

Nedbørforhold – overløpsmengder – fordrøyning

Av *Oddvar Lindholm*

Oddvar Lindholm er siviling. fra NTH i 1968.
Overingeniør i Statens forurensningstilsyn,
Seksjon for utredninger og resipienter.

1. Innledning.

At det finnes et sterkt samband mellom overløpsmengder og fordrøyningens volum i fellessystemer er lett forståelig. At forskjellen i nedbørforholdene mellom f.eks. Oslo og Trondheim påvirker overløpsmengdene og virkningen av fordrøyningens volum så mye som denne artikkelen viser, var en overraskelse, iallfall for forfatteren. Kunnskap om nedbørforholdene er ofte avgjørende for utformingen av viktige deler av både fellessystemene og separatsystemene. Det er derfor mye som taler for en sterk opptrapping av registrering og forskning innen feltet korttidsnedbør.

Denne påstand vil kunne støttes av følgende punkter:

- a) I et bestemt øyeblikk kan nedbørintensiteten variere svært mye over relativt korte avstander. M.a.o. det kan være en betydelig feil å bruke samme dimensjonerende regnintensitet over hele det aktuelle avløpsfeltet i samme tidspunkt. (Se f.eks. Balmér et al. (1).
- b) Formen på det dimensjonerende regn er som regel svært forskjell-

lig fra en konstant intensitet i tid, som i dag er det vanlige antatte. Dette har stor betydning for den maksimale vannføring. (Se f.eks. Aune (2).

- c) Nedbørmønsteret over året varierer svært mye over relativt korte avstander i Norge. Forholdene her er i så måte langt ugunstigere enn f.eks. Danmark, Tyskland, USA e.l. F.eks. kan nevnes at et 10 minutters regn med 10 års frekvens i Tromsø er på ca. 50 l/s . ha, mens tilsvarende i Oslo er ca. 150 l/s . ha. Når vi så vet hvor få pluviografstasjoner vi har i Norge og tilsvarende lite dimensjonerende intensitetskurver, samtidig som vi forstår hva dette betyr for økonomi (dimensjoner av ledninger og volumer) og forurensningsberegninger (overløp, renseanleggsbelastninger) bør en naturlig konsekvens være en opptrapping på sektoren «korttidsnedbør i Norge».

Denne artikkelen peker blant annet på en delkonsekvens under pkt. c.

2. Forutsetninger.

For å kunne gjennomføre beregningseksemplene har det vært nødvendig å benytte erfaringer fra en rekke PRA-prosjekter.

Korttidsnedbørdata er hentet fra målinger over fem år på PLUMATIC-pluviografmålere på Gjettem ved Sandvika og Tyholt i Trondheim, utført av PRA 4.1. «Korttidsnedbør.» Se (2), Aune.

For å kunne omforme disse data til modellregn ved nedbørssimuleringer i datamaskinberegningene er EDB-programmet utviklet av PRA 4.10. «Modellregn» benyttet. Se Lindholm (3).

For å få realistiske forurensningsgrader i overvannet er resultatene fra PRA 4.7. «Forurensning i overvann» benyttet. Se Lindholm et al. (4). Avrenningskoeffisienter er vurdert bl.a. på bakgrunn av resultater fra PRA 4.2. «Urbaniseringens innvirkning på avrenningen». Resultater rapportert av Hetager (5) er prøvd vurdert med hensyntagen til forventet innvirkning av tilrenningstider og dempning forøvrig på de rapporterte koeffisienter.

Endelig er disse inputdata påsatt et hypotetisk ledningsnett vist i figur 1, og analysert på datamaskiner ved hjelp av de EDB-programmer som er utviklet i Praha 4.6. «Systemanalyse av avløpsanlegg». Se Lindholm (6).

Ledningsnettet er et fellessystem og overløpet med evt. tilhørende fordrøyningsbasseng er plassert umiddelbart nedstrøms pkt. 1. Den naturlige dempning i rørsystemet blir tatt hensyn til i ledningsnettprogrammet. I denne artikkelen beskrives resul-

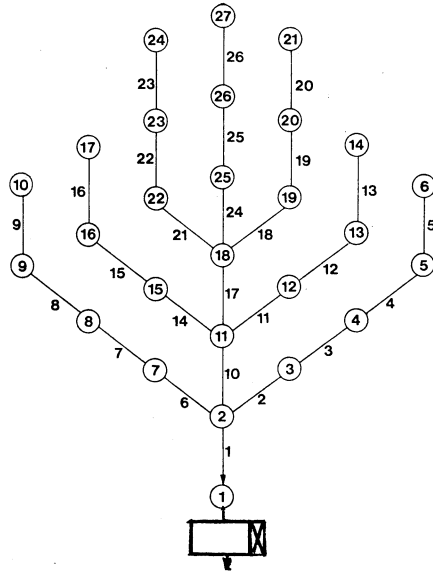


Fig. 1. Ledningsnettet.

tatene av fire alternative forutsetninger. De forutsetninger som er like for alle alternativer er:

Areal pr. ledningsstrekning = 10 ha
Lengde av en ledningsstrekning	
(mellom to pkt.) = 300 m
Ledningsfall 6 ‰
Rørruhet (Colebrooke) k	= 1 mm
Ledningsdimensjonene er	
dimensjonert for 10	
års regnet i Oslo.	
Spesifikt vannforbruk	= 400 l/p.d
Spesifikk fosforbelastn.	= 3 g/p.d.

