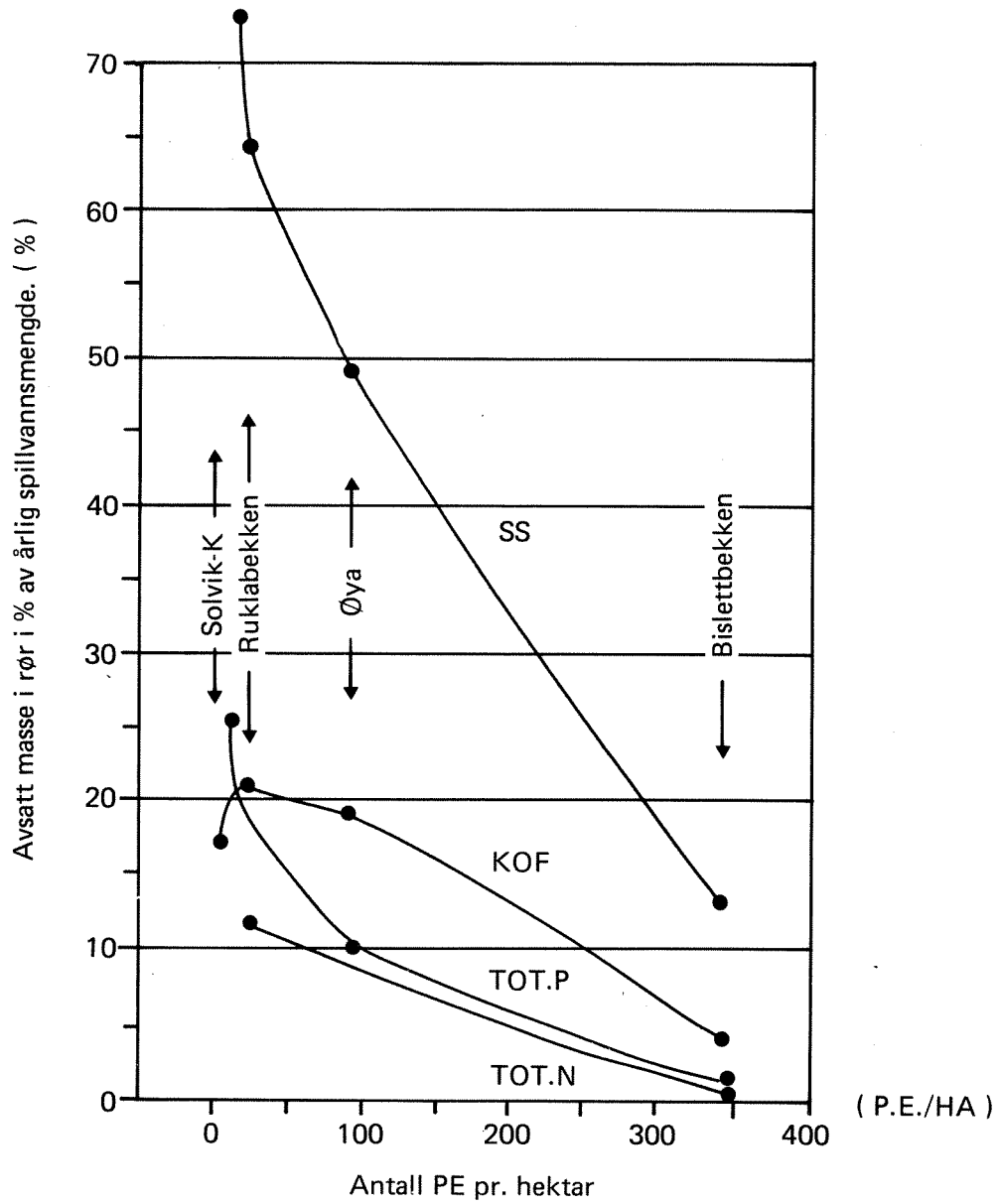
Pisano et al. fant at beste regresjonsmodell for røravlagringene var:

$TS = f(L, A, S, D, q)$ , hvor

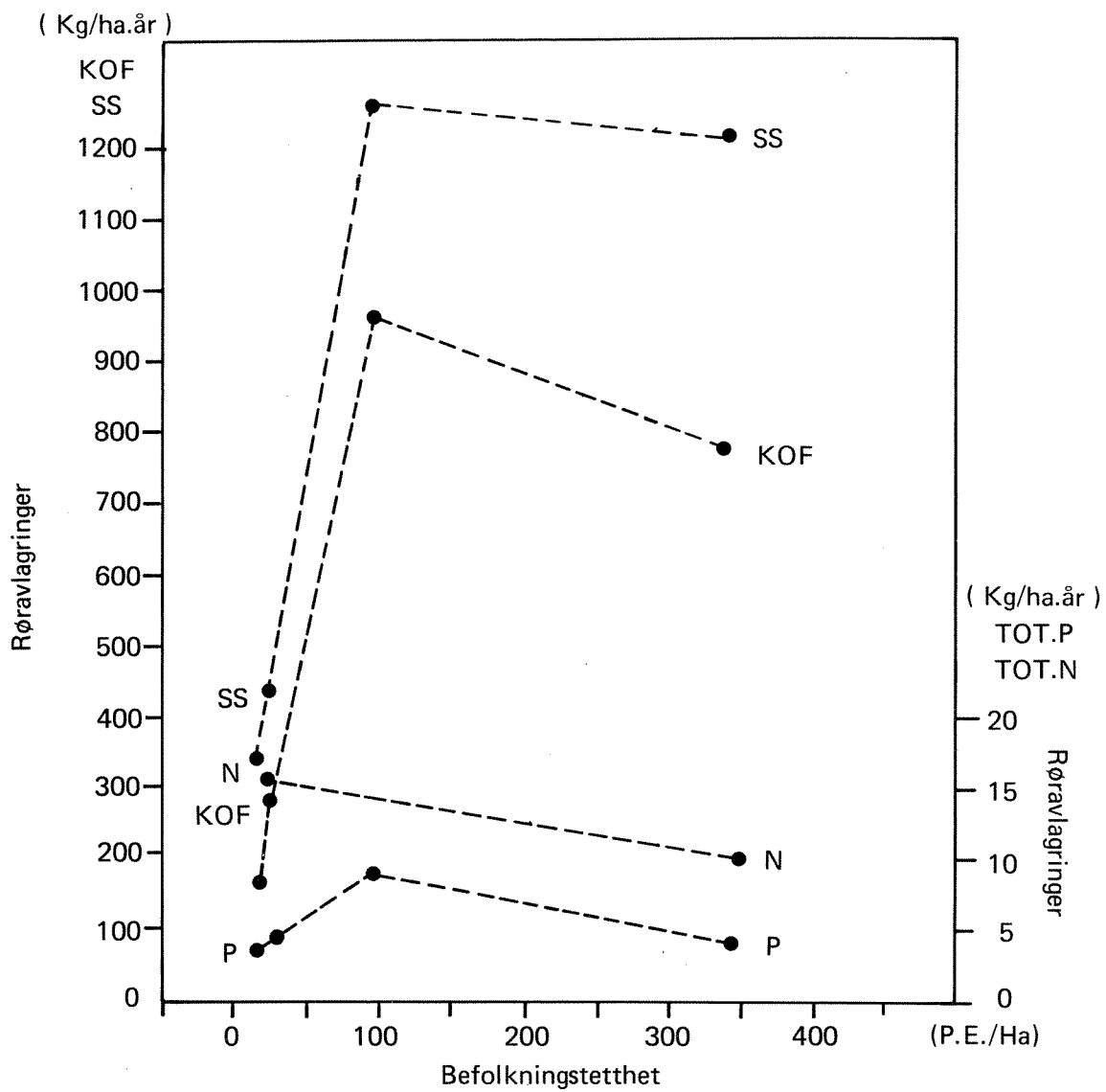
TS = avsatt tørrstoffmengde pr. dag og

L er total rørlengde, A er areal av feltet, S er midlere helning,

D er midlere rørdiameter og q er tørrvæsvannføring.

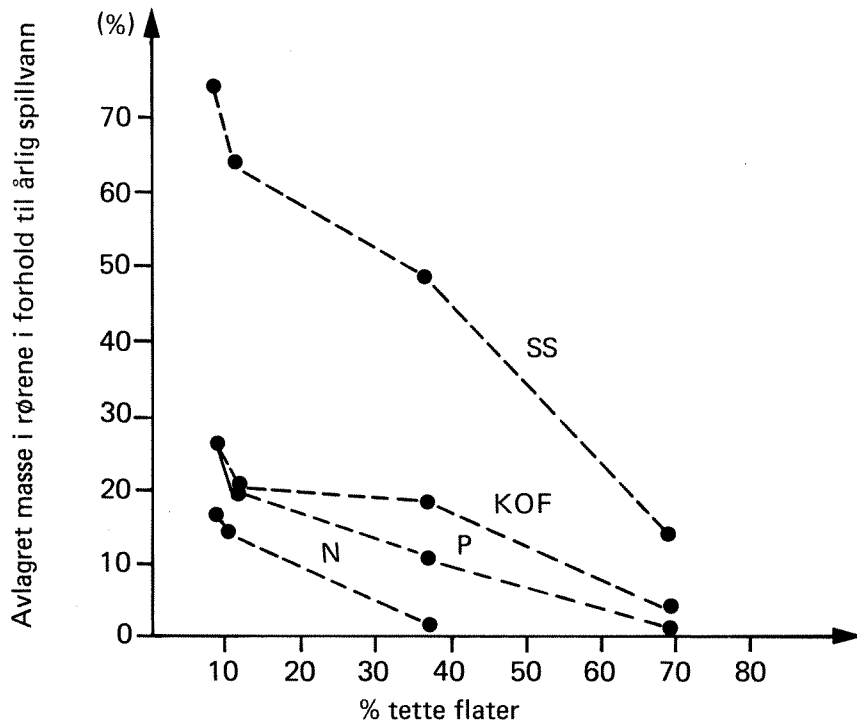


Figur 8. Avsatte røravlagringer (prosent) kontra befolkningstetthet i feltene.

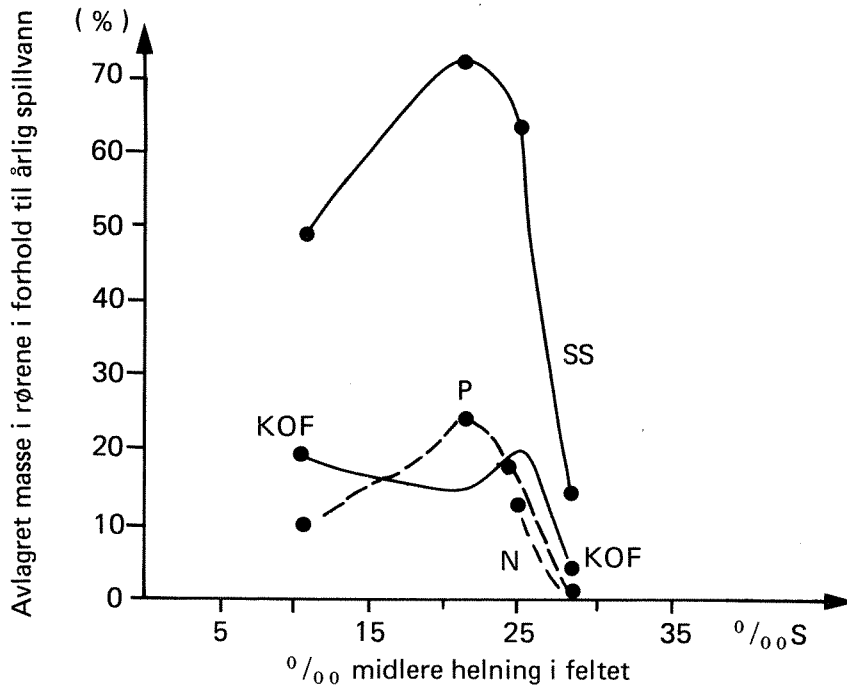


Figur 9. Rørvlagringer kontra befolkningstetthet.

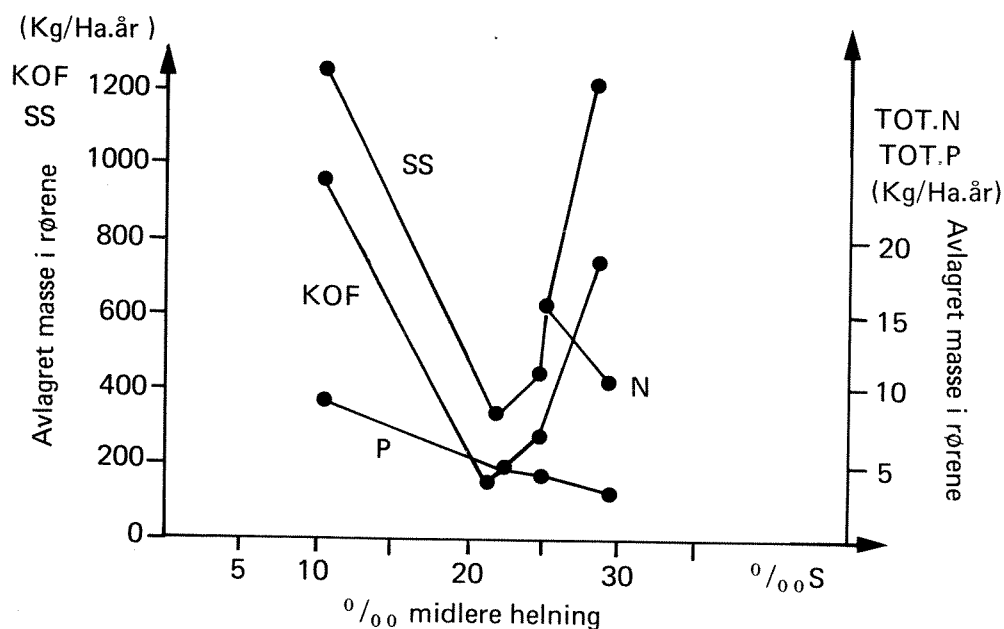




Figur 10. Røravlagringer kontra prosent tette flater i feltene.



Figur 11. Røravlagringer kontra helning.



Figur 12. Røravlagringer kontra helning.

I tillegg til disse fem bestemmende parametre vil det være andre bestemmende parametre som f.eks. konsistens på tørrvæskloakken, befolkningstetthet i feltet, graden av variasjon over døgnet av tørrværsavrenningen, den fysiske utførelse og tilstanden på ledningsnett, den kumulative frekvensfordelingsfunksjonen for de ulike rørenes helninger og diametre, etc. Resultatene fra PRA-prosjektene og erfaringer fra Oslo tyder imidlertid på at rørets helning og tørrværsvannføringen i det aktuelle røret er av stor betydning (Antall p.e. pr. hektar er sterkt korrelert med tørrværsavrenningen). Mengden avsatt tørrstoff i rørsystemet synes (fra figur 8) å være sterkt korrelert med antall personenheter pr. hektar.

Tabellene og figurene viser at i felt med befolkningstetthet omkring 100 p.e./ha eller under, og med fall på feltet i området 10-25 promille vil man få i området 50 prosent eller mer avsatt suspendert stoff (SS) i ledningsnett av den årlig produserte mengde SS i spillvannet. Bidraget fra utspyling av gatesandfang kan ikke forklare de store mengdene. Det er dessuten vanligvis gatesandfang både i fellessystem og separatsystem, hvilket eliminerer dette bidraget i disse beregningene.

Den årlige mengden avlagret organisk stoff (KOF) ligger i flertallet av feltene i området 15-20 prosent av årlig spillvannsproduksjon. Bislettbekken er ikke et representativt fellessystemfelt siden industri- og befolkningstettheten ligger på 342 personenheter pr. ha. Dette gir svært høye tørrværsvannføringer.

Fosformengden som avlagres i flertallet av undersøkelsens felter varierer mellom 10-25 prosent av spillvannsproduksjonen. For nitrogen har man få data, men alt tyder på at mengdene ligger lavere enn for fosfor.

For bly er de avlagrede mengdene så små at de ikke kan beregnes med noen sikkerhet. Dette er også naturlig da det er lite bly i husholdningsspillvann. Mesteparten av blyet skriver seg fra trafikkforurensningene som vaskes ut i overflatevannet.

Undersøkelsene viser at jo mer stoffkomponenten er knyttet til kloakkpartikler, jo høyere blir avlagringsmengdene.

### Diskusjon av resultatene

De årlige avsetningsmengdene sett i forhold til årlig spillvannsproduksjon virker til dels urimelig store. At de likevel er riktige tyder målingene av tørrværsvannføringen på. PRA-prosjektet (3) målte på de samme kjemiske parametre i tørrvær som i nedbørperioder.