Fosfor er valgt som forurensningsparameter. De forutsetninger som varierer for hvert alternativ er vist i tabell 1.

Tabell 1. Forutsetninger i avløpsfeltet.

Alt.	Befolknings- tetthet p/ha	Nedbør- mønster fra	Avren- nings- koeffisi- ent	Tid for overflate- tilren- ning. Min.	Fosfor i over- vann.* mg/l	Merk- nader
1	30	Gjettum	0,2	15	1,5	Innlands- klima
2	100	»	0,3	10	3,0	»
3	150	»	0,4	8	3,5	»
4	100	Tyholt	0,3	10	3,0	Kystklima

* Utspyling av røravlagringer er inkludert.

På basis av flere års nedbørsregi-
streringer, og med ønsket om å finne
representative år ble året 1974 valgt
for Gjettum (innlandsklima) og 1972
for Tyholt (kystklima). I den peri-
oden om sommeren som ble valgt falt
det h.h.v. 378 og 377 mm nedbør.
EDB-programmet fra PRA 4.10. sor-

terte regnene inn i ni forskjellige
modellregn slik som tabell 2 viser.
All nedbør med lavere intensitet enn
2 l/ha er neglisjert. Dersom to på-
følgende regn har falt med et kor-
tere mellomrom enn 90 minutter, er
disse sett i sammenheng som ett
regn.

Tabell 2. Nedbørfordeling over året.

GJETTUM

	2—10 l/s · ha			10—25 l/s · ha			> 25 l/s · ha		
	A*	I	T	A	I	T	A	I	T
0—30 min.	8	6	21	11	19	18	2	33	20
30—90 min.	25	5	50	7	14	47	2	33	50
> 90 min.	34	5	215	2	12	260	0	—	—

TYHOLT

0—30 min.	18	6	21	7	13	15	3	42	10
30—90 min.	51	4	43	2	16	47	0	—	—
> 90 min.	36	5	265	0	—	—	0	—	—

A* = antall pr. sommer. I = middelintensitet. T = middelvarighet.

Tabell 2 viser at sommerens regn
er delt inn i ni «typeregner». F.eks. ser
en at det regn på Tyholt som har
tidsintervall 30—90 min. og intensi-

tetsintervall 10—25 l/s.ha, opptrer i
et antall av 2 pr. sommer, har mid-
delintensitet på 16 l/s.ha og middel-
varighet 47 minutter. En ser at reg-

net på Tyholt stort sett faller med lavere intensitet enn regnet på Gjet-tum. Nedbørfordelingen er også vist i diagramform i figur 2. Her er de ni «typeregner» fordelt på mm nedbør for de to stasjoner. En ser at lengre regn med høy intensitet er sjeldene i Trondheim (Tyholt). Disse ni model-regn ble lest inn til ledningsnett-programmet, hvilket er en økonomisk overkommelig oppgave. (I virkelig-heten falt 117 regn på Tyholt i peri-oden. Jfr. tabell 2.)

Sammen med de øvrige rapporterte inputdata ga dette bl.a. de resultater som er vist i avsnitt 3.

3. Resultater.

3.1. Betydning av ulike nedbør-forhold.

Ved å sammenligne figur 3 og 4 ser en betydningen av ulike nedbør-forhold ved ellers helt like forhold. F.eks. ved en overløpsinnstilling på 3,5 TVA (tørrværsavrenning) og et fordrøyningsvolum på 7,7 m³/ha i feltet, vil 0,34 kg fosfor pr. ha og sommer gå i overløp ved Gjettum (innlandsnedbør), mens intet vil gå i overløp ved Tyholtforhold (kyst-klima). Kurvene fra figur 3 og 4 er gjort sammenlignbare på et hvert punkt i figur 5. Der ser en at ved så lave overløpsinnstillinger som 2*TVA vil overløpsmengdene være omtrent det samme for begge steder uansett størrelse på fordrøynings-volum. Ved store fordrøyningsvolum ser en at økende overløpsinnstilling kommer svært raskt ut til fordel for Tyholtnedbør. Ved lite eller intet fordrøyningsvolum faller ikke kurvene fullt så raskt ut til fordel for Tyholt,

selv om en likevel må si at kun 15 % av forureningsmengden ved intet fordrøyningsvolum og en overløps-innstilling på 5*TVA er raskt nok. Et eksempel fra figur 5 er at ved et fordrøyningsbasseng på 3,8 m³/ha og en overløpsinnstilling på 4*TVA vil fosformengden i et «Tyholtoverløp» være 30 % av et «Gjettumoverløp» i sommerperioden. (Når en i artikke-len sier Tyholt- og Gjettumforhold, kunne en like gjerne si innlands- og kystforhold?)

3.2. Innvirkning av fordrøynings-basseng.

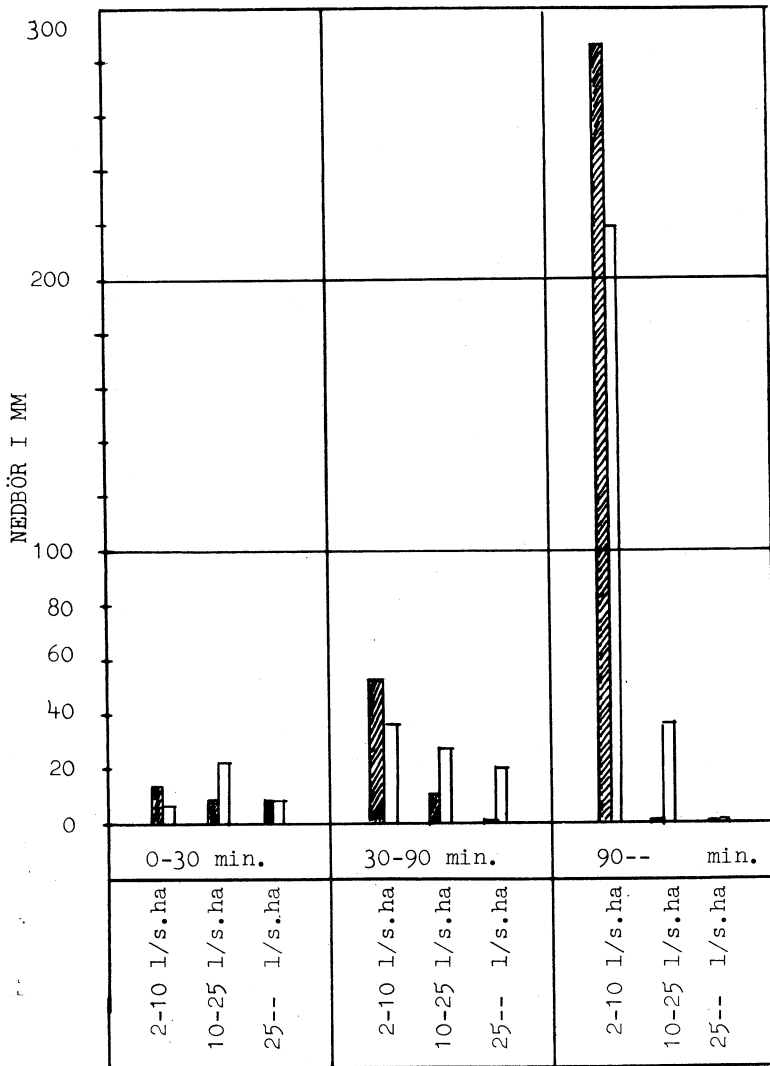
Fordrøyningsvolumers innvirkning på overløpens utslipp av fosfor pr. sommer er analysert for det hypotetiske feltet med «innenlandsnedbør» (Gjettum) og for tre ulike befolkningstettheter med tilhørende forut-setninger som vist i tabell 1. Resul-tatene er plottet i figur 3,6 og 7. Sammenligner man figur 6 og 7, eller 30p/ha med 150 p/ha, og velger en overløpsinnstilling på 4 TVA, er virkningen av 11,5 m³/ha fordrøynings-volum:

30 p/ha — reduksjon fra 0,9 kg
p/ha-sommer til 0,08 kg
150 p/ha — reduksjon fra 1,2 kg
p/ha-sommer til 0,36 kg.

Den relative reduksjon er dermed størst for feltet med lav befolkningstetthet. En legger også merke til at et lite volum på 3,8 m³/ha har relativt stor virkning på feltet med lav tetthet og vesentlig mindre relativ virkning i feltet med stor tetthet.

Forøvrig legger man merke til at kurvene for størst folketetthet har størst markert knekk, mens ved liten

FIG.2 NEDBÖRFORDELING OVER SOMMERHALVÅRET.