Tabell 5 viser beregninger på hvor stor andel av stoffkonsentrasjonene i tørrværsavrenningen som "mangler" i forhold til stoffkonsentrasjonen i "normal" kloakk. Man har da antatt følgende spesifikke produksjonstall: 2,5 g fosfor/p.d., 75 g SS/p.d. og 150 g KOF/p.d. Disse teoretiske erfaringstallene er fordelt i målt spillvannsavrenning i tørrvær. Man kan da beregne "normal" konsentrasjon i tørrværsavrenningen for feltet. Manglende konsentrasjonsandel beregnes da med utgangspunkt i differensen i konsentrasjon mellom "normal" kloakk og målt kloakk.

Tabell 5. "Manglende" konsentrasjonsandel i tørrvæskloakk kontra prosent årlig røravlagring.

Suspendert stoff (SS)

Felt	Målt kons. i kloakk mg/l	Målt tørrvæsvannf. føring l/p.d.	Beregnet "normal" kloakk-kons.mg/l	"Manglende" konsentr. andel i %	Målt årlig røravlagring i %
Bislettb.	152	383	195	22	13
Rukklab.	69	473	158	56	64
Øya	76	615	122	38	49
Solvik	24	465	161	85	73

Total fosfor (Tot.P)

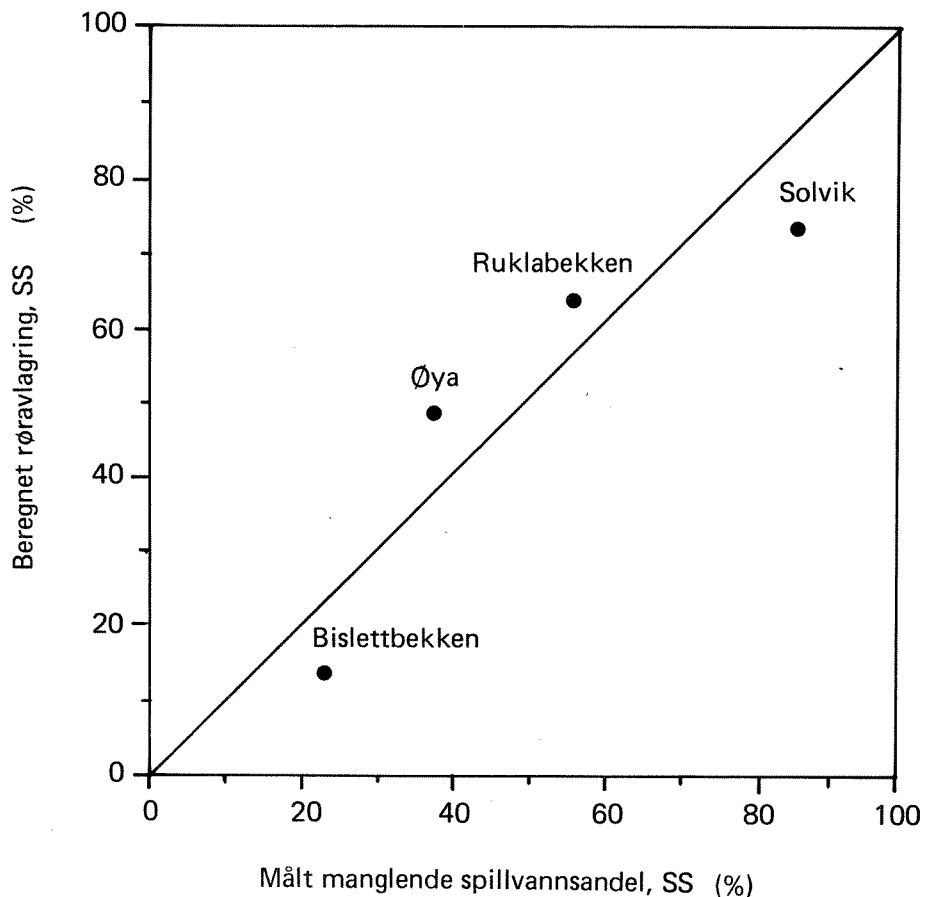
Felt	Målt kons. i kloakk mg/l	Målt tørrvæsvannf. l/p.d.	Beregnet "normal" kloakk-kons. mg/l	"Manglende" konsentr. andel i %	Målt årlig røravlagring i %
Bislettb.	5,5	383	6,5	15	1,1
Rukklab.	4,2	473	5,3	21	20,0
Øya	2,2	615	4,0	45	10,0
Solvik	3,0	465	5,4	44	25,2

Organisk stoff (KOF)

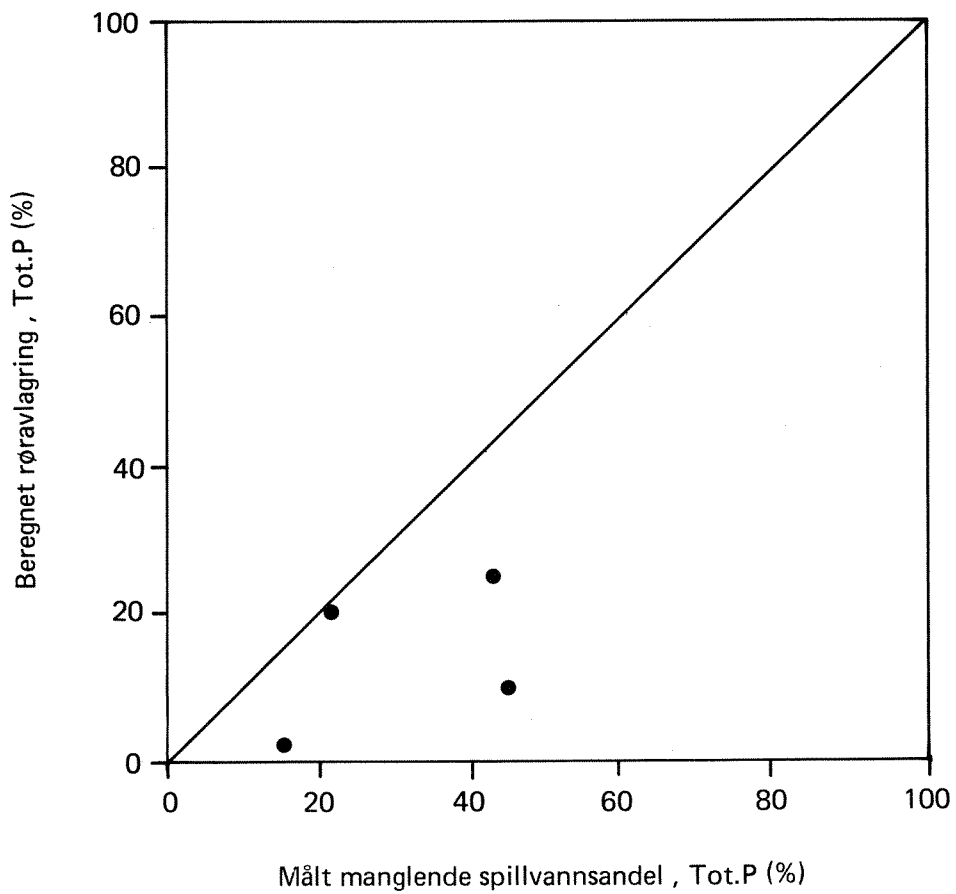
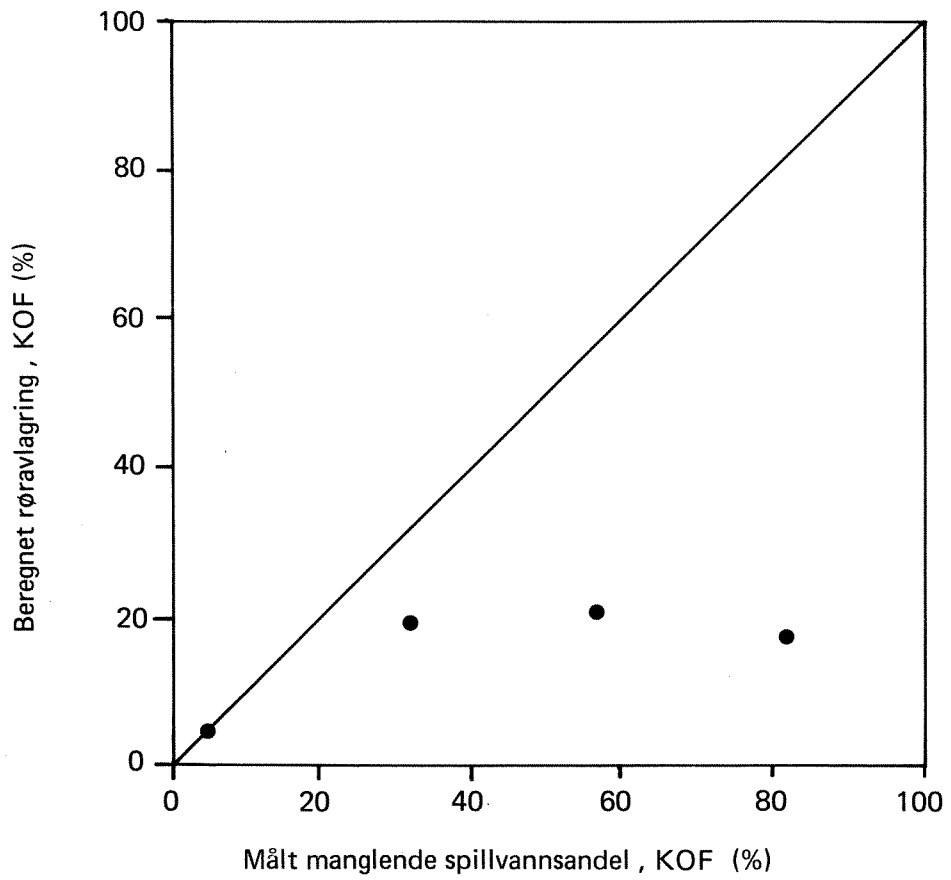
Felt	Målt kons. i kloakk mg/l	Målt tørrvæsvannf. l/p.d.	Beregnet "normal" kloakk-kons. mg/l	"Manglende" konsent. andel i %	Målt årlig røravlagring i %
Bislettb.	376	383	392	4,1	4,1
Rukklab.	135	473	317	57,4	20,0
Øya	166	615	244	31,9	19,0
Solvik	61	465	322	81,0	16,5

Figur 13 viser at korrelasjonen mellom røravlagring og manglende konsentrasjon for SS er meget god. Dette vil si at lav tilførsgrad for suspendert stoff nesten fullt ut kan forklares med røravlagringer i tørrvårsperiodene.

Figur 14 viser at korrelasjonen for organisk stoff (KOF) og total fosfor (tot.P) ikke er fullt så god for alle feltene. Av disse figurene kan man konstatere at lav tilførsgrad helt kan forklares med røravlagringer i to tilfeller, men bare delvis for de resterende tilfellene. Hovedinntrykket for fosfor og organisk stoff er at ca. halvparten av den lave tilførsgraden kan forklares med røravsetninger. Grunnen til at det samme feltet kan forklare lav tilførsgrad med røravlagringer fullt ut for SS, men bare halvveis for KOF og tot.P kan være at de siste komponentene lettere tar veien ut i små sprekker i rørskjøter etc. Dette bør bli gjenstand for nærmere undersøkelser.



Figur 13. Sammenligning mellom prosent røravlagring og prosent "manglende" konsentrasjon i spillvannet. Suspendert stoff.



Figur 14. "Manglende" spillvannsandel

## 6. ERFARINGER FRA USA

Når man begrenser litteratursøkingen til kvantifisering av røravlagringer, blir litteraturhøsten meget tynn. De eneste resultatene som her refereres til blir:

- a) Pisano, Aronson og Queiroz "Dry-weather depositions and flushing for combined sewer overflow pollution control" (1).
- b) Sonnen, M.B. "Abatement of deposition and scour in sewers". (2)
- a) I prosjektet til Pisano et al. var målet å studere mulighetene og hensiktsmessigheten av å etablere utspylingsrutiner/anordninger i kombinertledningsnettene som et integrert tiltak for å hindre forurensningsutslipp via regnvannsoverløp.

I fase I av prosjektet ble fire testsegmenter i Boston spylt over ulike tidsperioder og med forskjellige spylemetoder. Forsøkene skulle kvantifisere effektiviteten med hensyn til minskede røravlagringer.

Fjerning av 75-90 prosent av sand, organisk stoff og næringsstoffer i rørene ble oppnådd over enkeltstrekningene når disse har små diametre (300-400 mm). Alle spylemetodene ga omtrent lik effektivitet. En hensiktsmessig spyleprosedyre ble rapportert å være spyling med ca.  $1,5 \text{ m}^3$  vann ved en spylehastighet på ca. 15 l/s.

I fase II arbeidet man med å studere problemet med å spyle lange flate strekninger, hvor sannsynligheter for resedimentering er stor. Resultatene viste at tyngre sandfraksjoner resedimenterer raskt etter løsspyling, mens de lettere fraksjonene blir i suspensjon. Omkring 20-30 prosent av suspendert stoff og omkring 50 prosent av BOD og næringssalter er fremdeles i suspensjon etter 30 minutter.

I den neste fasen ble en automatisk spylestasjon konstruert og

installert. Denne ga samme resultater som man fikk med spyling fra prosjektets tankvogn.

I siste fase av prosjektet etablerte man matematiske relasjoner for røravlagringer, med basis i det store datagrunnlaget feltarbeidet hadde gitt. Prosjektet strakk seg over perioden 1977-1979.

Konklusjoner fra rapporten er:

- Kontroll med forurensninger fra regnvannsoverløp er et økende problem
  - Hovedproblemet, forurensningsmessig sett, er de kraftige utspylinger av slam fra røravlagringene.
  - Studier i bl.a. Buffalo, N.Y. har vist at 20-30 prosent av de årlige spillvannspartikler sedimenterer i rørene og blir senere skylt ut med overvannsflommer. Samme konklusjoner er funnet i 4 andre referenser.
  - Av 3000 undersøkte kum-til-kum strekninger hadde 17 prosent ca. 75 prosent av alt sedimentert slam i rørene.
  - Mindre og middels store regnskyll klarer ikke å spyle rene avløpsledninger med avsetninger. De større regnskyllene vil dermed inneholde store konsentrasjoner og mengder av forurensninger. Mesteparten av dette vil gå urensset i overløp.
  - Spyling av avløpsledninger er et kost-effektivt hjelpemiddel når forurensninger fra fellessystemer skal begrenses.
- b) I prosjektet til Michael B. Sonnen ble det ikke gjort feltmålinger. Det mest iøynefallende fra Sonnens prosjekt er utviklingen av en matematisk modell som kontinuerlig kan beregne sedimentert materiale i alle enkeltrør, og erodert materiale fra samme rør i samme tidspunkter. Programmet holder dermed kontinuerlig oversikt over materialbalansen i alle rør for alle tidspunkter. Modellen er koblet til EPA's avløpsnettprogram, SWMM. Av hans konklusjoner kan nevnes:
- Akkumulasjon av kloakkpartikler skjer i mange rør i et



ledningsnett, og vil vanligvis bli skylt ut på de mest ugunstige tidspunkter, nemlig når renseanlegget likevel er hydraulisk overbelastet.

- Bruk av hvirveloverløp i ledningsnettene er et kosteffektivt hjelpemiddel for å begrense utslipp av forurensninger fra overløp og overbelastninger på renseanlegg.
- Avlagringer kan skje under forhold hvor hastigheten er over 0,6 m/s i ledningene. "Første-utspydings" situasjoner kan derfor oppstå selv om hele ledningsnettets er prosjektert med "selvrensende" hastigheter.
- Fellessystemer kan ved hjelp av fordrøyningsvolumer og/eller hvirveloverløp ha en bedre evne til å begrense utslipp av forurensninger i forhold til normale separatsystemer. Kostnadene vil for de to systemene likevel være omtrent like.

## 7. BETYDNING AV RØRAVSETNINGER FOR FORURENSNINGSSITUASJONEN

### Renseanleggene

De avlagrede stoffene vil spyles ut i nedbørperioder. Disse sjokkbelastningene vil dels gå direkte i regnvannsoverløp, i nødoverløp i pumpestasjoner eller skylles inn i renseanlegget. Betydningen for restutslippet fra renseanleggene er det umulig å si noe generelt om. Dette avhenger av renseanleggets type, størrelse, eventuell overkapasitet og driftsforhold. Sikkert er at det relative restutslippet forårsaket av utspylte røravsetninger er større enn under normale tørrvårsperioder, da røravsetningene kommer sammen med store hydrauliske belastninger. Det vil være gunstigere for restutslippet at røravlagringene kommer relativt jevnt fordelt i tid enn over de få timene hvor nedbøren skyller de ut.