□ Gjettem i Bærum 21/6-14/11 1974 378 mm

▨ Tyholt i Trondheim 2/4-29/11 1972 377 mm

FIG 3 OVERLÖPSMENGDER-100P/HA-INNLANDSNEDBÖR

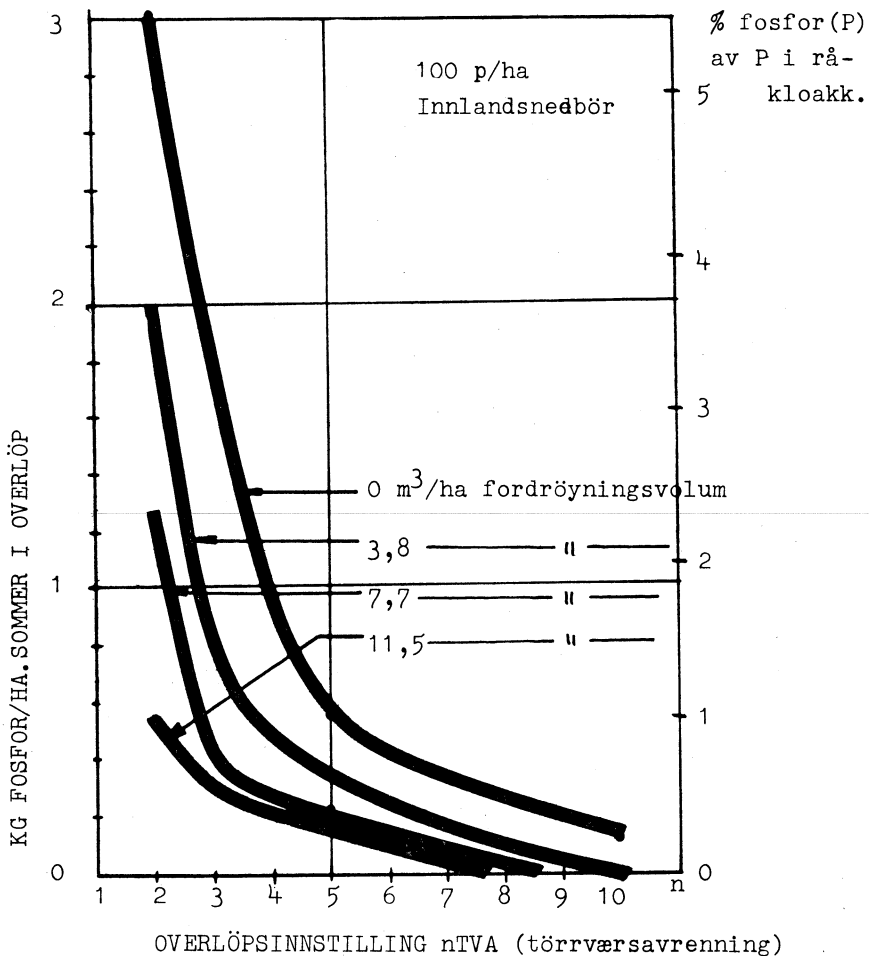


FIG 4 OVERLÖPSMENGDER-100P/HA-KYSTNEDBÖR

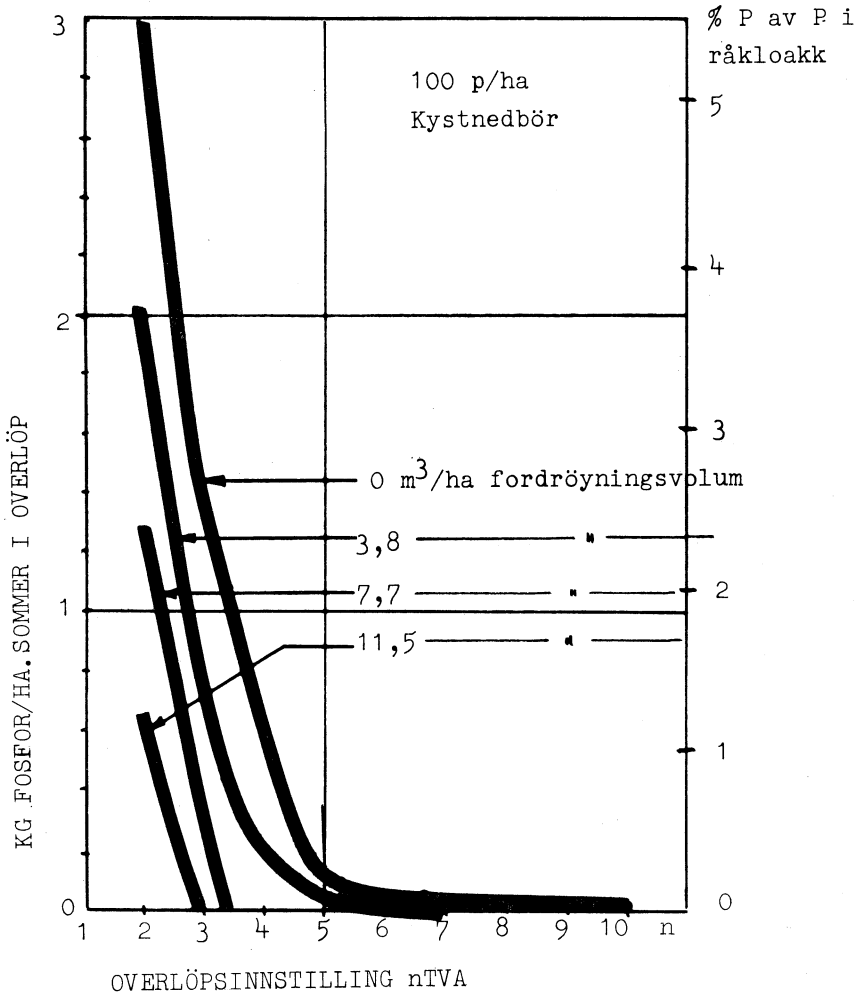
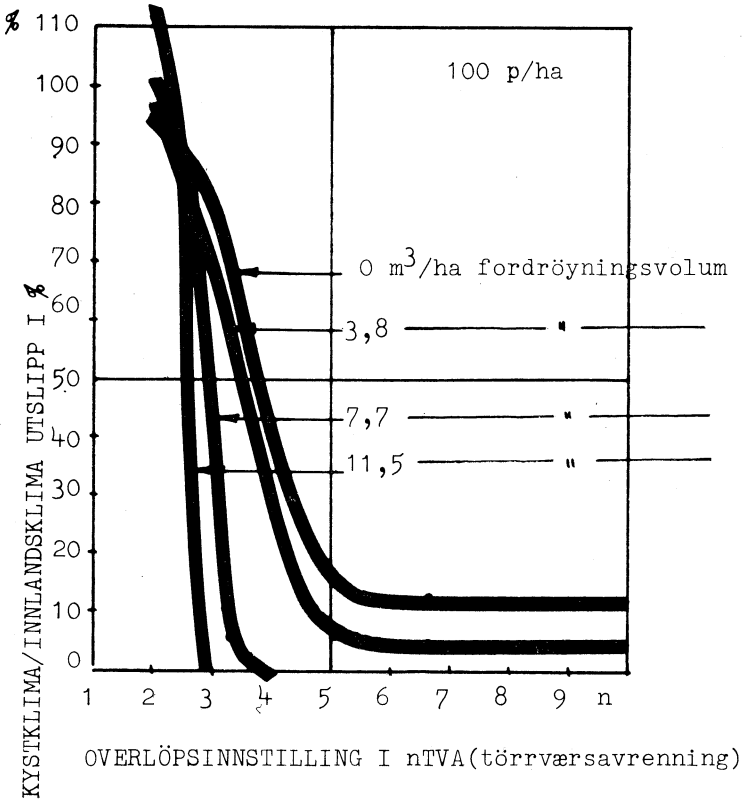