### Regnvannsoverløpene

I de tilfellene der regnvannsoverløpene trer i funksjon, vil løsspylte røravlagringer gå direkte i overløp. Sett over året vil likevel en del løsspylte røravlagringer nå frem til renseanleggene.

For å bestemme hvor stor andel av røravlagringene som går til resipient via regnvannsoverløpene har man valgt å benytte eksisterende regnvarighetskurver. For Bislettbekken og Solvik er regnvarighetskurver for Oslo-vest benyttet og for Rukklabekken og Øya er regnvarighetskurver for Varden, Sandefjord benyttet. Selv om valget av regnvarighetskurver ikke er helt korrekt for de lokale forhold i feltene, påvirker ikke dette konklusjonene, da avløpsfeltene i og for seg kunna ha ligget hvor som helst i Norge.

Beregningene er utført ved å bestemme videreført vannføring fra overløp av regnvannstilskuddet ( $n = 4$ , tilsier 1 del spillvann og maks. 3 deler regnvann). Deretter ble korresponderende kritisk regnintensitet beregnet ved den "rasjonelle" avrenningsmetoden.

Denne kritiske regnitensiteten ble brukt i regnvarighetskurven for å finne andelen regnvann som gikk i overløpet pr. år.

Denne beregningsmetoden gir en del unøyaktigheter i forhold til å simulere med modellregn og matematiske modeller (NIVANETT). Prosjektets rammer tillot imidlertid ikke bruk av modeller. Konklusjonene og størrelsesorden på tallene ville sannsynligvis ikke bli endret med en nøyaktigere simulering.

De årlige avlagrede mengdene i rørene ble så fordelt homogent i alt avrent overvann som når rørsystemet.

Det er gjort beregninger for Bislettbekken for overløpsinnstillingene  $n = 2$  og  $4$  ganger tørrværsavrenningen, tilsvarende  $I_{kr} = 4,3$  l/s.ha og  $13$  l/s.ha. For de andre feltene er det gjort overløpsberegninger  $n = 4$  og  $6$ , tilsvarende  $I_{kr} = 1,8-3,0$  l/s.ha (Solvik),  $I_{kr} = 2,8-4,6$  l/s.ha (Rukklabekken) og  $I_{kr} = 5,0-8,3$  l/s.ha (Øya). Forskjellsbehandlingen for feltene med hensyn til valg av overløpsinnstillinger skyldes den meget høye tørrværsavrenningen i Bislettbekken i forhold til de andre feltene. Det ville være unormalt å velge en så høy overløpsinnstilling som  $6 \times q$  i Bislettbekken, og så lav som  $2 \times q$  i de andre feltene.

Tabellen 6, 7 og 8 viser kg/ha.år av røravlagringene som spyles ut via overløp. Tabellene 9, 10 og 11 viser utspylte røravlagringer via overløp som en prosentvis andel i forhold til total produksjon i det årlige spillvannsavløpet.

Av tabellene ser man at for feltet Bislettbekken med 342 personenheter pr. ha blir spillvannsføringen så intens at røravlagringene absolutt sett blir ganske moderate, samtidig som avlagringene relativt sett blir små i forhold til den svært store årlige spillvannsproduksjonen.

For feltet Øya med 93 personenheter pr. ha ser man imidlertid at "tapte" røravlagringer i overløpet for f.eks. suspendert stoff er hele

20-30 prosent av feltets totale årsproduksjon og for fosfor 5-6 prosent.

For de to andre feltene med 17-25 personenheter pr. ha tapes så mye som 30-50 prosent av årsproduksjonen av SS og 10-15 prosent av årsproduksjonen av fosfor i overløpet som følge av løsspylte røravsetninger i nedbørperiodene.

Tabell 6. Røravlagringer utspylt via overløp, KOF (kg/ha.år).

Felt	Tørrværs- avrenning 1/s (q)	Overløpsinnstilling n x q		
		n = 2	n = 4	n = 6
Bislettbekken	333	271	108	-
Rukklabekken	52	-	211	174
Øya	14,1	-	567	425
Solvik	16	-	92	68

Tabell 7. Røravlagringer utspylt via overløp. Tot.P (kg/ha.år)

Felt	Tørrværs- avrenning 1/s (q)	Overløpsinnstilling n x q		
		n = 2	n = 4	n = 6
Bislettbekken	333	1,2	0,5	-
Rukklabekken	52	-	3,5	2,9
Øya	14,1	-	5,2	3,9
Solvik	16	-	2,3	1,7

Tabell 8. Røravlagringer utspylt via overløp SS (kg/ha.år)

Felt	Tørrværs- avrenning l/s (q)	Overløpsinnstilling n x q		
		n = 2	n = 4	n = 6
Bislettbekken	333	427	171	-
Rukklabekken	52	-	334	276
Øya	14,1	-	741	555
Solvik	16	-	204	150

Tabell 9. Utspylte røravlagringer via overløp i prosent av årlig spillvannsproduksjon for feltet. KOF

KOF

Felt	Årlig produsert mengde spillv. kg/ha.år	Overløpsinnstilling n x q		
		n = 2	n = 4	n = 6
Bislettbekken	18724	1,5%	0,6%	-
Rukklabekken	1368	-	15,5%	12,7%
Øya	5092	-	11,1%	8,3%
Solvik	931	-	9,9%	7,3%

Tabell 10. Utspylte røravlagringer via overløp i prosent av årlig spillvannsproduksjon for feltet. Tot.P.

Totalt fosfor

Felt	Årlig produsert mengde spillv. kg/ha.år	Overløpsinnstilling n x q		
		n = 2	n = 4	n = 6
Bislettbekken	312	0,4%	0,2%	-
Rukklabekken	22,8	-	15,3%	12,7%
Øya	84,8	-	6,1%	4,6%
Solvik	15,5	-	14,8%	11,0%

Tabell 11. Utspylte røravlagringer via overløp i prosent av årlig spillvannsproduksjon for feltet SS.

Suspendert stoff (SS)

Felt	Årlig produsert mengde spillv. kg/ha.år	Overløpsinnstilling n x q		
		n = 2	n = 4	n = 6
Bislettbekken	9362	4,6%	1,8%	-
Rukklabekken	684	-	48,8%	40,4%
Øya	2546	-	29,1%	21,8%
Solvik	465	-	43,9%	32,3%

## 8. EDB-PROGRAM FOR RØRAVSETNINGER

Man har ikke gjort forsøk i Norge eller Norden som kan danne grunnlag for en matematisk modell for røravsetninger. Det eneste kjente omfattende feltarbeidet som har ført frem til en modell for røravsetninger er utført av Pisano et al. (1). I dette arbeidet ble det utført kjemiske analyser, hydrauliske målinger og registreringer av omkringliggende forhold for 75 forskjellige avløpsnett. Det store datamaterialet ble lest inn i et regresjonsanalyseprogram. Regresjonsanalysen har gitt følgende optimaliserte formelverk for røravsetninger for amerikanske forhold:

Formel 1:

$$TS = 0,0038 \times L^{0,8142} \cdot S_{PD}^{-0,8187} \cdot S_{PD/4}^{-0,1078} \cdot q^{-0,5098}$$

TS = Total masse av partikler som avsetter seg i hele ledningsnett  
(Lb/day)

L = Total lengde av ledningsnett (ft)

q = Avrenning pr. person, inkludert infiltrasjon (gpcd)

$S_{PD}$  = Rørgradientparameter

$S_{PD/4}$  = Rørgradientparameter

Rørgradientparametrene finnes på følgende måte:

- 1) Man går inn i diagrammet i figur 15 over kumulativ fordeling av avsatte stoffer kontra kumulativ rørlengde i ledningsnett. Figuren er utarbeidet av Pisano et al. (1) på basis av omfattende analyser i 75 amerikanske avløpsnett. For å kunne velge riktig kurve må man ha regnet ut midlere vektet rørgradient i ledningsnett. Dette beregnes som:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i L_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \quad \text{hvor}$$

$S_i$  = rørgradient for rørelement  $i$

$L_i$  = lengde for rørelement  $i$

$n$  = antall rørlengder i hele nettet

I figuren går man inn fra 80 prosent avsatt materiale til den aktuelle kurven og ned på tilsvarende prosent rørlengde. Grunnen til at 80 prosent av avsatt materiale velges er basert på en god regresjon for denne verdien.

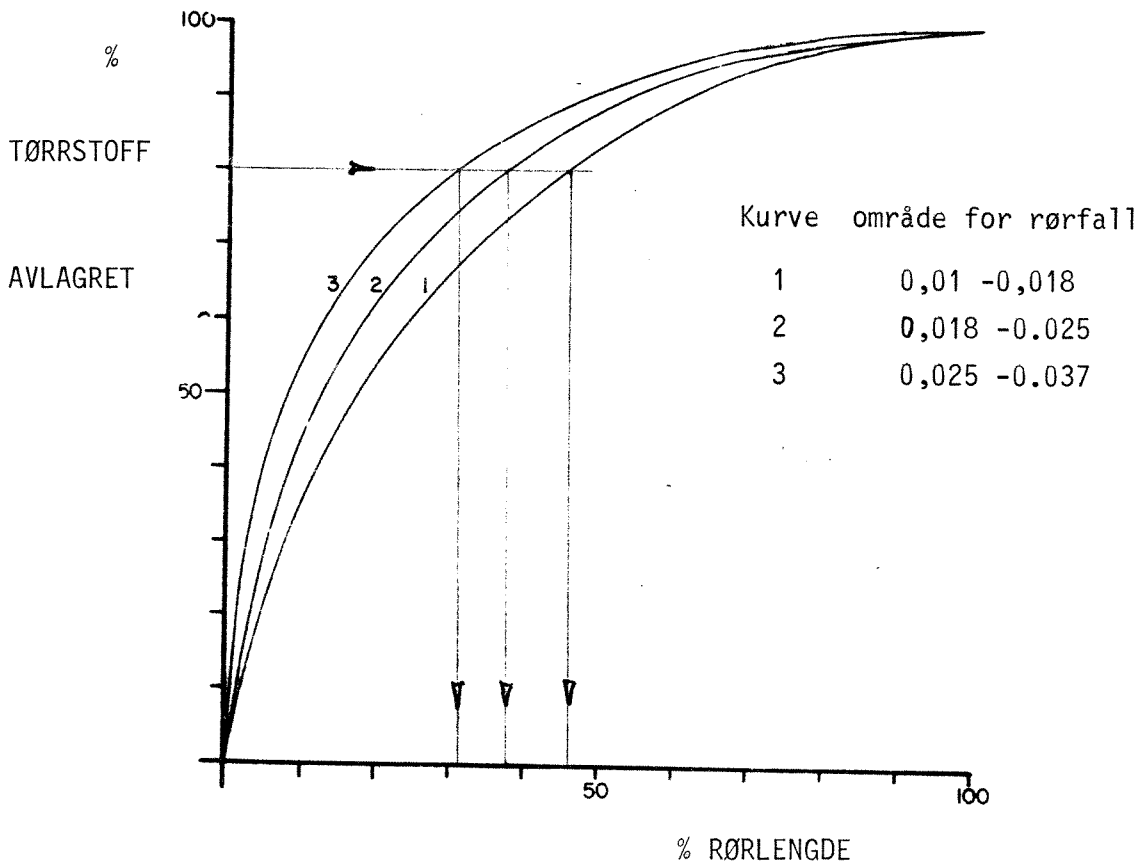
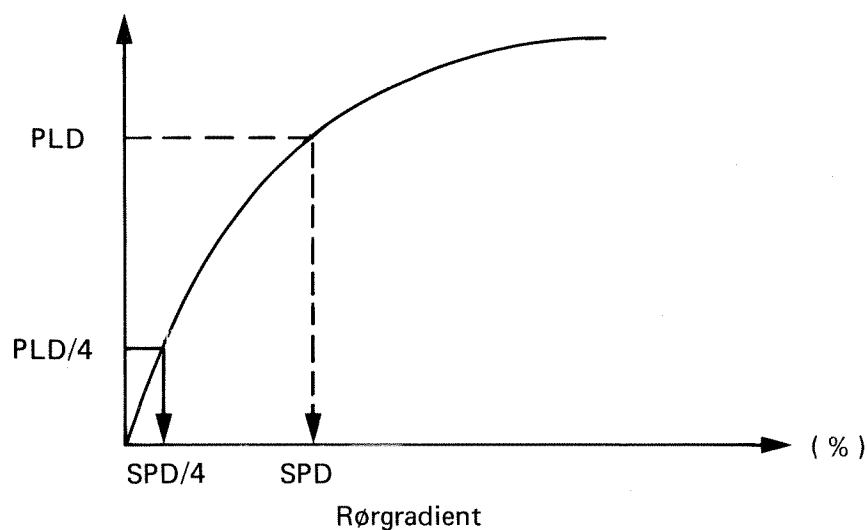


FIG. 15 KUMULATIV FREKVENSFORDELING  
RØRLENGDE MOT RØRAVLAGRING



- 2) Den rørlengde-fraksjon som finnes fra figur 15 benevnes  $P_{LD}$  (%) Denne verdien går man inn med i en ny kumulativ frekvensfordeling (Se figur 16).



Figur 16. Kumulativ frekvensfordeling rørlengde - rørgradient.

En slik funksjon som vist i figur 16 må etableres for hvert ledningsnett. EDB-programmet sorterer rørgradientene i stigende rekkefølge og kumulerer samtidig korresponderende rørlengde.

$S_{PD/4}$  finnes ved å dividere  $P_{LD}$  med fire, som gir  $P_{LD/4}$ . Denne verdien går man inn i kurven i figur 16 med, og får  $S_{PD/4}$ .

Formel 1 hadde høyeste grad av multiplert korrelasjonskoeffisient ( $R^2 = 0,949$ ).

#### Formel 2:

Denne formelen mister noe nøyaktighet, men korrelasjonskoeffisienten er likevel god ( $R^2 = 0,852$ ).

$$TS = 0,001303 L^{1,18} \cdot A^{-0,178} \cdot S^{-0,418} \cdot D^{0,604} \cdot q^{-0,51}$$

A = Totalt areal i hele nedslagsfeltet (acre)

D = Midlere vektet rørdiameter i feltet (in)

Den vektete rørdiameteren finnes som følger:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i L_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \quad \text{hvor}$$

$D_i$  = Rørdiameter på strekningen  $i$

$L_i$  = Lengde av strekningen  $i$ .

Det amerikanske prosjektet har ytterligere forsøkt å forenkle formelverket ved å eliminere  $D$  i formel 3 og eliminasjon av både  $D$  og  $A$  i formel 4.

Formel 3:

$$TS = 0,00389 \cdot L^{1,2195} \cdot A^{-0,1866} \cdot S^{-0,4343} \cdot q^{-0,51}$$

$$(R^2 = 0,848).$$

Formel 4:

$$TS = 0,0076 \cdot L^{1,063} \cdot S^{-0,4375} \cdot q^{-0,51}$$

$$(R^2 = 0,845).$$

Regresjonsanalysene er foretatt med minste kvadraters metode. Dette fører til at feilestimatene kan bli betydelige dersom man går inn i modellene med data som ligger utenfor hovedtyngden av datasettene for den amerikanske undersøkelsen. Før modellene eventuelt benyttes til bruk i norske kommuner bør de testes og verifiseres for norske forhold.

I EDB-programmet er det lagt inn følgende konverteringsfaktorer:

1 lb	= 0,454 kg
1 in	= 0,0254 m
1 ft	= 0,3048 m
1 g	= 3,78 liter

1 acre = 0,4047 ha

Den verdi for TS som beregnes i formlene 1, 2, 3 og 4 er daglig stoffavsetning i hele ledningsnettets ved god drift og godt vedlikehold. Det vil si at man har antatt rensfylte rør uten noen avsetninger på forhånd.

Pisano et al. foreslår at den beregnede  $TS_{ren}$  ved "rene" rør økes med følgende formel dersom man har "middels god" drift:

$$TS_{1-3} = 1,68 \times q^{-0,076} \times TS_{ren}$$

$TS_{1-3}$  indikerer at man har antatt at middels god drift medfører at utgangssituasjonen for rørvlagringene er:

- Rør med fall  $< 0,5^0/00$ : 7,5 cm slamlag i bunnen på rørene
- Rør med fall =  $7,5^0/00$ : 2,5 cm slamlag i bunnen på rørene

Det blir interpolert lineært mellom disse to tilfellene.

For den dårligste kategori av driftsinnsatsen på ledningsnettets benytter man følgende formel:

$$TS_{3-6} = 1,79 q^{-0,084} \cdot TS_{ren}$$

$TS_{3-6}$  er da avsatt mengde stoff pr. dag forutsatt dårlig drift. Dette innebærer følgende forutsetning:

- Rør med fall  $< 0,5^0/00$  : 15 cm slamlag i rørene.
- Rør med fall =  $7,5^0/00$  : 7,5 cm slamlag i rørene.

Det interpoleres lineært mellom disse punktene. Rør med fall større enn  $7,5^0/00$  forutsettes å være rene i utgangspunktet.

Det amerikanske formelverket ved "middels" og "dårlig" drift av ledningsnettets er dels basert på visuell inspeksjon og dels på faglig skjønn.

Ved å korrelere de kjemiske analysene for det utspylte materialet fant man følgende sammenheng mellom avsatt masse (TS) og andre forurensningsparametre:

$$\begin{aligned} \text{KOF} &= 1,247 \times \text{TS} \\ \text{BOF}_5 &= 0,434 \times \text{TS} \\ \text{TKN} &= 0,041 \times \text{TS} \\ \text{NH}_3 &= 0,014 \times \text{TS} \\ \text{Tot.P} &= 0,009 \times \text{TS} \\ \text{FSS} &= 0,745 \times \text{TS} \end{aligned}$$

I EDB-programmet beregnes disse forurensningsparametrene med utgangspunkt i de viste relasjonene til TS.

De data man leser inn er:

- 1) Totalt areal for feltet (ha)
- 2) Midlere avrenning, inkludert infiltrasjon (l/p.d.)
- 3) Følgende data for hver ledningsstrekning: Rørnummer, lengde (m), diameter (mm), fall (‰).

Datautskriftene som fåes er vist på figurene 17, 18 og 19.

EDB-programmet er laget i BASIC og kan kjøres på borddatamaskiner.

## KARAKTERISTISKE DATA

TILRENNINGSAREAL	219.3 HA
TØRRVERS AVRENNING	384 L/P.D
ANTALL LEDNINGER	134
TOTAL LENGDE	24158 M
VEIET MIDLERE DIAMETER	433.947 MM
VEIET MIDLERE FALL	30.0659 0/00
FALL SPD	18.6 0/00
FALL SPD/4	8.4 0/00

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

## TØRRSTOFFAVSETTING I KG/DØGN/M RØR

TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL	R2
CODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD								
.00288	.00360	.00125	.00012	.00004	.00003	.00215	(42)	0.949
.01097	.01368	.00476	.00045	.00015	.00010	.00818	(43)	0.852
.00924	.01152	.00401	.00038	.00013	.00008	.00688	(44)	0.848
.01011	.01261	.00439	.00041	.00014	.00009	.00753	(45)	0.845

## MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

.00341	.00425	.00148	.00014	.00005	.00003	.00254	(42)	0.949
.01298	.01618	.00563	.00053	.00018	.00012	.00967	(43)	0.852
.01093	.01362	.00474	.00045	.00015	.00010	.00814	(44)	0.848
.01196	.01491	.00519	.00049	.00017	.00011	.00891	(45)	0.845

## DÅRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

.00350	.00437	.00152	.00014	.00005	.00003	.00261	(42)	0.949
.01332	.01661	.00578	.00055	.00019	.00012	.00993	(43)	0.852
.01122	.01399	.00487	.00046	.00016	.00010	.00836	(44)	0.848
.01228	.01531	.00533	.00050	.00017	.00011	.00915	(45)	0.845

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

## TØRRSTOFFAVSETTING I KG/ÅR/HEKTAR

TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL	R2
CODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD								
115.964	144.607	50.328	4.755	1.623	1.044	86.393	(42)	0.949
441.228	550.211	191.493	18.090	6.177	3.971	328.715	(43)	0.852
371.521	463.287	161.240	15.232	5.201	3.344	276.783	(44)	0.848
406.597	507.026	176.463	16.670	5.692	3.659	302.915	(45)	0.845

## MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

137.124	170.993	59.512	5.622	1.920	1.234	102.157	(42)	0.949
521.738	650.607	226.434	21.391	7.304	4.696	388.695	(43)	0.852
439.312	547.822	190.661	18.012	6.150	3.954	327.283	(44)	0.848
480.788	599.542	208.662	19.712	6.731	4.327	358.187	(45)	0.845

## DÅRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

140.800	175.577	61.107	5.773	1.971	1.267	104.896	(42)	0.949
535.724	668.048	232.504	21.968	7.500	4.822	399.115	(43)	0.852
451.089	562.508	195.773	18.495	6.315	4.060	336.061	(44)	0.848
493.677	615.615	214.256	20.241	6.911	4.443	367.789	(45)	0.845

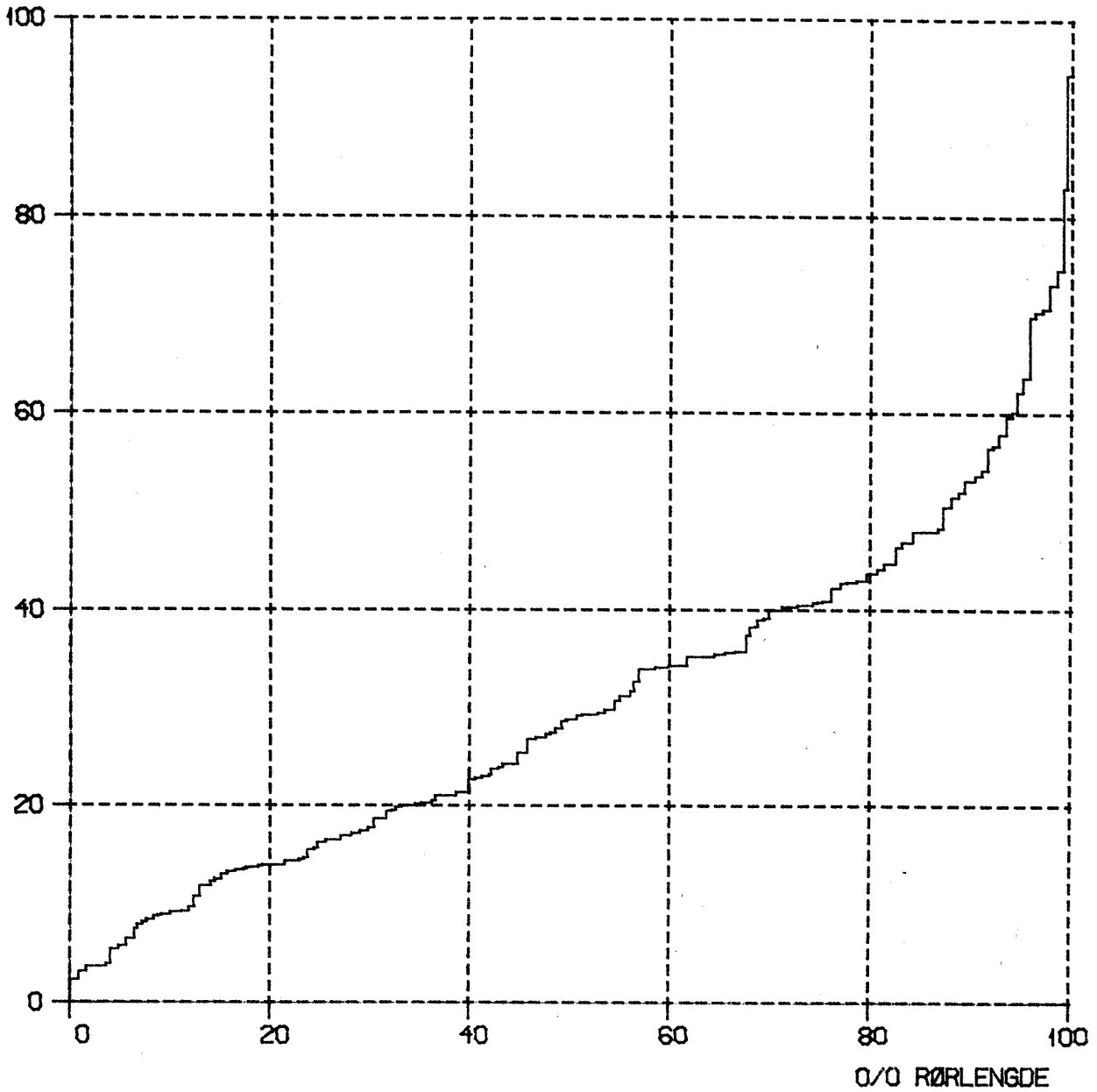
INNGANGS DATA : TILREHININGSAREAL - 45 - 219.3 HA  
 TØRRVERSÅVRENNING 384 L/P.D

RØR NR	LENGDE (M)	DIAMETER (MM)	FALL (0/00)
2	125	380	20.00
3	175	300	5.70
4	260	230	28.80
5	170	1000	11.80
6	175	580	8.40
7	190	230	5.40
8	115	380	30.70
9	225	230	8.90
10	215	230	6.50
11	85	300	11.80
12	140	230	10.70
13	145	230	13.00
14	215	230	18.60
15	115	1000	8.70
16	365	340	40.30
17	220	230	42.20
18	370	275	16.50
19	185	1000	3.10
20	125	300	19.40
21	175	230	29.50
22	170	230	70.60
23	185	355	70.30
24	275	230	3.60
25	180	230	13.90
26	305	380	13.90
37	200	390	3.60
38	310	485	13.60
39	130	1600	9.60
40	175	300	13.40
41	98	1600	12.20
42	95	1200	14.60
43	110	700	60.10
44	190	400	50.50
45	90	700	31.70
46	80	380	15.60
47	600	300	48.00
48	260	350	31.20
49	255	230	35.70
100	155	1000	53.60
101	130	1000	38.20
102	330	300	34.10
103	180	245	21.30
104	95	300	23.90
105	145	215	19.80
106	100	1100	40.70
107	255	245	46.90
108	245	1220	27.00
109	155	380	62.10
110	280	250	35.50
111	265	270	53.10
112	155	1300	17.70
113	155	230	15.50
114	60	530	13.50
115	130	395	48.30
116	180	300	51.50
117	220	230	40.90
118	150	230	56.70
119	140	265	74.60

Fig.18

# BISLETTBEKKEN

FALL 1-0/00



KUMULATIV FORDELING AV FALLENE MHT TOTAL RØRLENGDE  
TOTAL RØRLENGDE : 24158 METER

Fig.19 Kumulativ frekvensfordeling for rørlengde mot rørfall.  
(Tegnet av datamaskin)

## 9. SIMULERING AV AVSETNINGER I NORSKE AVLØPSLEDNINGSNETT

Ved hjelp av EDB-programmet beskrevet i kapittel 8 er de norske avløpsnett, vist i tabell 12, analysert med hensyn til røravsetninger.

Tabell 12. Beregnede avløpsnett med hensyn til røravlagringer.

Felt	Antall person-enheter p.e./ha	Antall fysiske personer p/ha	Midlere avløp l/p.e.d q	Totalt areal ha	Midlere vektet fall i nettet ‰	Innlest lengde ledninger m/p.e.
Bislettbekken	342	140	383	219,3	30,1	0,3
Rukklabekken	25	23	473	380,0	30,2	1,1
Øya	93	84	615	21,3	8,1	1,5
Steinkjer	41	29	500	320,8	35,7	2,0

Ledningsnett for Solvik feltet var ikke umiddelbart tilgjengelig. Dette feltet ble derfor ikke beregnet i denne fasen av prosjektet.

Avsetningene i ledningsnettene er beregnet for tre ulike driftssituasjoner og med alle de fire formlene utviklet av Pisano et al. (1). I utskriftene har formel nr. 1 betegnelsen (42) med korrelasjonskoeffisienten  $R^2 = 0,949$ , formel 2 har betegnelsen (43) med  $R^2 = 0,852$ , formel 3 har (44) med  $R^2 = 0,848$  og formel 4 har betegnelsen (45) med  $R^2 = 0,845$ . Formlene er vist i kapittel 8.

Avviket mellom resultatene for formlene forteller bl.a. noe om usikkerheten som ligger i kunnskaper om avsetningsbetingelsene i ledningsnett. Grunnen til at dette avviket er særlig stort for feltet Rukklabekken og Bislettbekken er at formel 1 ((42) i utskriften) baserer seg på den kumulative frekvensfordelingen mellom rørlengde og korresponderende fall, mens de andre formlene ikke benytter denne. Siden denne frekvensfordelingen synes ganske uvanlig i Rukklabekken og Bislettbekken forklarer dette noe av det store avviket. Steinkjer har en kumulativ frekvensfordelingsfunksjon mellom rørlengde og fall som



er mer normal. Der ser man også at resultatene fra de fire formlene stemmer meget godt overens. Se i vedlegg 2.

For øvrig er antall meter ledning pr. person i de idealiserte ledningsnettene forskjellig fra felt til felt og antagelig vesentlig mindre enn det virkelige totale antall meter ledning i feltene. Siden formlene har et ledd som gir omtrent proporsjonalitet mellom total ledningslengde og totalt avsatt tørrstoffmengde i nettet har beregningene naturlig nok ofte gitt mindre masse enn det målingene i feltet viser. Det er likevel relativt gode resultater når en tar i betraktning at formlene er utviklet for amerikanske forhold og at enkelte av ledningsnettene er grovt beskrevet.

Det synes som det amerikanske formelverket er egnet til en videre bearbeiding for bruk på norske forhold. Dette krever noe målings- og kalibreringsarbeid. Slik formlene er i dag er de imidlertid ikke direkte overførbare til norske forhold. Tabell 13 viser en sammenligning mellom målte røravsetninger kontra middelet av de fire formlenes resultater. Fullstendige beregningsresultater er vist i vedlegg 2.

Tabell 13. Røravsetninger. Målt (PRA) kontra beregnet.

Bislettbekken		SS	KOF	Tot.P	Tot.N
Røravsetninger i kg/ha.år	Beregnet v.h.a. formler *	394	492	3,5	16,2
	Målt i feltet (PRA)	1219	773	3,4	10,2

Rukklabekken		SS	KOF	Tot.P	Tot.N
Røravsetninger i kg/ha.år	Beregnet *	89	110	0,8	3,6
	Målt	443	280	4,7	15,7

Øya		SS	KOF	Tot.P	Tot.N
Røravsetninger i kg/ha.år	Beregnet *	675	842	6,1	27,6
	Målt	1255	960	8,8	-

Steinkjer		SS	KOF	Tot.P	Tot.N
Røravsetninger i kg/ha.år	Beregnet *	265	331	2,4	10,9
	Målt	-	-	-	-

\* De beregnete verdier er fremkommet ved å midle verdiene fra alle de fire formlene. Verdiene for middels drifts/vedlikeholdsforhold er brukt.

## 10. FORSLAG TIL VIDEREFØRING AV PROSJEKTET:

### 10.1 Faglig innhold:

NIVA's del i Fase II:

Inngår et samarbeid med Oslo Vann- og Kloakkvesen (OV&K) på følgende forslag:

- Vurdere om røravlagringer i tørrvær kan forklare noe av den lave tilføringsgraden som måles i Oslo's avløpsnett.

Her må man bruke eksisterende data, erfaringer og analyse-teknikker. Eventuelt supplere med noen målrettede observasjoner og analyser.

- Benytte OV&K's erfaringsdata og driftsstatistikker fra renselagene for å:
  - a) Finne generelle karakteristiske og beskrivende data om ledningsnett hvor man har problemer, og hvor man ikke har problemer. (Separat/felles, diameter, fall, vannføring, endeledning, lekkasjer, areal, etc).
  - b) Spesifisere driftsinnsats på ulike deloppgaver for på den måten å legge grunnen til, samt forsøke på en optimal driftsstrategi. F.eks. vurdere når ulike typer spylemetoder er lønnsomt og hensiktsmessig.
- Vurdere om matematiske modeller utviklet ved USA's miljøvern direktorat (EPA) kan benyttes i Norge. Disse modellene kan beregne mengde røravlagringer og virkninger av ulike spylemetoder.
- Måle tørrværsavlagringer og konsentrasjoner i tørrværsavløpet før og etter rehabilitering av ledningene i et hensiktsmessig felt.

- Analysere forurensningsssituasjonen i en del av Oslos avløpssoner, med spesiell vekt på å redusere den negative virkningen av støt-utspylinger av røravlagringer. Virkemidler som vil bli vurdert er bl.a. bruk av hvirveloverløp, fordrøyning, rutinespyling ut fra bl.a. forurensningshensyn. De ulike tiltak vil bli diskutert ut fra kost/effektivitet sammen med andre praktiske hensyn.