FIG 5 SAMMENLIGNING AV OVERLÖPSMENGDER KYST-INNLANDSKLIMA



KG FOSFOR/HA. SOMMER I OVERLÖP

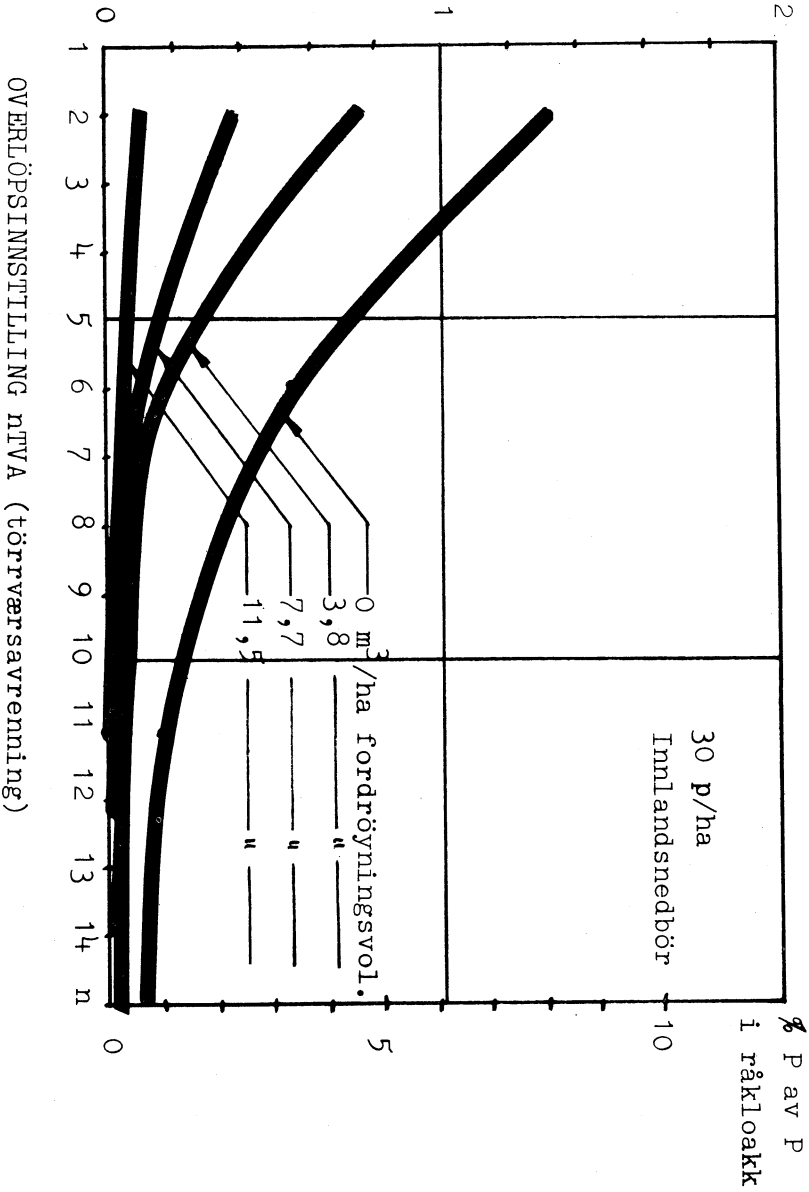
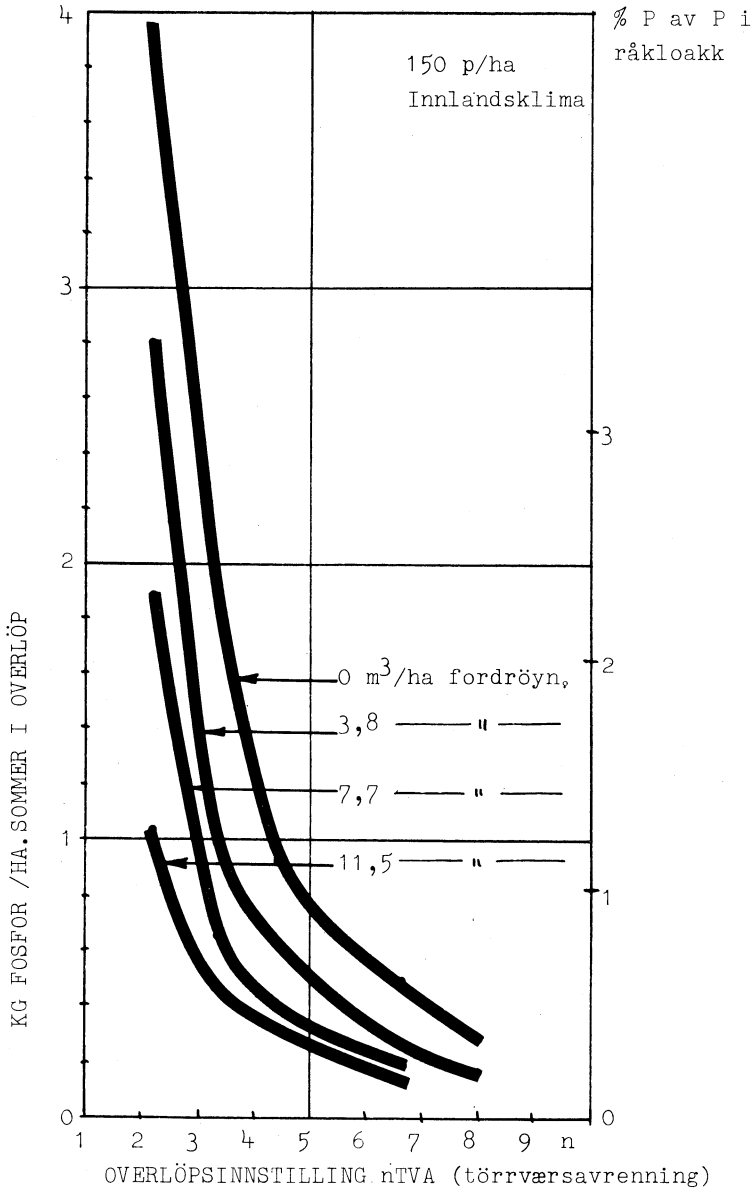


FIG 6 OVERLØPSMENNGDE-FORDRYNINGSVOLUM-OVERLØPSINNSTILLING

FIG 7 OVERLÖPSMENGDE-FORDRÖYNING-OVERLÖPSINNSTILLING



folketetthet er det liten eller ingen knekk.

På figur 8 er fordrøyningsvolumenes innvirkning på de enkelte modellregn eller typeregner vist for innlandsnedbør (Gjettum) og 100 p/ha.

Et volum på 2,5 m³/ha eliminerer overløp fullstendig for to typeregner med tilsammen 25 + 8 = 33 tilfeller pr. sommer. Et volum på ca. 12 m³/ha eliminerer fullstendig alle overløpstilfeller unntagen 2 + 2 = 4 stk. En ser at det å fullstendig eliminere alle overløpstilfeller vil kreve svært store fordrøyningsvolumer i størrelsesorden 40—50 m³/ha, mens 10—15 m³/ha virker å være en totalt sett «riktigere» størrelse. Hva som er «riktig» vil naturligvis avhenge av resipienten.