#### 10.2 Kostnader, finansiering, tidsplan, personale, rapportering

Det holdes nær kontakt til VHL, som også i fase II vil arbeide med de strømmingstekniske problemer ved spyling av ledninger. For øvrig foreslås foreliggende prosjekt utført av OV&K's eget personale og NIVA. Det antas at både prosjekteringsavdelingen og driftsavdelingen bør delta i prosjektet. Fra NIVA vil Oddvar Lindholm bli prosjektleder og i hovedsak utførende behandler av saken. Arbeidsdelingen mellom OV&K og NIVA diskuteres senere. Stipulert innsats i fase II er:

- OV&K: ca 15 ukeverk, samt eventuelle kjemiske analyser.
- NIVA: Arbeidsinnsats tilsvarende ca. kr 150.000.
- EDB-utgifter, tegneassistanse, etc.: ca. kr 30.000.

Totale direkte utgifter anslås dermed til ca. kr 180.000. I tillegg kommer egeninnsatsen fra OV&K i form av fast ansattes arbeid.

Tidsplan for fase II for OV&K's og NIVA's del av prosjektet:

- Start: 1. november 1982
- Slutt: ca. 1. desember 1983

Finansieringsforslag for de direkte utgifter av OVK's og NIVA's del av fase II:

NIVA	:	kr	20.000
OV&K	:	"	35.000
PTV	:	"	55.000
SFT	:	"	70.000
<hr/>			
<u>Totalt</u>	:	kr	180.000

Rapportering:

Det foreslås at OV&K og NIVA om ønskelig utarbeider rapporter i egne serier til eget bruk. I tillegg rapporteres prosjektet sammen med VHL's resultater i en felles PTV-rapport. SFT stilles fritt til også å benytte materialet i SFT's rapportserier.

Styring av prosjektet

Det foreslås en styringsgruppe hvor finansørene, samt VHL deltar.

## 11. LITTERATURREFERENSER

1. Pisano, W.C., Aronson, G.L., Queiroz, C.S.: "Dry Weather Deposition and Flushing for Combined Sewer Overflow Pollution Control". EPA-600/2-79-133, USA, Ohio, August 1979.
2. Sonnen, M.B.: "Abatement of deposition and scour in sewers". EPA-Contract No. 68-03-2205, USA, Ohio, June 1977.
3. Lindholm, O: "Forurensninger i overvann". PRA-rapport nr. 7, Oslo, april 1977.
4. Lysne, D.K.: "Selvrensing i avløpsrør". PRA-rapport nr. 9, Oslo, mars 1976.
5. Faldager, I., Erling, H., Sparwath, K.: "Afløbsledningers vandføringsevne og selvrensningsevne". Teknologisk Institutt, København, januar 1982.
6. Helland, B. og Dannevig, L.: "Statistikk over kloakkstopper og renselagenes arbeide i 1981". Oslo Vann- og Kloakkvesen, februar 1982.
7. Reinertsen, T.: "Forurensninger i overvann". PTV-rapport nr. 15, Trondheim, august 1981.
8. Aaberge, O.: "Utbedring av avlaupsnett". Hovedoppgave, NTH, Trondheim, 1977.
9. Olsen, W.: "Systemanalyse ved hjelp av EDB for Sandefjord" Hovedoppgave, NTH, Trondheim, 1978.
10. Malmqvist, P.A.: "Dagvattenets föroreningar". Meddelande 66, CTH, Göteborg, 1982.
11. Gjerstad, F.O.: "Systemanalyse ved hjelp av EDB - Steinkjer". Hovedoppgave, NTH, Trondheim, 1978.

## 12. FORKORTELSER OG SYMBOLER

A	= Totalt areal i nedslagsfeltet
BOD	= Biologisk oksygenforbruk (USA). Tilsvarende BOD <sub>5</sub> (Norsk) og er et uttrykk for innhold av organisk stoff.
COD	= Se KOF (USA)
Di	= Diameter på ledningsstrekning i.
D	= Diameter, vektet middel i hele feltet
KOF	= Kjemisk oksygenforbruk. Uttrykk for innhold av organisk stoff.
L	= Total rørlengde i ledningsnett
Li	= Lengde på rørstrekning i.
NH <sub>3</sub>	= Ammoniakk. Uttrykk for innhold av nitrogen (N).
Pb	= Bly
P <sub>LD</sub>	= Uttrykk for rørlengdefraksjon i en kumulativ frekvensfordeling
P <sub>LD/4</sub>	= 1/4 av P <sub>LD</sub>
P.E.	= Personenheter
q	= Tørrværsavrenning inkludert infiltrasjon
R <sup>2</sup>	= Korrelasjonskoeffisient for formlene for tørrværsavsetninger i rør.
—	
S	= Fall på rør. Vektet middel i hele feltet.
Si	= Fall på rørstrekning i
S <sub>PD</sub>	= Rørgradientparameter i frekvensfordelingsfunksjon. Korresponderer med P <sub>LD</sub> .
S <sub>PD/4</sub>	= Samme som S <sub>PD</sub> . Korresponderer med P <sub>LD/4</sub> .
SS	= Suspendert stoff. Tilsvarende omtrent TS.
TKN	= Totalt Kjeldahl Nitrogen (USA). Tilsvarende Tot.N. Uttrykk for nitrogeninnhold
TP	= Se Tot.P (USA)
Tot.N	= Totalt nitrogeninnhold
Tot.P	= Totalt fosforinnhold
TS	= Tørrstoffinnhold (USA) avlagret i ledningsnett pr. dag. Tilsvarende omtrent SS i denne rapporten.
TS <sub>ren</sub>	= TS ved gode driftsforhold i ledningsnett
TS <sub>1-3</sub>	= TS ved middels driftsforhold i ledningsnett
TS <sub>3-6</sub>	= TS ved dårlige driftsforhold i ledningsnett

VEDLEGG I

LISTING AV EDB PROGRAM FOR RØRAVLAGRINGER



```
00100 MARGIN 80
00110 REM DIMENSJONERER ARRAYENE FOR DATAENE TIL RØRSEKSJONENE
00120 REM
00130 DIM N(1000),L(1000),D(1000),S(1000)
00140 REM
00150 REM C1$ INNEHOLDER KODEN FOR SIDESKIFT (FF)
00160 C1$=CHR$(12)
00170 PRINT C1$
00180 PRINT "DETTE ER ET PROGRAM SOM BEREKNER TØRSTOFF SEDIMENTERINGEN"
00190 PRINT "I ET LEDNINGSNETT"
00200 PRINT "BEREGNINGENE BLIR FORETATT PÅ GRUNNLAG AV"
00210 PRINT "MATEMATISKE MODELLER UTVIKLET VED EPI"
00220 PRINT ""
00230 PRINT "PROGRAMMET KREVER FØLGENDE INNGANGSDATA : "
00240 PRINT ""
00250 PRINT "FRA TERMINAL      ANTALL RØRSEKSJONER"
00260 PRINT "      MIDLERE TØRRVERSAVRENNING (L/P.D)"
00270 PRINT "      TILRENNINGS AREAL (HA)"
00280 PRINT ""
00290 PRINT "FRA DATAFIL      RØRNUMMER"
00300 PRINT "      LENGDE (M)"
00310 PRINT "      DIAMETER (MM)"
00320 PRINT "      RØRSEKSJONENS FALL (G/00)"
00330 PRINT ""
00370 REM LES INN INNGANGSDATA
00380 GOSUB 00510
00390 REM
00400 REM BEREKN TØRRVERSAVRENNING
00410 GOSUB 00890
00420 REM
00430 REM SKRIV UT RESULTATENE
00440 GOSUB 01750
00450 REM
00460 PRINT ""
00470 PRINT "BEREGNINGEN ER FERDIG"
00500 GOTO 02720
00502 '-----
00510 PRINT ""
00520 PRINT ""
00530 PRINT "TAST INN SYSTEMETS NAVN",,,
00540 INPUT N9$
00550 PRINT "TAST INN NAVNET FOR FILEN MED RØRSEKSJONSDATAENE",
00560 INPUT F9$
00570 FILE #1=UPRC$(F9$)
00572 RESTORE #1
00580 PRINT "TAST INN ANTALL RØRSEKSJONER",,,
00590 INPUT I9
00600 I9=I9-1
00610 PRINT "TAST INN TOTALT TILRENNINGSAREAL",,
00620 INPUT A
00630 PRINT "TAST INN MIDLERE TØRRVERSAVRENNING (L/P.D)",,
00640 INPUT Q
00642 REM INNLESING AV LEDNINGSDATA
00650 I=-1
00660 I=I+1
00670 IF I>I9 THEN 00700
00680 INPUT #1,N(I),L(I),D(I),S(I)
00690 IF MORE #1 THEN 00660
00700 IF I < I9 THEN I9=I
00710 REM UTSKRIFT AV INNLESTE DATA
00720 J = 1000
00730 FOR I=0 TO I9 STEP 1
00740 IF J < 65 THEN 00830
00750 PRINT C1$
00760 PRINT "INNGANGS DATA :  TILRENNINGSAREAL",A;" HA"
00770 PRINT "      TØRRVERSAVRENNING",Q;" L/P.D"
```

```
00780 PRINT ""
00790 PRINT " ROR      LENGDE      DIAMETER      FALL"
00800 PRINT " NR      (L)      (MM)      (O/OO)"
00802 PRINT ""
00820 J=7
00830 F9="0000 0000 00000 000.00"
00832 PRINT USING F9,H(I),L(I),D(I),S(I)
00840 J=J+1
00850 NEXT I
00860 PRINT ""
00870 CLOSE #1
00880 RETURN
00882 '-----
00890 PRINT ""
00900 REM START BEREGNING AV TORRVERSSSEDIMENTERING
00910 PRINT ""
00920 REM BEREGNER MIDLERE FALL, DIAMETER, SUM LENGDE
00930 L9=0
00940 D9=0
00950 S9=0
00960 FOR I=0 TO I9 STEP 1
00970 L9=L9+L(I)
00980 D9=D9+D(I)*L(I)
00990 S9=S9+S(I)*L(I)
01000 NEXT I
01010 D9=D9/L9 'VEIET DIAMETER
01020 S9=S9/L9 'VEIET FALL
01030 REM LAGER EN FORDELINGS KURVE FOR FALLENE MED LENGDEN
01040 REM SORTERER FALLENE I STIGENDE REKKEFOLGE
01050 REM SAMMENHØRENDE LENGDE TAS MED
01060 FOR I=0 TO I9-1 STEP 1
01070 X=S(I)
01080 J1=I
01090 FOR J=I+1 TO I9 STEP 1
01100 IF X <= S(J) THEN 01130
01110 X=S(J)
01120 J1=J
01130 NEXT J
01140 IF J1 = I THEN 01200
01150 S(J1)=S(I)
01160 S(I)=X
01170 Y=L(J1)
01180 L(J1)=L(I)
01190 L(I)=Y
01200 NEXT I
01210 REM AKKUMULERER LENGDEN
01220 FOR I=1 TO I9 STEP 1
01230 L(I)=L(I-1)+L(I)
01240 NEXT I
01250 REM FINNER DE KARAKTERISTISKE FALLENE
01260 REM SOM INNGÅR I FORELEN (42)
01270 IF S9 >= 10 THEN 01300
01280 PRINT "MIDLERE FALL UNDER 10 O/OO"
01290 PRINT "BENYTTET KURVEN FOR FALL MELLOM 10-18 O/OO"
01300 IF S9 > 18 THEN 01340
01310 L0=0.46*L9
01320 L1=0.115*L9
01330 GOTO 01440
01340 IF S9 > 25 THEN 01380
01350 L0=0.30*L9
01360 L1=0.095*L9
01370 GOTO 01440
01380 IF S9 <= 37 THEN 01410
01390 PRINT "MIDLERE FALL ER OVER 37 O/OO"
01400 PRINT "BENYTTET KURVEN FOR FALL MELLOM 25-37 O/OO"
01410 L0=0.31*L9
```

```

01420 L1=0.078*L9
01430 REM FINNER FALLET SPD/4
01440 I=-1
01450 I=I+1
01460 IF L(I) < L1 THEN 01450
01470 S1=S(I)
01480 REM FINNER FALLET SPD
01490 I=-1
01500 I=I+1
01510 IF L(I) < L0 THEN 01500
01520 S0=S(I)
01530 REM REGNER OM TIL AMERIKANSKE ENHETER
01540 L8=L9/C.3048 'METER TIL FOT
01550 Q8=Q /3.78 'LITER TIL GALLON
01560 A8=A /0.4047 'HEKTAR TIL ACRE
01570 D8=D9/25.4 'MM TIL TONNER
01580 S8=S9*0.001 'O/OO TIL FOT/FOT
01590 S7=S0*0.001 'O/OO TIL FOT/FOT
01600 S6=S1*0.001 'O/OO TIL FOT FOT
01610 REM BEREGNER TORRSTOFFAVSETNINGEN
01620 T1=0.0038*L8**0.8142*S7**(-0.8187)*S6**(-0.1078)*Q8**(-0.5098)
01630 T2=0.001303*L8**1.13*A8**(-0.178)*S8**(-0.418)*D8**(-0.604)*Q8**(-0.51)
01640 T3=0.00389*L8**1.2195*A8**(-0.1866)*S8**(-0.4343)*Q8**(-0.51)
01650 T4=0.0076*L8**1.063*S8**(-0.4375)*Q8**(-0.51)
01660 REM BEREGNER KORREKSJONSFAKTOR FOR DRIFT/VEDLIKEHOLDSTILSTAND
01670 K1=1.68*Q8**(-0.076) 'MIDDELS
01680 K2=1.79*Q8**(-0.084) 'DARLIG
01690 REM OMREGNING FRA LBS/DAY TIL KG/DOGN/METER ROR
01700 T1=0.454*T1/L9
01710 T2=0.454*T2/L9
01720 T3=0.454*T3/L9
01730 T4=0.454*T4/L9
01740 RETURN
01742 '-----
01750 PRINT C1$
01760 REM START UTSKRIVING AV BEREGNINGRESULTATER
01770 PRINT ""
01780 PRINT "OMRADE",,,N9$
01790 PRINT ""
01800 PRINT "KARAKTERISTISKE DATA"
01810 PRINT ",TILRENNINGSAREAL ",A;" HA"
01820 PRINT ",TORRVERSAVRENNING ",Q;" L/P.D"
01830 PRINT ",ANTALL LEDNINGER ",I9+1
01840 PRINT ",TOTAL LENGDE ",L9;" M"
01850 PRINT ",VEIET MIDLERE DIAMETER",D9;" MM"
01860 PRINT ",VEIET MIDLERE FALL ",S9;" O/OO"
01870 PRINT ",FALL SPD ",S0;" C/OO"
01880 PRINT ",FALL SPD/4 ",S1;" O/OO"
01890 PRINT ""
01900 PRINT "*****",*****",*****",*****",*****"
01910 PRINT ""
01920 PRINT ", TORRSTOFFAVSETNING I KG/DOGN/M ROR"
01930 PRINT ",-----"
01940 PRINT " TS COD BOD TKN NIB TP VSS FORMEL R2"
01950 F$= " 22.22222 22.22222 22.22222 22.22222 22.22222 22.22222 22.22222 2222 22222"
01960 PRINT ""
01970 PRINT "GODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD"
01980 PRINT ""
01990 PRINT USING F$,T1,1.247*T1,0.434*T1,0.041*T1,0.014*T1,0.009*T1,0.745*T1,"(42)","0.949"
02000 PRINT USING F$,T2,1.247*T2,0.434*T2,0.041*T2,0.014*T2,0.009*T2,0.745*T2,"(43)","0.952"
02010 PRINT USING F$,T3,1.247*T3,0.434*T3,0.041*T3,0.014*T3,0.009*T3,0.745*T3,"(44)","0.848"
02020 PRINT USING F$,T4,1.247*T4,0.434*T4,0.041*T4,0.014*T4,0.009*T4,0.745*T4,"(45)","0.845"
02030 REM KORREKSJON FOR DRIFT/VEDLIKEHOLD
02040 V1=T1*K1
02050 V2=T2*K1
02060 V3=T3*K1

```

02070 V4=T4\*K1  
02080 PRINT ""  
02090 PRINT " MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD"  
02100 PRINT ""  
02110 PRINT USING F\$,V1,1.247\*V1,0.434\*V1,0.041\*V1,0.014\*V1,0.009\*V1,0.745\*V1,"(42)","0.949"  
02120 PRINT USING F\$,V2,1.247\*V2,0.434\*V2,0.041\*V2,0.014\*V2,0.009\*V2,0.745\*V2,"(43)","0.852"  
02130 PRINT USING F\$,V3,1.247\*V3,0.434\*V3,0.041\*V3,0.014\*V3,0.009\*V3,0.745\*V3,"(44)","0.848"  
02140 PRINT USING F\$,V4,1.247\*V4,0.434\*V4,0.041\*V4,0.014\*V4,0.009\*V4,0.745\*V4,"(45)","0.845"  
02150 REM KORREKSJON FOR DRIFT/VEDLIKEHOLD  
02160 V1=T1\*K2  
02170 V2=T2\*K2  
02180 V3=T3\*K2  
02190 V4=T4\*K2  
02200 PRINT ""  
02210 PRINT " DÄRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD"  
02220 PRINT ""  
02230 PRINT USING F\$,V1,1.247\*V1,0.434\*V1,0.041\*V1,0.014\*V1,0.009\*V1,0.745\*V1,"(42)","0.949"  
02240 PRINT USING F\$,V2,1.247\*V2,0.434\*V2,0.041\*V2,0.014\*V2,0.009\*V2,0.745\*V2,"(43)","0.852"  
02250 PRINT USING F\$,V3,1.247\*V3,0.434\*V3,0.041\*V3,0.014\*V3,0.009\*V3,0.745\*V3,"(44)","0.848"  
02260 PRINT USING F\$,V4,1.247\*V4,0.434\*V4,0.041\*V4,0.014\*V4,0.009\*V4,0.745\*V4,"(45)","0.845"  
02270 PRINT ""  
02280 REM REGNER OM FRA KG/DOGN/H RÖR TIL KG/ÄR/HEKTAR  
02290 T6=T1\*L9\*365/A  
02300 T7=T2\*L9\*365/A  
02310 T8=T3\*L9\*365/A  
02320 T9=T4\*L9\*365/A  
02330 PRINT "\*\*\*\*\*", "\*\*\*\*\*", "\*\*\*\*\*", "\*\*\*\*\*", "\*\*\*\*\*"  
02340 PRINT ""  
02350 PRINT " TORSTOFFAVSETTING I KG/ÄR/HEKTAR "  
02360 PRINT "-----"  
02370 PRINT " TS COD BOD TKR PH3 TP VSS FORMEL P2"  
02380 F\$= " 8888.888 8888.888 8888.888 8888.888 8888.888 8888.888 8888.888 8888.888 8888.888"  
02390 PRINT ""  
02400 PRINT "GODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD"  
02410 PRINT ""  
02420 PRINT USING F\$,T6,1.247\*T6,0.434\*T6,0.041\*T6,0.014\*T6,0.009\*T6,0.745\*T6,"(42)","0.949"  
02430 PRINT USING F\$,T7,1.247\*T7,0.434\*T7,0.041\*T7,0.014\*T7,0.009\*T7,0.745\*T7,"(43)","0.852"  
02440 PRINT USING F\$,T8,1.247\*T8,0.434\*T8,0.041\*T8,0.014\*T8,0.009\*T8,0.745\*T8,"(44)","0.848"  
02450 PRINT USING F\$,T9,1.247\*T9,0.434\*T9,0.041\*T9,0.014\*T9,0.009\*T9,0.745\*T9,"(45)","0.845"  
02460 PRINT ""  
02470 REM KORREKSJON FOR DRIFT/VEDLIKEHOLD  
02480 V6=T6\*K1  
02490 V7=T7\*K1  
02500 V8=T8\*K1  
02510 V9=T9\*K1  
02520 PRINT " MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD"  
02530 PRINT ""  
02540 PRINT USING F\$,V6,1.247\*V6,0.434\*V6,0.041\*V6,0.014\*V6,0.009\*V6,0.745\*V6,"(42)","0.949"  
02550 PRINT USING F\$,V7,1.247\*V7,0.434\*V7,0.041\*V7,0.014\*V7,0.009\*V7,0.745\*V7,"(43)","0.852"  
02560 PRINT USING F\$,V8,1.247\*V8,0.434\*V8,0.041\*V8,0.014\*V8,0.009\*V8,0.745\*V8,"(44)","0.848"  
02570 PRINT USING F\$,V9,1.247\*V9,0.434\*V9,0.041\*V9,0.014\*V9,0.009\*V9,0.745\*V9,"(45)","0.845"  
02580 REM KORREKSJON FOR DRIFT/VEDLIKEHOLD  
02590 V6=T6\*K2  
02600 V7=T7\*K2  
02610 V8=T8\*K2  
02620 V9=T9\*K2  
02630 PRINT ""  
02640 PRINT "DÄRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD"  
02650 PRINT ""  
02660 PRINT USING F\$,V6,1.247\*V6,0.434\*V6,0.041\*V6,0.014\*V6,0.009\*V6,0.745\*V6,"(42)","0.949"  
02670 PRINT USING F\$,V7,1.247\*V7,0.434\*V7,0.041\*V7,0.014\*V7,0.009\*V7,0.745\*V7,"(43)","0.852"  
02680 PRINT USING F\$,V8,1.247\*V8,0.434\*V8,0.041\*V8,0.014\*V8,0.009\*V8,0.745\*V8,"(44)","0.848"  
02690 PRINT USING F\$,V9,1.247\*V9,0.434\*V9,0.041\*V9,0.014\*V9,0.009\*V9,0.745\*V9,"(45)","0.845"  
02700 PRINT C1\$  
02710 RETURN  
02712 '-----  
02714 '----- PROGRAMMET AVSLUTTES -----  
02720 END

VEDLEGG 2

EDB UTSKRIFTER FOR BEREGNING AV RØRAVLAGRINGER

DETTE ER ET PROGRAM SOM BEREGNER TØRRSTOFF SEDIMENTERINGEN  
I ET LEDNINGSNETT  
BEREGNINGENE BLIR FORETATT PÅ GRUNNLAG AV  
MATEMATISKE MODELLER UTVIKLET VED EPI

PROGRAMMET KREVER FØLGENDE INNGANGSDATA

FRA TERMINAL      ANTALL RØRSEKSJONER  
                     MIDLERE TØRRVERSÅVRENING (L/P.D)  
                     TILRENNINGS AREAL (HA)

FRA DATAFIL      RØRNUMMER  
                     LENGDE (M)  
                     DIAMETER (MM)  
                     RØRSEKSJONENS FALL (O/00)

TAST INN SYSTEMETS NAVN	? bislottbeiken
TAST INN NAVNET FOR FILEN MED RØRSEKSJONSDATAENE	? oddvar4
TAST INN ANTALL RØRSEKSJONER	? 134
TAST INN TOTALT TILRENNINGSAREAL	? 219.3
TAST INN MIDLERE TØRRVERSÅVRENING (L/P.D)	? 384

INNGANGS DATA : TILRENNINGSAREAL  
 TORRVERSARENNING

219.3 HA  
 384 L/P.D

RØR NR	LENGDE (M)	DIAMETER (MM)	FALL (0/00)
2	125	380	20.00
3	175	300	5.70
4	260	230	28.80
5	170	1000	11.80
6	175	580	8.40
7	190	230	5.40
8	115	380	30.70
9	225	230	8.90
10	215	230	6.50
11	85	300	11.80
12	140	230	10.70
13	145	230	13.00
14	215	230	18.60
15	115	1000	8.70
16	365	340	40.30
17	220	230	42.20
18	370	275	16.50
19	185	1000	3.10
20	125	300	19.40
21	175	230	29.50
22	170	230	70.60
23	185	355	70.30
24	275	230	3.60
25	180	230	13.90
26	305	380	13.90
37	200	390	3.60
38	310	485	13.60
39	130	1600	9.60
40	175	300	13.40
41	98	1600	12.20
42	95	1200	14.60
43	110	700	60.10
44	190	400	50.50
45	90	700	31.70
46	80	380	15.60
47	600	300	48.00
48	260	350	31.20
49	255	230	35.70
100	155	1000	53.50
101	130	1000	38.20
102	330	300	34.10
103	180	245	21.30
104	95	300	23.90
105	145	215	19.80
106	100	1100	40.70
107	255	245	46.90
108	245	1220	27.00
109	155	380	62.10
110	280	250	35.50
111	265	270	53.10
112	155	1300	17.70
113	155	230	15.50
114	60	530	13.50
115	130	395	48.30
116	180	300	51.50
117	220	230	40.90
118	150	230	56.70
119	140	265	74.50

INNGANGS DATA : TILREMININGSAREAL  
TORRVERSAREMINING

219.3 MA  
384 L/P.D

RØR NR	LENGDE (M)	DIAMETER (MM)	FALL (O/100)
120	150	230	54.20
121	170	230	73.10
122	250	400	24.20
123	97	1400	19.50
124	110	540	3.90
125	135	255	20.10
126	385	365	40.50
127	67	1400	13.90
128	55	700	23.10
129	200	230	16.20
130	140	230	46.40
131	115	720	40.80
132	190	425	17.40
133	125	500	94.50
134	225	230	20.60
135	235	425	29.80
136	500	230	21.00
137	165	1400	29.30
138	110	230	27.30
139	70	1400	18.60
140	90	900	13.80
141	170	485	23.00
142	105	300	28.60
143	120	450	32.70
144	245	230	25.40
145	175	450	44.10
146	260	380	34.30
147	90	300	83.00
148	400	230	34.00
149	265	230	40.00
150	400	300	35.20
151	210	200	14.30
152	115	380	39.10
153	120	230	29.20
154	140	260	14.30
155	160	230	12.50
156	170	415	57.90
157	180	230	34.30
158	265	380	20.20
159	190	265	26.80
160	210	300	17.10
161	240	260	43.00
162	240	1400	35.60
163	265	575	9.10
164	121	1800	7.90
165	240	270	42.80
166	60	640	40.00
167	220	230	29.30
168	120	640	24.20
169	260	230	16.90
170	155	550	22.60
171	65	325	8.80
172	250	250	35.20
173	95	1300	8.10
174	145	450	63.60
175	65	230	38.30
176	160	230	39.00
177	150	230	59.60



INNGANGS DATA : TILREKNINGSAREAL.  
TØRRVERSÅVRENNING

219.3 HA  
334 L/P.D

RØR NR	LENGDE (M)	DIAMETER (MM)	FALL (O/00)
178	125	300	69.00
179	115	230	56.50
180	165	300	22.80
181	85	450	20.50
182	145	230	52.00
183	215	360	2.30
184	100	230	14.50
185	125	1300	21.30
186	150	230	42.70
187	250	230	43.70
188	70	1300	37.40
189	105	550	27.50
190	285	200	44.70
191	180	1400	9.20
192	60	1550	7.50
193	200	465	13.20
194	160	510	27.90
195	175	300	23.70

OMRÅDE

bislettbekken

KARAKTERISTISKE DATA

TILRENNINGSAREAL	219.3 HA
TORRVERSARENNING	384 L/P.D
ANTALL LEDNINGER	134
TOTAL LENGDE	24158 M
VEIET MIDLERE DIAMETER	433.947 MM
VEIET MIDLERE FALL	30.0659 G/00
FALL SPD	18.6 0/00
FALL SPD/4	8.4 0/00

\*\*\*\*\*

TORRSTOFFAVSETTING I KG/DØGN/M RGR

TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL	R2
GODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD								
.00288	.00360	.00125	.00012	.00004	.00003	.00215	(42)	0.949
.01097	.01368	.00476	.00045	.00015	.00010	.00813	(43)	0.852
.00924	.01152	.00401	.00038	.00013	.00008	.00688	(44)	0.848
.01011	.01261	.00439	.00041	.00014	.00009	.00753	(45)	0.845

MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

.00341	.00425	.00148	.00014	.00005	.00003	.00254	(42)	0.949
.01298	.01618	.00563	.00053	.00018	.00012	.00967	(43)	0.852
.01093	.01362	.00474	.00045	.00015	.00010	.00814	(44)	0.848
.01196	.01491	.00519	.00049	.00017	.00011	.00891	(45)	0.845

DÅRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

.00350	.00437	.00152	.00014	.00005	.00003	.00261	(42)	0.949
.01332	.01661	.00578	.00055	.00019	.00012	.00993	(43)	0.852
.01122	.01399	.00487	.00046	.00016	.00010	.00836	(44)	0.848
.01228	.01531	.00533	.00050	.00017	.00011	.00915	(45)	0.845

\*\*\*\*\*

TORRSTOFFAVSETTING I KG/ÅR/HEKTAR

TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL	R2
GODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD								
115.964	144.607	50.328	4.755	1.623	1.044	86.393	(42)	0.949
441.228	550.211	191.493	18.090	6.177	3.971	328.715	(43)	0.852
371.521	463.287	161.240	15.232	5.201	3.344	276.783	(44)	0.848
406.597	507.026	176.463	16.670	5.692	3.659	302.915	(45)	0.845

MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

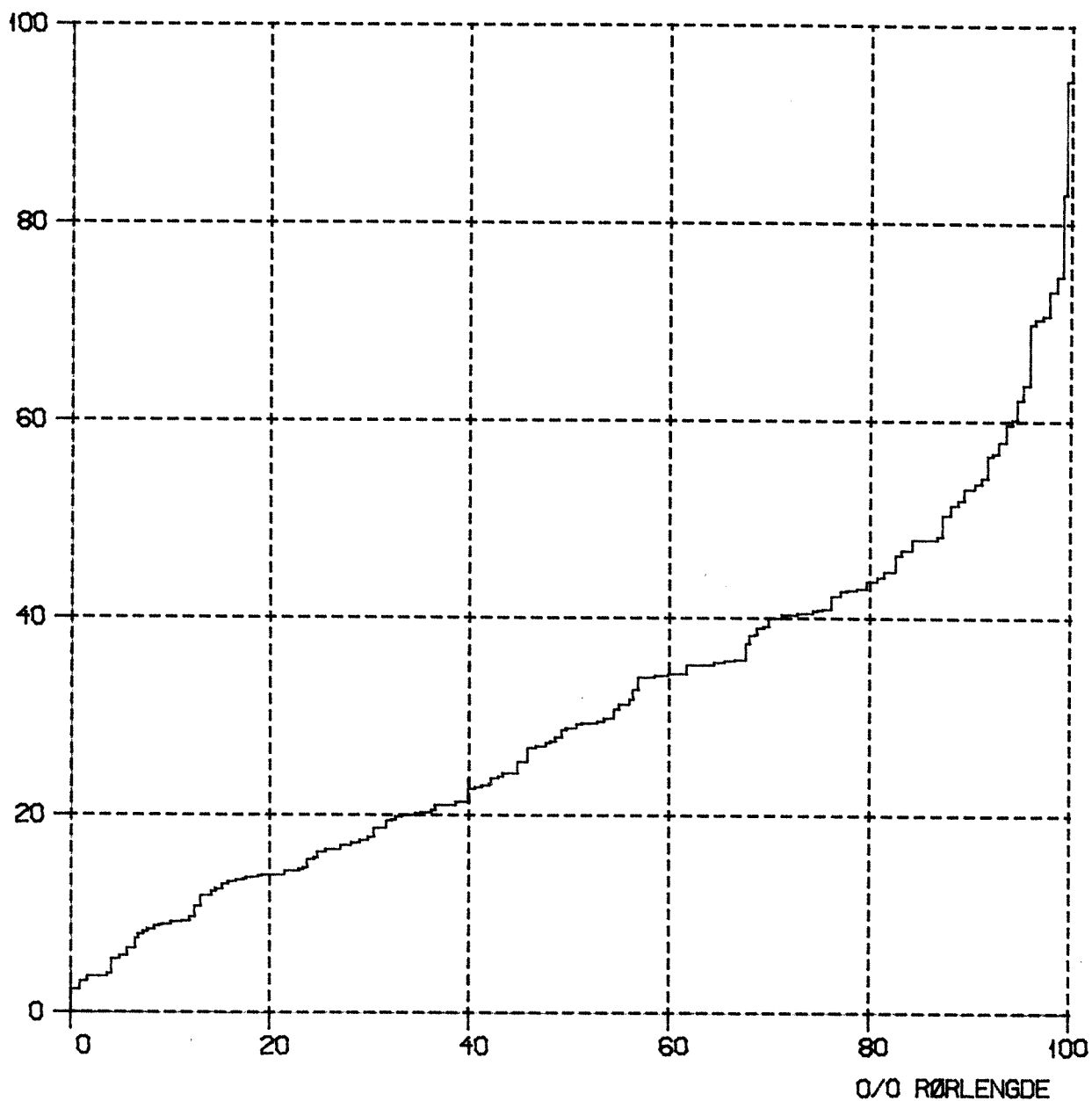
137.124	170.993	59.512	5.622	1.920	1.234	102.157	(42)	0.949
521.738	658.607	226.434	21.391	7.304	4.696	388.695	(43)	0.852
439.312	547.822	190.661	18.912	6.150	3.954	327.288	(44)	0.848
480.788	599.542	208.662	19.712	6.731	4.327	358.187	(45)	0.845