I figur 9 er det plottet fosformengder i overløp for innlandsnedbør (Gjettum) og uten fordrøyningsvolum. De tre befolkningstetthetene er sammenstilt i diagrammet og overløpsmengdene er beregnet i prosent av spillvannsbelastningen i vedkommende felt. Diagrammet er hovedsakelig plottet for å illustrere at en viss overløpsinnstilling X TVA gir svært forskjellig prosent forurensning i overløp i forhold til spillvannsproduksjonen over året i vedkommende felt.

Ser en f.eks. på en overløpsinnstilling på 4*TVA sees det at ved 30 p/ha går 5,5 % i overløp, ved 100 p/ha går 1,8 % P i overløp og ved 150 p/ha går 1,5 % P i overløp i sommersesongen.

Det er med andre ord svært stor forskjell i prosent-avlastning ved en økning fra 30 til 100 p/ha, mens prosentøkningen fra 100 til 150 p/ha er meget liten.

4. Sammendrag.

Innvirkningen av ulike nedbørforhold, fordrøyningsvolum og folketetthet på fosformengder avlastet i regnvannsoverløp i et hypotetisk fellesystemnett er analysert på EDB ved hjelp av NIVA's ledningsnettprogram og konkrete resultater fra fem PRA-prosjekter.

- Beregningene viser at hvorvidt en har innlandsklima eller kystklima har svært stor betydning for forurensningsmengden som avlastes i overløp og for effektiviteten av fordrøyningsvolum.
- Når det gjelder virkningen av fordrøyningsvolum, er den relative reduksjon av overløpsforurensninger størst i feltene med lavest befolkningstetthet. Dette gjelder særlig for mindre fordrøyningsvolumer i størrelsesorden 4 m³/ha.
- For totalt å kunne eliminere alle overløpstilfellene i en midlere sommersesong, trenger man ca. 40—50 m³/ha fordrøyningsvolum (innlandsnedbør), mens 10—15 m³/ha volum reduserer antallet overløp til omkring 4 pr. midlere sommersesong.
- Det er vist at en gitt overløpsinnstilling (f.eks. 4*TVA) gir svært forskjellig prosentandel forurensning i overløp i forhold til råkloakkens mengde over året for feltet med ulik befolkningstetthet. Ved en fiksert overløpsinnstilling på 4*TVA (tørrværsavrenning) fikk en f.eks. h.h.v. 5,3 % og 1,5 % for feltene med h.h.v. 150 p/ha og 30 p/ha.