DÅRLIGE DRIFTS/VEDLINEHOLDSFORHOLD

140.800	175.577	61.107	5.773	1.971	1.267	104.896	(42)	0.949
535.724	668.048	232.504	21.965	7.500	4.822	399.115	(43)	0.852
451.089	562.508	195.773	18.495	6.315	4.060	325.061	(44)	0.848
493.677	615.615	214.256	20.241	6.911	4.443	367.789	(45)	0.845

# BISLETTBEKKEN

FALL I 0/00



KUMULATIV FORDELING AV FALLENE MHT TOTAL RØRLENGDE  
TOTAL RØRLENGDE : 24158 METER

DETTE ER ET PROGRAM SOM BEREGNER TØRRSTOFF SEDIMENTERINGEN  
I ET LEDNINGSNETT  
BEREGNINGENE BLIR FORETATT PÅ GRUNNLAG AV  
MATEMATISKE MODELLER UTVIKLET VED EPI

PROGRAMMET KREVER FØLGENDE INNANGSDATA

FRA TERMINAL    ANTALL RØRSEKSJONER  
                  MIDLERE TØRRVERSAVRENNING (L/P.D)  
                  TILRENNINGS AREAL (HA)

FRA DATAFIL    RØRNUMMER  
                  LENGDE (M)  
                  DIAMETER (MM)  
                  RØRSEKSJONENS FALL. (G/00)

TAST INN SYSTEMETS NAVN

TAST INN NAVNET FOR FILEN MED RØRSEKSJONSDATAENE

TAST INN ANTALL RØRSEKSJONER

TAST INN TOTALT TILRENNINGSAREAL

TAST INN MIDLERE TØRRVERSAVRENNING (L/P.D)

? rukklabelken

? oddvar1

? 12

? 380

? 473

INNGANGS DATA : TILRENINGSAREAL  
TØRRVERSÅVRENNING

380 HA  
473 L/P.D

RØR NR	LENGDE (M)	DIAMETER (MM)	FALL (O/00)
37	1030	300	34.00
36	940	500	33.00
35	535	600	50.00
44	960	600	33.00
45	900	500	40.00
43	900	450	44.00
42	700	1200	26.00
40	1290	500	26.00
41	1400	700	17.00
39	800	1200	38.00
38	900	3000	20.00
34	460	3200	7.00

OMRÅDE

rukklabekken

KARAKTERISTISKE DATA

TILRENNINGSAREAL 380 HA  
 TØRRVÆRSVAVRENNING 473 L/P.D  
 ANTALL LEDNINGER 12  
 TOTAL LENGDE 10815 M  
 VEIET MIDLERE DIAMETER 936.477 MM  
 VEIET MIDLERE FALL 30.2571 0/00  
 FALL SPD 26 0/00  
 FALL SPD/4 17 0/00

\*\*\*\*\*

TØRRSTOFFAVSETTING I KG/DØGN/M RØR

TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL	R2
CODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD								
.00212	.00265	.00092	.00009	.00003	.00002	.00158	(42)	0.949
.01229	.01532	.00533	.00050	.00017	.00011	.00915	(43)	0.852
.00627	.00782	.00272	.00026	.00009	.00006	.00467	(44)	0.848
.00862	.01075	.00374	.00035	.00012	.00008	.00642	(45)	0.845

MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

.00247	.00308	.00107	.00010	.00003	.00002	.00184	(42)	0.949
.01430	.01783	.00621	.00059	.00020	.00013	.01065	(43)	0.852
.00730	.00910	.00317	.00030	.00010	.00007	.00544	(44)	0.848
.01003	.01251	.00435	.00041	.00014	.00009	.00747	(45)	0.845

DÅRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

.00253	.00316	.00110	.00010	.00004	.00002	.00189	(42)	0.949
.01466	.01828	.00636	.00060	.00021	.00013	.01092	(43)	0.852
.00748	.00933	.00325	.00031	.00010	.00007	.00557	(44)	0.848
.01028	.01282	.00446	.00042	.00014	.00009	.00766	(45)	0.845

\*\*\*\*\*

TØRRSTOFFAVSETTING I KG/ÅR/HEKTAR

TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL	R2
CODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD								
22.037	27.480	9.564	.904	.309	.198	16.417	(42)	0.949
127.647	159.176	55.399	5.234	1.787	1.149	95.097	(43)	0.852
65.114	81.197	28.260	2.670	.912	.586	48.510	(44)	0.848
89.541	111.657	38.861	3.671	1.254	.806	66.703	(45)	0.845

MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

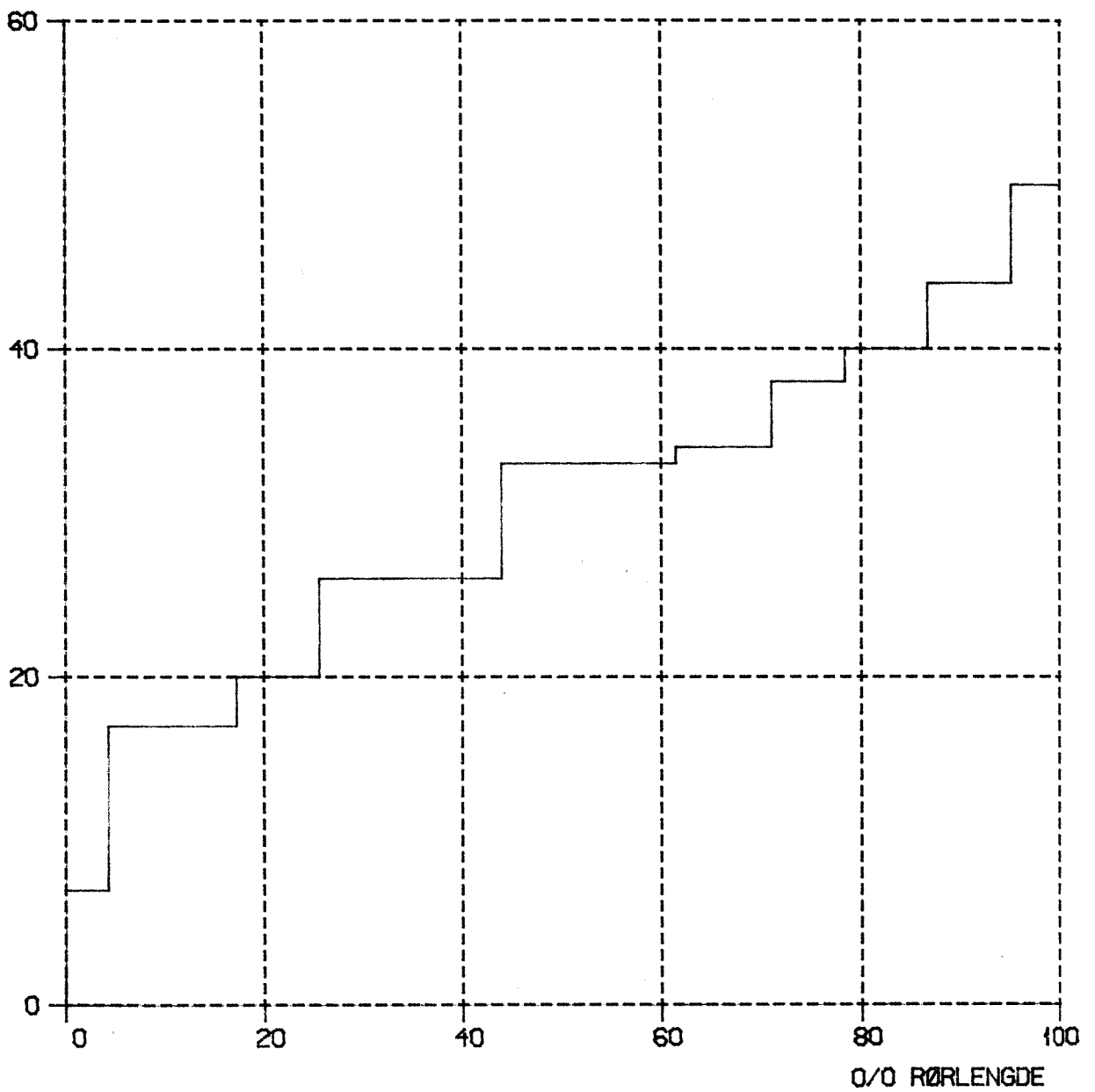
25.648	31.983	11.131	1.052	.359	.231	19.108	(42)	0.949
148.567	185.263	64.478	6.091	2.088	1.337	110.682	(43)	0.852
75.785	94.504	32.891	3.107	1.061	.682	56.460	(44)	0.848
104.215	129.955	45.229	4.273	1.459	.938	77.640	(45)	0.845

DÅRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

26.292	32.786	11.411	1.078	.368	.237	19.587	(42)	0.949
152.295	189.912	66.096	6.244	2.132	1.371	113.460	(43)	0.852
77.687	96.876	33.716	3.185	1.088	.699	57.877	(44)	0.848
106.830	133.218	46.364	4.388	1.496	.961	79.589	(45)	0.845

# RUKKLABEKKEN

FALL 1 0/00



KUMULATIV FORDELING AV FALLENE MHT TOTAL RØRLENGDE  
TOTAL RØRLENGDE : 10815 METER

DETTE ER ET PROGRAM SOM BEREGNER TØRRSTOFF SEDIMENTERINGEN  
I ET LEDNINGSNETT  
BEREGNINGENE BLIR FORETATT PÅ GRUNNLAG AV  
MATEMATISKE MODELLER UTVIKLET VED EPI

PROGRAMMET KREVER FØLGENDE INNGANGSDATA

FRA TERMINAL      ANTALL RØRSEKSJONER  
                    MIDLERE TØRRVERSAVRENNING (L/P.D)  
                    TILRENNINGS AREAL (HA)

FRA DATAFIL      RØRNUMMER  
                    LENGDE (M)  
                    DIAMETER (MM)  
                    RØRSEKSJONENS FALL (O/OO)

TAST INN SYSTEMETS NAVN	? ØYA
TAST INN NAVNET FOR FILEN MED RØRSEKSJONSDATAENE	? oddvar2
TAST INN ANTALL RØRSEKSJONER	? 52
TAST INN TOTALT TILRENNINGSAREAL	? 21.3
TAST INN MIDLERE TØRRVERSAVRENNING (L/P.D)	? 615



INNGANGS DATA : TILRENNINGSAREAL  
TØRRVERSÅVRENNING

21.3 HA  
615 L/P.D

RØR NR	LENGDE (M)	DIAMETER (MM)	FALL (O/CO)
1	67	600	13.00
2	13	600	23.00
3	75	600	15.00
4	44	600	18.00
5	38	600	14.00
6	10	600	14.00
7	9	600	14.00
8	15	1000	7.00
9	64	600	7.00
10	60	600	7.00
11	13	600	7.00
12	63	600	7.00
13	25	450	15.00
14	12	450	15.00
15	125	450	15.00
16	43	300	10.00
17	43	300	10.00
18	55	225	10.00
19	25	225	10.00
20	40	225	10.00
21	101	225	10.00
22	94	225	1.00
23	79	300	8.00
24	50	150	1.00
25	105	225	1.00
26	93	300	8.00
27	56	225	7.00
28	74	225	20.00
29	40	225	18.00
30	88	225	10.00
31	59	225	17.00
32	114	225	8.00
33	22	225	9.00
34	57	225	1.00
35	65	225	10.00
36	48	225	2.00
37	23	225	6.00
38	74	225	6.00
39	63	225	1.00
40	40	225	18.00
41	33	225	21.00
42	50	300	42.00
43	86	225	1.00
44	87	225	1.00
45	96	225	1.00
46	57	225	1.00
47	63	225	1.00
48	81	225	1.00
49	80	225	1.00
50	25	225	1.00
51	72	225	1.00
52	32	225	1.00

MIDLERE FALL UNDER 10 O/CO  
BENYTTET KURVEN FOR FALL MELLOM 10-18 O/CO

OMRÅDE

ØYA

KARAKTERISTISKE DATA

TILRENNINGSAREAL	21.3	HA
TØRRVERSÅVRENNING	615	L/P.D
ANTALL LEDNINGER	52	
TOTAL LENGDE	2946	M
VEIET MIDLERE DIAMETER	305.932	MM
VEIET MIDLERE FALL	8.05838	0/00
FALL SPD	7	0/00
FALL SPD/4	1	0/00

\*\*\*\*\*

TØRRSTOFFAVSETTING I KG/DØGN/M RØR

TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL	R2
GODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD								
.00939	.01171	.00407	.00038	.00013	.00008	.00699	(42)	0.949
.01256	.01567	.00545	.00052	.00018	.00011	.00936	(43)	0.852
.01253	.01563	.00544	.00051	.00018	.00011	.00934	(44)	0.848
.01239	.01545	.00538	.00051	.00017	.00011	.00923	(45)	0.845

MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

.01071	.01336	.00465	.00044	.00015	.00010	.00798	(42)	0.949
.01433	.01787	.00622	.00059	.00020	.00013	.01068	(43)	0.852
.01430	.01783	.00621	.00059	.00020	.00013	.01065	(44)	0.848
.01414	.01763	.00614	.00058	.00020	.00013	.01053	(45)	0.845

DÅRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

.01096	.01366	.00476	.00045	.00015	.00010	.00816	(42)	0.949
.01466	.01828	.00636	.00060	.00021	.00013	.01092	(43)	0.852
.01463	.01824	.00635	.00060	.00020	.00013	.01090	(44)	0.848
.01446	.01803	.00628	.00059	.00020	.00013	.01077	(45)	0.845

\*\*\*\*\*

TØRRSTOFFAVSETTING I KG/ÅR/HEKTAR

TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL	R2
GODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD								
473.993	591.069	205.713	19.434	6.636	4.266	353.125	(42)	0.949
634.263	790.926	275.270	26.005	8.880	5.708	472.526	(43)	0.852
632.730	789.014	274.605	25.942	8.858	5.695	471.384	(44)	0.848
625.576	780.094	271.500	25.649	8.758	5.630	466.054	(45)	0.845

MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

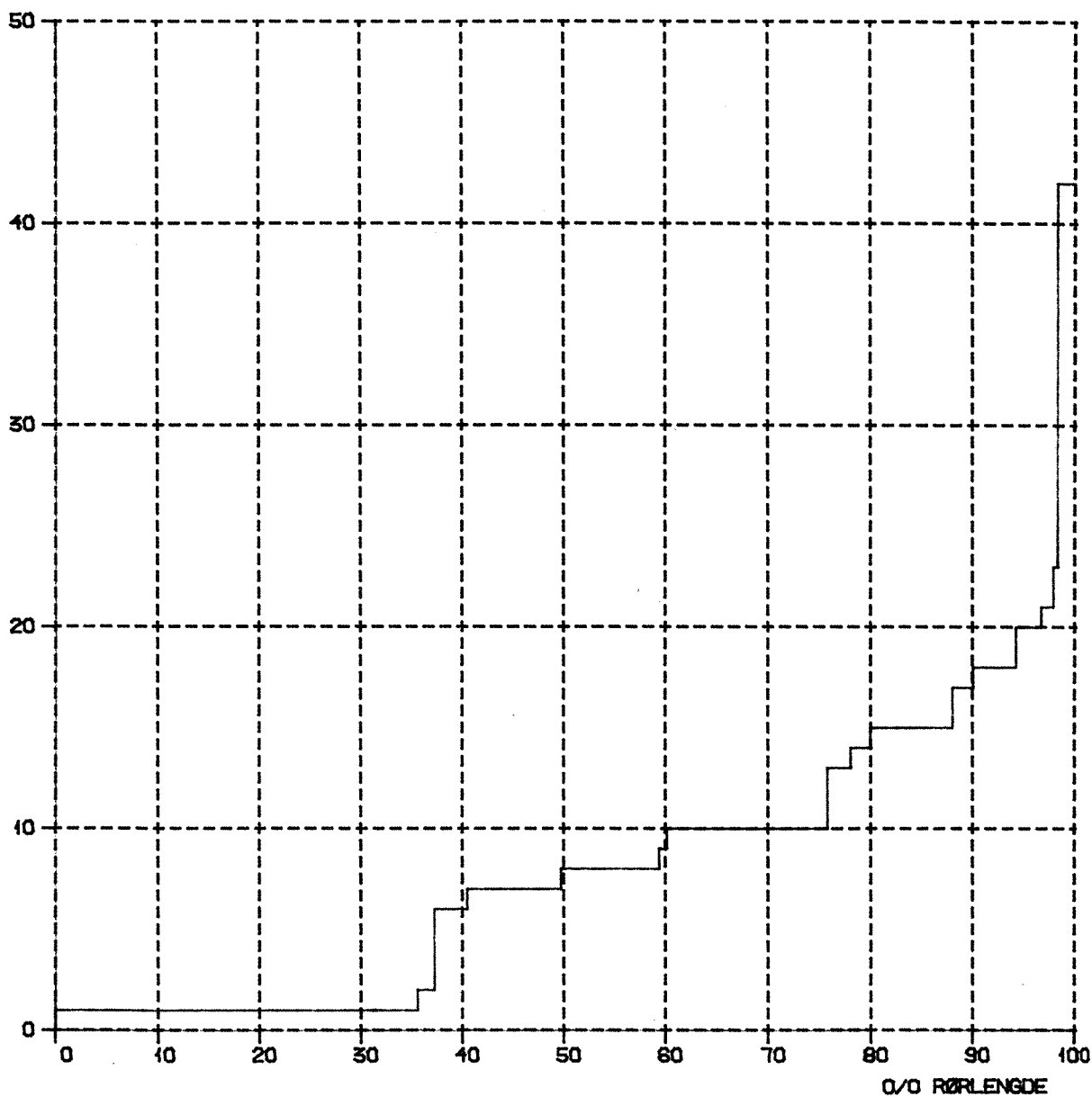
540.774	674.346	234.696	22.172	7.571	4.867	402.877	(42)	0.949
723.625	902.360	314.053	29.669	10.131	6.513	539.100	(43)	0.852
721.876	900.179	313.294	29.597	10.106	6.497	537.797	(44)	0.848
713.714	890.002	309.752	29.262	9.992	6.423	531.717	(45)	0.845

DÅRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

553.183	689.819	240.081	22.681	7.745	4.979	412.121	(42)	0.949
740.229	923.065	321.259	30.349	10.363	6.662	551.471	(43)	0.852
738.440	920.834	320.483	30.276	10.338	6.646	550.138	(44)	0.848
730.091	910.424	316.860	29.934	10.221	6.571	543.918	(45)	0.845

# ØYA

FALL 1 0/00



KUMULATIV FORDELING AV FALLENE MHT TOTAL RØRLENGDE  
TOTAL RØRLENGDE : 2946 METER

DETTE ER ET PROGRAM SOM BEREGNER TØRRSTOFF SEDIMENTERINGEN  
I ET LEDNINGSNETT  
BEREGNINGENE BLIR FORETATT PÅ GRUNNLAG AV  
MATEMATISKE MODELLER UTVIKLET VED EPI

PROGRAMMET KREVER FØLGENDE INNGANGSDATA

FRA TERMINAL      ANTALL RØRSEKSJONER  
                     MIDLERE TØRRVERSAVRENNING (L/P.D)  
                     TILRENNINGS AREAL (HA)

FRA DATAFIL      RØRNUMMER  
                     LENGDE (M)  
                     DIAMETER (MM)  
                     RØRSEKSJONENS FALL (O/00)

TAST INN SYSTEMETS NAVN	? STENKJER
TAST INN NAVNET FOR FILEN MED RØRSEKSJONSDATAENE	? oddvar3
TAST INN ANTALL RØRSEKSJONER	? 95
TAST INN TOTALT TILRENNINGSAREAL	? 320.8
TAST INN MIDLERE TØRRVERSAVRENNING (L/P.D)	? 500

INNGANGS DATA : TILRENNINGSAREAL  
TØRRVERSÅVRENNING

320.8 HA  
500 L/P.D

RØR NR	LENGDE (M)	DIAMETER (MM)	FALL (0/00)
1	20	350	37.50
5	60	400	5.00
6	620	350	5.00
7	140	200	35.00
8	10	200	50.00
9	270	200	4.80
10	10	200	10.00
11	850	225	1.00
12	10	200	10.00
13	400	250	1.00
14	1620	225	1.00
15	50	200	32.00
17	400	300	4.70
18	10	200	10.00
20	300	350	16.00
21	400	140	1.00
401	277	600	9.00
402	86	300	27.90
403	987	300	18.00
404	116	225	77.60
405	660	225	39.40
406	90	1000	3.30
407	110	600	9.10
408	318	600	3.10
501	80	600	18.70
502	440	600	2.30
601	164	250	4.90
602	396	450	7.60
603	137	225	27.70
701	140	450	8.60
702	375	225	63.20
703	144	200	20.80
801	180	600	36.70
802	232	525	3.00
803	220	300	16.80
804	294	300	22.10
805	577	300	45.40
806	378	300	81.20
807	296	225	32.10
808	440	300	48.90
809	480	225	14.40
810	198	300	31.80
811	184	300	39.70
812	476	300	72.10
813	556	225	41.00
814	340	300	43.80
815	778	225	9.30
1401	120	450	15.80
1402	270	375	23.30
1403	606	225	59.10
1501	230	200	8.70
1502	440	300	36.40
1601	518	400	5.00
1602	120	225	150.00
1603	234	225	27.40
1701	204	300	4.40
1702	218	225	1.40
1703	424	300	.20

INNGANGS DATA : TILREININGSAREAL  
TØRRVÆRSÅVRENNING

- 77 -  
320.8 HA  
500 L/P.D

RØR NR	LENGDE (M)	DIAMETER (MM)	FALL (O/CO)
1704	124	525	11.30
1705	294	375	12.60
1706	300	375	81.00
1707	100	500	4.00
1708	374	450	23.50
1709	226	300	70.40
1710	522	225	36.60
1801	186	1000	.50
1802	254	300	68.90
1803	174	225	38.50
1804	340	300	56.50
1805	136	225	121.30
1806	90	1000	1.10
1807	260	225	58.10
1808	40	1000	2.50
1809	160	800	6.20
1810	266	300	107.10
1811	62	800	8.10
1812	226	300	.90
1813	130	600	11.50
1814	360	300	4.20
1815	270	450	111.10
1816	282	225	49.30
1817	340	225	97.40
1818	300	225	130.30
1819	60	450	263.30
1820	126	225	128.60
1821	390	225	126.20
1822	270	225	70.40
1823	266	225	48.10
1901	54	300	46.30
1902	280	225	83.90
1903	40	300	300.00
1904	234	225	87.60
2001	210	300	193.30
2002	90	300	136.70
2003	300	225	62.00

OMRÅDE

STENKJER

KARAKTERISTISKE DATA

TILRENNINGSAREAL 320.8 HA  
 TØRRVERSÅVRENNING 500 L/P.D  
 ANTALL LEDNINGER 95  
 TOTAL LENGDE 26039 M  
 VEIET MIDLERE DIAMETER 312.309 MM  
 VEIET MIDLERE FALL 35.67 O/00  
 FALL SPD 6.2 O/00  
 FALL SPD/4 1 O/00

\*\*\*\*\*

TØRRSTOFFAVSETTING I KG/DØGN/M RØR

TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL	R2
GODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD								
.00764	.00953	.00332	.00031	.00011	.00007	.00569	(42)	0.949
.00697	.00869	.00303	.00029	.00010	.00006	.00519	(43)	0.852
.00715	.00891	.00310	.00029	.00010	.00006	.00533	(44)	0.848
.00826	.01030	.00358	.00034	.00012	.00007	.00615	(45)	0.845

MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

.00886	.01105	.00384	.00036	.00012	.00008	.00660	(42)	0.949
.00808	.01008	.00351	.00033	.00011	.00007	.00602	(43)	0.852
.00828	.01033	.00360	.00034	.00012	.00007	.00617	(44)	0.848
.00957	.01193	.00415	.00039	.00013	.00009	.00713	(45)	0.845

DÅRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

.00908	.01132	.00394	.00037	.00013	.00008	.00676	(42)	0.949
.00828	.01033	.00359	.00034	.00012	.00007	.00617	(43)	0.852
.00849	.01058	.00368	.00035	.00012	.00008	.00632	(44)	0.848
.00980	.01223	.00426	.00040	.00014	.00009	.00730	(45)	0.845

\*\*\*\*\*

TØRRSTOFFAVSETTING I KG/ÅR/HEKTAR

TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL	R2
GODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD								
233.428	291.085	101.308	9.571	3.268	2.101	173.904	(42)	0.949
212.921	265.512	92.408	8.730	2.981	1.916	158.626	(43)	0.852
218.271	272.184	94.730	8.949	3.056	1.964	162.612	(44)	0.848
252.123	314.397	109.421	10.337	3.530	2.269	187.831	(45)	0.845

MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

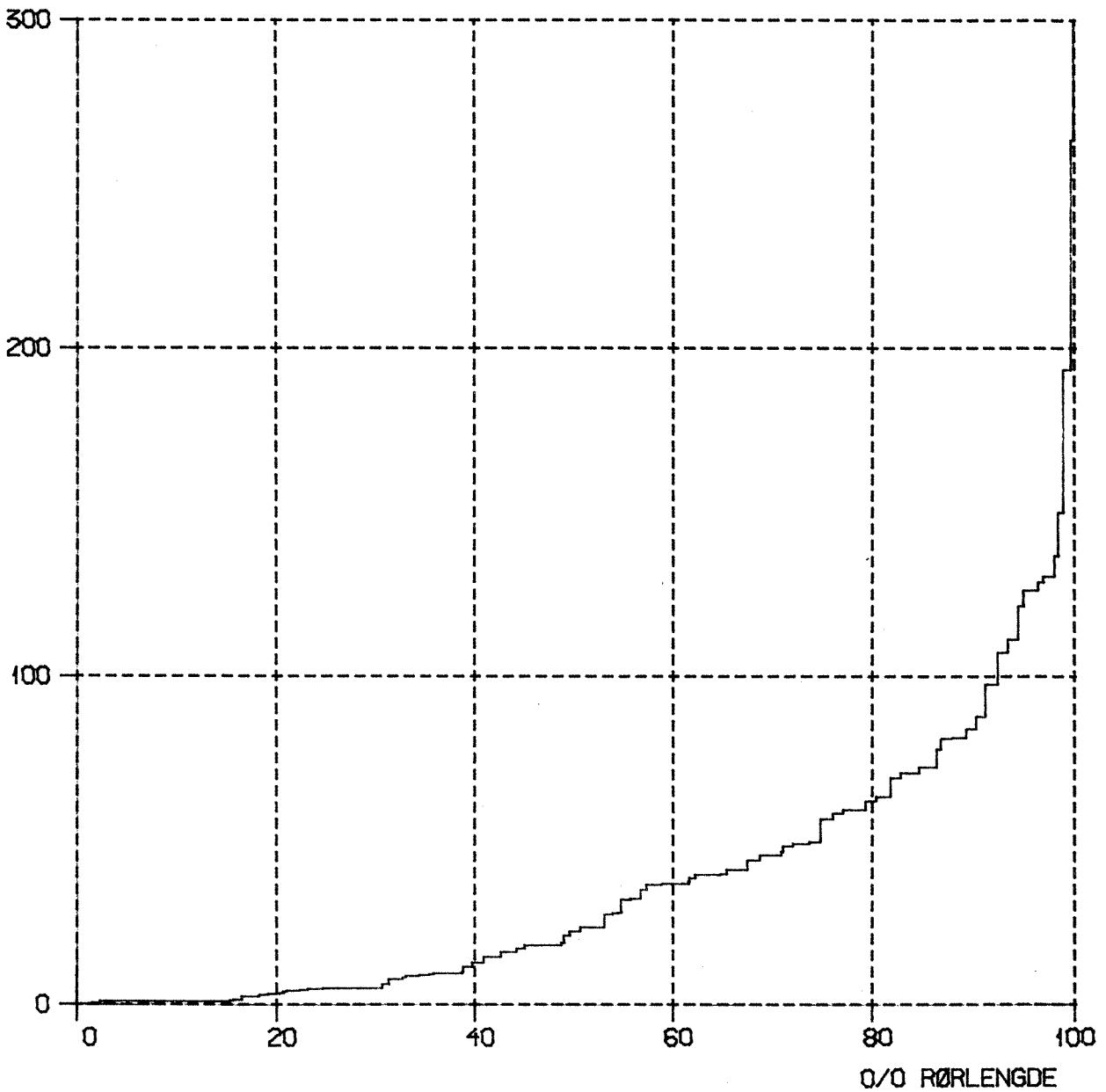
270.540	337.363	117.414	11.092	3.788	2.435	201.552	(42)	0.949
246.771	307.724	107.099	10.118	3.455	2.221	183.845	(43)	0.852
252.973	315.457	109.790	10.372	3.542	2.277	188.465	(44)	0.848
292.206	364.381	126.817	11.980	4.091	2.630	217.693	(45)	0.845

DÅRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD

277.206	345.676	120.307	11.365	3.881	2.495	206.519	(42)	0.949
252.852	315.307	109.738	10.367	3.540	2.276	188.375	(43)	0.852
259.206	323.230	112.496	10.627	3.629	2.333	193.109	(44)	0.848
299.406	373.360	129.942	12.276	4.192	2.695	223.058	(45)	0.845

# STEINKJER

FALL 1 0/00



KUMULATIV FORDELING AV FALLENE MHT TOTAL RØRLENGDE  
TOTAL RØRLENGDE : 26839 METER



ISBN 82-577 0545 4

# **WA** rapporter utgitt av NIVA

- 1/81 Treatment of potable water containing humus by electrolytic addition of aluminium followed by direct filtration  
Research Proposal  
F-80415 Eilen Arctander Vik. Januar 1981
- 2/81 Water research in developing countries  
A desk survey about planning and ongoing research projects  
O-80028 Svein Stene Johansen. Januar 1981
- 3/81 VA-teknisk forsøkshall Sentralrenseanlegg Vest SRV  
Notat  
Arild Schanke Eikum, Arne Lundar. Februar 1981
- 4/81 Alkalization/hardening of drinking water  
Research proposal  
G-314 Egil Gjessing. Februar 1981
- 5/81 Tiltak mot forurensning fra fiskeoppdrett  
Behandling av vann i resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrett  
Forskningsprogram 1981-1984  
FP-80802 Arild Schanke Eikum, Eivind Lygren. Mai 1981
- 6/81 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 2  
O-80018 Svein Stene Johansen. Mai 1981
- 7/81 Kalking av tilløp til lille Asketjern for fjerning av humus  
Innledende forsøk. O-81065 Eilen Arctander Vik. August 1981
- 8/81 Tilføringsgrad for oppsamlingsnett  
Status for eksisterende målinger  
O-80055 Lasse Vråle. August 1981
- 10/81 Fjerning av humus ved H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-tilsetning og UV-bestråling  
F-80415 Lasse Bergling. Oktober 1981
- 11/81 Treatment of Septic Tank Sludge  
European practice  
O-80040 Arild Schanke Eikum. November 1981
- 12/81 Silgrainsyre som fellingsmiddel for avløpsvann  
Buhrestua renseanlegg, Nesodden  
O-80093 Lasse Vråle. Desember 1981
- 13/81 Analyse av vannbehov i husholdninger, næringsvirksomhet institusjoner og til kommunaltekniske formål  
O-78028-01 Svein Stene Johansen, Kim Vedum. Desember 1981
- 1/82 Fjerning av nitrogen fra kommunalt avløpsvann ved ammoniakkavdriving  
F-81427 Torbjørn Damhaug. Mars 1982
- 2/82 Rensning av sigevann fra søppelfyllplasser  
OF-80606 Torbjørn Damhaug.
- 3/82 Hvirvelkammer og hvirveloverløp  
Regulering av vannføring og rensing av overløpsvann  
O-79090 Eivind Lygren, Kim Vedum. Mai 1982
- 4/82 Avvanning av septikslam i container  
O-81104 Bjarne Paulsrud. August 1982
- 5/82 Kalibrering og justering av vannføringsmålere  
O-82011 Kim Vedum. Mai 1982
- 6/82 Vurdering av driftsinstrukser og driftsforhold ved renseanlegg rundt Indre Oslofjord  
O-82004 Arne Lundar, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 7/82 Styring av kjemikaliedosering ved kjemiske renseanlegg  
Erfaringer med bruk av ledningsevne som styringsparameter  
O-82025 Torbjørn Damhaug, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 8/82 Strålingskjemisk oksydasjon av organisk stoff i vann  
Programforslag  
F-80415 Kim Vedum. September 1982
- 9/82 Slamstabilisering under høy temperatur ved bruk av rent oksygen  
OF-80607, F-81430 Bjørn-Erik Haugan. Oktober 1982