FIG 8 OVERLÖPSMENGDER-ENKELTREGN-FORDRÖYNINGSVOLUM

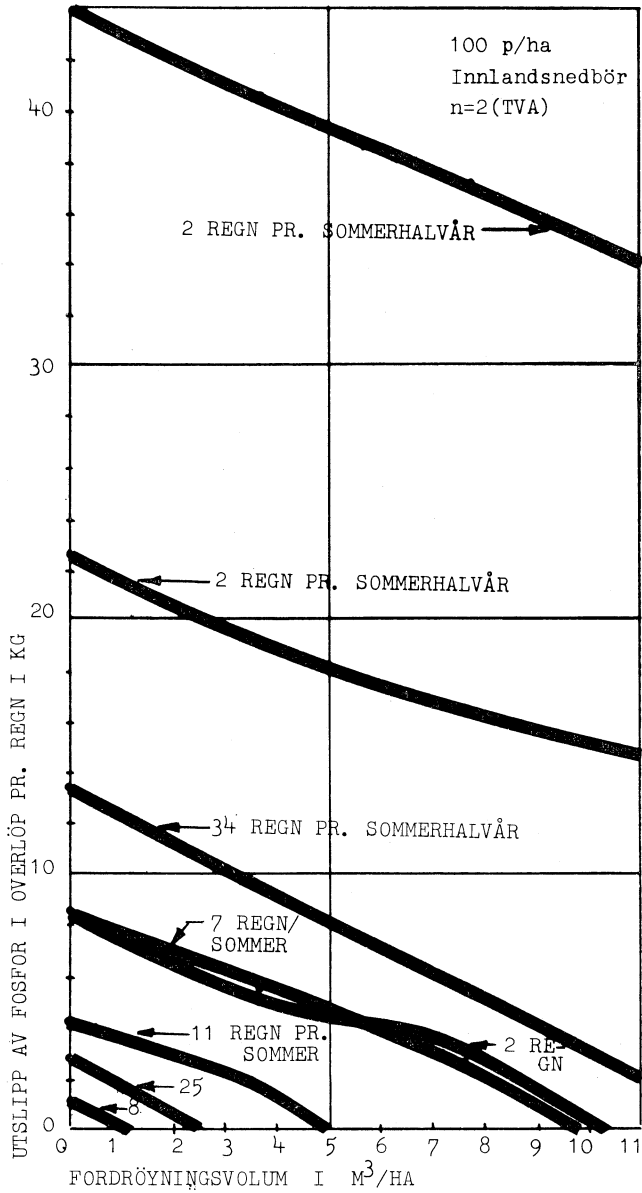
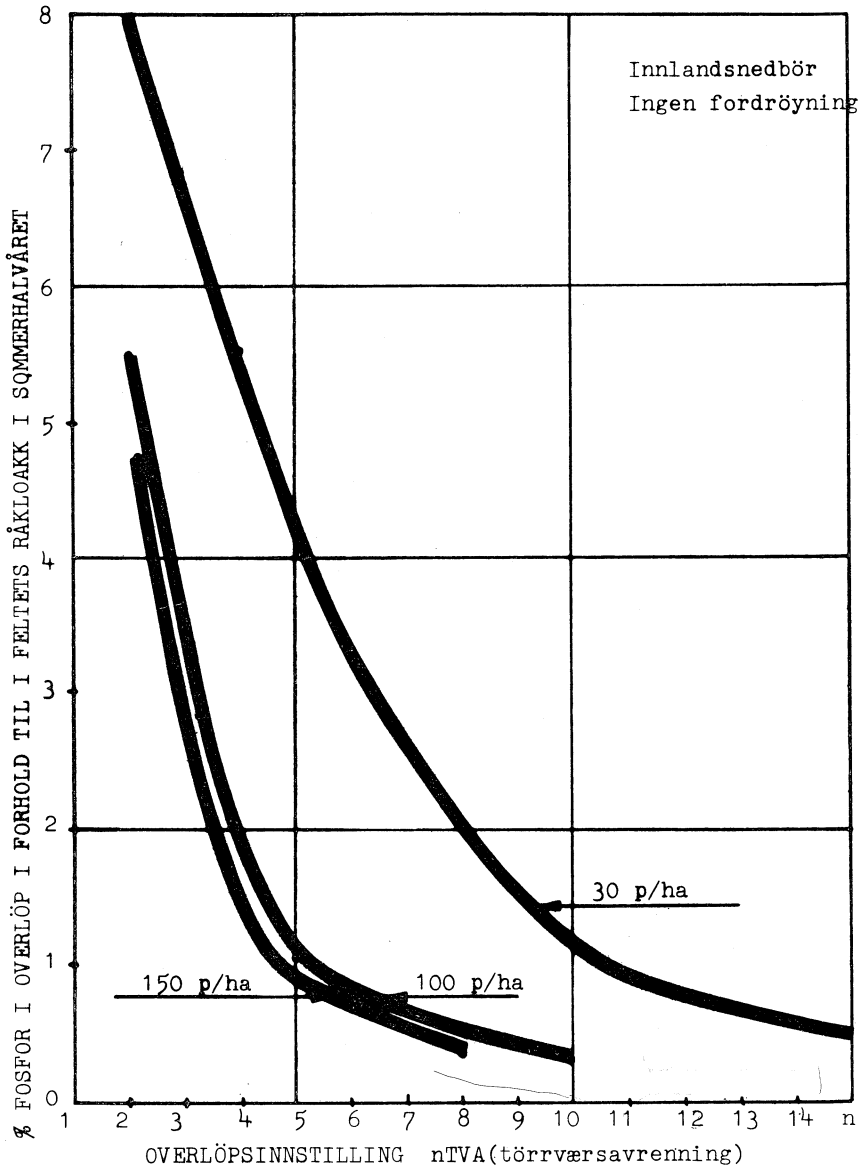


FIG 9 OVERLÖPSMENGDE-BEFOLKNINGSTETHET-OVERLÖPSINNSTILLING



5. Referenser.

1. Balmér, Glømmes, Lindholm og Saltveit. «Waste water Management in the Oslofjord area». Nordisk Hydrologisk Konferanse. Reykjavik sept. 1976.
2. Aune, B. «PRA 4.1. Data for korttidsnedbør». PRA-informasjon 3/75. NIVA 1976.
3. Lindholm, O. «Valg av modell-regn». PRA-brukerrapport nr. 6. NIVA 1976.
4. Lindholm, O. «Forurensning i overvann». PRA-brukerrapport nr. 7. NIVA 1976.
5. Hetager, S. E. «PRA 4.2. Urbaniseringens innvirkning på avrenningsforholdene». NVE 1975.
6. Lindholm, O. «Systemanalyse av avløpsanlegg». PRA-brukerrapport nr. 1. NIVA 1975.

**MULTI-
CONSULT A.S**



Rådgivende ingeniører
Industrigata 59 — Oslo 3 — Tlf. (02) 60 78 80

Samarbeider med:

Ingeniør Lars Vambheim Multiconsult A.S,
Birkelandsgt. 8 — 4000 STAVANGER — Tlf.: (045) 21 455

Samlet representerer Multiconsultfirmaene ca. 100 ansatte som arbeider innen feltene byggeteknikk, off-shore konstruksjoner, landmåling, VAR-teknikk, støydemping, prosjektadministrasjon og byggeledelse.